IV МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ

25-27 ноября 2009 года
Санкт-Петербург

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

IV Международная
научно-техническая конференция

«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»

(Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2009 г.)

Материалы конференции

Санкт-Петербург
2009

УДК 664; 621; 304; 338
ББК 31.392; 31.31; 36; 65; 74.58 Н61

ISBN 978-5-89565-203-9

IV Международная научно-техническая конференция
«Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке»
(Санкт-Петербург, 25-27 ноября 2009 г.).

В сборнике представлены материалы конференции по следующим направлениям: низкотемпературная техника и системы низкопотенциальной энергетики, криогенная техника и технологии, системы кондиционирования, теоретические основы тепло и хладотехники, пищевые технологии, техника и процессы пищевых производств, технология продуктов из растительного сырья, биохимические и микробиологические основы пищевых производств, автоматизация систем управления низкотемпературными и пищевыми технологиями, промышленная экология, высшая школа XXI века, экономика управления производства в отрасли, финансово-экономические проблемы инновационного развития.

Печатается по решению научно-технического совета СПбГУНиПТ.

Редакционная коллегия: Бараненко А.В., Малышев А.А., Борзенко Е.И., Тимофеевский Л.С., Макарченко М.А., Яковлева М.В., Цыганков А.В., Цветков О.Б., Забодалова Л.А., Колодязная В.С., Меледина Т.В., Андреев А.Н., Ишевский А.Л., Арет В.А., Шлейкин А.Г., Данин В.Б., Сергиенко О.И. Нурышев Г.Н., Минко И.С., Василенок В.Л., Забирова Ю.Н.

УДК 664; 621; 304; 338
ББК 31.392; 31.31; 36; 65; 74.58 Н61

ISBN 978-5-89565-203-9

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Колодязная В. С., Малышев А. А.
ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ТАЛАНТЛИВЫЙ ПЕДАГОГ, КРУПНЫЙ ОРГАНИЗАТОР НАУКИ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА Н. А. ГОЛОВКИНА) **15**

Малышев А. А., Цветков О. Б.
НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ХОЛОДИЛЬЩИКА (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА А. Г. ТКАЧЕВА) **17**

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Попов А. В. Горшков В. Г.
АБСОРБЦИОННЫЕ БРОМИСТОЛИТИЕВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ТЕПЛОСИБМАШ **18**

Галимова Л. В., Камнев А. А., Славин Р. Б.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПО ОДНОВРЕМЕННОЙ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА **21**

Галимова Л. В., Гуиди Тоньон Клотильде
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНЧАТОГО ЛЬДОГЕНЕРАТОРА **25**

Суслов А. Э., Фатыхов Ю. А., Бестужев А. С.
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛО И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ **29**

Цветков О. Н.
ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАСЛА ДЛЯ КОМПРЕССОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ВОДООХЛАДИТЕЛЕЙ **31**

Титлов А. С.
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ БЫТОВЫХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ **32**

Диканова Л. Ф., Лапшин В. Д.
АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА В СУДОВЫХ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТАХ **35**

Казначеев Д. А., Данин В. Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КАМЕР С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ **38**

Двирный В. В.
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ **40**

Исмаилов Т. А., Казумов Р. Ш.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПА **42**

Малинина О. С., Тимофеевский Л. С.
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННОЙ БРОМИСТОЛИТИЕВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР В АППАРАТАХ **45**

Малышев А. А., Горячевская А. Н., Яковлева М. В.
РАСЧЕТ СРЕДНИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВНУТРИТРУБНОМ КИПЕНИИ ФРЕОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТИННЫХ ПАРАМЕТРОВ **48**

Носков А. Н., Пархомов М. М.
РАСЧЕТ УГЛА ПЕРЕКРЫТИЯ ВЕДОМОГО ВИНТА ХОЛОДИЛЬНОГО ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА **51**

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Зайцев А. В., Старков А. С., Пахомов О. В.
АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО УРАВНЕНИЯ ЛАНДАУ-ХАЛАТНИКОВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕК-ТРОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОМ СЕГ-НЕТОЭЛЕКТРИКЕ **54**

Рыков С. В., Кудрявцева И. В., Рыков В. А.
ТАБЛИЦЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРГОНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ, ВКЛЮЧАЯ КРИТИЧЕСКУЮ И МЕТАСТАБИЛЬНУЮ ОБЛАСТИ **58**

Бондаренко В. Л., Симоненко Ю. М.
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ИХ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКЕ **61**

Прилуцкий А. И., Иванов Д. Н., Прилуцкий И. К.
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ МАШИН ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ **64**

Жердев А. А., Кротов А. С., Макаров Б. А.
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН НА МНОГОКОМПОНЕНТ-НЫХ СМЕСЯХ ХЛАДАГЕНТОВ ПРИ ЗАХОЛАЖИВАНИИ ОБЪЕКТОВ **66**

Арсеньев И. А., Прилуцкий И. К.
РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ В СТУПЕНИ ДЕТАНДЕРА С ДВУХКЛАПАННЫМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ЧИСЛЕ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ **69**

Зобков П. Н., Шрамова А. Л., Иванов В. И.
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ И ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ СЛОЯ СОРБЕНТА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАПУСКЕ ОТКАЧИВАЕМОГО ГАЗА . **71**

Куслиева Е. В., Оничкина Л. Е.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ВИТРИФИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ **73**

Баранов А. Ю., Баранов И. А., Савельева А. В.
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОСУДОВ-ГАЗИФИКАТОРОВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ЖИДКОГО АЗОТА **75**

Борзенко Д. Е., Зайцев А. В., Шевцов А. В.
К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ТРУБОПРОВОДУ **78**

Маслак В. А., Меерович Л. А., Ермаков С. А., Райнус М. О.
МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛОНКОВЫХ ТРУБ $\varnothing 114 \times 7$ мм ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СИСТЕМАХ РАССОЛЬНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ **80**

Прилуцкий А. Н., Любимов А. Н.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВАХ **83**

Рагимова Т. А.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИКАЦИИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЛАРИНГОЛОГИИ **88**

Борзенко Е. И., Ярица В. А., Тарабакин Д. Л.
РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОПИЛЕНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ В РЕКТИФИКАЦИОННОМ АВТОНОМНОМ МОДУЛЕ **90**

Рыжков А. А., Прилуцкий А. И., Прилуцкий И. К.
РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ГАЗОВОГО ПОРШНЕВОГО ДЕТАНДЕРА НА РЕЖИМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ **92**

Максимов А. Б., Рыжков А. А., Прилуцкий И. К.
АНИМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ МАШИН ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ **94**

Шрамова А. Л., Иванов В. И.
ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ТЕПЛОТУ СОРБЦИИ АЗОТА ЦЕОЛИТОМ NaX **95**

Баранов А. Ю., Малышева Т. А., Сидорова А. Ю., Мареева А. Д.
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТОВ ОБЩЕЙ КРИОТЕРАПИИ **96**

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Григорьев А. Ю., Трикоза О. О.
АЭРО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХФАЗНОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ, ОБОРУДОВАННЫХ УСТАНОВКАМИ ПО ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА **99**

Старовойтов С. А., Пронин В. А.
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО УЗЛА ГАЗООЧИСТКИ **102**

Григорьев А. Ю., Рубцов И. А.
АЭРО- И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОЕМАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ТЕПЛОВЫМИ ЗАВЕСАМИ **105**

Исмаилов Т. А., Юсуфов Ш. А.
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА **108**

Емельянов А. Л., Платунов Е. С.
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ИСПАРИТЕЛЬНО-КОМПРЕССИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА **111**

Емельянов А. Л., Царь В. В.
ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С КОНДИЦИОНЕРАМИ **113**

Емельянов А. Л., Царь В. В.
ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИОННОСТЬ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ **115**

Буравой С. Е., Емельянов А. Л.
СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ **117**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛО И ХЛАДОТЕХНИКИ

Цветков О. Б., Лаптев Ю. А.
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЗЕОТРОПНОЙ СМЕСИ R404A НА ЛИНИИ КИПЕНИЯ **119**

Богатырев А. Ф., Незовитина М. А.
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА МОЛЕКУЛЯРНОГО МАССОПЕРЕНОСА **122**

Руднев Б. И., Повалихина О. В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ **125**

Руднев Б. И., Повалихина О. В.
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ **128**

Цветков О. Б., Лаптев Ю. А.
СВОЙСТВА ПЕРЕНОСА ГАЗООБРАЗНОГО ТЕТРАФТОРМЕТАНА В СИСТЕМЕ ТВЕРДЫХ СФЕР **130**

Железный В. П., Семенюк Ю. В., Лозовский Т. Л., Ивченко Д. А.
ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ХЛАДАГЕНТ/МАСЛО **132**

Цветков О. Б., Лаптев Ю. А.
ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ **135**

Берязева Л. Н., Тарбеев О. Г.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ **137**

Кудрявцева И. В., Рыков В. А.
ЛИНИЯ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ R134a **140**

Демина Л. Ю., Кудрявцева И. В., Рыков С. В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПСЕВДОКРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЕДИНОГО УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ R717 . . . . . **143**

Ильченко Л. И., Чайка В. Д.
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ КИПЯЩЕГО ФРЕОНА-113 . . . . . **146**

Островская Н. В., Чайка В. Д.
ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ИЗ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС **149**

Платунов Е. С., Сергеев С. В.
АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ **151**

Баранов И. В., Платунов Е. С., Куслиева Е. В.
РАЗВИТИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ **153**

Баткибекова М. Б., Джунушалиева Т. Ш.
ЗОЛОТО КЫРГЫЗСТАНА: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ Au ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД **155**

Исмаилов Т. А., Шахмаева А. Р.
РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БСИТ-ТРАНЗИСТОРА **158**

Губа А. А.
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НУЛЬ-ТЕРМОСТАТ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ **160**

Миспахов И. Ш.
ТЕРМОСТАТ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ БИОМАТЕРИАЛОВ **163**

Агаев М. У.
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ **164**

Рашидханов А. Т.
СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРОЙ **165**

Хазамова М. А., Гидуримова Д. А.
ПРИМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ БОЛЕЗНЕЙ **167**

Евдулов О. В., Магомедов М. Р.
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЛОИСТОЙ СИЛЬНОТОЧНОЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ С ВТОРИЧНЫМ ЖИДКОСТНЫМ КОНТУРОМ **169**

Хазамова М. А.
ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ В ВАКУУМРЕФЛЕКСОТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ **171**

Юсуфов Ш. А., Гаджиев А. М.
КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК . . **173**

Исмаилов Т. А., Шангереева Б. А.
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАБОТУ КРЕМНИЕВОГО ТРАНЗИСТОРА **175**

Воскресенский В. Ю.
ОСОБЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ СЛОЖНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ . . . **177**

Соколов Н. А., Соколов А. Н.
НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ . **180**

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мурашев С. В., Вержук В. Г.
НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ
СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
ВО ВРЕМЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ **182**

Каленик Т. К., Гришин А. С., Долгова Т. Г., Фищенко Е. С., Медведева Е. В.
ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА ОСНОВЕ НЕРЫБНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫСЛА ТИХООКЕАНСКОГО ШЕЛЬФА,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИЯХ БИОЗАЩИТЫ **185**

Мурашев С. В., Жемчужников М. Е.
УСИЛЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ СВЕЖЕГО МЯСА
ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЦВЕТА
И УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ **188**

Ермолаев В. А., Расщепкин Е. Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ СУШКИ
РИЖСКОГО ДИЕТИЧЕСКОГО СЫРА **191**

Соловьева М. С., Забодалова Л. А.
МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ТВОРОЖНЫЙ ПРОДУКТ **193**

Забодалова Л. А., Скворцова Н. Н., Панкова Г. А., Данилов И. М.
К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛКОВ МОЛОКА **196**

Куцакова В. Е., Кременевская М. И., Москвичев А. С., Москвичева Е. В.
ГИДРОЛИЗАТЫ МЯСОКОСТНОГО ОСТАТКА В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ **198**

Каленик Т. К., Текутьева Л. А., Буракова Е. В.
ИСПОЛЬЗОЛЬВАНИЕ ВИТАМИНОВ В ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ **200**

Силантьева Л. А., Рябченко И. А.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНОГО
ПРОДУКТА С ЭКСТРАКТАМИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ **203**

Шестопалова И. А.
ТЕХНОЛОГИЯ МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫХ КОНСЕРВОВ
ЭМУЛЬСИОННОГО ТИПА ДЛЯ ЛЮДЕЙ
С ВЫСОКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ **206**

Целовальникова М. В., Кудрявцева Т. А.
ИЗУЧЕНИЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЗАМЕНИТЕЛЯ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА ДЛЯ ТЕЛЯТ **209**

Балюбаш В. А., Назарова В. В., Лаврищев И. Б.
МЕТОДИКА ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫПУЧИХ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ **211**

Остриков А. Н., Зотов А. П., Черноусова Н. Ю.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
ДИФФУЗИИ КОМПОНЕНТОВ КОПТИЛЬНОГО ДЫМА
ПРИ ГОРЯЧЕМ КОПЧЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОЙ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ **212**

Ключко Н. Ю., Мезенова О. Я.
ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАФАРМАЦЕВТИКОВ
В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ **214**

Байдалинова Л. С., Шарыгина Я. И.
К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА
БЫСТРОЗАМОРОЖЕННЫХ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ **217**

Колодязная В. С., Кипрушкина Е. И., Задворнова Т. А., Данилов П. А., Нудьга Л. А.
ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО
РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯБЛОК ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ **220**

Сергачева Е. С., Соболева Е. В.
ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МУКИ ВТОРОГО СОРТА
МАКАРОННОГО ПОМОЛА НА КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА **222**

Забодалова Л. А., Гапонова Л. В., Яковлева Ю. А.
ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЖИДКОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЫ НА ЕЕ КАЧЕСТВО **225**

Ростовская М. Ф., Клыков А. Г., Приходько Ю. В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИВОВАРЕННОГО СОЛОДА **228**

Шарова Н. Ю., Каменькова Н. В., Пилькина Ю. А., Баракова Н. В.
ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ БИОСИНТЕЗА ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ **231**

Быканова О. Н.
СОХРАНЕНИЕ ЙОДА В ЛИСТАХ ИЗ ЛАМИНАРИИ
ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ **234**

Кабанов А. В., Шарова Н. Ю., Никифорова Т. А.
АМИЛОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ ГРИБА *Aspergillus niger* **237**

Сергачева Е. С., Кукин М. Ю.
ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК
В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА **239**

Ходкевич О. А., Шарова Н. Ю.
ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ
ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ИНГИБИТОРА ГЛИКОЗИДАЗ **241**

Новинюк Л. В., Кудрявцева Т. А., Пискова Н. Н., Роговая Е. Н.
ОБОГАЩЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НУТРИЕНТАМИ
НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ ПИЩЕВЫХ КИСЛОТ **243**

Никифорова Т. А.
РАЗВИТИЕ И НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В РОССИИ **245**

Шарова Н. Ю., Каменькова Н. В., Выборнова Т. В., Никифорова Т. А.
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ
НА ОСНОВЕ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ **247**

Орлова О. Ю., Гиссин В. И.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОДОВ ГРЕЦКОГО ОРЕХА
МОЛОЧНО-ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ **249**

Гурская В. А., Тюрин Н. Ю.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА,
ПОЛУЧАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННЫХ МЕТОДОВ
ОБРАБОТКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА,
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ **251**

Колодязная В. С., Бараненко Д. А., Забелина Н. А.
КИНЕТИКА РОСТА МИКРОФЛОРЫ ТЕЛЯТИНЫ
ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ **253**

Колодязная В. С., Бараненко Д. А., Бройко Ю. В.
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕЛЯТИНЫ **255**

Олейникова К. М., Богданов В. Д.
ТЕХНОЛОГИЯ РЕСТРУКТУРИРОВАНИЯ
РЫБНЫХ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ **257**

Салмин А. А., Логачев В. В.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ВИН ИЗ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ **259**

Сейтпаева С. К., Курпелянская Ю. Б.
РАЗРАБОТКА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПЮРЕОБРАЗНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ **262**

Кожобекова К. К., Гудова О. В., Белекова Г. Ш.
РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА СЛАБОАЛКАГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ **264**

Кожобекова К. К., Барелко И. Б., Алымкулова Н. Б.
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ НАЦИОНАЛЬНЫХ БЛЮД ДРЕВНИХ КЫРГЫЗОВ **266**

Коджегулова Д. А., Алымкулова Н. Б.
НАЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ **268**

Изтаев А. И., Мынбаева А. Б., Садибаев А. К., Кенжеходжаев М. Д.
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ НАЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА «СЕРГЕК» **270**

Серпунина Л. Т., Логашина В. С.
ИНГИБИРОВАНИЕ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ШАМПИНЬОНОВ **273**

Казарян А. Г.
ВЛИЯНИЕ КИЗЕЛЬГУРА НА КОЛЛОИДНУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ ПИВА В ПРОЦЕССЕ ФИЛЬТРАЦИИ **276**

Кравченко С. Н., Каган Е. С., Столетова А. А.
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТОВ **278**

Горшенина Г. В.
МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ **280**

Василенко З. В., Ромашихин П. А., Болашенко Т. Н.
ДЕСЕРТНЫЕ КРЕМЫ ЭМУЛЬСИОННОЙ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ **283**

Шингарева Т. И., Глушаков М. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ **285**

Исмаилов Т. А., Ахмедов М. Э., Исабеков И. М., Ахмедов Н. М.
НОВЫЙ СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ КОНСЕРВОВ В СТЕКЛЯННОЙ ТАРЕ **288**

Масанский С. Л., Рыбакова Т. М.
КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ СОУСНЫХ БЛЮД ДЛЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ БЛИЗКРИОСКОПИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ **290**

Борбиева Д. Б., Сыдыкова Ш. С.
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД КЫРГЫЗСТАНА **293**

Исмаилов Э. Ш., Гаджиева А. М., Рабаданов Г. А., Гаджиев Я. М., Абдулмагомедова З. Н.
ВЫРАЩИВАНИЕ АКТИВНЫХ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ **296**

Каленик Т. К., Текутьева Л. А., Чижикова О. Г., КоршенкоЛ. О., Медведева Е. В., Ермак И. М.
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ КРАСНЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ **299**

Рахманалиев А. Р.
АЛИМЕНТАРНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ **302**

ТЕХНИКА И ПРОЦЕССЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Майтаков А. Л.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ПИЩЕВЫХ МАШИН МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ **305**

Зуев Н. А., Шибанов А. И.
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ **309**

Острых И. А.
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА КРУТОНАКЛОННЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ **310**

Дедовская Е. П., Данин В. Б.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ **312**

Антуфьев В. Т., Горшков Ю. Г.
ВЫПЕЧКА БАРАНОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПЕЧИ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДУШНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ **314**

Антуфьев В. Т., Алексеев Г. В., Громцев С. А.
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛИТ НА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ **317**

Ряжских В. И., Остриков А. Н., Вертяков Ф. Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ДВИЖЕНИЯ СТЕКАЮЩЕЙ ПЛЕНКИ ПЛОДООВОЩНЫХ ПЮРЕ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТЕНКЕ ВАКУУМ-КАМЕРЫ **320**

Остриков А. Н., Василенко В. Н., Татаренков Е. А., Копылов М. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ТЕКСТУРАТОВ **321**

Суслов А. Э., Фатыхов Ю. А., Бестужев А. С.
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ **323**

Голубева О. А.
ЭКСТРУЗИЯ — СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ **325**

Майер И., Салатина И. А., Цой А. П.
СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ В КОНТРОЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ **327**

Потапов В. А., Семенюк Д. П.
УЧЕТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ РАСЧЕТАХ ФРИЗЕРА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯГКОГО МОРОЖЕННОГО **329**

Цой А. П.
ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТА **332**

Лупашко А. С., Дикусар Г. К., Нетреба Н. Н.
ПРОИЗВОДСТВО СУШЕНОГО ВИНОГРАДА БЕССЕМЯННЫХ СОРТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОКОВ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ **335**

Габитов И. А.
УСТРОЙСТВО ЭКСПРЕССНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ **338**

Бондаренко В. Л., Дьяченко Т. В., Дьяченко О. В.
МНОГОЦЕЛЕВАЯ НАСАДОЧНАЯ КОЛОННА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ **340**

Якименко А. И.
ВЫБОР СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ СМАЗКИ В НАГРУЖЕННОЙ ЧАСТИ ОПОРНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ **342**

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Иванченко О. Б.
АНТИАКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ **344**

Доморощенкова М. Л., Демьяненко Т. Ф., Кузнецова Н. В., Спецакова И. Д., Костюченко В. И., Мехтиев В. С.
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ МУКИ ИЗ СЕМЯН ЛЮПИНА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ **347**

Дедегкаев А. Т.
СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИВА С ПОМОЩЬЮ ПОЛИВИНИЛПОЛИПИРРОЛИДОНА **350**

Пономарева О. И.
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МЕДА **352**

Кузнецова Л. И.,Терновский Г. В.
ВЛИЯНИЕ ЗАВАРКИ И СПОСОБА ЕЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ЧЕРСТВЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ **354**

Оганнисян В. Г.
ПРИМЕНЕНИЕ ШТАММА ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ А12 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАЛКАГОЛЬНОГО ПИВА **356**

Меледина Т. В., Иванченко О. Б., Нестеренко Е. А., Вишняков И. Г.
ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ НИЗОВОГО БРОЖЕНИЯ НА БИОСИНТЕЗ СЕРОВОДОРОДА **358**

Меледина Т. В., Соболев В. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В.
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЗАТИРАНИЯ СОЛОДА НА СОДЕРЖАНИЕ ТРАНС-2-НОНЕНАЛЯ В ПИВЕ **360**

Ветрова Н. Т., Тарбеев О. Г.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ С ПОМОЩЬЮ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА **363**

Масленникова Е. В., Юдина Т. П., Черевач Е. И.
СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ЭМУЛЬГАТОРОВ **365**

Сидорова Т. А., Масленникова Е. В., Черевач Е. И., Юдина Т. П.
МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ЭМУЛЬСИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ЭМУЛЬГАТОРА **368**

Корячкина С. Я., Лазарева Т. Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНУЛИНА И ОЛИГОФРУКТОЗЫ НА СОХРАНЕНИЕ СВЕЖЕСТИ БИСКВИТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ **370**

Кравченко С. Н., Елькина О. В., Химич А. Н.
ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ВЫСУШЕННОГО ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ **372**

Лесова Ж. Т., Егизбаева Т. К., Даминова Р. К., Саидсултанова Ж., Баядилов К. О., Лесов Б. Б., Хожамуратова С. Ш.
ИННОВАЦИОННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ **374**

Троценко А. С., Корчагин В. П., Танашкина Т. В., Клыков А. Г., Приходько Ю. В.
ЗЕРНО ГРЕЧИХИ КАК ПЕРСПЕТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ НАПИТКОВ БРОЖЕНИЯ . . **376**

Рукшан Л. В., Ветошкина А. А.
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ **379**

Рукшан Л. В., Новожилова Е. С., Логовская В. П.
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТОФЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКИ **382**

Баткибекова М. Б., Усубалиева А. М., Джунушалиева Т. Ш.
БЕЗОПАСНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ **385**

Исламов М. Н.
ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНЬЯЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ **388**

Исламов М. Н.
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА НА КАЧЕСТВО ВИНОГРАДНЫХ ВИН **391**

Попель С. С., Драганова Е. И., Цислинская Н. Я., Албул Е. В.
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЙОДИРОВАННОЙ СОЛИ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНЫХ КОНСЕРВОВ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА **394**

Баткибекова М. Б., Джунушалиева Т. Ш.
ЗОЛОТО КЫРГЫЗСТАНА: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ Au
ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД **397**

БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Мара Кука, Илзе Чаксте, Петерис Кука, Ингмарс Цинкманис
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОКА ЛЕСНЫХ ЯГОД **400**

Хожамуратова С. Ш., Серикбаева А. Д., Кожахметова Т. К., Макажанова Х. Х.
ПРОБИОТИЧЕСКИЙ КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ
ИЗ ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА **402**

Гунькова П. И., Горбатова К. К.
КОРОВЬЕ МОЛОЗИВО И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ **404**

Медведев Я. В.
ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ
И ПЕРОКСИДАЗЫ В ОХЛАЖДЕННОМ КУРИНОМ ФАРШЕ
С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖИРОВОЙ ТКАНИ ПРИ ХРАНЕНИИ **405**

Wojdylo Aneta
PHENOLIC CONTENTS AND RADICAL SCAVENGING CAPACITY AFFECTED
BY LOW TEMPERATURES STORED IN SELECTED FRUIT JUICES **407**

Aneta Wojdylo, Jan Oszmianski
TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS AND RADICAL SCAVENGING ACTIVITY
OF QUINCE JUICES BLENDED WITH RED BERRIES **409**

Korzeniowska Malgorzata, Bobak Lukasz, Kopec Wieslaw, Korzycki Michal, Skiba Teresa
SENSORY EVALUATION OF FROZEN CHICKEN
AND TURKEY BREAST FILLETS **411**

Горбатовская Н. А., Бекбасаров И. И., Камалова М. С., Касымова М. Т., Умирбекова А. С., Полежаева Н. В.
ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
НА БИОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛУФАБРИКАТОВ
И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ
И МУЧНОМ КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ **413**

Шлейкин А. Г., Дуденко Д. В., Махова Т. А.
АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ДРОЖЖЕЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЕЕ КОМПОНЕНТОВ **416**

Мехтиев А. М., Красникова Л. В., Бочков В. Н.
ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ
НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ **418**

Маркелова В. В., Красникова Л. В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШТАММОВ LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS,
ПРОДУЦИРУЮЩИХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДЫ, ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДЕСЕРТОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ **420**

Савкина О. А., Красникова Л. В.
ПОДАВЛЕНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ ХЛЕБА
АНТАГОНИСТИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ШТАММАМИ
МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ **422**

Шлейкин А. Г., Данилов Н. П.
РОЛЬ ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ В МОДИФИКАЦИИ ГЛЮТЕНА И В РАЗВИТИИ ЦЕЛИАКИИ **424**

Скворцова Н. Н., Маркелова В. В.
ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ **427**

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ И ПИЩЕВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Лазарев В. Л.
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ **430**

Балюбаш В. А., Алешичев С. Е., Добряков В. А.
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЛАЖНОСТИ В МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ **433**

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Дидиков А. Е.
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ **435**

Дидиков А. Е.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОАГУЛЯЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ **437**

Ульянов Н. Б.
ЭКОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ ОСАДКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД **439**

Сергиенко О. И, Булат Л. П., Копыльцова С. Е., Шестопалова А. И., Староверова В. А., Гужва М. Е., Виноградов А. С.
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ . . **442**

Юльметова Р. Ф., Дубков М. С.
ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ **444**

Юльметова Р. Ф.
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ» **447**

Елистратова И. А.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАО «НОВГОРОДСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» **450**

Васильева А. С., Сергиенко О. И.
К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ РОССИЙСКОГО БИЗНЕСА **452**

Sergienko Olga, Arefyeva Anna, Autio Sakari, Torppala Olli
JOINT RUSSIAN-FINNISH PARTHERSHIP IN THE FIELD OF CLEANER PRODUCTION **455**

ВЫСШАЯ ШКОЛА XXI ВЕКА

Белкин В. Г., Каленик Т. К., Коршенко Л. О., Текутьева Л. А., Долгова Т. Г.
ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГОВ В ИНСТИТУТЕ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА **457**

Малахов А. Н.
ЯЗЫК НАУКИ **460**

Сударикov А. М.
К ВОПРОСУ О ПАТРИОТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ
В СОВЕТСКОЙ НАУКЕ В ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ **467**

Эмирова А. Е., Эмиров Н. Д.
«ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ»:
МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ВВЕДЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС **470**

Нурышев Г. Н.
РОССИЙСКАЯ ГЕОПОЛИТИКА: АРКТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ **473**

ЭКОНОМИКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ

Шамина Л. К.
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И РИСК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА **475**

Шешегов С. В., Минко И. С.
ИНСТРУМЕНТЫ АКТИВИЗАЦИИ И МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ **477**

Минко И. С.
ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ОТРАСЛИ **480**

Ивановская Л. С.
РАЗВИТИЕ ПИЩЕВЫХ ПРЕПРИЯТИЙ
В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА **482**

Яковлева О. П.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА **484**

Лагирев А. А.
ПРОБЛЕМЫ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РОССИИ **486**

Плешков В. П.
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НАЛОГООБЛАГАЕМОЙ ПРИБЫЛИ
В КИСЛОРОДНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ **489**

Шталь Т. В.
МАРКЕТИНГ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСТОРАННОГО ХОЗЯЙСТВА:
ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СПЕЦИФИКА **491**

Ляпунов А. Д., Макраченко М. А.
ПОМОЩЬ ПАРТНЕРОВ ПО КАНАЛУ СБЫТА
В ФОРМИРОВАНИИ И ПОДДЕРЖКЕ БРЕНДА КОМПАНИИ **494**

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Карелин А. Н.
ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИЙ **497**

Сергеева И. Г.
РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА КОРПОРАТИВНЫХ ОБЛИГАЦИЙ
В УСЛОВИЯХ МИРОВОГО ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА **499**

Василенок В. Л., Шапиро Н. А.
ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ **501**

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ **503**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ТАЛАНТЛИВЫЙ ПЕДАГОГ, КРУПНЫЙ ОРГАНИЗАТОР НАУКИ (К 100-ЛЕТИЮ НИКОЛАЯ АЛЕКСЕЕВИЧА ГОЛОВКИНА)

В. С. Колодязная, А. А. Малышев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

11 февраля 2009 г. — 100-летний юбилей ученого с мировым именем, организатора науки, талантливого педагога, Николая Алексеевича Головкина, профессора, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата государственной премии СССР.

Николай Алексеевич Головкин навсегда связал свою судьбу с холодильной технологией пищевых продуктов, получив первоначальное специальное образование в политехникуме пищевой промышленности, где азы холодильной технологии он постигал под руководством одного из ее основоположников Ф. С. Касаткина. После окончания политехникума Николай Алексеевич продолжал совершенствовать свое образование в институте народного хозяйства им. Плеханова (Москва), затем в Ленинградском институте холодильной промышленности (ЛТИХП), закончив его в 1933 г.

Талантливый студент, яркая творческая личность, умевший предвидеть проблему, Николай Алексеевич, еще учась в институте организовал лабораторию холодильной технологии, где начал свои первые исследования, касающиеся замораживания яичного меланжа и производства мороженого. Далее его научная деятельность была посвящена вопросам охлаждения и хранения мяса, что легло в основу его кандидатской диссертации, которую он защитил в 1937 г.

В 1939 г. Н. А. Головкину была поручена организация кафедры механического оборудования пищевых продуктов при ЛТИХП, к чему он отнесся с большим энтузиазмом. Но мирная жизнь была нарушена. Началась Великая Отечественная война. Защита отечества — на первом плане. Три ордена и три медали — правительственные награды, которыми удостоен Николай Алексеевич.

После демобилизации из рядов Советской армии в 1946 г. Н. А. Головкин вновь в родном институте, где он возглавил кафедру общей и холодильной технологии. Неутомимый труженик, обладающий огромной интуицией, он стал инициатором внедрения искусственного холода в пищевую промышленность.

В 1953 г. Н. А. Головкин защитил диссертацию на степень доктора технических наук и получил звание профессора.

О значимости теоретических и практических результатов научной деятельности Н. А. Головкина свидетельствует факт включения разработок, выполняемых под его руководством, в план важнейших направлений развития народного хозяйства. Ему в 1968 г. присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР. За разработку теории и практики холодильного консервирования при близкриоскопических температурах в 1972 г. Николай Алексеевич был удостоен Государственной премии СССР.

Н. А. Головкин широко известен в нашей стране и за рубежом как видный ученый в области холодильной обработки и хранения пищевых продуктов. Им опубликовано более 300 работ как в нашей специальной литературе, так и в зарубежной.

Неоценимая заслуга Николая Алексеевича в организации системы подготовки высококвалифицированных кадров на базе кафедры общей и холодильной технологии, отраслевой и проблемной лабораторий, созданных им для решения важнейших проблем, имеющих как теоретическое, так и практическое значение для развития пищевой индустрии. За долгие годы его бессменного руководства кафедрой и научными лабораториями было выпущено более 1000 инженеров-технологов, подготовлено свыше 50 кандидатов и 6 докторов наук. Инженеры, кандидаты и доктора наук работают, как в различных уголках нашей страны, так и за рубежом (Болгария, Венгрия, Польша, Чехия, Сирия, Египет). Он сплотил вокруг себя вокруг себя авторитетный исследовательский коллектив. В результате его деятельности впервые создана отечественная научная школа холодильной технологии. Благодаря активной организаторской работе, авторитету в научных и академических кругах профессору Н. А. Головкину удалось убедить столь консервативную организацию, как ВАК в необходимости открытия новой специальности «Холодильная технология пищевых продуктов». Своим ученикам Николай Алексеевич передал любовь к науке, трудолюбие, доброжелательность, принципиальность, умение преодолевать трудности на тернистом и нелегком научном поприще.

Н. А. Головкин был председателем секции Научного Совета ГКНТ СССР, которой была поручена реализация научных разработок в области использования отечественных достижений в области холодильной технологии в интересах отечественных потребителей пищевых продуктов.

Неоспоримые заслуги Николая Алексеевича в науке и подготовке кадров отмечены включением его в состав многих авторитетных организаций. Он был членом ряда научных советов, комитетов, комиссий, был членом экспертного совета ВАК и редакционных коллегий специальных журналов. Им написан ряд монографий и учебников, по которым учились и учатся сотни студентов, аспирантов, научных сотрудников и инженеров. Профессор Н. А. Головкин организовал выпуск межвузовского сборника научных трудов по холодильной обработке и хранению пищевых продуктов, который, несмотря на все трудности, регулярно издается и в настоящее время. Неоднократно Н. А. Головкин избирался депутатом городского и районного Советов депутатов трудящихся.

Широкая эрудиция, поразительное чувство перспективы, удивительная работоспособность, прекрасные организаторские способности, творческий подход к делу, оптимизм, любовь к жизни, исключительная доброжелательность — качества Николая Алексеевича, за которые он снискал уважение и любовь всех, кто с ним работал и общался в повседневной жизни.

Николай Алексеевич работал до последних минут своей жизни, борясь за успехи своего дела. Дело Н. А. Головкина продолжают его ученики. В Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий, в стенах которого почти 60 лет проработал Николай Алексеевич, успешно ведется подготовка специалистов, развивается фундаментальная и прикладная наука, внедряются разработки в производство. На кафедре технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом работают ученики Николая Алексеевича — Колодязная В. С., Уварова Н. А. В проблемной лаборатории им. Н. А. Головкина продолжаются научные исследования, связанные с проблемой применения искусственного холода в пищевых отраслях, выполняют научные работы студенты и аспиранты.

Светлая память о Николае Алексеевиче Головкине, талантливом ученом, прекрасном учителе и человеке всегда будет жить в наших сердцах.

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ХОЛОДИЛЬЩИКА (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА А. Г. ТКАЧЕВА)

А. А. Малышев, О. Б. Цветков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Имя Анатолия Георгиевича Ткачева вошло в историю не только нашего университета, это — история становления холодильной техники России. А. Г. Ткачев — из плеяды первых выпускников университета, в те годы — Ленинградского механико-технологического института холодильной промышленности (ЛМТИХП), история которого началась в мае 1931 г.

Первого сентября 1931 г. Анатолия Георгиевича перевели из Ленинградского института народного хозяйства в ЛМТИХП, а четырнадцатого июля 1932 г. А. Г. Ткачеву вручили диплом об окончании ЛМТИХП.

После защиты кандидатской диссертации в 1935 г. Анатолий Георгиевич занимал в институте разнообразные административные должности: от заведующего кафедрой и декана механического факультета до заместителя директора Ленинградского технологического института холодильной промышленности (ЛТИХП) по учебной и научной работе.

В 1956 г. А. Г. Ткачев защитил докторскую диссертацию, и уже 31 октября этого же года ВАК СССР присвоил Ткачеву А. Г. ученое звание профессора.

Кандидатская диссертация А. Г. Ткачева посвящена применению метода электротепловых аналогий к расчету судовой изоляции. Тема крайне актуальна для холодильной техники, новаторская для тех предвоенных лет и не потерявшая своей привлекательности в эпоху современных информационных технологий.

«Конвективный теплообмен в процессе плавления и затвердевания гомогенной среды» — тема докторской диссертации Анатолия Георгиевича. Теоретическое и экспериментальное изучение процессов плавления и затвердевания существенно важно для производства искусственного льда, в гидротехнике при образовании шуги и водного льда, в водоснабжении, в холодильной технологии пищевых продуктов, в химической технологии, при разделении жидких и гетерогенных смесей методом кристаллизации. Изюминкой теоретического подхода Ткачева А. Г. стало использование аналогии процессов плавления и затвердевания с процессами регулирования толщины пограничного слоя отсосом и выдуванием, применяемыми в авиации. Диссертации сопутствовало хорошее внедрение, поскольку в СССР в эти годы строили самые мощные в мире гидростанции на Волге и в Сибири, а затем и в Китае.

Работать в коллективе А. Г. Ткачева было престижно, и это помогло собрать исключительно талантливых сотрудников — Данилову Г. Н., Бучко Н. А., Гуйго Э. И., Филаткина В. Н., ставших не только продолжателями, но и инициаторами широкого спектра исследований в области теплообмена, включая кипение и конденсацию хладагентов и их смесей, процессы лиофилизации, опреснения воды холодильными машинами. А. Г. Ткачев вместе с Г. Н. Даниловой, по существу, инициировал первые работы в университете в области теплофизических исследований свойств рабочих веществ низкотемпературных установок.

В 1946 г. А. Г. Ткачев основал кафедру «Теоретические основы тепло- и хладотехники» (ТОТХТ), ставшей мощной кузницей научных кадров. Только над докторскими диссертациями из команды А. Г. Ткачева работали — Н. А. Бучко, Э. И. Гуйго, Г. Н. Данилова, В. А. Дюндин, А. В. Клецкий, В. Т. Плотников, В. Н. Филаткин, О. Б. Цветков, О. П. Иванов, Е. Т. Васьков, Л. К. Николаев и др.

Ученые и специалисты учились по книгам А. Г. Ткачева. В пятидесятые годы в ЛТИХП на холодильном факультете было только два профессора-холодильщика — А. Г. Ткачев и Л. М. Розенфельд. Их учебник «Холодильные машины и аппараты», его продолжение «Примеры и расчеты холодильных машин и аппаратов» 1960 г. издания были буквально «альфой и омегой» для инженеров-холодильщиков по специальности «Холодильные машины и установки». Эти книги актуальны до сих пор, к тому же они — яркий пример успешного сотрудничества двух кафедр, в данном случае кафедр холодильных машин и ТОТХТ нашего университета.

Двадцать лет назад А. Г. Ткачев окончил свой жизненный путь. Его соратники, воспитанники и ученики помнят этого замечательного человека и ученого со свойственной ему широтой, принципиальностью и новаторством в подходах и оценках, предвосхитивших свое время. Анатолий Георгиевич был настоящим русским интеллигентом, бережно хранившим лучшие традиции научно-педагогического наследия, оказавшим огромное влияние на формирование многих поколений инженеров, научных работников и преподавателей вузов.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

АБСОРБЦИОННЫЕ БРОМИСТОЛИТИЕВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ТЕПЛОСИБМАШ

А. В. Попов, В. Г. Горшков

ООО «ОКБ Теплосибмаш», г. Новосибирск
E-mail: info@teplosibmash.ru

Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ) предназначены для охлаждения воды и широко используются во всем мире в различных отраслях промышленности, коммунальном хозяйстве, энергетике, пищевой промышленности и т. д.

В таких промышленно развитых странах, как Япония и Южная Корея 70 % водоохлаждающих машин — абсорбционного типа. В Канаде и Китае получение при положительных температурах холода в абсорбционных машинах составляет 50 %, в США, Германии, Испании и Франции — 30 %, а в России — 1 %.

В 2000 году инженерная компания ООО «ОКБ Теплосибмаш» приступила к промышленному производству АБХМ собственной конструкции (номенклатуру см. на сайте www.teplosibmash.ru).

Подготовлены к промышленному производству и выпускаются следующие модели машин мощностью от 600 до 4000 кВт (обозначение моделей по классификации ТЕПЛОСИБМАШ):

— с паровым обогревом (Р = 0,15 МПа абс.) АБХМ-П;
— с водяным обогревом ($t = 105 \div 115$ °С) АБХМ-В;
— с водяным низкотемпературным обогревом (80–90 °С) с оросительным генератором АБХМ-Вн;
— с паровым обогревом ($P = 0{,}8$ МПа абс.) и двухступенчатой регенерацией раствора АБХМ2-П;
— с огневым обогревом на газообразном, жидком топливе с двухступенчатой регенерацией раствора АБХМ-Т.

Машины АБХМ-П, АБХМ-В, АБХМ-Вн имеют тепловой коэффициент 0,72–0,75 и используются при наличии дешевой (сбросной) теплоты промышленных предприятий, в составе когенерационных установок на базе двигателей внутреннего сгорания, ТЭЦ и т. д. При этом, данные машины по сравнению с электроприводными КХМ позволяют экономить 250–300 кВт·ч электроэнергии на 1000 кВт·ч произведенного холода.

Машины АБХМ2-П, АБХМ-Т с двухступенчатой регенерацией раствора имеют тепловой коэффициент 1,2–1,3 и по сравнению с одноступенчатыми потребляют теплоты на 40 %, а охлаждающей воды на 30 % меньше.

Холодильные машины ТЕПЛОСИБМАШ имеют полную заводскую готовность с блоками управления, защиты и приборами КИПиА. Высококачественные конструкционные материалы теплообменных поверхностей (медно — никелевые сплавы, специальные нержавеющие стали), комплектующие изделия (циркуляционные насосы хладоагента, раствора бромистого лития, трубопроводная арматура, приборы КИПиА), высокоэффективные ингибиторы коррозии, поверхностно-активные добавки, тщательная проработка конструкций обеспечивают надежную, эффективную и длительную работу машин (срок службы не менее 25 лет).

На заводе-изготовителе машины проходят тщательные испытания на прочность, герметичность, вакуумную плотность, тестируются все системы электропитания, автоматики, приборы КИПиА. Производство машин сертифицировано.

В табл. 1 приведен перечень объектов, на которых эксплуатируются холодильные машины ТЕПЛОСИБМАШ. Достаточно длительный опыт эксплуатации (наработка более 50 тыс. часов) показал их высокую надежность с минимальными затратами на ремонт и техническое обслуживание.

В настоящее время ТЕПЛОСИБМАШ является единственной компанией в России, выполняющей весь комплекс работ по абсорбционным бромистолитиевым холодильным машинам и тепловым насосам — разработка машин, поставка, шефмонтаж, пуско-наладка, гарантийное и сервисное обслуживание, подготовка обслуживающего персонала. Машины ТЕПЛОСИБМАШ соответствуют мировому уровню и аналогов в России не имеют.

АБХМ весьма перспективны для российской экономики и могут эффективно применяться во многих отраслях, например, в атомной энергетике. Для нормальной эксплуатации энергоблоков АЭС (например, с реактором ВВЭР-1000) требуются 4,5 МВт холодильной мощности для получения воды с температурой 7–13 °С. Такой холод можно производить с использованием различных типов холодильных машин: электроприводных компрессорных (КХМ), пароэжекторных (ПЭХМ) и АБХМ.

Таблица 1

№ п/п	Наименование объекта	Холодильная мощность кВт	Тип машин	Режим работы	Год ввода в эксплуатацию
1	ОАО «Уфахимпром»	4500	АБХМ2-1500П — 2 шт., АБХМ-1500П — 1 шт.	Непрерывный, круглогодичный	2 шт. — 2002 г., 1 шт. — 2004 г.
2	г. Дзержинск, ОАО «СИНТЕЗ»	650	АБХМ-600П	Непрерывный, сезонный	2003 г.
3	ОАО «Тулачермет»	3500	АБХМ-1500П — 2 шт.	Непрерывный, круглогодичный	2004 г.
4	ОАО «Казаньоргсинтез»	1750	АБХМ-1500П	Непрерывный, круглогодичный	2007 г.
5	ОАО «Томскнефтехим»	3000	АБХМ-3000П	Непрерывный, круглогодичный	2007 г.
6	ФГУП «Анозит» Новосибирской обл.	3000	АБХМ-3000П	Непрерывный сезонный	2008 г.
7	ОАО «КазаньНефтехим Сэвилен»	650	АБХМ-600П	Непрерывный, круглогодичный	2009 г.
8	Краснодарский край, ст. Ярославская. Тепличный комплекс	1000	АБХМ-1000 Вн	Непрерывный сезонный	2009 г.
9	г. Москва Еврейский центр	2500	АБХМ-3000В	Сезонный	2009 г.
10	Четвертый энергоблок Калининской АЭС	6000	АБХМ2-3000П 2 шт.	Непрерывный сезонный	2010 г. (планируемый)

Таблица 2

Технические показатели	АБХМ 2-П	АБХМ-П	ПЭХМ	КХМ
Холодильная мощность, кВт	4500	4500	4500	4500
Давление рабочего пара, МПа (абс.)	0,8	0,17	0,8	—
Расход рабочего пара, кг/ч	5625	9900	21217	—
Потребляемая эл. мощность на ХМ, кВт	15	13	—	1237
Расход охлаждающей воды, $м^3/ч$	922	1174	4050	990
Потребляемая эл. мощность на перекачку охлаждающей воды, кВт	138	176	607	148
Потери эл. мощности от недоиспользования раб. пара, кВт.	450–540	810–900	1800–2160	—
Суммарные потери электрической мощности, кВт	603–693	999–1089	2407–2767	1385
Увеличение потребляемой эл. мощности по сравнению с АБХМ 2-П, кВт	0	396	1804–2074	782–692

Для выбора наиболее оптимальной водоохлаждающей холодильной машины для энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 специалистами ТЕПЛОСИБМАШ был проведен анализ энергетической эффективности различных типов машин. В табл. 2 приведены затраты энергоресурсов на холодоснабжение энергоблока с различными типами машин. Энергия потребляемого в ПЭХМ и АБХМ пара из отборов турбины пересчитана в потерю электрической мощности турбины, потребление охлаждающей воды учтено в затратах электроэнергии на ее циркуляцию. В расчетах приняты энтальпии рабочего пара из отборов и в конденсаторе турбоустановки К-1000-60/3000.

Результаты анализа показывают, что наиболее энергоэффективными в составе энергоблока являются АБХМ с двухступенчатой регенерацией раствора. Использование данных машин позволяет снизить годовое потребление электроэнергии на собственные нужды энергоблока по сравнению с ПЭХМ на 7,5–15 млн. кВт·ч и по сравнению с КХМ на 3,5–6 млн. кВт·ч в зависимости от времени работы холодильной станции в году. По сравнению с ПЭХМ экономия охлаждающей воды от использования АБХМ составляет 12–20 млн. $м^3$/год.

Кроме высокой энергетической эффективности, современные АБХМ имеют ряд других отличительных качеств, таких как экологическая чистота, безопасность и бесшумность при эксплуатации, отсутствие динамических нагрузок на фундаменты, исключение утечек рабочих сред (например, фреона в КХМ) и их попадание во внешние коммуникации, длительный срок службы, высокая ремонтопригодность.

Государственной программой России предусмотрено до 2020 года построить 24 новых атомных энергоблоков. Несмотря на неоспоримые преимущества АБХМ перед другими типами машин, в проектах новых энергоблоков (кроме энергоблока № 4 Калининской АЭС) по-прежнему используются энергоемкие, морально устаревшие ПЭХМ, в некоторых энергоблоках планируется использование электроприводных френовых КХМ. Почему это происходит? Корпорация Энергоатом ответа на данный вопрос не дает.

В последние 5–6 лет в России стал появляться повышенный интерес к АБХМ. На наш рынок вышли крупные зарубежные компании с широкой дилерской сетью и финансовой поддержкой. В этой ситуации российским производителям АБХМ, не имея какой либо поддержки со стороны государства, крайне трудно конкурировать с крупными зарубежными компаниями, даже несмотря на то, что российские АБХМ не уступают по основным параметрам, качеству зарубежным аналогам, а по цене ниже.

АБХМ являются весьма эффективными энергосберегающим оборудованием. Проблема энергосбережения в России выделена в ранг приоритетных направлений. Совершенно очевидно, что стране выгодно не только использовать энергосберегающее оборудование, но и производить. Но для этого государство должно защищать своего производителя. Многие промышленно развитые страны имеют национальные программы по производству и использованию абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и тепловых насосов. Такая программа нужна и России.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПО ОДНОВРЕМЕННОЙ ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА

Л. В. Галимова, А. А. Камнев, Р. Б. Славин

Создание автономных энергосберегающих систем средней производительности, обеспечивающих выработку электроэнергии, тепла и холода призвано решать проблему обеспечения относительно дешевой энергией промышленных предприятий и жилых районов.

В этом случае есть возможность использовать бросовую энергию — тепло выхлопных газов и систем охлаждения агрегатов, приводящих в движение электрические генераторы и др. Утилизируемую тепловую энергию можно использовать для производства холода в абсорбционных машинах.

Для полной оценки эффективности автономной энергосберегающей системы применяются эксергетический и экономический методы анализа.

Эксергетический анализ любой термодинамической системы позволяет определить степень ее термодинамического совершенства, а также выявить те элементы, в которых сосредоточены основные потери эксергии.

Данный анализ проведен по результатам работы представленной в сборнике научных работ III международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» [3].

Результаты численного эксперимента по определению выработки мощности ПГТУ и холодопроизводительности АБХМ для различных климатических зон показали, что работа парогазотурбинной установки практически не зависит от параметров окружающей среды за счет непрерывного отбора пара из паровой турбины, возможность работы системы «парогазотурбинная установка и абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина» зависит от условий работы холодильной машины.

Разработанная методика эксергетического расчета автономной установки использована для условий Астраханской области [1].

Вся схема установки была разделена на части контрольными поверхностями (рис. 1, а), для каждой из них было составлено уравнение эксергетического баланса, определены потери эксергии и эксергетический КПД.

$$\sum E'' = \sum E' - \sum D$$

— уравнение эксергетического баланса, где $\sum E''$ — сумма потоков эксергии, входящих внутрь контрольной поверхности; $\sum E'$ — сумма потоков эксергии, выходящих из контрольной поверхности; $\sum D$ — сумма потоков потерь эксергии в данном элементе. За введенную эксергию, равную 100 %, была принята удельная эксергия сгорания топлива.

$$\eta_i = \frac{\sum E'_i}{\sum E''_i}$$

— эксергетический КПД, по этой формуле считается как КПД отдельного элемента, так и всей установки в целом, в зависимости от того, как была проведена контрольная поверхность на схеме.

Уравнение эксергетический баланса парогенератора (рис. 1, б)

$$E_4 + E_9 + E_{10} = E_5 + E_6 + D_{\text{п.г}},$$

где E_4 — поток эксергии продуктов сгорания (газов), идущих в парогенератор из газовой турбины; E_9 — поток эксергии конденсата, идущего в парогенератор из теплообменника; E_{10} — поток эксергии конденсата, идущего в парогенератор из конденсатора; E_5 — поток эксергии продуктов сгорания (газов), выходящих из парогенератора в атмосферу; E_6 — поток эксергии пара, идущего из парогенератора в паровую турбину; D — потери эксергии в парогенераторе, связанные с необратимостью процесса теплообмена.

$$D_{\text{п.г.}} = E_4 + E_9 + E_{10} - (E_5 + E_6)$$

— полные потери эксергии в парогенераторе.

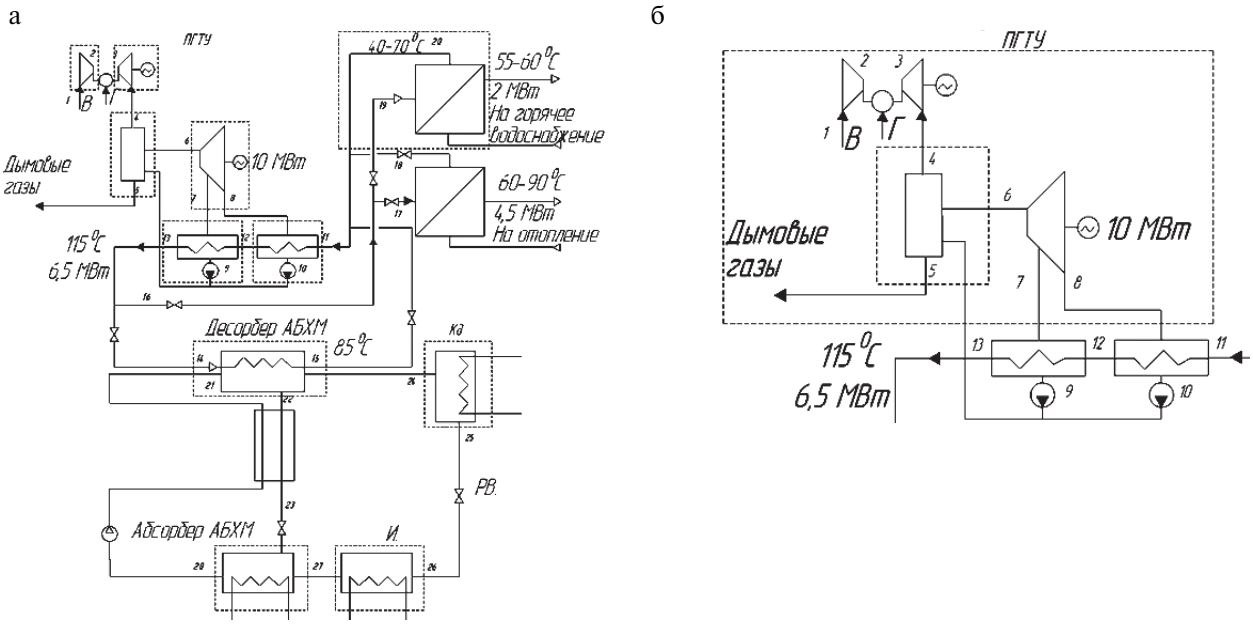


Рис. 1. а — схема установки, разделенная контрольными поверхностями на отдельные элементы; б — схема ПГТУ с парогенератором, выделенным контрольной поверхностью

$$d_{\text{п.г.}} = e_4 + e_9 + e_{10} - (e_5 + e_6)$$

— формула потерь эксергии для парогенератора в удельных величинах, где e_4, e_5, e_6, e_9, e_{10} — удельные величины эксергии для соответствующих потоков.

$$\eta_{\text{п.г.}} = \frac{e_5 + e_6}{e_4 + e_9 + e_{10}} = 0{,}83$$

— эксергетический КПД парогенератора.

По результатам эксергетического анализа была построена диаграмма потоков и потерь эксергии для всей системы (рис. 2).

Для оценки термодинамической эффективности энергосберегающего мероприятия мы воспользовались сравнением эксергетических КПД до, и после внедрения энергосберегающей технологии.

КПД системы до внедрения энергосберегающей технологии:

$$\eta_{\text{нач.}} = \frac{E_{\text{ГТУ}}^{\text{прод. }\%} + E_{\text{ПТУ}}^{\text{прод. }\%}}{E_q^{\text{прод.сгор.}\%}} = \frac{18{,}4 + 14{,}7}{100} = 33{,}1\ \%.$$

КПД системы после внедрения энергосберегающей технологии:

$$\eta_{\text{кон.}} = \frac{E_{\text{ГТУ}}^{\text{прод. }\%} + E_{\text{ПТУ}}^{\text{прод. }\%} + E_{\text{ХМ}}^{\text{прод}\%}}{E_q^{\text{прод.сгор. }\%}} = \eta_{\text{нач.}} + \frac{E_{\text{ХМ}}^{\text{прод}\%}}{E_q^{\text{прод.сгор. }\%}} = \frac{18{,}4 + 14{,}7}{100} + \frac{2{,}5}{100} = 35{,}6\%.$$

Относительное изменение эксергетического КПД:

$$\varepsilon_\eta = \frac{\eta_{\text{кон.}} - \eta_{\text{нач.}}}{\eta_{\text{кон.}}} 100\% = \frac{35{,}6 - 33{,}1}{33{,}1} 100\ \% = 8\ \%.$$

Экономическая оценка автономной энергосберегающей системы предполагает обоснование ее разработки и применения путем определения эффективности инвестиций.

Для решения поставленной задачи разработана методика для оценки эффективности инвестиций [2]. Расчет по данной методике проведен с учетом восьми однотипных блоков:

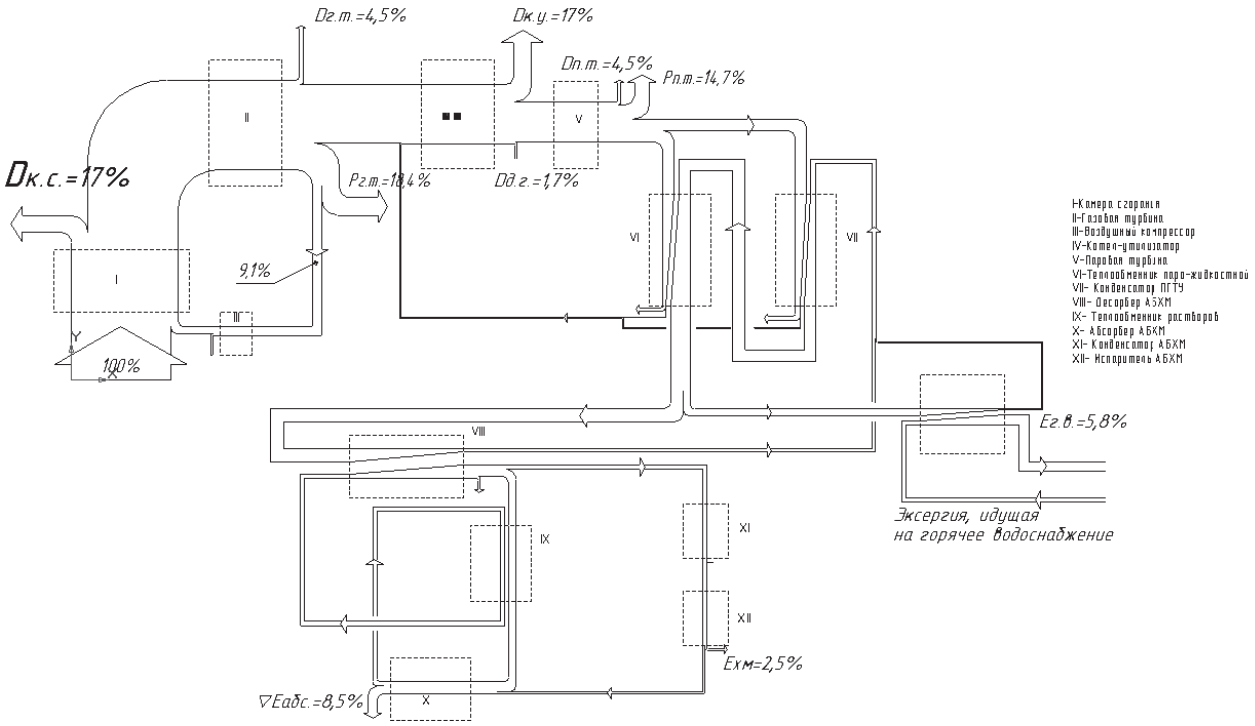


Рис. 2. Диаграмма потоков и потерь эксергии автономной энергосберегающей системы

Макроэкономическое окружение проекта представляет собой совокупность данных, отражающих динамику инфляционных процессов и данных о системе налогообложения. При оценке экономической эффективности инвестиций в объект нетрадиционной электроэнергетики в текущих ценах учитываются коэффициенты дисконтирования и распределения на шаг, т. е. коэффициенты, учитывающие временную ценность денег и неравномерность поступлений и расходов денежных средств в течении расчетного периода.

Показатели производственной деятельности предприятия характеризуют численность обслуживающего персонала, годовой объем вырабатываемой продукции, расход электроэнергии на собственные нужды и установленные тарифы на отпускаемую продукцию.

Инвестиционные затраты содержат следующие элементы капитальных вложений, которые, по сути, являются инвестициями, необходимыми для строительства установки: стоимость строительно-монтажных работ, стоимость оборудования и прочие затраты. Инвестиции вкладываются в течении всего периода строительства, который для данного объекта составляет 1 год.

Основные производственные фонды описывают динамику стоимости по годам эксплуатации.

Эксплуатационные затраты включают следующие элементы ежегодных эксплуатационных затрат объекта нетрадиционной электроэнергетики: затраты на оплату труда; отчисления на социальные нужды; амортизационные отчисления; прочие затраты; налоги, относимые на себестоимость продукции предприятия; итого производственная себестоимость продукции.

Финансовые показатели характеризуют финансовую сторону деятельности энергосберегающей системы по годам горизонта расчета: выручка от реализации; себестоимость продукции; прибыль от реализации продукции; налогооблагаемая прибыль; местные налоги; налог на прибыль; чистая прибыль; чистая прибыль нарастающим итогом; чистая дисконтированная прибыль; чистая дисконтированная прибыль нарастающим итогом. Финансовые показатели формируются на основании действующего в настоящее время законодательства.

Эффективность инвестиционных затрат. Вычисляется на основе сформированных денежных потоков по годам горизонта расчета:

— Приток от операционной деятельности;
— Отток от инвестиционной и операционной деятельности;
— Денежный поток.

Приток от операционной деятельности содержит следующие элементы, которые дают стоимостную оценку результата производственной деятельности энергосберегающей системы: выручка от реализации; всего приток; накопленный приток; накопленный приток с учетом коэффициента распределения; всего приток дисконтированный; всего приток дисконтированный накопленный.

Отток от инвестиционной и операционной деятельности, отражающий суммарные затраты предприятия необходимые для осуществления производственной деятельности автономной энергосберегающей

системы, включает следующие элементы: стоимость строительных работ; стоимость монтажных работ; стоимость оборудования; прочие затраты; суммарные капитальные затраты; суммарные капитальные вложения с учетом коэффициента распределения; операционные затраты; налоговые выплаты, суммарные эксплуатационные расходы; суммарные эксплуатационные расходы с учетом коэффициента распределения; всего отток; всего отток с учетом коэффициента распределения; накопленный отток с учетом коэффициента распределения; всего отток дисконтированный; всего отток дисконтированный накопленный.

Поток денежных средств, который отражает величину разности между притоком и оттоком денежных средств в ходе реализации инвестиционного проекта, и выступает одним из показателей оценки эффективности инвестиций и включает следующие элементы: чистый поток денежных средств; чистый поток денежных средств нарастающим итогом; чистый дисконтированный поток денежных средств; чистый дисконтированный поток денежных средств нарастающим итогом.

Показатели эффективности проекта — это совокупная оценка эффективности инвестиций: чистый дисконтированный доход проекта; внутренняя норма доходности; индекс доходности дисконтированных инвестиций; дисконтированный срок окупаемости.

Результаты совокупной оценки экономической эффективности инвестиций автономной энергосберегающей системы в текущих ценах для условий Астраханской области представляются следующим образом:

1. Чистый дисконтированный доход проекта — 215 073 тыс. руб.;
2. Внутренняя норма доходности — 30 %;
3. Индекс доходности дисконтированных инвестиций — 1,5;
4. Дисконтированный срок окупаемости — 9 лет.

Выводы

1. Результаты эксергетического анализа показали, что эффективность автономной системы по производству электроэнергии, тепла и холода не ниже соответствующих значений для нетрадиционных систем.

2. Экономическая эффективность инвестиционных вложений, выраженная в виде дисконтированного срока окупаемости, лежит в пределах рекомендованных для автономных энергосистем.

3. По результатам проведенной совокупной оценки предполагается оптимизировать режим работы энергосберегающей системы.

Список литературы

1. *Бродянский, В. М.* Эксергетический метод и его приложения [Текст] / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек // М.: Энергоиздат, 1988. 280 с.

2. *Воропанова, Ю. В.* Методика оценки экономической эффективности инвестиций в объекты нетрадиционной электроэнергетики [Текст] / Ю. В. Воропанова: Диссертация канд. эконом. наук. Вологда, 2004. 199 с.

3. *Галимова, Л. В.* Моделирование процессов в энергосберегающей системе на базе парогазотурбинной установки и абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины [Текст] / Л. В. Галимова, Р. Б. Славин // III Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Санкт-Петербург, 2007. 7 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХОЛОДИЛЬНЫОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНЧАТОГО ЛЬДОГЕНЕРАТОРА

Л. В. Галимова, Тоньон Клотильде Гуиди

Профессиональная подготовка инженеров по специальности «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование» предполагает изучение способов оценки эффективности действующих холодильных систем в различных рабочих режимах. Большой интерес в этом плане представляет проведение термодинамического анализа промышленных холодильных систем. Как считают авторы статей [1, 2], сегодня тривиального анализа цикла недостаточно. Решение ищется глубже, с учетом накопленной информации о реальном термодинамическом совершенстве тепло- и хладоэнергетических систем.

Эксергетический способ анализа позволяет исключить использование более громоздкого метода циклов, приводя к тем же результатам более коротким путем.

Цель и задачи исследования. Целью проводимых исследований является разработка научно-обоснованной методики термодинамической оценки работы холодильных аммиачных машин различного назначения.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

— изучение современного состояния вопроса о применении термодинамического метода анализа для оценки эффективности технических систем;

— выбор объектов исследования, описание исследуемых холодильных систем, их назначения и состава;

— моделирование исследуемых холодильных систем; разработка методики комплексного анализа на основе теоретического и экспериментального исследования лабораторной аммиачной холодильной машины кафедры холодильных машин;

— уточнение программы на основе производственного эксперимента на промышленных холодильных установках;

— проведение численного эксперимента с использованием разработанной программы;

— анализ результатов исследования, выработка предложений по условиям эксплуатации холодильных установок.

Актуальность работы. Создание надежной, удобной для использования в производственных условиях методики оценки эффективности промышленных холодильных установок является актуальной проблемой холодильной техники, а оценка термодинамических потерь при проведении процессов в элементах и системе в целом, рекомендации по их устранению, которые будут способствовать решению задач энергосбережения, определяют актуальность темы исследования.

Научная новизна. Повышение эффективности промышленных аммиачных холодильных установок за счет устранения недостатков в работе, установленных на основе термодинамического анализа.

На основании проведенного анализа состояния вопроса о применении эксергетического анализа к оценке систем преобразования энергии и вещества можно сделать вывод, что универсальной мерой термодинамического совершенства является эксергетический КПД, который широко используется в технической термодинамике и связанных с ней областях — энергетике, химической технологии и низкотемперватурной технике. В работе [3] приведены принципы определения КПД технических систем преобразования энергии и вещества.

Объектами исследования были: лабораторная экспериментальная аммиачная холодильная установка кафедры холодильных машин Астраханского государственного технического университета, промышленные аммиачная холодильная установка маслосырбазы «Астраханская», аммиачная холодильная установка льдогенератора портового холодильника Республики Бенин, двухступенчатая аммиачная холодильная установка Астраханского консервного комбината.

Методика проведения исследования объектов была построена на основе поэтапного решения задач. На первом этапе был проведен анализ цикла экспериментальной лабораторной одноступенчатой холодильной машины, результатом которого стали математическая модель и численный эксперимент в соответсвии с замеренными рабочими параметрами.

Исследование промышленной холодильной установки вели для режимов, характеризующих ее работу в июле, как самом жарком месяце года для г. Астрахани.

Одноступенчатая холодильная установка рыбного порта Ресублики Бенин по своему назначению отличается от рассмотренных ранее. Охлаждаемым объектом здесь является льдогенератор, работающий круглогодично.

В результате была получена комплексная модель, которая позвляет проводить эксергетический анализ одноступенчатых аммиачных холодильных установок различного назначения, получать и анализировать эксергетические показатели эффективности их работы.

Двухступенчатая аммиачная холодильная установка Астраханского консервного завода предназначена для замораживания продуктов. При разработке математической модели были учтены ее особенности, связанные с наличием двух ступеней сжатия и промежуточного сосуда.

Для создания моделей было использовано реальное моделирование в виде натурного и физического. С помощью натурного моделирования проведено исследование на промышленных объектах в виде производственного (пассивного) эксперимента, физическое моделирование (активный эксперимент) проведено на экспериментальной лабораторной установке.

При моделировании промышленной установки целью анализа является определение возможностей повышения показателей производства за счет устранения недостатков эксплуатации, выявленных в ходе термодинамического анализа при различных режимах работы.

В основу разрабатываемых моделей были положены методики теплового и эксергетического расчета [3].

Предварительно в соответствии с разработанной методикой были проведены расчеты основных показателей холодильных установок с помощью тепловых диаграмм.

Результаты проведенных расчетов использованы в дальнейшем для установления адекватности программного кода.

Блок-схема математической модели построена на основе приведенной методики.

В соответствии с блок-схемой разработана комплексная программа на языке Visual Basic. При разработке программы использованы зависимости термодинамических характеристик от режимных параметров в интервалах изменений, характерных для исследуемых систем. Разработанная программа получила государственную регистрацию [4]. Результаты анализа лабораторной установки и холодильной установки маслосырбазы «Астраханская» опубликованы в журналах [5, 6]. Подобным же образом с учетом особенностей была разработана программа для анализа двухступенчатой холодильной установки.

Результаты численного эксперимента по исследуемым системам представлены в виде интерфейсов.

Определение адекватности разработанной программы было проведено путем сравнения результатов численного эксперимента и ручного расчета тепловых и эксергетических характеристик

На основе результатов численного эксперимента были построены диаграммы потоков и потерь эксергии в элементах и холодильной системе в целом, позволяющие судить о степени участия каждого элемента холодильной машины в потере вводимой эксергии (мощности электродвигателя) и о величине эксергетической холодопроизводительности.

Для оценки эффективности работы холодильной установки были построены зависимости эксергетических показателей от рабочих параметров в различных режимах. Пример зависимостей для холодильной системы пластинчатого льдогенератора портового холодильника Республики Бенин представлен на рис. 1, 2. На рис. 1 характерный излом линии соответствует значениям КПД холодильной машины при незначительно изменяющейся температуре конденсации.

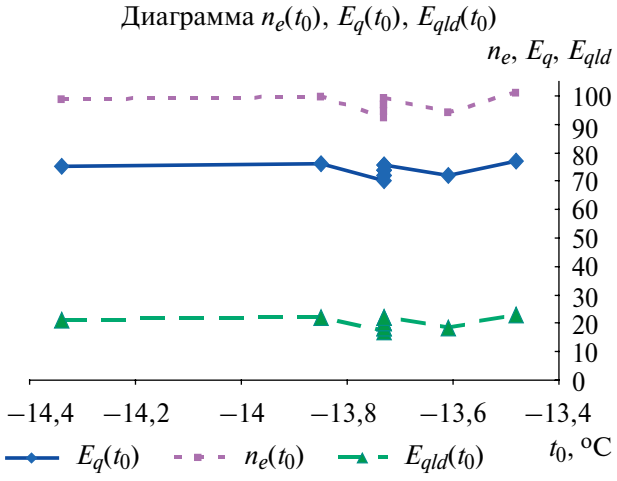


Рис. 1. Зависимости эксергетических КПД цикла и системы непосредственного охлаждения льдогенератора от температуры кипения: $n_e(t_0)$ — расчетной; $E_q(t_0)$ — программной; $E_{qld}(t_0)$ — льдогенератора

На рис. 2 представлены результаты эксергетического анализа элементов холодильной системы. Эксергетический КПД компрессора имеет высокое значение. Объясняется это тем, что компрессор охлаждается холодной водой и состояние газообразного холодильного агента в конце процесса сжатия по диаграмме находится левее адиабаты. Безопасность работы компрессора обеспечивается работой повторного испарителя и расширительного клапана.

Анализ эксергетических потерь в конденсаторе, проведенный в зависимости от температуры нагнетания, показал, что с повышением температуры нагнетания потери растут, что соответствует работе конденсатора с чистой теплообменной поверхностью.

Значения эксергетического КПД процесса расширения при дросселировании практически совпадают с [3].

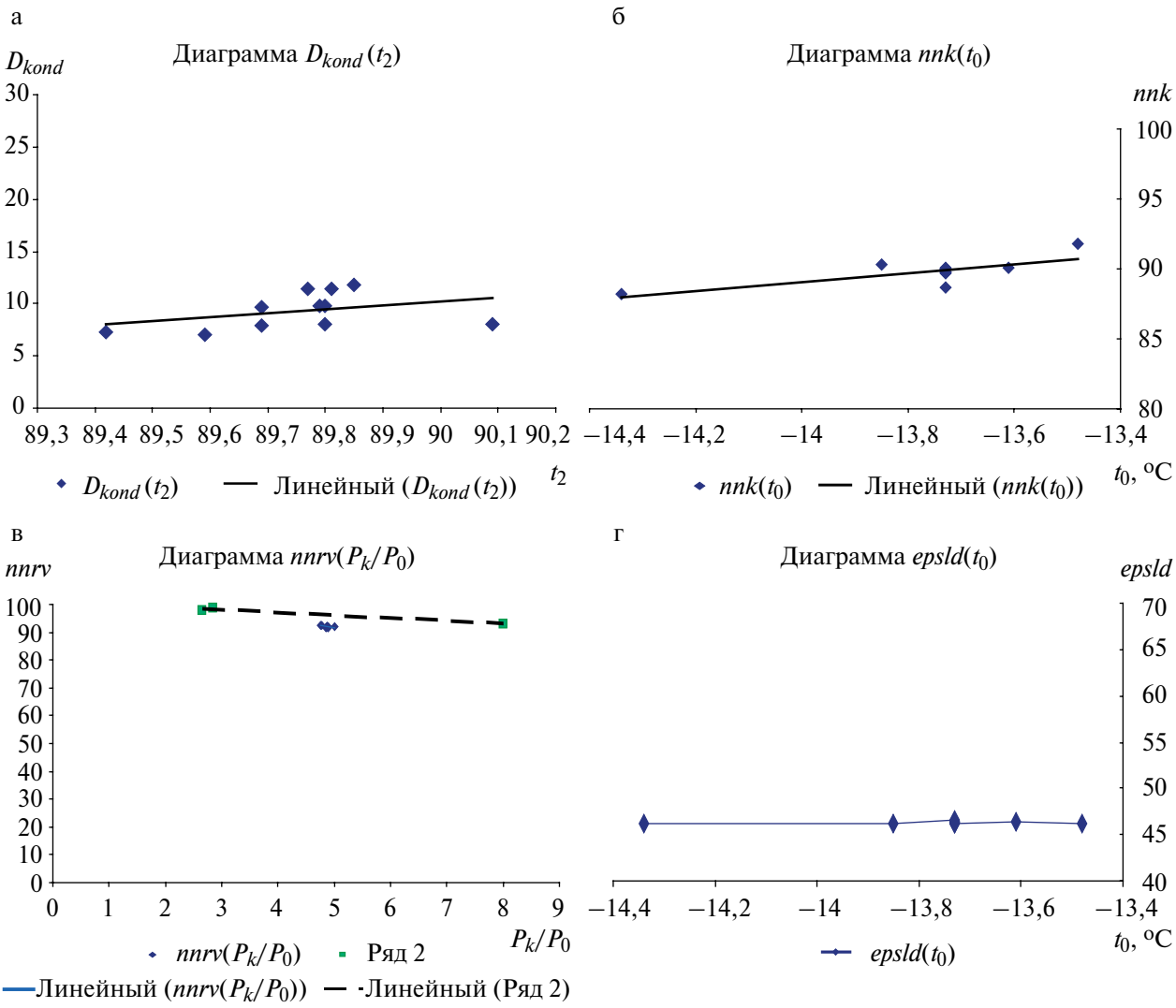


Рис. 2. Результаты эксергетического анализа элементов холодильной системы пластинчатого льдогенератора:
а — зависимость эксергетического КПД компрессора от температуры кипения;
б — зависимость потерь в конденсаторе от температуры нагнетания;
в — зависимость эксергетического КПД процесса дросселирования от степени сжатия;
г — зависимость эксергетического КПД льдогенератора от температуры кипения

При определении эксергетического КПД льдогенератора его рассматривали как теплообменник, в котором происходит изменение агрегатного состояния холодильного агента при заданной температуре кипения и средней температуре плиты льда.

Анализ потерь в элементах холодильной установки показал, что наибольшие потери характерны для льдогенератора. Работа компрессора с интенсивным охлаждением рубашки приводит к значительному снижению эксергетических потерь, как в компрессоре, так и в конденсаторе.

Подобные зависимости были получены для всех исследуемых холодильных систем. Характер зависимостей позволил судить о том, насколько эффективно происходит преобразование подведенной электирической энергии к компрессору в энергию потока тепла в испарителе и предложить меры по устранению потерь, выявленных в каждом элементе холодильной установки.

Выводы

1. В результате проведенной работы получен надежный метод анализа холодильных установок, основанный на современной технике и технологии обучения.

2. Результаты проведенного анализа позволяют выявить и устранить недостатки в работе элементов и установки в целом.

3. Результаты работы вынедрены в учебный процесс кафедры холодильных машин

Список литературы

1. *Архаров А. М.* Основы энтропийно- статистического анализа реальных энергетических потерь в низкотемпературных и высокотемпературных машинах и установках [Текст] / А. М. Архаров, В. В. Сычев // Холодильная техника, 2005. № 12. С. 14–23.

2. *Цветков О. Б.* О невиртуальности энергетических потерь действительных термодинамических циклов [Текст] / О. Б. Цветков // Холодильная техника, 2006. № 4. С. 40.

3. *Бродянский В. М.* Эксергетический метод и его применение [Текст] / В. М. Бродянский, М.: Энергия. 1973. С. 360.

4. *Галимова Л. В.* Комплексная программа для эксергетического анализа промышленных холодильных систем [Текст] / Л. В. Галимова, Т. К. Гуиди, О. О. Лазаренко: Свидетельство о государственной регистрации программ на ЭВМ, № 2008614758, 3.10.2008.

5. *Галимова Л. В.* Моделирование и эксергетический анализ одноступенчатой аммиачной экспериментальной холодильной машины [Текст] / Л. В. Галимова, А. А. Камнев, О. О. Лазаренко, Т. К. Гуиди // Вестник АГТУ. № 2. 2008. С. 114–122.

6. *Гуиди Тоньон Клотильде.* Термодинамический анализ холодильной установки маслосырбазы «Астраханская» [Текст] / Г. Т. Клотильде, Л. В. Галимова, В. Ф. Пешев // Вестник Международной академии холода. Вып. 1. 2009. С. 28–31.

УДК 664.577

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. Э. Суслов, Ю. А. Фатыхов, А. С. Бестужев

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», г. Калининград
E-mail: sergs53@yandex.ru

Пищевая промышленность является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей народного хозяйства. В настоящее время в Калининградской области зарегистрировано около тысячи предприятий пищевого профиля. Известно, что пищевая промышленность является крупным потребителем низкотемпературной тепловой энергии, которая расходуется на проведение технологических процессов, в основном тепломассообменных процессов таких, как пастеризация, стерилизация, сушка, варка, копчение и др. Естественно, что ее экономия позволит снизить себестоимость готовой продукции и повысить рентабельность производства.

Используя теплонасосную установку (ТНУ), можно использовать низкопотенциальную энергию вторичных энергоресурсов: сбросовую теплоту технологических процессов, теплоту конденсации холодильных машин, вентиляционных выбросов; системы охлаждения оборотного водоснабжения; сточных вод и т. д. При этом, затрачивая на работу компрессора электроэнергию можно получить в несколько раз больше тепловой энергии [1].

Кроме того, необходимо учитывать не только экономию первичной энергии (органического топлива), но и другие составляющие, а именно: при использовании теплонасосных установок для целей отопления пропадает статься затрат на транспортирование топлива и вывоз продуктов сгорания, отсутствие складов для хранения топлива, что в некоторых случаях может являться решающим фактором для их использования. Немаловажным является и экологический аспект проблемы — при использовании тепловых насосов вредные выбросы в атмосферу отсутствуют, что делает отопление производственных, общественных и жилых зданий экологически чистым [2]. Также необходимо учесть, что базовые тарифы на энергоносители (газ, электроэнергию) устанавливаются Правительством России, цены на мазут, уголь определяются сложившимися рыночными ценами и зависят от мировых цен на нефть, а также географического расположения региона. В свою очередь тарифы на теплоснабжение дотируются из бюджетов субъектов РФ и не отражают их реальной стоимости.

На сегодня в мире эксплуатируется более 130 млн. теплонасосных установок. Годовой объем продаж выпускаемого в странах дальнего зарубежья теплонасосного оборудования составляет около $ 125 млрд. Согласно данных Международного Энергетического Агентства (IEA) к 2020 году в развитых странах мира доля отопления и горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов должна составить около 75 %.

Если о применении непосредственно тепловых насосов имеется достаточно много информации, то об интегрированных теплонасосных системах, т. е. о системах, способных комплексно решать тепло и холодоснабжение технологических процессов пищевых производств, информации практически нет.

Технологическое и инженерное оборудование пищевых производств включает в себя достаточно большое количество отдельных систем:

— системы холодоснабжения холодильных камер и технологического оборудования;

— системы технологического кондиционирования воздуха в процессах сушки или холодного копчения;

— системы нагревания воды или воздуха для дефростации пищевых продуктов и др.

Часто в одном технологическом процессе на разных стадиях необходимо охлаждать или нагревать продукт для чего используются различные системы.

Если все стадии технологического процесса, в которых потребляется и отбирается тепловая энергия, будут объединены каждый в единую систему, энергетическая эффективность работы системы возрастет многократно. Эту задачу можно решить, если систему тепло и холодоснабжения технологического процесса производства пищевой продукции, в которой все потребители теплоты и холода объединены между собой двухконтурной сетью, по которой циркулирует теплоноситель, а тепло и холодоснабжение технологического процесса будет выполняться от каскадного теплового насоса. В ТНУ нижний каскад работает как источник холодоснабжения, а верхний как источник теплоснабжения.

Таким образом, все стадии технологического процесса, где требуется либо подача тепловой энергии на нужды нагрева, либо, наоборот, имеются излишки тепла, которые необходимо отвести от продукта, будут энергетически связаны между собой.

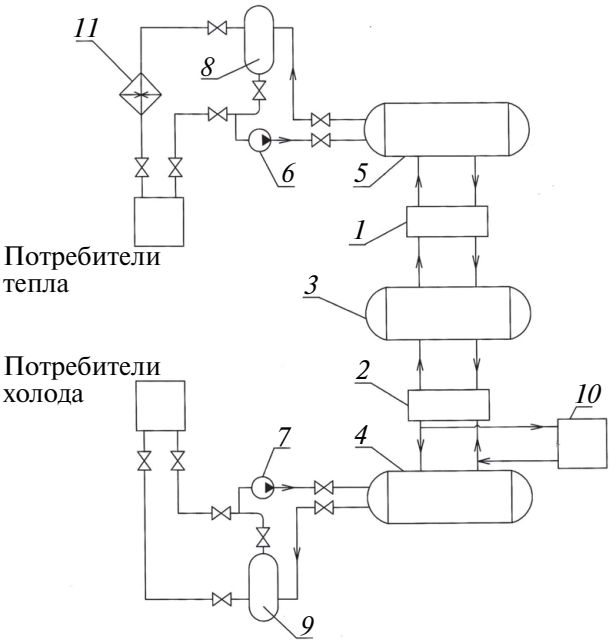


Схема интегрированной системы тепло- и холодоснабжения цеха по производству копченой и вяленой рыбопродукции:
1 — верхний каскад ТНУ; *2* — нижний каскад ТНУ; *3* — Испаритель-конденсатор; *4* — Испаритель; *5* — Конденсатор; *6, 7* — Циркуляционный насос; *8, 9* — Бак-аккумулятор; *10* — Батарея холодильной камеры; *11* — Дополнительный нагреватель

Эта сеть будет служить как аккумулятором тепловой энергии от теплоизбыточных стадий технологического процесса, так и источником низкопотенциальной тепловой энергии для стадий технологического процесса, требующих в данный момент подвода тепловой энергии.

Перенос теплоты в каждом контуре системы осуществляется теплоносителем. Когда теплоты самого технологического процесса не хватает для покрытия дефицита тепла, в работу включается дополнительный источник теплоты — нагреватель. В любом случае для этого не потребуется сравнительно мощного устройства, и система в целом немного проиграет в экономичности.

В состав каждого контура сети входит бак-аккумулятор, который, увеличивая объем теплоносителя, способствует большему накоплению теплоты (холода), а также стабилизирует температуру теплоносителя на входе в контур.

Интегрированные системы могут эффективно работать:

— в технологических процессах приготовления сушеной, вяленой и копченой пищевой продукции;

— при производстве молочной продукции (пастеризованное молоко, кисломолочная продукция, сыр);

— в пивоварении и других технологических процессах, где используются одновременно процессы нагревания и охлаждения.

На рисунке приведена интегрированная система тепло и холодоснабжения предприятия по производству копченой и вяленой рыбной продукции. В которой потребителями холода являются: воздухоохладители коптильной установки, камеры хранения готовой продукции и системы вентиляции, батарея посольной ванны и теплообменник охлаждения тузлука, камера хранения мороженых грузов. Потребителями тепловой энергии: воздухонагреватели коптильной камеры и вентиляции, дефростер, водонагреватели бытовой воды.

Рентабельность применения такой системы зависит от разности температур на различных стадиях технологического процесса, однако очевидно, что использование таких систем экономически обосновано и оправдано.

Список литературы

1. *Эрлихман В. Н.* Энергосбережение в технологических процессах агропромышленного комплекса с использованием теплонасосных установок. Монография / В. Н. Эрлихман, Ю. А. Фатыхов, А. Э. Суслов. — Калининград, Издательство ФГОУ КГТУ, 2007. — 234 с.

2. *Суслов А. Э.* Условия экономичности применения тепловых насосов. Труды международной научной конференции «Инновации в науке и образовании 2005» Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. — С. 305–306.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАСЛА ДЛЯ КОМПРЕССОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ВОДООХЛАДИТЕЛЕЙ

О. Н. Цветков

ОАО «ВНИИ НП»
E-mail: paom@rambler.ru

При кондиционировании воздуха и производстве безалкогольных и низкоалкогольных напитков и других охлаждаемых пищевых продуктов на отечественных предприятиях активно используются водоохладители как отечественного, так и зарубежного изготовления. В большинстве случаев в составе этих агрегатов эксплуатируются винтовые компрессоры, работающие на хладоне R-22. Во время работы охлаждаемая жидкость (вода или смесь воды с пропиленгликолем) подается через испаритель, где хладон R-22, кипящий при низкой температуре, поглощает теплоту из жидкости и охлаждает ее. Охлажденная жидкость проходит через блоки кондиционирования воздуха или технологического оборудования, поглощая теплоту из воздуха или охлаждаемых сред, а затем возвращается на охладитель.

Хладон R-22 в сжатой с помощью компрессора паровой фазе нагнетается в секцию маслоуловителя, где масло отделяется от паровой фазы перед тем, как газ под высоким давлением поступает в конденсатор, охлаждаемый водой из внешнего источника, обычно из градирни. Ожиженный хладон отводится из нижней части конденсатора и через ограничительную диафрагму поступает в испаритель для завершения цикла.

Система смазки компрессора обеспечивает смазывание подшипников и сальника, охлаждение компрессора, стабильность масляного слоя между роторами, чтобы стабилизировать подачу, предотвратить контакт роторов или обвод хладона, снизить шум и вибрацию. Масляный резервуар как правило располагается в первой ступени маслоотделителя, в нем автоматически поддерживается с помощью масловозвратной системы уровень масла не выше верхнего смотрового стекла. В компрессоре также имеется масляный резервуар, расположенный рядом с подшипниками, который обеспечивает смазку при запуске, вращении по инерции и во время сбоев электропитания. Эффективное улавливание масла достигается за счет резкого снижения скорости маслохладоновой смеси на входе в маслоотделитель, а также удара о сетку. Маслоотделители обычно бывают одно- или двухступенчатыми. Окончательное улавливание масла происходит, когда газ проходит через коалесцирующие элементы, находящиеся в верхней части одноступенчатого маслоотделителя или во второй ступени двухступенчатого маслоотделителя. На выходе из маслоотделителя устанавливается масляный фильтр с 15-микронными фильтрующими элементами. Во время работы перепад давления в системе создает необходимое течение масла и в большинстве случаев нет необходимости в применении масляного насоса для возврата масла в компрессор. При нормальной работе компрессор работает как собственный масляный насос.

Для эксплуатации компрессоров средней и высокой производительности вышеописанных холодильных машин, как правило, применяются холодильные масла класса вязкости по ISO не менее 68, поскольку необходимо обеспечение высоких трибологических характеристик для подшипников и уплотняющего слоя для нагнетающих винтовых роторов. Помимо трибологических свойств от масел требуются хорошая подвижность при низких температурах и легкая сепарация от хладонового пара. Хорошей взаимной растворимости масла с хладоном не требуется. В машинах российского производства применяется синтетическое углеводородное масло ХС-40; в импортном оборудовании применяются разные масла зарубежных компаний, а в системах YORK, получивших в последнее время распространение на российских предприятиях — фирменное синтетическое масло на основе сложных эфиров. В таблице даны основные характеристики российского и зарубежного масел.

Оба масла имеют одинаковые класс вязкости и противоизносные свойства, высокие индексы вязкости и температуры вспышки, низкие температуры застывания, смешиваются друг с другом в любых пропорциях и могут быть взаимозаменяемыми в постгарантийный срок эксплуатации машин. С учетом экономических факторов постепенный перевод эксплуатации водоохладителей, в составе которых применяются системы с винтовыми компрессорами и хладоном R-22, при кондиционировании воздуха и производстве пищевых продуктов с импортных масел на отечественное масло ХС-40 перспективен.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ БЫТОВЫХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

А. С. Титлов

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
E-mail: titlow@mail.ru

Перевод систем холодильной техники на экологически безопасные хладагенты привлекает внимание разработчиков бытовой холодильной техники и к абсорбционным холодильным приборам (АХП), в состав которых входит абсорбционный холодильный агрегат (АХА), рабочее тело которого состоит из природных компонентов — водоаммиачного раствора (ВАР) с добавкой инертного газа (водорода). АХП имеют ряд таких позитивных качеств, как бесшумность, надежность и длительный ресурс работы, возможность использования в одном агрегате нескольких источников энергии — как электрических, так и тепловых. К достоинствам АХП следует отнести и меньшую по сравнению с компрессионными аналогами стоимость. Вместе с тем, АХП имеют повышенное по сравнению с аналогичными компрессионными моделями энергопотребление, что ограничивает область их применения и долю на рынке бытовой холодильной техники. В классе одно- и двухкамерных моделей с полезным объемом от 100 до 350 дм^3 преимущество по энергопотреблению компрессионных аналогов достигает 2–6 раз, а морозильников — 4–9 раз. В классе одно- и двухкамерных холодильников с объемом свыше 350 дм^3 уровни удельного энергопотребления абсорбционных и компрессионных аналогов соизмеримы. В этом случае ощутимым становится некоторое преимущество абсорбционно-диффузионного холодильного цикла при двухуровневом охлаждении (за счет переменной температуры диффузионного испарителя). В то же время переменная температура испарителя не позволяет обеспечивать энергетически эффективную работу одноуровниевых приборов, в частности, морозильников.

По этой причине работы, направленные на повышение энергетической эффективности АХП, являются актуальными, тем более, что в Украине находится Васильковский завод холодильников (ВЗХ), который, обладая высококвалифицированными специалистами, может занять достойное место среди производителей бытовой холодильной техники не только в Украине, но и в других странах. На основе теоретического анализа, аналитических и экспериментальных исследований разработаны научно-технические основы создания энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных приборов, которые обладая рядом позитивных качеств (бесшумность, надежность и длительный ресурс работы, меньшая по сравнению с компрессионными аналогами стоимость, отсутствие вибрации, магнитных и электрических полей при эксплуатации, возможность использования в одном агрегате нескольких источников энергии — как электрических, так и тепловых) и имея рабочее тело, состоящее из природных компонентов, могут рассматриваться как один из вариантов перехода на экологически безопасные хладагенты.

Установлено, что наиболее перспективными направлениями при создании энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных приборов являются: совершенствование термодинамических циклов АХА; совершенствование режимов работы и конструкций элементов АХА; рациональное использование холода в бытовых АХП; энергосберегающее управление режимами работы бытовых АХП; расширение функциональных возможностей бытовых холодильных приборов на базе АХА за счет утилизации «бросового» тепла цикла.

Энергетический и эксергетический анализ циклов АХА показал, что: состав инертного газа не влияет на эффективность цикла — замена водорода гелием приводит лишь к росту количества циркулирующего газа в 2 раза, что усложняет работу КЕЦ; максимальную энергетическую эффективность имеют двухтрех-четырехкамерные АХП, работающие в диапазоне температур охлаждения — от минус 18 °С до плюс 12 °С; энергетическая эффективность АХП, оснащенных горелочными устройствами, по сравнению с аппаратами с электрическими источниками энергии, выше в 3 раза (для условий Украины); основные эксергетические потери в цикле АХА приходятся на генератор (при работе на электроэнергии — до 80 % от общих потерь, с горелочными устройствами — до 60 %).

Результаты энергетического анализа режимных параметров серийных и опытных моделей АХА позволили сформулировать ряд рекомендаций для производителей: необходимо обеспечивать максимальное переохлаждение потока жидкого аммиака и потока слабого ВАР на входе в абсорбер с максимальным приближением к температуре окружающей среды; для кардинального решения задач переохлаждения потоков в жидкого аммиака и слабого ВАР следует использовать низкотемпературный потенциал потока холодной насыщенной ПГС, причем в низкотемпературных аппаратах весь поток насыщенной ПГС следует использовать только для переохлаждения потока слабого ВАР; температура кипения в генераторе не должна превышать 175 °С (ее рост до 195 °С сопровождается снижением от 24 % до 7 %).

Моделирование и анализ режимов работы элементов АХА с использованием результатов экспериментальных исследований серийных и опытных моделей позволили сформулировать рекомендации в части обеспечения энергосберегающих режимов работы: для снижения затрат холода на предварительное охлаждение (от 10 % до 15 %) необходимо предварительно охлаждать поток очищенной ПГС на входе адиабатного участка испарителя с недорекуперацией в 1...5 °С (для морозильников) и в 5...10 °С (для моделей с НТО); достаточно поддерживать температурный напор в 5 °С между потоком жидкого аммиака и минимальной температурой испарения для всех типов АХА (за исключением, работающих в составе универсальных АХП).

Результатами моделирования и анализа режимов работы элементов АХА стали оригинальные энергосберегающие конструкции: испарителя с промежуточным сливом жидкого аммиака, которая позволяет рационально распределить холод для предварительного охлаждения потоков жидкого аммиака и очищенной ПГС и обеспечить в НТО объемом 40 дм^3 температуру минус 19... минус 21 °С; «сплющенного» ЖТО, которая позволяет уменьшить длину ЖТО и повысить надежность работы АХА; АХА с эффективным отводом теплоты абсорбции за счет интенсификации внутреннего и внешнего теплообмена и использования низкотемпературного потенциала потока насыщенной ПГС.

Установлено, что при наличии вытяжного канала на задней стенке холодильного шкафа за счет интенсификации циркуляции воздуха снижение энергопотребления составляет 10...20 %, при этом повышенная температура воздушного потока в верхней части вытяжного канала позволяет установить дополнительную ТК для термической обработки пищевых продуктов, сырья и полуфабрикатов. Применение вентиляторов для обдува теплорассеивающих элементов АХА энергетически нецелесообразно.

На основе анализа энергосберегающих режимов работы генератора АХА разработаны: оригинальный двухступенчатый способ подвода тепла, который в диапазоне температур окружающей среды 10...32 °С снижает энергопотребление на 10...15 %; оригинальные конструкции генераторных узлов с расположением источников тепла во внутренних полостях и с теплоизоляцией в виде засыпки гранул из ВПЯМ, что позволяет снизить энергопотребление на 10 %, упростить технологию производства и повысить надежность работы АХП.

Предложены новые подходы к выбору толщины теплоизоляции охлаждаемых камер АХП, основанные на учете стоимости камер, стоимости эксплуатации и темпов их изменения, которые учитывают специфику работы АХП (размещение теплорассеивающих элементов АХА на задней стенке шкафа и наличие тепловых перетечек между камерами).

Предложен и апробирован в серийном и опытном производстве ВЗХ новый принцип конструирования АХП на базе дополнительных теплопередающих систем (ТТ, ДФТС) для тепловой связи «объект охлаждения — испаритель АХА». На его основе разработаны конструкции, которые отличаются от традиционных выносом испарителя АХА за пределы полезного объема охлаждаемых камер и установкой его в специальном теплогидроизолированном блоке [40, 46, 55, 59, 65–67, 69]. Показана целесообразность применения сжимаемого медного ВПЯМ в качестве заполнителя в зоне тепловой связи испарителя АХА и плоских тепловоспринимающих поверхностей. Это позволяет: увеличить полезный объем охлаждаемых камер; исключить из технологии производства экологически опасную операцию оцинковки поверхности испарителя; уменьшить энергопотребление (на 7...9 % в однокамерном холодильнике с НТО «Киев-410» АШ-160 и на 15...18 % в абсорбционном морозильнике «Стугна-101» АМЛ-180); снизить уровень температур в охлаждаемых камерах (в НТО — на 7...8 °С, на 12...14 °С — в морозильнике); время выхода на рабочий режим сократить на 25...30 % в холодильнике с НТО и на 50...55 % — в морозильнике.

С учетом результатов экспериментальных исследований реальных конструкций разработана математическая модель нестационарных температурных полей теплоизоляционных камер АХП с ТТ или ДФТС. На основе модели разработана номограмма, позволяющая проводить выбор числа ТТ и толщины стенки внутреннего корпуса в зависимости от объема камеры.

Установлено, что наличие теплоизоляционного кожуха на всей высоте подъемного участка дефлегматора, рассчитанного из условия полной очистки парового потока аммиака в жестких условиях эксплуатации, позволяет повысить холодопроизводительность испарителя по сравнению с традиционной частичной теплоизоляцией на 15...20 %.

Показана энергетическая эффективность форсирования подводимой тепловой нагрузки в период пуска абсорбционных морозильников — снижение энергозатрат в этот период составляет от 25 до 35 %.

Показано, что способ управления однокамерным АХП с НТО с постоянным подводом тепловой нагрузки и контролем температуры потока на выходе подъемного участка дефлегматора позволяет снизить энергопотребление до 20 %, по сравнению с традиционным двухпозиционным.

Установлено, что АХП могут применяться во всем диапазоне температур холодильного хранения, используемом в быту — от минус 18 °С до плюс 12 °С, т. е. стать универсальным бытовым холодильным прибором, причем реализация требуемых режимов холодильного хранения может быть достигнута посредством изменения тепловой нагрузки в генераторе АХА. Минимальное энергопотребление универсального АХП в диапазоне температур окружающей среды 10...32 °С и во всем диапазоне температур

холодильного хранения достигается в режиме «110-$Q_{\text{пот}}$-0», где $Q_{\text{пот}}$ — номинальная тепловая нагрузка генератора АХА, которая распределяется между основным и компенсационными нагревателями в зависимости от температуры окружающей среды и режима холодильного хранения. По сравнению с лучшими мировыми аналогами снижение энергопотребления достигает 60 %.

Установлено, что перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике является разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а передается в специальную ТК, температура воздуха в которой может достигать 70 °С.

Экспериментальные исследования бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, созданных на базе серийной модели ВЗХ «Кристалл — 408» АШ-150 показали: введение в состав бытовых абсорбционных холодильников дополнительной ТК, связанной в тепловом отношении с подъемным участком дефлегматора АХА, не приводит к росту энергопотребления и не ухудшает эксплуатационные характеристики камер охлаждения.

Предложены оригинальные конструкции комбинированных аппаратов на базе АХП, показана перспективность моделей с горелочными устройствами и конструкций с гибкими теплопередающими устройствами.

Оценка техногенного воздействия на окружающую среду бытовых холодильных приборов позволила сделать следующие выводы: новые АХП существенно превышают по экологическим характеристикам (в среднем — на 35 %) лучшие зарубежные и отечественные аналоги; в сложившихся условиях в Украине эксплуатация новых моделей на органическом топливе будет оказывать соизмеримое или меньшее, по сравнению с компрессионными аналогами, техногенное воздействие на окружающую среду.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА В СУДОВЫХ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТАХ

Л. Ф. Диканова, В. Д. Лапшин

ФГОУ ВПО Дальрыбвтуз, E-mail: criolab@inbox.ru

В последние годы все более широкое применение на рефрижераторных судах получают винтовые маслонаполненные компрессоры (ВК).

Основными достоинствами ВК по сравнению поршневыми являются высокая надежность в работе, исключение возможности гидравлических ударов, плавное регулирование холодопроизводительности в широких пределах. Масло в ВК имеет многофункциональное назначение и служит для:

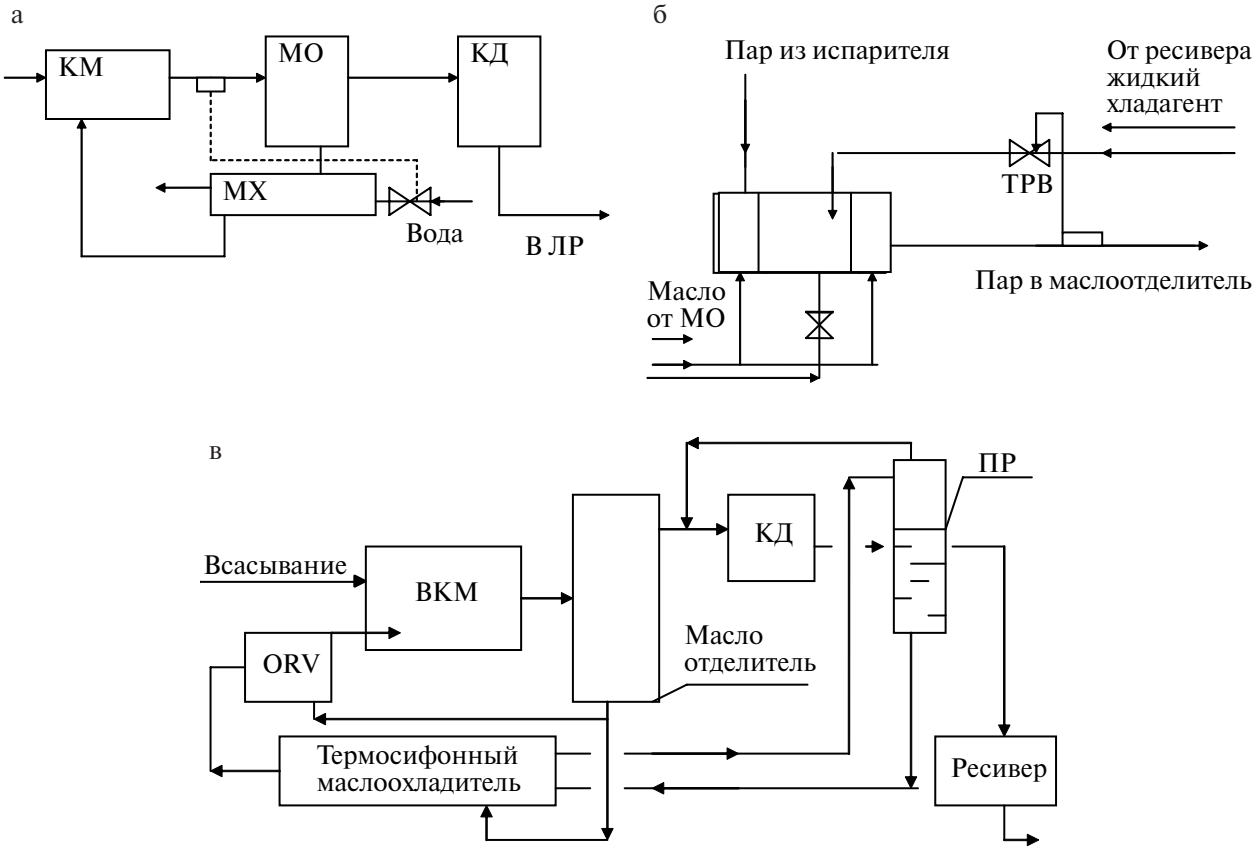
- Смазки поверхностей роторов, подшипников;
- Уплотнения зазоров винтов;
- Торцевого уплотнения сальника;
- Охлаждения хладагента в процессе сжатия;
- Снижение уровня шума работающего ВК.

Многофункциональное назначение масла потребовало в конструкции винтового компрессорного агрегата систему маслоснабжения, в состав которой обязательно входит маслоохладитель. От температуры масла, поступающего в винтовой агрегат, зависит конечная температура нагнетаемого пара, а следовательно и затраты энергии на сжатие этого пара. Определяющим критерием является температура масла на выходе из маслоохладителя в пределах 35...55 °С.

В настоящее время в современных судовых агрегатах, выпускаемых зарубежными фирмами, в основном, используются три системы охлаждения масла:

- С охлаждением забортной морской водой;
- С частичным охлаждением впрыскиванием жидкого хладагента в рабочую полость ВК;
- С термосифонным охлаждением масла жидким хладагентом.

Основные способы охлаждения масла в винтовых агрегатах приведены на рисунке.



Способы охлаждения масла в судовых винтовых агрегатах: а — охлаждение масла водой; б — комбинированное охлаждение масла водой и впрыскиванием холодильного агента; в — термосифонное охлаждение масла

Наиболее доступным, простым и экономичным является охлаждение масла забортной водой, при котором в трубках маслоохладителя циркулирует охлаждающая вода, а в межтрубном пространстве — масло. Охлаждающая вода поступает в маслоохладитель через соленоидный вентиль или через водорегулирующий вентиль (ВРВ). Для интенсификации теплообмена между охлаждающей водой и маслом внутри аппарата установлены перегородки, организующие движение масла поперек труб с достаточно высокой скоростью. Практика показала, что наиболее плотное прилегание к трубам имеют не стальные, а пластмассовые перегородки, что исключает образование щелей и перетечек масла. Однако, применение пластмассовых перегородок требует жесткий контроль за температурой нагнетания паров хладагента, особенно при первоначальном пуске агрегата в работу, поскольку пластмассовые перегородки имеют предел теплостойкости равный 105 °С. Выше 105 °С пластмассовых перегородки деформируются или растворяются, в результате чего нарушается поперечное обтекание маслом труб аппарата, резко ухудшается теплоотвод от масла. Таким образом, нормальная работа винтового агрегата будет обеспечена только при строгом контроле за температурой нагнетания хладагента. Температура охлаждающей воды не должна превышать 30 °С, а нагрев ее трубках маслоохладителя — 5 °С. При более низкой температуре охлаждающей воды расход ее может быть уменьшен в соответствии с увеличением подогрева. При этом температура масла на выходе из маслоохладителя должна быть 35...55 °С.

К специфике работы судовой холодильной установке следует отнести:

• Резкие колебания температуры забортной воды, что приводит к необходимости уделять особое внимание вопросам регулирования температуры масла компрессора;

• Повышенный коррозионный износ трубок маслоохладителя и связанные с этим риски обводнения и загрязнения масла;

• Загрязнение теплообменных трубок маслоохладителя, в которых циркулирует охлаждающая морская вода, по этому необходимы регулярный контроль за их состоянием и своевременная очистка от загрязнений.

Кроме указанных мер, следует регулярно проверять работоспособность соленоидного или водорегулирующего вентиля и достаточность открытия арматуры на водяных трубопроводах у маслоохладителей.

Охлаждение масла за счет впрыска жидкого хладагента в полость сжатия компрессора устраняет эти недостатки. Количество подаваемого хладагента регулируется с помощью ТРВ по температуре нагнетания паров хладагента из компрессора. В этом случае одновременно происходит снижение температуры паромасляной смеси перед маслоотделителем, что может существенно повлиять на степень отделения масла в нем. Растворение жидкого хладагента в масле приводит к опасности вспенивания масла в подшипниках, к ухудшению уплотнения зазоров роторов винтов. При этом способе охлаждения теплота от масла передается непосредственно хладагенту, что приводит к увеличению количества пара, проходящего через компрессор, следовательно, и к увеличению его энергопотребления. При использовании любой системы охлаждения масла хладагентом возрастает удельное энергопотребление холодильной установки. Несмотря на это подобные системы охлаждения применяют, например, в ступени высокого давления (СВД) винтовых агрегатов некоторых фирм.

Охлаждение масла с помощью термосифона — это непрямой метод, который позволяет привести к кипению хладагента при насыщенной температуре конденсации, как охлаждению окружающей среды. Этот метод получил широкое распространение из-за многочисленных преимуществ:

• Не возникает увеличение мощности компрессора;

• Нет риска загрязнения масла;

• Хладоноситель (хладагент) не загрязняется благодаря высокой интенсивности передачи теплоты;

• Теплота от масла сбрасывается в окружающую среду через конденсатор. Нет необходимости в дополнительном оборудовании для отдачи теплоты.

Принцип «термосифона» основывается на циркуляции жидкости, когда движущей силой потока жидкости является не дополнительная механическая работа (на пример насос), а гравитационные силы и разность плотностей жидкости между вертикальными опорами потока. Передача теплоты от масла к хладагенту при этом поддерживает разность плотностей, необходимой для движения потока. Основное оборудование, необходимое для систем охлаждения масла с помощью термосифона состоит из:

• Приоритетного ресивера (ПР) жидкого хладагента в системе температуры и давления конденсации. Этот ресивер должен располагаться ближе к компрессорному агрегату и охладителю масла для минимизации потерь давления в трубопроводах. При этом уровень жидкости в сосуде должен поддерживаться выше, чем охладитель масла. Минимальный напор жидкости должен составлять $H = 1{,}8$ м;

• Теплообменника — охладителя масла кожухотрубного типа.

Горячее масло циркулирует в корпусе маслоохладителя, передавая тепло через стенки труб кипящему хладагенту, температура которого сохраняется постоянной. Испарившийся хладагент возвращается в ПР, в котором отделяется от насыщенной жидкости и возвращается в конденсатор, где снова конденсируется. Для циркуляции жидкости через маслоохладитель необходимо, чтобы соотношение жидкого потока было в четыре раза больше, чем пара хладагента, возвращающегося из маслоохладителя. Т. к. плотность хладагента в вертикальной (обратной) трубе у двухфазной смеси намного меньше, чем плотность

жидкого хладагента в сливной трубе, создается разность давлений, которая движет поток хладагента в петлю термосифона. При движении потока возникают потери давления от сил трения в сливном и обратном трубопроводах, которые примерно составляют? $\sum \Delta P = 0{,}35$ Bar. В маслоохладителе хладагент достигает состояния насыщения при температуре конденсации и закипает, т. к. поглощает теплоту от масла. Масло охлаждается, когда хладагент достигает температуры конденсации. При температуре конденсации 35 °С температура выходящего масла обычно составляет от 43 до 54 °С. Регулирование температуры масла может осуществляться байпасным вентилем на стороне масла. При высоких температурах конденсации 35...40 °С байпас остается закрытым и температура масла снижается за счет кипения хладагента. При низких температурах конденсации горячее масло обходит вокруг охладителя и смешивается с охлажденным маслом, поддерживая постоянную температуру подачи масла в компрессор приблизительно 54,4 °С.

Все вышесказанное о термосифонном охлаждении характерно для установившегося режима работы СХУ. На практике системе охлаждения чаще приходится функционировать в динамике, включая пуск, остановку компрессора, изменения в нагрузке, оттаивание воздухоохладителей горячим паром изменение мощности конденсатора и т. д. Динамика системы воздействует на функционирование системы охлаждения масла, что может привести к прерыванию потока хладагента в систему или к изменению давления конденсации в системе.

При оттайке трюмных воздухоохладителей происходит резкое понижение давление конденсации в системе, что может привести к откачке жидкого хладагента из маслоохладителя, сливной и обратной трубы. Пока жидкий хладагент возвращается, масло не охлаждается, температура масла повышается, что может привести к автоматическому отключению компрессора. Следует отметить, что во время циркуляции в маслоохладителе может происходить выброс жидкого хладагента при высокой скорости из-за расширения пара. Это может привести к тяжелому гидравлическому шоку системы трубопроводов.

Поддерживая стабильное давление конденсации можно свести к минимуму выброс хладагента из системы маслоохладителя. Увеличение высоты размещения приоритетного ресивера (термосифона) и большие размеры сливной трубы, снабжающей жидкостью маслоохладитель будут подавлять «вспышки кипения» хладагента в маслоохладителе. Требуемую высоту расположения приоритетного ресивера можно определить

$$H = 1{,}25\frac{\sum \Delta P}{g\rho_{\text{ха}}},$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2; $\sum \Delta P$ — суммарные гидравлические потери в магистрали хладагента (в контуре маслоохладитель — «термосифон»), Па; $\rho_{\text{ха}}$ — плотность жидкого хладагента, кг/дм^3.

Объем жидкого хладагента, который обязательно должен находиться в приоритетном ресивере вычисляется по формуле

$$V_{\text{пр}} = (V_0 Q_{\text{мо}})K,$$

где V_0 — требуемый удельный объем жидкого хладагента на один кВт производительности маслоохладителя, м^3/кВт; $Q_{\text{мо}}$ — холодопроизводительность маслоохладителя, кВт; K — коэффициент превышения расчетного массового расхода жидкого хладагента в контуре маслоохладителей — термосифонов.

Рекомендуемые значения основных параметров, необходимых для проектирования маслоохладителей — термосифонов приведены в таблице.

Параметр	Хладагент	Единица измерения	Приблизительные значения
Скорость потока жидкого хладагента в линии ПР — маслоохладитель при 100 % производительности компрессора	Все	м/с	0,3...0,8
Скорость потока паров хладагента в возвратной линии при 100 % производительности компрессора	R717 R22 R404A/R507A	м/с	5...10 4...8 3...6
Удельный объем жидкого хладагента на 1 кВт производительности маслоохладителя, V_0	R717 R22 R404A/R507A	дм^3/кВт	0,3 0,9 1,4
Коэффициент превышения расчетного массового расхода жидкого хлаагента, К	R717 R22 R404A/R507A	—	1,5...4 1,5 1,5

УДК 621.56

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КАМЕР С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д. А. Казначеев, В. Б. Данин

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: kaznacheevda@mail.ru

При разработке новых низкотемпературных камер и реставрации имеющихся в обращении на предприятии, работающих в диапазоне температур -60 ± 3 °С необходимо получить количественную информацию о переходных тепловых процессах для разработки холодильной установки и системы ее автоматического регулирования. Проверку состояния термоизоляции и количественной оценки при стационарном режиме требуемой холодопроизводительности для компенсации теплопритоков и внутренних тепловыделений холодильной камеры без испытуемых изделий исходя из реальных возможностей, калорические испытания проводятся при температурах в камере, превышающих температуру воздуха в помещении испытательной лаборатории с использованием штатного электрооборудования термокамеры и доукомплектованием необходимыми испытательными устройствами.

Основной характеристикой качества теплоизоляционной конструкции при стационарном режиме является ее калориметрическая постоянная, равная

$$KF = \frac{Q}{DT},\ [\text{Вт}/\text{м}^2], \tag{1}$$

где Q — тепловой поток, передаваемый через теплоизоляцию; DT — разность температур в помещении и внутри испытательной камеры.

Холодильная машина должна обеспечивать в стационарных условиях два спецификационных режима при атмосферном давлении: при температуре воздуха в камере минус 60 ± 3 °С. При этом разность температур воздуха в помещении и в камере составляет ~ 80 °С.

Учитывая возможное влияние температуры в камере на величину калориметрической постоянной, испытания проводятся минимально при трех стационарных температурах в камере: ~60, 90 и 120 °С.

Тепловыделения внутри камеры обеспечиваются включением вентилятора мощностью 2,2 кВт и части электронагревательных секций, имеющихся в рабочей зоне камеры.

Выход на заданный температурный режим производится:

1. Настройкой уставок существующей системы автоматического поддержания высоких температур воздуха в камере на один из трех заданных режимов.

2. Предварительным нагревом камеры, при котором включаются вентилятор и часть секций электронагревателей, расположенных в ее объеме. При этом максимальные внутренние тепловыделения (суммарная потребляемая мощность электродвигателя и нагревателей) в период пуска не должны превышать $10 \div 12$ кВт, а мощность одного нагревателя не превышать 1 кВт.

Стационарным принят режим по п. 5, при котором в течении 1 часа изменение мощности, потребляемой нагревателями и электродвигателем вентилятора не превышает 5 %, а показания каждого из локальных датчиков температур воздуха установленных в характерных точках внутри камеры и у ее наружной поверхности изменяются не более, чем на 1 °С.

Испытания в стационарных условиях проводятся для каждого из указанных ранее трех режимов в течение времени не менее 24 часов с записью показаний через каждые 30 минут.

В процессе испытаний производятся измерения:

1. Температур воздуха в характерных точках внутри и у наружной поверхности камеры;

2. Абсолютного давления в камере;

3. Мощности, потребляемой электронагревателями;

4. Мощности, потребляемой электродвигателем вентилятора.

По результатам определяются средние за время испытаний в стационарном режиме значения токов и напряжений, потребляемых электронагревателями и двигателем вентилятора, для последнего дополнительно вычисляются средние значения величин $\cos(\varphi)$. Находятся также средние значения температур воздуха в характерных точках внутри и у наружной поверхности камеры.

Тепловой поток, передаваемый через теплоизоляцию, составит:

— при включенных электронагревателях

$$Q = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{н}}, \tag{2}$$

— при подаче охлаждающей воды

$$Q = Q_{\text{дв}} - Q_{\text{в}}, \tag{3}$$

Тепловой поток, вносимый в камеру двигателем вентилятора:

$$Q_{\text{дв}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} J_{\text{л}} \cos(\varphi)(1 - \eta), \tag{4}$$

где $U_{\text{л}}$, $J_{\text{л}}$, $\cos(\varphi)$ — средние за время стационарного режима линейные токи, напряжения и косинус угла между ними трехфазной сети; η — КПД электродвигателя вентилятора.

Тепловыделения электронагревателей:

$$Q_{\text{н}} = \sum U_{\text{н}} J_{\text{н}}, \tag{5}$$

где $U_{\text{н}}$, $J_{\text{н}}$ — средние за время стационарного режима токи и напряжения, подаваемые на электронагреватели.

Достаточно обоснованное определение разности средних температур воздуха в камере и, у ее наружной поверхности весьма затруднительно как из-за наличия тепловых мостов в конструкции камеры, так и из-за ограничений характерных точек измерений. В первом приближении принято, что средняя температура воздуха внутри камеры равна величине:

$$T_{\text{вн}} = \frac{(T_{\text{х2}} + T_{\text{х1}})\Omega_{\text{х}} + (T_{\text{р2}} + T_{\text{р1}})\Omega_{\text{р}}}{4}, \tag{6}$$

а наружного воздуха:

$$T_{\text{нар}} = \frac{(T_{\text{ц2}} + T_{\text{ц1}})\Omega_{\text{ц}} + (T_{\text{с2}} + T_{\text{с1}})\Omega_{\text{с}}}{4}, \tag{7}$$

где средние за время стационарного режима величины, входящие в уравнения (6) и (7): $T_{\text{х1}}$, $T_{\text{х2}}$ — температуры воздуха на входе и выходе в верхнем и нижнем каналах камеры со стороны низкотемпературного воздухоохладителя; $T_{\text{р1}}$, $T_{\text{р2}}$ — температуры воздуха на входе и выходе в верхнем и нижнем каналах камеры со стороны рабочей зоны камеры; $T_{\text{ц1}}$, $T_{\text{ц2}}$, $T_{\text{с1}}$, $T_{\text{с2}}$ — температуры наружного воздуха в верхней и нижней зонах цилиндрической и наружной поверхности камеры; $\Omega_{\text{ц}}$, $\Omega_{\text{с}}$ — доли наружной цилиндрической и эллиптических поверхностей камеры; $\Omega_{\text{х}}$, $\Omega_{\text{р}}$ — доли внутренних поверхностей камеры со сторон низкотемпературного воздухоохладителя и рабочего объема камеры. При разделении камеры на две зоны границей раздела принята плоскость, перпендикулярная горизонтальной оси камеры и проходящая через ось работающего вентилятора.

В расчетах принимается, что температуры потоков, подаваемых вентилятором в каждую из зон одинаковы ($T_{\text{х2}} = T_{\text{р2}}$).

По рассчитанным величинам и уравнению (1) находится калориметрическая постоянная для каждого из трех режимов, оценивается качество теплоизоляционной конструкции и при необходимости разрабатываются рекомендации по ее реконструкции.

УДК 629.78.06-533.6

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

В. В. Двирный

ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева
г. Железногорск, Красноярский край, Россия

В первых же изданиях по тепловым трубам (ТТ) говорилось, что это устройство для передачи тепловых потоков, которое работает в космосе (в невесомости) даже лучше, чем на земле. Однако, в термосифонах используется сила гравитации для возврата жидкого теплоносителя, что неприемлемо в условиях орбитальной невесомости. Позже в России были изобретены антигравитационные контурные тепловые трубы, которые в настоящее успешно используются в системах терморегулирования и охлаждения, как в космосе, так и на земле.

Низкотемпературные технологии на базе тепловых труб разработаны в ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева» (далее ОАО «ИСС») на базе аммиачных тепловых труб для охлаждения 8 приборов системы ориентации спутника связи типа «Горизонт», и газорегулируемых тепловых труб (ГРТТ) для тех же целей в спутнике связи типа «Луч» и спутников типа «Гонец».

В настоящее время тепловые трубы нашли применение практически во всех КА производства ОАО «ИСС», а проекты перспективных спутников в бесконтейнерном варианте основаны на применении легких сотопанелей с алюминиевыми ТТ. Разработаны конструкции и технология производства высокоточных профилей, технологии очистки заправки, контроля, экспресс-контроля, испытаний и обеспечения безотказной непрерывной работы ТТ в течение 10 лет и более.

Основные характеристики первых ТТ ОАО ИСС приведены в материалах IX международной конференции (США, 1995 г.). Конструкции многих нерегулируемых и газорегулируемых ТТ защищены авторскими свидетельствами.

Благодаря более высокой точности размеров канавок профиля, ТТ разработанные в ОАО «ИСС», конкурируют по теплопередающим характеристикам и ресурсу с ТТ NASA США из профиля фирмы «Microextrusious Minelex». Газорегулируемые ТТ подтвердили свои характеристики при штатной эксплуатации в составе ИСЗ типа «Луч» и превосходят аналогичные ТТ, производимых для французских КА, благодаря запатентованной конструкции турбулизаторов и спрофилированных стержней в зоне конденсации.

Проведена наземная отработка и, впервые в мире, испытана в составе трех спутников «Горизонт» контурная тепловая труба с подтверждением работоспособности в орбитальных условиях. Высокие теплотехнические характеристики разработанных ТТ получены и подтверждены в результате экспериментальных исследований, наземной и летной отработки, а также при безотказной эксплуатации в составе более семи космических систем.

Разработанные технологии ТТ и принципы их применения в КА для уменьшения термического сопротивления между источником тепла и приемником (сбросом) тепла применены в холодильной технике и докладывались на различных конференциях, в том числе и в ЛТИХП г. Санкт-Петербург нынче СПбГУНиПТ.

Были улучшены холодильники и изготовлены образцы «Кристалл» (Украина), «Морозко», «Иней», «Ладога», «Полар» (Польша), холодильники производства Китая, «Бирюса».

Для двухкамерного холодильника «Бирюса» применение ГРТТ позволило получить близкриоконическую камеру с одним компрессором.

Разработки проведены на уровне изобретений с положительной оценкой Международного жюри на выставках.

Один из примеров использования технологий ТТ (термосифонов, термосвай) для поддержания грунта в замороженном состоянии приводится ниже.

Показаны результаты испытаний и эффективность намораживания без обдува. Технические характеристики термосваи:

Длина — 12000 мм.

Диаметр — 45 мм.

Рабочая жидкость — аммиак — 800 гр.

Диаметр промерзания грунта вокруг сваи — 2,5–3 метра.

Обеспечение несущей способности дороги (при установке свай с обеих сторон) шаг = 5–7 метров.

Срок службы — 50 лет.

Установка в скважину диаметром — 150 мм.

Целью испытаний было испытать «Термосваю» на работоспособность.

Программа и методика испытаний была следующей:

Заправленную аммиаком «Термосваю» установили на испытательный стенд:

1. На конденсаторную (оребренную) часть термосваи надели морозильную камеру морозильной установки.

2. Установили термосваю под углом не менее 15°.

3. Испарительную (хвостовую) часть термосваи поместили в теплоизолированную ванну с холодной водой.

4. Закрепили термопары на хвостовой и конденсаторной частях термосваи.

5. Участок сваи от конденсаторной части до хвостовой изолировали поролоном.

Испытали термосваю на работоспособность.

Из показаний температур в контрольных точках видим, что «Термосвая»работоспособна и при таких темпах намораживания льда за сезон обеспечит примерно 12 тонн льда.

Список литературы

1. *Двирный В. В., Смирнов-Васильев К. Г. и др.* Экспериментальные исследования длинномерных канавчатых тепловых труб для сотопанелей спутников и их применение в абсорбционном холодильнике: Доклад на IX Международной конференции по тепловым трубам / Альбукерк. США, 1995.

УДК 621.362:537.322

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПА

Т. А. Исмаилов, Р. Ш. Казумов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

Среди существующего в настоящее время большого многообразия теплообменных аппаратов, функционирующих на основе различных физических эффектов, значительными преимуществами при отводимых мощностях в пределах 200–300 Вт обладают термоэлектрические теплообменные устройства. Теплообменные аппараты на их основе относятся к теплообменным аппаратам поверхностного рекуперативного типа, и обладают достоинствами:

— практически неограниченный ресурс работы;

— не имеют изнашивающихся и трущихся элементов, а значит, бесшумны в работе, характеризуется низким уровнем вибраций;

— экологически безопасны;

— высокая функциональная гибкость;

— высокая надежность;

— выгодные массогабаритные характеристики.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств Дагестанского государственного технического университета разработана оптимизированная конструкция термоэлектрического трубчатого теплообменного аппарата рекуперативного типа с тепловыми мостиками. В нем на стенку, разделяющую потоки с различными температурами, в промежутки между термоэлектрическими модулями (ТЭМ) установлены тепловые мостики из высокотеплопроводного материала — меди. В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований данной конструкции.

Для проведения эксперимента был разработан экспериментальный стенд, принципиальная схема которого приведена на рис. 1. Теплообменный аппарат *1* подключен к контурам циркуляции хладо- и теплоносителя, в качестве которых используется вода, а также к регулируемому источнику постоянного тока *2*. Ультратермостаты *3* и *4* поддерживают заданные температуры хладо- и теплоносителей на входах теплообменного аппарата с точностью 0,1 °С и обеспечивают их циркуляцию. Расходы по контурам хладо- и теплоносителей регулируются вентилями, расположенными на соответствующих ультратермостатах.

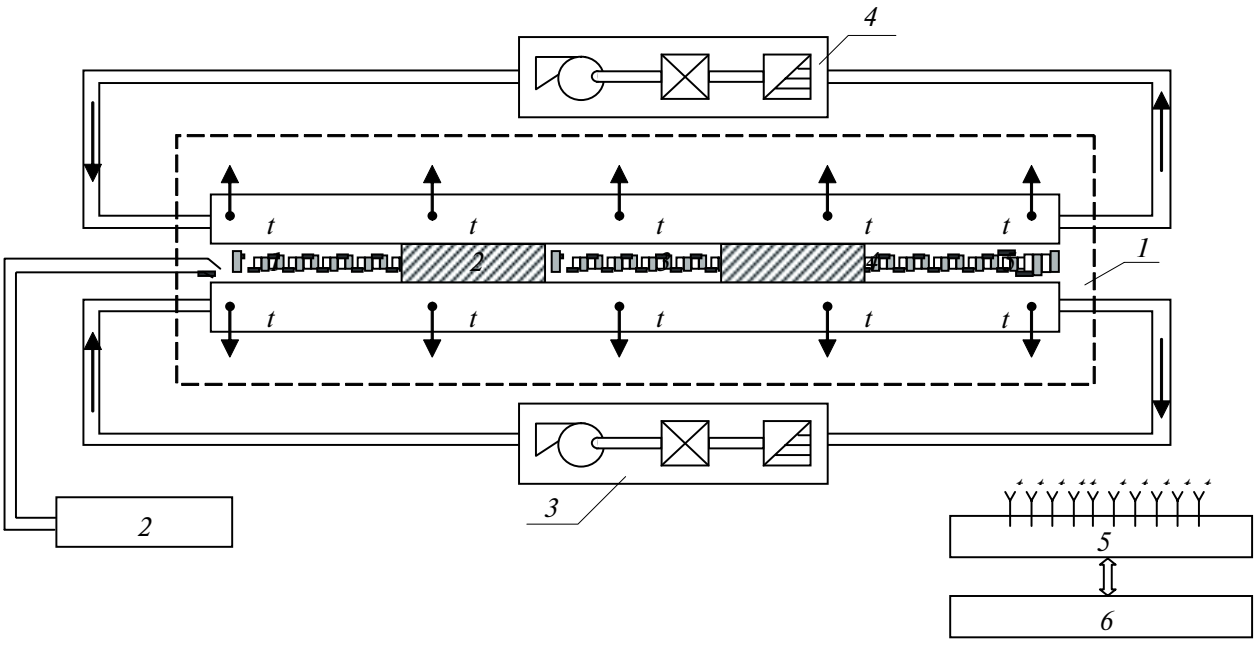


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда

Регистрация текущих значений температур осуществляется измерительным комплексом ИРТМ 2402/М3 *5*, который подключается к ПЭВМ *6* и предусматривает возможность одновременного подсоединения до 24 датчиков температуры.

Объектом экспериментальных исследований являлся термоэлектрический теплообменный аппарат проточного типа, состоящий из двух стальных труб внутренним диаметром 7 мм и длиной 250 мм. Внешняя поверхность труб отшлифована в виде четырехгранника 20×20 мм. В качестве ТЭМ использованы унифицированные ТЭМ типа БПТМ и модули, разработанные в лаборатории. Электрически последовательно подключенные между собой ТЭМ и тепловые мостики через теплопроводную пасту КПТ зажаты между двумя трубами. Для исключения теплообмена с внешней средой, вся конструкция размещена в пенопластовый кожух. На боковых гранях, по длине труб установлены медь-константановые термопары $t_1 - t_{10}$, опорные спаи которых термостабилизированы при 0 °С в сосуде Дъюара.

Экспериментальные кривые распределения температуры по длине были получены путем измерения температур в различных точках теплообменного аппарата:

— при разных коэффициентах заполнения полупроводниковыми модулями,

— при разных токах, протекающих через термоэлементы,

— для разных материалов тепловых мостиков.

Все эксперименты проводились при заданных постоянных температурах и расходах хладо- и теплоносителей на входах конструкции. Для этого в теплообменный аппарат сначала устанавливались только полупроводниковые ТЭМ в количестве 10 шт. (100 % заполнение ТЭМ, коэффициент заполнения $\xi = 1$). С помощью ультратермостатов поддерживались заданные расходы и температуры хладо- и теплоносителей на входах. После стабилизации режима ультратермостатов (через 15–20 минут) на измерительном комплексе запускалась программа циклического опроса термопар с последующим выводом значений температуры на ПЭВМ. Одновременно теплообменный аппарат подключался к источнику постоянного тока, по измерительному прибору которого устанавливалась необходимая величина тока.

Изменение коэффициента заполнения осуществлялось следующим образом: после сборки устройства отключалась часть ТЭМ, оставшиеся модули раздвигались и распределялись по длине трубы равномерно, между ТЭМ устанавливались тепловые мостики, изготовленные из соответствующего материала (медь, алюминий, сталь), суммарная площадь которых равнялась суммарной площади удаленных модулей. Для этого были изготовлены разные типоразмеры тепловых мостиков. Так, например, для получения 80 % заполнения ($\xi = 0{,}8$), из 10 ТЭМ удалялись два модуля, вместо которых устанавливали 2 тепловых мостика, каждый из которых был равен 1/4 части площади модуля.

На рис. 2 представлены результаты экспериментальных исследований теплообменного аппарата в стационарных режимах работы при различных коэффициентах заполнения ТЭМ и для сравнения результаты теоретических расчетов (сплошная линия). При расчетах использованы паспортные данные на теплофизические свойства полупроводникового вещества и характеристики ТЭМ, использованных в конструкции, геометрические параметры ветвей, величины контактных электрических и тепловых сопротивлений. Теплоемкости труб в расчетах не учитывались.

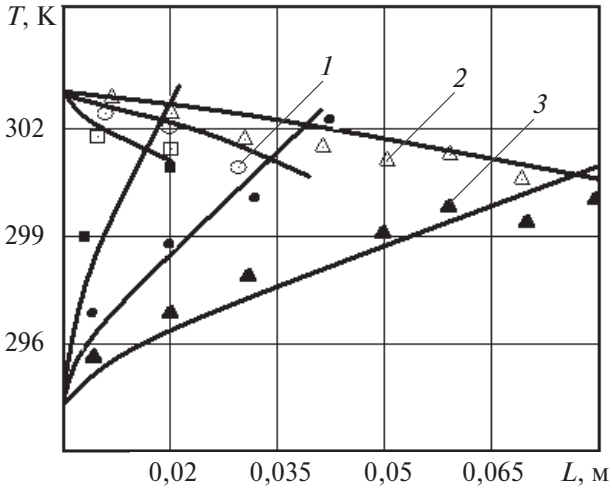


Рис. 2. Экспериментальные и теоретические зависимости температур теплоносителей на выходе из теплообменного аппарата от длины при различных коэффициентах заполнения: *1* — $\xi = 1{,}0$; *2* — $\xi = 0{,}5$; *3* — $\xi = 0{,}2$; ток питания ТЭМ 1,8 А

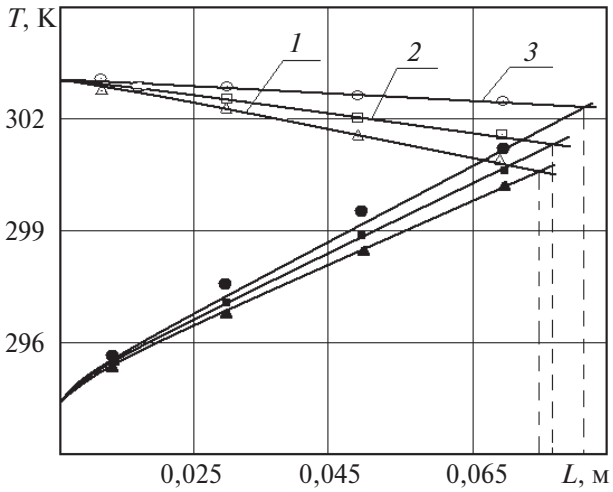


Рис. 3. Экспериментальные и теоретические зависимости температур теплоносителей на выходе из теплообменного аппарата от длины для тепловых мостиков из различных материалов: *1* — медь; *2* — алюминий; *3* — сталь; ток питания ТЭМ 1,8 А

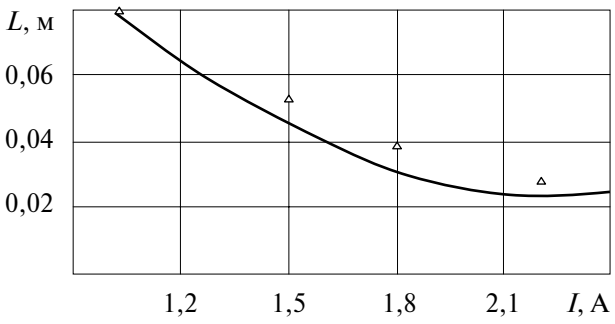


Рис. 4. Зависимость предельной длины ТЭБ в теплообменном аппарате от тока питания: $\xi = 0{,}5$, материал теплового мостика — медь

Из рис. 2 следует, что результаты расчетов и экспериментальные данные соответствуют друг другу. Максимальные количественные расхождения теоретических расчетов с экспериментальными результатами, не превышающие 12 %, наблюдались в начальном участке трубопроводов, что можно считать удовлетворительным. Как видно из рисунка, с увеличением коэффициента заполнения кривые распределения температур изменения температур изменяются более круто, т. е. теплообменный аппарат работает более эффективно.

На рис. 3 приведены кривые распределения температуры по длине теплообменного аппарата при коэффициенте заполнения равном $\xi = 0{,}2$, для тепловых мостиков, изготовленных из разных материалов: меди, алюминия и стали.

Из представленных данных следует, что эффективность работы теплообменного аппарата не существенно зависит от материала тепловых мостиков, что подтверждается и результатами численного эксперимента.

На рис. 4 приведена зависимость длины ТЭБ при работе устройства в режиме интенсификации от тока питания при коэффициенте заполнения $\xi = 0{,}5$ для тепловых мостиков, изготовленных из меди. Как видно, увеличение тока питания уменьшает участок теплообменника, где ТЭБ работает в режиме интенсификации теплообмена. Например, при повышении тока на 0,5 А для данных условий указанная длина уменьшается на 1,8 см.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННОЙ БРОМИСТОЛИТИЕВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРЕПАДАХ ТЕМПЕРАТУР В АППАРАТАХ

О. С. Малинина, Л. С. Тимофеевский

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В настоящее время абсорбционные холодильные машины (АБХМ) находят широкое применение в системах кондиционирования воздуха и получения холодной воды для технологических нужд. Они позволяют экономить топливо — энергетические ресурсы, что во время кризиса делает внедрение таких машин весьма актуальным, на тех предприятиях, которые используют источники дешевой теплоты.

Эффективность АБХМ зависит от стоимости сухой машины, количества бромистого лития на ее заправку, стоимости греющего источника (пар, горячая вода, продукты сгорания природного газа и др.), охлаждающей воды и других факторов.

В данном случае рассматривается оценка эффективности АБХМ с двухступенчатой генерацией пара (АБХМД) и с параллельным движением раствора через ступени генератора. Как показали предыдущие исследования, оценку влияния перепадов температур в аппаратах никто не рассматривал, а принимали произвольно без технико-экономического обоснования. Хотя, предварительные расчеты показали, что только величина перепадов температур на холодной стороне теплообменников раствора существенно влияет на эффективность АБХМД.

Для того чтобы провести оценку влияния изменяющихся параметров внешних источников и влияния перепадов температур в аппаратах, разработана математическая модель АБХМД.

Она включает в себя подпрограммы, а именно:

1. Термодинамический расчет цикла;

2. Определение теплофизических свойств воды, водяного пара и бромистого лития:

исходным уравнением принято равнение состояния с вириальными коэффициентами, предложенное С. Шульцем:

$$\frac{p\nu}{RT} = 1 + B'(T)\,p,$$

где второй вириальный коэффициент

$$B'(T) = \frac{B_0}{RT} - \frac{A_0}{(RT)^2} - \frac{C_0}{(RT)^3}.$$

Энергия Гиббса

$$\Phi = H - TS.$$

— температура водного раствора бромистого лития:

$$t_p = A(\overline{\mathrm{x}}) + B(\overline{x})\,t,$$

где A и B — постоянные коэффициенты

$$A = \sum_{i=0}^{4}\left(a_i\overline{x}^{1/2}\right); \qquad B = \sum_{i=0}^{4}\left(b_i\overline{x}^{1/2}\right);$$

$\overline{x}$ — молярная доля,

$$\overline{x} = \frac{M_n}{M_s}\frac{\overline{\xi}}{1-\overline{\xi}}$$

— расчет энтальпии водного раствора бромистого лития:

$$h = \sum_{n=0}^{4} a_n\xi^n + T\sum b_n\xi^n + T^2\sum_{n=0}^{2} c_n\xi^n + T^3 d,$$

где h — энтальпия раствора, кДж/кг; T — температура, К; a_n, b_n, c_n, d_n — постоянные коэффициенты.

С учетом разностей опытных и расчетных значений энтальпий получаем выражение:

$$h^* = h + \Delta h,$$

где $\Delta h = 357{,}492 - 204{,}546\overline{\xi} - 240{,}476\overline{\xi}$, кДж/кг.

— удельная теплоемкость:

$$\mathrm{c} = 3{,}6371 - 0{,}029\xi + 1{,}4285714 \cdot 10^{-5}\left(65t + 30\xi - t\xi\right), \quad \text{кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

— теплопроводность:

при $t \leqslant 80$ °C

$$\lambda = -3{,}5552933 + 3{,}407759 \cdot 10^{-2}T - 9{,}381419 \cdot 10^{-5}T^2 + 8{,}834924 \cdot 10^{-8}T^3 + A\left(\xi\right), \quad \text{Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

при $t > 80$ °C

$$\lambda = -8{,}8574733 + 6{,}973969 \cdot 10^{-6}T - 1{,}694229 \cdot 10^{-4}T^2 + 13{,}689024 \cdot 10^{-8}T^3 + A\left(\xi\right), \quad \text{Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

— вязкость:

при $35 \leqslant t \leqslant 70$ °C и $55 \leqslant \xi \leqslant 60$ %

$$\mu = \left[1{,}8793 - 0{,}025765\xi - 0{,}035t + 0{,}004\xi t + \frac{(-169{,}263 + 6{,}989\xi)}{(t + 223{,}95 - 3{,}63\xi)}\right] \cdot 10^{-3}, \quad \text{Па} \cdot \text{С};$$

при $70 \leqslant t \leqslant 180$ °C и $55 \leqslant \xi \leqslant 60$ %

$$\mu = \left[-0{,}5707 + 0{,}009235\xi + \frac{(-169{,}263 + 6{,}989\xi)}{(t + 223{,}95 - 3{,}63\xi)}\right] \cdot 10^{-3}, \quad \text{Па} \cdot \text{С}.$$

— поверхностное натяжение:

$$\sigma = \frac{\left(A_1 + A_2T + A_3T^2 + A_4T^3 + A_5\xi + A_6T\xi + A_7T^2\xi + A_8\xi^2 + A_9T\xi^2 + A_{10}\xi^3\right)}{100}, \quad \text{Н/м}.$$

3. Тепловой и конструктивный расчет аппаратов:

определение средних логарифмических разностей температур в аппаратах (Θ);

— объем бромистого лития в теплообменных аппаратах:

$$V_i = F_i V_{LiBr_i},$$

где i-обозначение аппарата;

— масса раствора бромистого лития в каждом из аппаратов:

$$\mathrm{M}_i = V_i \cdot \rho_i$$

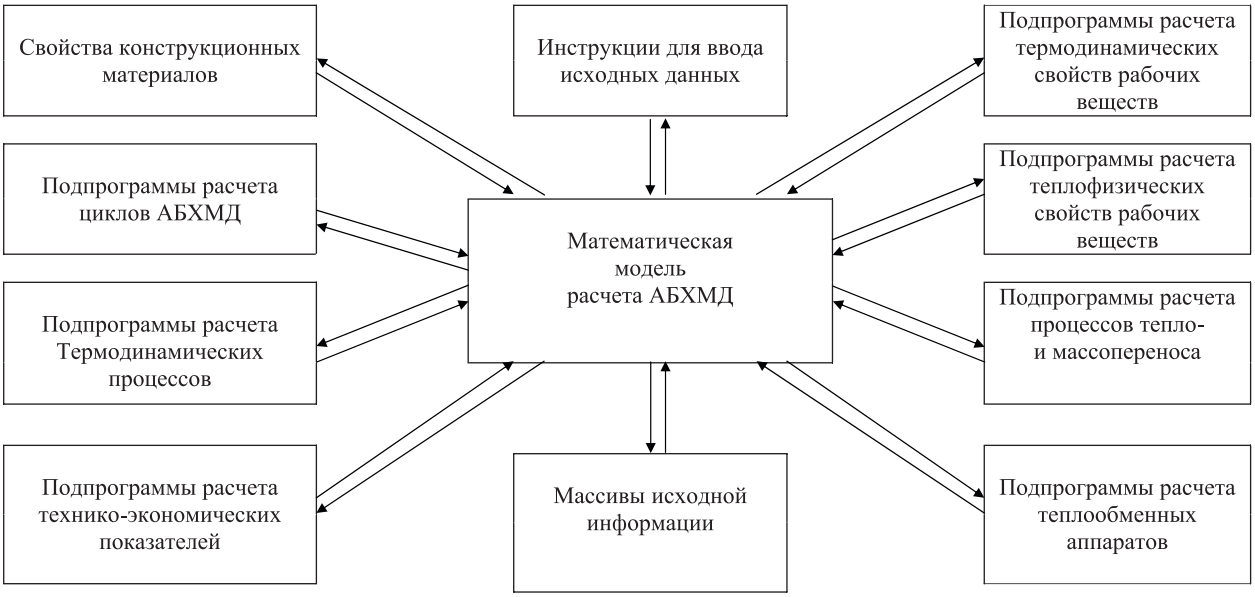
— массовый расход охлаждающей воды:

в абсорбере:

$$G_w = \frac{Q_{\mathrm{a}}}{c_{p_w}\Delta t_{w\mathrm{a}}},$$

в конденсаторе:

$$G_w = \frac{Q_{\mathrm{к}}}{c_{p_w}\Delta t_{w\mathrm{к}}}.$$



Структурная схема формирования математической модели расчета АБХМД

4. Методика расчета основных технико-экономических показателей:

— капитальные затраты:

$$K = \frac{K_{\text{обор}} + K_{LiBr} + K_{\text{СМР}} + K_{\text{тр}}}{1 - k_{\text{пр}}},$$

— эксплуатационные издержки:

$$\text{И} = \text{И}_{\text{пост}} + \text{И}_{\text{пер}},$$

$K_{\text{обор}}$ — стоимость оборудования.

— себестоимость производства холода:

$$\text{с}_{\text{х}}^{\text{пр}} = \frac{\text{И}}{Q_{0\text{год}}};$$

— экономический эффект:

$$\text{Э}_{\text{год}} = (\text{с}_{\text{х}} - \text{с}_{\text{х}}^{\text{пр}})\, Q_{0\text{год}},$$

— чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{\text{Т}_{\text{пр}}} |K_{\text{доп}t} - \text{Э}_{\text{год}t}| DF_t,$$

$T_{\text{пр}}$ — планируемый срок реализации проекта, лет; DF_t — коэффициент дисконтирования.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных пунктов, математическую модель можно представить в следующей структурной схеме (см. рисунок). Такая форма моделирования является наиболее приемлемой при разработке комплексной модели. Она дает возможность быстрого изменения и дополнения отдельных элементов модели.

РАСЧЕТ СРЕДНИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВНУТРИТРУБНОМ КИПЕНИИ ФРЕОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТИННЫХ ПАРАМЕТРОВ

А. А. Малышев, А. Н. Горячевская, М. В. Яковлева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Необходимость точного и надежного расчета теплоотдачи при кипении рабочих веществ внутри трубы вызвана не только научным интересом, но и в большей степени экономическим. Ошибка в определении теплопередающих поверхностей испарителей может привести к абсолютно абсурдным результатам расчета и подбора оборудования холодильных машин. Актуальность проблемы относится, как к испарителям водоохлаждающих холодильных машин, так и к воздухоохладителям, в которых теплоотдача со стороны воздуха $\alpha_{\text{в}}$ во много раз ниже, чем при кипении внутри трубы.

Анализ известных методов расчета $\alpha_{\text{а}}$ позволяет сделать следующие выводы.

Первое. Все расчетные формулы могут быть разделены на две основные группы:

— зависимости для расчета средних по длине трубы коэффициентов теплоотдачи, например [1], [2], [3] и др.;

— уравнения для расчета локальных коэффициентов теплоотдачи в зависимости от изменяющихся по длине трубы значений массового расходного паросодержания x, например [4] и [5] и др.

Второе. Все известные формулы как первой, так и второй группы, включают только расходные параметры: массовую скорость $\omega\rho$, приведенную по всему значению трубы $f_{\text{тр}}$, приведенные скорости жидкости W_0' и пара W_0'', массовые расходные x и объемные расходные паросодержания β. Все расходные параметры легко выводятся из уравнения теплового баланса и широко используются в расчетной практике.

Третье. По нашему мнению, основная причина расхождения зависимостей для расчета α_a связана с тем, что их авторы не учитывали истинных параметров двухфазных потоков, основанных на скольжении фаз.

Коэффициент скольжения.

$$S = \frac{W''}{W'}, \tag{1}$$

где W'', W' — истинные скорости, соответственно пара и жидкости.

Истинное паросодержание

$$\varphi = \frac{f''}{f_{\text{тр}}}, \tag{2}$$

где f'' — площадь поперечного сечения, занятая паром.

Истинные и расходные гидродинамические параметры связаны между собой следующими соотношениями:

$$\varphi = \frac{1}{1 + S\dfrac{1-\beta}{\beta}}; \tag{3}$$

$$x = \frac{1}{1 + \dfrac{1-\beta}{\beta}\dfrac{\rho'}{\rho''}} \tag{4}$$

Истинные параметры не могут быть определены непосредственно из теплового баланса. Но только они в полной мере учитывают внутреннюю структуру потока и распределения фаз по сечению трубы. Экспериментальное определение S или φ представляет собой достаточно сложную самостоятельную задачу гидродинамики. Для определения скольжения (либо φ) обычно используются механические, радиоизотопные, либо электрофизические методы.

В работе [1] такое исследование было выполнено и получена расчетная формула, обобщающая данные по R12, R22 в трубках диаметром 6 и 10 мм.

$$\beta - \varphi = 0{,}06(1-\beta)^{0{,}5}\left(\frac{\text{Fr}_0}{\text{Re}_0}\right)^{-0{,}23}\left(\frac{P_0}{P_{\text{кр}}}\right)^{-0{,}15}, \tag{5}$$

где Fr_0, Re_0 — соответственно критерии Фруда и Рейнольдса, рассчитанные по расходной скорости циркуляции W_0 и параметра жидкости.

В качестве основной идеи предлагаемого подхода заложено предположение, что учет скольжения фаз позволит в полной мере отразить специфику различных режимов течения и теплообмена для различных жидкостей и различных условий, в широком диапазоне параметров, включая температурные и геометрические параметры, начальные скорости и прочее. Предлагается подход к созданию наиболее универсальной методики расчета теплоотдачи при кипении в трубах и каналах.

В качестве рабочего вещества нами был выбран R134a. Мы отдаем себе отчет в том, что в отсутствии экспериментальных данных по скольжению и теплообмену этого хладагента, использование уравнений, обобщающих данные по R12 и R22, не достаточно корректно. Однако, учитывая близость теплофизических свойств R12 и R134, а также и то, что в данной работе предлагается лишь подход к получению корректной расчетной методики, такое допущение представляется оправданным.

На первом этапе для заданных условий расчета по уравнению (5) определяются значения φ для принятых или вычисленных из теплового баланса значений $x_{\text{вх}}$ и $x_{\text{вых}}$ в виде функции $\varphi = f(x)$.

Далее по диаграмме φ-Fr_0 [6] определяются режим течения для данного диапазона x.

(Здесь и далее использованы истинные скорости жидкости и пара. Индексом $'$ обозначаем параметры жидкости, индексом $''$ — параметры пара).

Рассчитываются локальные значения $\alpha_{\text{лок}}$ для каждого из режимов.

Волновой и снарядный режимы [6]:

$$\alpha_{wq} = \alpha' \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha_{\text{б.о}}}{\alpha'}\right)^2} x^{-0,19}, \tag{6}$$

где $\alpha' = 0083\lambda'/d_{\text{экв}}(\mathrm{Re}')^{0,8}\mathrm{Pr}'^{0,4}$ — конвективная составляющая, обусловленная течением жидкой фазы; $\alpha_{\text{б.о}}$ — коэффициент теплоотдачи, обусловленный пузырьковым кипением α рассчитывается по формуле Г. Н. Даниловой [6] для кипения в большом объеме; $d'_{\text{экв}} = \sqrt{(1-\varphi)/0,785}$ — эквивалентный диаметр части трубы, занятой жидкой фазой.

Кольцевой режим [6]

$$\alpha_{\text{к}} = \alpha_{wq} \sqrt{1 + 36,5 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\omega'' r q'}{q}\right)^{1,5} \left(\frac{\alpha_{\text{б.о}}}{\alpha_{wq}}\right)^2}. \tag{7}$$

Результаты расчета представляются в виде графической зависимости $\alpha = f(x)$ для различных значений температуры массовой скорости и плотности теплового потока.

Для каждого случая методами графического интегрирования определяются значения средних коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{\text{ср}}$ в рассмотренном диапазоне x.

Полученная информация позволяет решить задачу аппроксимации неизвестного отображения, представленного табличными данными, выбранной функцией с неизвестными параметрами. Для их определения решается задача оптимизации. Возможны следующие подходы.

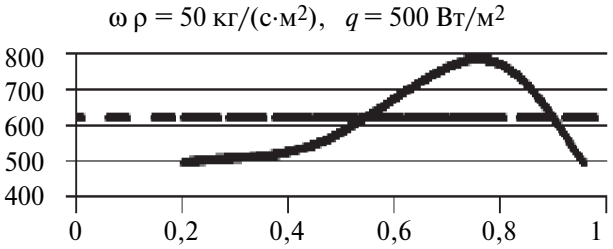


Рис. 1. Расчетные значения локальной теплоотдачи при кипении R134a в горизонтальной трубе $d = 6$ мм при $t_0 = -10\,^\circ$C

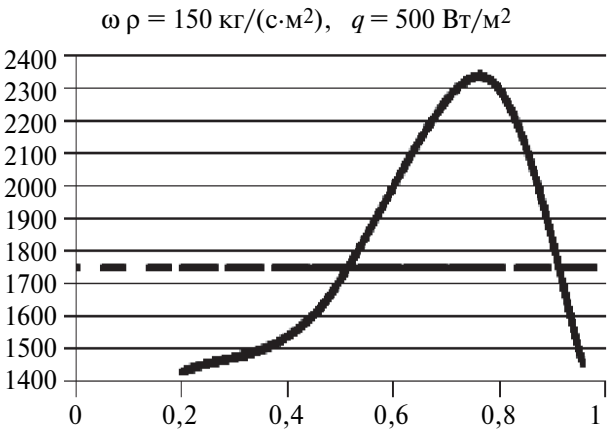


Рис. 2. Расчетные значения локальной теплоотдачи при кипении R134a в горизонтальной трубе $d = 6$ мм $t_0 = -10\,^\circ$C

Первый подход предполагает постановку и решение задачи безусловной оптимизации. В этом случае в качестве численного метода рационально применение метода наименьших квадратов.

Другой — предполагает постановку задачи в терминах математического программирования. Особенности рассматриваемой задачи относят ее к классу задач нелинейного программирования. Среди них предпочтителен выбор градиентных методов или методов прямого поиска, например, генетический алгоритм.

Поскольку на данном этапе решения мы не учитываем ограничения, то целесообразно для оптимизации использовать первый подход.

Средний коэффициент теплоотдачи обрабатывалась в виде полинома

$$\alpha_{\text{ср}} = A(\omega\rho^m)q^n \left(\frac{P}{P_{\text{кр}}}\right)^k. \tag{8}$$

С помощью вычислительных функций MathCad в результате была получена зависимость

$$\alpha_{\text{ср}} = 0{,}695(\omega\rho)^{0{,}85}q^{0{,}047} \left(\frac{P}{P_{\text{кр}}}\right)^{-1{,}1}. \tag{9}$$

По мнению авторов статьи, преимущество данного подхода заключается в следующем.

В его основу заложено обобщение локальных коэффициентов теплоотдачи, полученных с использованием истинных скоростей, которые в отличие от расходных имеют строгий физический смысл во всем диапазоне параметров потока и в максимальной степени отражают связь теплообмена и гидродинамики.

В формулах (6) и (7), в основе которых заложены интерполяционные уравнения С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанского и А. А. Андриевского, учитывается механизм предельных переходов от механики пузырькового кипения (пузырьковый, снарядный и волновой режимы) к конвективной составляющей парового потока (снарядный режим), скорость которого на несколько порядков может превосходить скорость пограничного слоя жидкости, в которой пузырьковое кипение почти полностью подавляется конвекцией.

Предлагаемый подход, с нашей точки зрения, имеет перспективу как наиболее полно отражающий физический смысл сложнейшего процесса кипения в трубах.

Для развития этого подхода необходимо проведение новых экспериментов как по теплообмену, так и по гидродинамике двухфазных потоков.

Список литературы

1. *Малышев А. А.* Локальные теплогидродинамические характеристики двухфазных потоков хладагентов в горизонтальных трубах. Автореферат кандидатской диссертации 1982. — С. 17.

2. *Богданов С. Н.* Исследования теплообмена при кипении фреонов внутри горизонтальных труб. В кн. Теплообмен при конденсации и кипении. Сб. научных тр. / Центр. Котл. Турбин и-т Л.Машгиз 1965. Вып. 57. С. 81–87.

3. *Spinder K., Mulev H. Steuhagen*. Flow boiling heat trauster of R134a and R404A in microfin tu be at low mass flues and low heat fluxes Heat Mass Tranfer (2009) 45. P. 967–977.

4. *Hawla J.* Wärmeübergang und Druckabfall in Waagerechten Röhren bei der Stramung von Verdamfen Kaltemiteln — VD]. 1974. № 1. P. 537–553.

5. *Sharma C. P., Varshney B. S., Gupta C. P.* Forced Circulation heat trasfer during boiling of freon 12. J. Just. Eng. Mech. Engheg. Div., 1976. 57. № 1. P. 96–111.

6. Теплообменные аппараты холодильных установок Г. Н. Данилова и др. Под общей ред. Д-ра техн. наук Г. Н. Даниловой. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние. 1986. — 303 с.

УДК 621.514

РАСЧЕТ УГЛА ПЕРЕКРЫТИЯ ВЕДОМОГО ВИНТА ХОЛОДИЛЬНОГО ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА

А. Н. Носков, М. М. Пархомов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Характер протекания процесса всасывания винтового компрессора зависит от выбора углов всасывания со стороны ведущего (ВЩ) и ведомого (ВМ) винтов. Величина углов всасывания по рекомендациям работы [1] принимается из условия достижения парной полостью своего максимального объема. От этого момента в полости ВМ винта, в отличие от полости ВЩ винта, до начала сжатия происходит процесс переноса, характеризуемый тем, что эта полость поворачивается вокруг оси винта без изменения объема.

Набегающий на торец нагнетания поток пара хладагента образует волну сжатия, распространяющуюся по впадине ВМ винта в сторону торца всасывания.

При отсоединении впадины ВМ винта от цилиндрической части окна всасывания в момент образования ударной волны, а от торцевой части — в момент достижения ударной волной торца всасывания происходит возрастание давления во впадине, что приводит к возрастанию объемных и энергетических коэффициентов компрессора. Для использования этого эффекта необходимо увеличить угол всасывания по торцу ВМ винта на угол перекрытия $\Delta\alpha_{2в}$.

Целью данной работы является определение степени расхождения величин углов перекрытия, рассчитанных для условий идеального газа, с величинами углов, рассчитанных для условий реального газа.

Угол перекрытия может быть рассчитан по формуле [2]

$$\Delta\alpha_{2в} = \frac{2\pi l_{2ц} n_2}{a_1 - c}, \tag{1}$$

где n_2 — частота вращения ведомого винта; $l_{2ц}$ — длина канала (полости) ведомого винта; a_1 — скорость звука; c — средняя скорость движения пара в полости ведомого винта.

Так как ударная волна перемещается со скоростью звука, следует определить ее величину для условий реального газа. В качестве уравнения состояния было взято уравнение Боголюбова-Майера, которое имеет вид [3]

$$p\upsilon = RT\left(1 + \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=0}^{S_i}\frac{b_{ij}}{\tau^j}\rho^i\right), \tag{2}$$

где b_{ij} — коэффициенты; $\tau = \dfrac{T}{T_{кр}}$ — приведенная температура; ρ — плотность газа.

Выражение для определения скорости звука в реальном газе было получено на основе уравнения Боголюбова-Майера. Для определения скорости звука в газе была определена связь между изохорной c_υ и изобарной c_p теплоемкостью [4]

$$a = \sqrt{-\upsilon^2 \frac{\mathrm{c_p}}{\mathrm{c}_\upsilon}\left(\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \upsilon}\right)_{\mathrm{T}}}. \tag{3}$$

В качестве выражения для соотношения теплоемкостей была взята известная из термодинамики формула [4]:

$$\mathrm{c}_p - c_\upsilon = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\upsilon \left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p,$$

где

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_\upsilon = \frac{R}{\upsilon}\left[1 + \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=0}^{S_i}(1-j)b_{ij}\frac{\rho^i}{\tau^j}\right],$$

$$\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p = \frac{\upsilon}{T}\frac{1+\sum\limits_{i=1}^{r}\sum\limits_{j=0}^{S_i}(1-j)b_{ij}\dfrac{\rho^i}{\tau^j}}{1+\sum\limits_{i=1}^{r}\sum\limits_{j=0}^{S_i}(1+i)b_{ij}\dfrac{\rho^i}{\tau^j}}. \tag{4}$$

Изохорная теплоемкость для условий реального газа определяется из выражения [4]

$$c_\upsilon = c_{\upsilon\text{ид}} + T\int\limits_{\infty}^{\upsilon}\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_\upsilon \partial\upsilon,$$

а

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_\upsilon = \frac{R}{T_{\text{кр}}}\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=0}^{S_i} j(j-1)b_{ij}\frac{\rho^{i+1}}{\tau^{j+1}}. \tag{5}$$

Перейдя от удельного объема к плотности, получаем формулу для изохорной теплоемкости

$$c_\upsilon = c_{\upsilon\text{ид}} - R\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=0}^{S_i}\frac{j(j-1)}{i}b_{ij}\frac{\rho^i}{\tau^j}.$$

Изохорная теплоемкость в состоянии идеального газа задается в виде аппроксимации экспериментальных данных полиномом вида [4]

$$c_{\upsilon\text{ид}} = \sum_{i=0}^{n} d_i\tau^i, \tag{6}$$

где d_i — коэффициенты полинома.

Расчет скорости звука для условий идеального газа производится по формуле

$$a = \sqrt{kRT}, \tag{7}$$

где k — показатель изоэнтропы; R — газовая постоянная.

Был произведен расчет скоростей звука для хладагентов R22, который показал их существенное расхождение для условий реального и идеального газа. Результаты расчета скоростей звука приведены на рис. 1 в виде зависимостей от температуры всасывания.

Полученные значения скоростей звука для условий реального газа позволяет определить новые значения углов перекрытия. Углы перекрытия для ведомого винта $\alpha_{\text{пер}}$ определены для компрессора 5ВХ-350 [5].

Значения углов перекрытия $\Delta\alpha_{2\text{в}}$, представлены на рис. 2 в виде зависимостей от температуры всасывания.

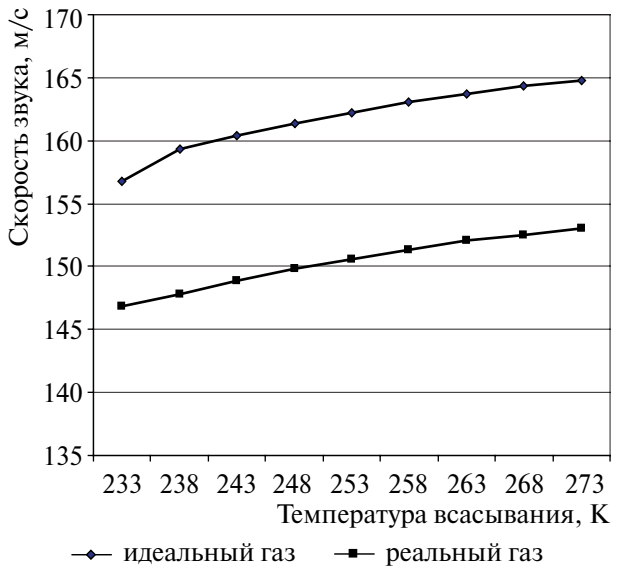


Рис. 1. Скорость звука для R22

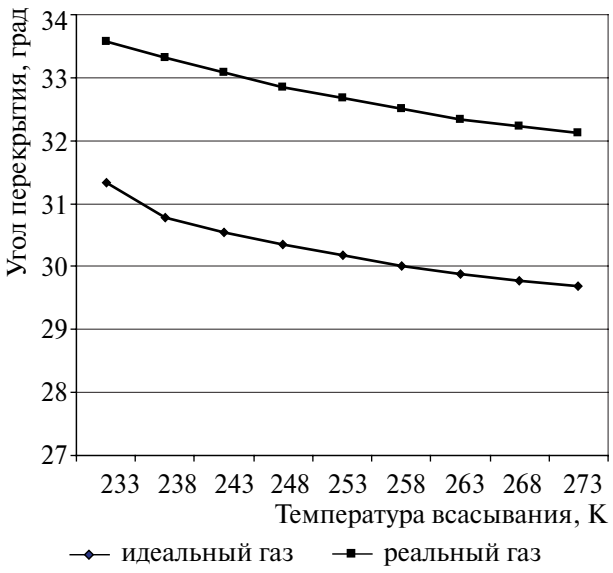


Рис. 2. Угол перекрытия для R22

При определении угла перекрытия важно проверить, выполняется ли условие, при котором величина угла перекрытия не должна превышать величину угла переноса.

Угол переноса определяется по формуле

$$\Delta\alpha_{\text{пер}} = i_{21}\left(\alpha_{1\text{в}} + 2\frac{2\pi}{z_1}\right) - \Theta_4 - \beta_{02} - \tau_{2\text{з}}, \tag{8}$$

где i_{21} — передаточное отношение; $\alpha_{1\text{в}} = 280^\circ$ — угол всасывания ведущего винта [5]; Θ_4 — угол тыльной части впадины ведомого винта; β_{02} — угол между линией центров и лучом, проведенным от центра ведомого винта к гребню расточки винтов; $\tau_{2\text{з}}$ — угол закрутки ведомого винта.

Полученные значения углов перекрытия удовлетворяют этому условию, и, следовательно, эффект газодинамического наддува используется эффективно.

Таким образом, учет реальности компримируемого газа позволяет уточнить величины углов перекрытия и углов всасывания со стороны ведомого винта, и тем самым увеличить эффективность работы холодильного винтового компрессора.

Список литературы

1. *Сакун И. А.* Винтовые компрессоры. — Л.: Машиностроение, 1970. — 400 с.

2. Холодильные машины / Под ред. Л. С. Тимофеевского. — СПб.: Политехника, 1997. — 992 с.

3. *Бухарин Н. Н.* Моделирование характеристик центробежных компрессоров. Л.: Машиностроение. 1983. — 214 с.

4. *Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е.* Техническая термодинамика. — М.: Наука, 1979. — 512 с.

5. *Амосов П. Е., Бобриков Н. И., Шварц А. И., Верный А. Л.* Винтовые компрессорные машины: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1977. — 256 с.

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.317.3

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО УРАВНЕНИЯ ЛАНДАУ-ХАЛАТНИКОВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОМ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКЕ

А. В. Зайцев, А. С. Старков, О. В. Пахомов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: zai_@inbox.ru

В работе рассмотрена динамика адиабатного процесса для электрокалорического элемента. Получены простые соотношения, которые позволяют определить установившееся изменение температуры при периодическом воздействии электрического поля.

Электрокалорический эффект (ЭКЭ) заключается в изменении температуры вещества при приложении или снятии электрического поля. Наиболее существенным ЭКЭ обладают сегнетоэлектрики, у которых диэлектрическая проницаемость сильно зависит от температуры. Появившиеся в последнее время новые сегнетоэлектрические материалы [1] позволили увеличить величину охлаждения с 1–2 °C до 10–12 °C, что позволяет использовать их в практических целях. В то же время теория ЭКЭ остается неизменной с середины прошлого века и не позволяет описать множество новых явлений, обнаруженных экспериментальным путем. Например, до сих пор не получено объяснение разной диэлектрической восприимчивости при нагревании и охлаждении, сильной зависимости свойств сегнетоэлектрических пленок от толщины и др. Поэтому развитие теоретической модели ЭКЭ является весьма актуальной задачей.

Для описания состояния сегнетоэлектрика основным уравнением, связывающим напряженность электрического поля E и поляризацию P в нестационарном случае, является уравнение Ландау-Халатникова:

$$E = aP + bP^3 + \alpha \frac{\partial P}{\partial T}. \tag{2}$$

Здесь a, b, α — некоторые феноменологические коэффициенты. Коэффициент a линейно зависит от температуры: $a = a_0 (T - T_C)$, где T_C — температура Кюри сегнетоэлектрика. Коэффициенты a_0, b, α считаются постоянными. Уравнения (1) и (2) применимы в малой, порядка 10 градусов, окрестности температуры Кюри.

Для описания температурного состояния вещества с учетом ЭКЭ применяем уравнение

$$C_E \mathrm{d}\, T = -T \frac{\partial P}{\partial T} \mathrm{d}\, E \tag{3}$$

где C_E — теплоемкость сегнетоэлектрика при постоянной напряженности.

Напомним, что в основополагающих работах Л. Д. Ландау температура считалась постоянной, что может быть справедливо для стационарного уравнения (1), но при изменяющемся электрическом поле E будет изменяться и поляризация, и, следовательно, температура. Таким образом, предлагается рассматривать уравнения (2), (3) не по отдельности, как это делалось ранее, а в системе.

При исследовании процессов в диэлектриках, связывающие тепловые и электрические явления, в качестве независимых переменных естественно выбрать T и E или T и P. Тогда согласно второму началу термодинамики $dQ = TdS$, или

$$\mathrm{d}\, Q = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_E \mathrm{d}\, T + T \left(\frac{\partial S}{\partial E} \right)_T \mathrm{d}\, E = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P \mathrm{d}\, T + T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T \mathrm{d}\, P, \tag{4}$$

где S — энтропия; Q — количество теплоты; коэффициенты при $\mathrm{d}\, T$ — соответствующие теплоемкости.

Используя равенства Максвелла,

$$\left(\frac{\partial S}{\partial E}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_E; \qquad \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_P,$$

можно написать два эквивалентных уравнения адиабатического процесса ($S = \text{const}$)

$$C_E \mathrm{d}\, T + T\frac{\partial P}{\partial T}\mathrm{d}\, E = 0; \qquad C_P \mathrm{d}\, T - T\frac{\partial E}{\partial T}\mathrm{d}\, P = 0. \tag{5}$$

Отметим, что уравнения (5) являются универсальными и не зависят от явного вида уравнения состояния, связывающего P, T и E.

Выберем свободную энергию в форме Ландау

$$F = F_0(T) + a_0(T - T_C)\frac{P^2}{2} + b\frac{P^4}{4},$$

Отсюда последовательно находим энтропию и, вводя обозначение $P_T = \partial P/\partial T$, теплоемкости

$$S = -\frac{\partial F}{\partial T} = -F_0'(T) - a_0\frac{P^2}{2};$$

$$C_E = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_E = -TF_0''(T) - a_0 TPP_T;$$

$$C_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = -TF_0''(T); \qquad C_E = C_P - a_0 TPP_T.$$

Производные по температуре, входящие в уравнения (5), элементарным образом вычисляются из уравнений (2) или (1):

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_P = a_0 P; \qquad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_E = -\frac{a_0 P}{a + 3bP^2}.$$

В результате получаем, что для моделей Ландау-Гинзбурга (стационарный случай) и Ландау-Халатникова теплоемкость C_P (в отличие от C_E) является функцией только температуры, а производная $\partial E/\partial T$ — функцией только поляризации, и второе из уравнений (5) является дифференциальным уравнением с разделяющимися переменными и нетрудно получить его общий интеграл

$$\int_{T_0}^{T} \frac{C_P(T)}{T}\mathrm{d}\, T = \frac{a_0\left(P^2 - P_0^2\right)}{2},$$

где T_0, P_0 — начальная температура и поляризация.

В области применимости модели Ландау, т. е. в малой окрестности точки Кюри, функцию $F_0''(T)$ можно заменить на постоянную $F_0''(T) = \chi$. Правомерность такой замены подтверждается экспериментальными данными [2], которые показывают линейную зависимость C_P от температуры. В результате уравнение адиабаты для сегнетоэлектрика принимает вид

$$2\chi(T - T_0) = a_0\left(P^2 - P_0^2\right); \qquad \chi = \frac{C_P}{T}. \tag{6}$$

Пусть до момента времени $\tau = 0$ электрическое поле $E = 0$, температура сегнетоэлектрика поддерживалась равной $T_0 < T_C$, а поляризация равнялась спонтанной $P_S = \sqrt{-a/b}$ ($a < 0$ в сегнетофазе при $T < T_C$).

В момент времени $\tau = 0$ начинает действовать периодическое электрическое поле по закону $E = E_0 \sin\omega\tau$, где E_0 — амплитуда; ω — частота.

Временная динамика параметров сегнетоэлектрика описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} E = aP + bP^3 + \alpha\dfrac{\partial P}{\partial \tau}; \\ C_P dT - Ta_0 PdP = 0, \end{cases} \tag{7}$$

с начальными условиями

$$T|_{\tau=0} = T_0; \qquad P|_{\tau=0} = P_S. \tag{8}$$

Второе из уравнений (7) легко может быть проинтегрировано с учетом начальных условий, и, выразив из полученного соотношения T и подставив в первое уравнение (7), получаем одно дифференциальное уравнение:

$$E_0 \sin\omega\tau = a_0 \left(T_0 - T_C + a_0 \frac{P^2 - P_S^2}{2\chi} \right) P + bP^3 + \alpha \frac{\partial P}{\partial \tau}. \tag{9}$$

Уравнение (9) является нелинейным и не допускает аналитического решения и в общем случае его решение может быть получено только численно.

Для анализа свойств решения (9) исследуем его асимптотику при малых амплитудах электрического поля $E_0 \ll 1$. Будем предполагать, что малое изменение напряженности вызывает малое изменение поляризации, и искать решение в виде формального асимптотического ряда по степеням малого параметра E_0

$$P = \sum_{j=0}^{\infty} p_j E_0^{\xi}. \tag{10}$$

При подстановке (10) в (9) и приравнивании выражений при одинаковых степенях E_0 получаем бесконечную систему линейных дифференциальных уравнений, из которой рекуррентным образом можно определить коэффициенты p_j. Начальные данные для всех p_j находятся при подстановке (10) в (8) и имеют вид

$$T|_{\tau=0} = T_0; \qquad P_0|_{\tau=0} = P_S; \qquad P_j|_{\tau=0} = 0, \qquad j \geqslant 0. \tag{11}$$

При приравнивании слагаемых, не содержащих E_0, получаем $P_0 = P_S$. Приравнивание коэффициентов при E_0 приводит к уравнению

$$\alpha \frac{\mathrm{d}\, P_1}{\mathrm{d}\, \tau} + K_1 P_1 = \sin\omega\tau, \tag{12}$$

где $K_1 = \left(a_0^2/\chi + 2b \right) P_S^2$.

Решение (12), удовлетворяющее начальному условию (11), имеет вид

$$P_1 = P_{11} \sin\omega\tau + P_{12} \left(\cos\omega\tau - e^{-K_1\tau/\alpha} \right),$$

где $P_{11} = K_1 / \left(K_1^2 + \alpha^2\omega^2 \right)$; $P_{12} = -\alpha\omega / \left(K_1^2 + \alpha^2\omega^2 \right)$, т. е. в первом приближении поляризация колеблется относительно спонтанной поляризации и, соответственно, температура колеблется относительно T_0 с некоторым сдвигом

$$T = T_0 + \frac{a_0}{\chi} E_0 P_S \left[P_{11} \sin\omega\tau + P_{12} \left(\cos\omega\tau - e^{-K_1\tau/\alpha} \right) \right].$$

Перейдем ко второму приближению. При приравнивании слагаемых $\mathrm{O}(E_0^2)$ получаем уравнение

$$\alpha \frac{\mathrm{d}\, P_2}{\mathrm{d}\, \tau} + K_1 P_2 + K_2 P_2^2 = 0, \tag{13}$$

где $K_2 = P_S \left(3a_0^2 + b\chi \right) / (2\chi)$.

Решение (13) имеет вид

$$P_2 = P_{21} \sin 2\omega\tau + P_{22} \cos 2\omega\tau + \left(P_{23} \sin\omega\tau + P_{24} \cos\omega\tau \right) e^{-K_1\tau/\alpha} + P_{25} e^{-K_1\tau/\alpha} + P_{20}.$$

Отметим, что как и положено для нелинейного уравнения, появляются высшие гармоники. Явный вид коэффициентов P_{2i}, $i = 1, 2, 3, 4, 5$ не выписываем в силу их громоздкости, а

$$P_{20} = -\frac{K_2}{2K_1 \left(K_1^2 + \alpha^2\omega^2 \right)}. \tag{13}$$

Таким образом, во втором приближении происходят колебания поляризации и температуры относительно среднего значения, которое незначительно отличается от начального значения, т. е. эффект охлаждения весьма мал.

В заключение заметим, что приведенный выше анализ позволяет рассмотреть взаимное влияние температуры и поляризации. Тем не менее, работа не может считаться завершенной, т. к. не учитывает теплообмен с окружающей средой, конечность размера сегнетоэлектрика и т. д.

Данная работа выполнена в рамках Государственной аналитической программы «Развитие потенциала высшей школы 2009–2010», раздел «Проведение фундаментальных исследований в области технических наук», регистрационный номер 2.1.2/5063.

Список литературы

1. *Mischenko A. S., Zhang Q., Scott J. F., Whatmore R. W., Marhur N. D.* Science 311, 1270, (2006).

2. *Шнайдштейн И. В.* Неклассические тепловые явления в реальных сегнетоэлектрических кристаллах. Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. — М.: МГУ, 2007.

УДК 536.71

ТАБЛИЦЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРГОНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ, ВКЛЮЧАЯ КРИТИЧЕСКУЮ И МЕТАСТАБИЛЬНУЮ ОБЛАСТИ

С. В. Рыков, И. В. Кудрявцева, В. А. Рыков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: borzenko@gunipt.spb.ru

В работе предложено единое уравнение состояния аргона, которое в соответствии с требованиями современной теории критических явлений передает поведение вещества в широкой окрестности критической точки, в том числе учитывает асимметрию жидкости и газа относительно критической изохоры. Разработанное уравнение состояния удовлетворяет всем требованиям, обычно предъявляемым к единым аналитическим уравнения состояния и с удовлетворительной точностью передает термические и калорические опытные данные, как в регулярной части термодинамической поверхности, так и в околокритической области. Для построения уравнения состояния, которое одновременно описывает и регулярную часть термодинамической поверхности и ее околокритическую область, в работе использован метод псевдокритических точек [1, 2].

При отработке методов построения единых аналитических уравнений состояния первоначально в качестве исследуемого вещества обычно используется аргон, который с точки зрения термодинамики является одним из наиболее изученных веществ [3–6]. Причем это относится как к регулярной части термодинамической поверхности, так и к окрестности критической точки. Массив равновесных свойств аргона, используемый при построении единого неаналитического уравнения состояния, подробно рассмотрен в [7].

В работе предложено уравнение состояния аргона, которое предназначено для описания термических и калорических свойств в газовой и жидкой фазах. Уравнение состояния имеет форму свободной энергии, которая приведена в [8]:

$$F(\rho,T) = RT_c f(\omega)\sum_{i=0}^{n_1}\sum_{j=1}^{n_2} u_{ij} f_{ij}(t)\,|\Delta\rho|^{\delta+1+\Delta_i/\beta}\,a_i(x)+$$

$$+F_0(T) + RT\ln\rho + RT\omega\sum_{i=1}^{n_3}\sum_{j=0}^{j_3(i)} C_{ij}\tau_1^j(\Delta\rho)^i. \qquad (1)$$

Здесь $F_0(T)$ — идеально-газовая составляющая свободной энергии; $\omega = \rho/\rho_c$ — относительная плотность, $a_i(\tilde{x})$ — масштабные функции свободной энергии, $\tilde{x} = \tau/\tau_s$ — обобщенная масштабная переменная, где τ_s находится из равенства $\tau_н = -x_0\tau_s$, где x_0 — параметр линии фазового равновесия, $t = T/T_c$ — относительная температура, $\tau_1 = T_c/T - 1$ — обратная температура, $f(\omega)$ и $f_{ij}(t)$ — сглаживающие функции, C_{ij} и u_{ij} — коэффициенты уравнения состояния, которые определяются методом наименьших квадратов на основе исходного массива данных.

Как показано в [9], уравнение состояния (1) при соответствующем выборе масштабных функций, может учитывать асимметрию реальной жидкости, как в однофазной области, так и на линии фазового равновесия. Масштабные функции $a_i(\tilde{x})$ задаются выражениями:

$$a_0(\tilde{x}) = A_{01}\left[(\tilde{x}+x_{01})^{2-\alpha} - \frac{x_{01}}{x_{02}}(\tilde{x}+x_{02})^{2-\alpha}\right] + B_{01}(\tilde{x}+x_{03})^{\gamma} + C_0, \qquad (2)$$

$$a_1(\tilde{x}) = A_{11}\left[(\tilde{x}+x_{11})^{2-\alpha+\Delta} - \frac{x_{11}}{x_{12}}(\tilde{x}+x_{22})^{2-\alpha+\Delta}\right] + B_{11}(\tilde{x}+x_{13})^{\gamma+\Delta} + C_1, \qquad (3)$$

$$a_2(\tilde{x}) = A_{21}\left((\tilde{x}+x_{21})^{2-\alpha+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{22})^{2-\alpha+\Delta_1} - \frac{x_{21}-x_{22}}{x_{23}-x_{24}}\left((\tilde{x}+x_{23})^{2-\alpha+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{24})^{2-\alpha+\Delta_1}\right)\right) +$$

$$+B_{21}\left((\tilde{x}+x_{25})^{\beta\delta+\Delta_1} - \frac{x_{25}}{x_{26}}(\tilde{x}+x_{26})^{\beta\delta+\Delta_1}\right) +$$

$$+D_{21}\left(\left((\tilde{x}+x_{27})^{\gamma+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{28})^{\gamma+\Delta_1}\right) - \frac{x_{27}-x_{28}}{x_{29}-x_{2,10}}\left((\tilde{x}+x_{29})^{\gamma+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{2,10})^{\gamma+\Delta_1}\right)\right) + C_2, \qquad (4)$$

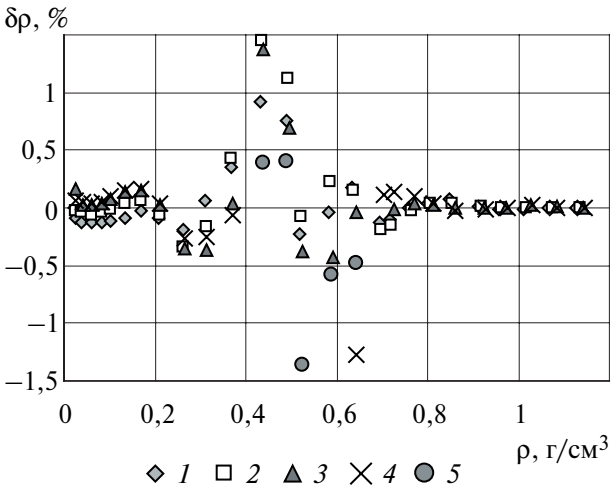


Рис. 1 Отклонения значений плотности ρ, рассчитанных по единому уравнению состояния аргона (1), от экспериментальных данных [6] (Michels A. и др.) на изотермах: *1* — 173,15 K; *2* — 163,15 K; *3* — 153,15 K; *4* — 151,65 K; *5* — 150,65 K

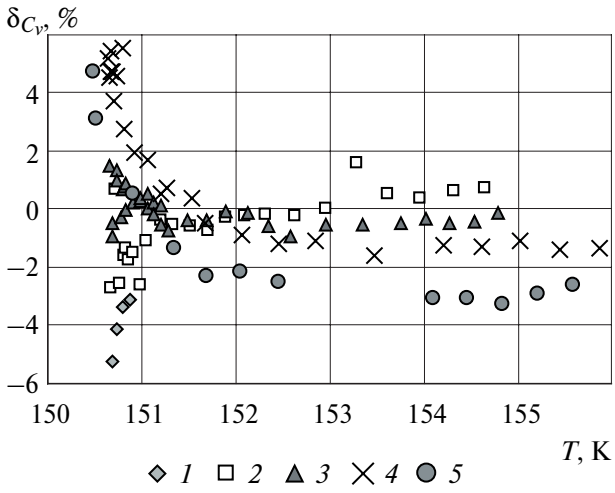


Рис. 2. Отклонение значений изохорной теплоемкости, рассчитанных по единому уравнению (1) данной работы, от экспериментальных данных М. А. Анисимова и др. [3] на изохорах: *1* — 534,4 кг/м^3; *2* — 541,9 кг/м^3; *3* — 565,5 кг/м^3; *4* — 604,4 кг/м^3; *5* — 632,2 кг/м^3

$$a_3(\tilde{x}) = A_{31}\left((\tilde{x}+x_{31})^{2-\alpha+\Delta_2} - \frac{x_{31}}{x_{32}}\left((\tilde{x}+x_{32})^{2-\alpha+\Delta_2}\right)\right) +$$

$$+D_{31}\left((\tilde{x}+x_{33})^{\gamma+\Delta_2} - \frac{x_{33}}{x_{34}}(\tilde{x}+x_{34})^{\gamma+\Delta_2}\right) + C_3. \qquad (5)$$

Масштабные функции (2) и (3) отвечают за описание вещества в околокритической области, как симметричной системы, а функции (4) и (5) обеспечивают учет асимметрии системы жидкость-пар относительно критической изохоры.

Выражение для сжимаемости, полученное из (1) на основе термодинамического равенства $p = \rho^2 (\partial F/\partial\rho)_T$, имеет вид:

$$Z(\rho,T) = 1 + \omega\sum_{i=0}^{n_3}\sum_{j=0}^{j_3(i)} C_{ij}\tau_1^j(\Delta\rho)^i(i\omega+\Delta\rho) + (\omega/t)\sum\sum u_{ij}f_{ij}(t)\,|\tau_s|^{1-\alpha+\Delta_i}\,g_i(\omega), \qquad (6)$$

где

$$g_i(x) = f(\omega)\,\mathrm{sign}(\Delta\rho)\,h_i(\tilde{x}) + f'(\omega)\,\tau_s a_i(\tilde{x}).$$

Сглаживающие функции $f(\omega)$ и $f_{ij}(t)$ в (6) описываются зависимостями:

$$f(\omega) = \left[(1-\omega^{n_4})^{n_5} - 1\right]^{n_6}, \qquad f_{ij}(t) = \frac{1}{t^{n_{ij}}}. \qquad (7)$$

Для того чтобы термическое уравнение состояния (6) передавало поведение термодинамических функций в соответствии с требованиями современной теории критических явлений коэффициенты его регулярной составляющей выбирались таким образом, чтобы выполнялись следующие равенства:

$$\left(\frac{\partial^m p}{\partial\rho^m}\right)_{v=v_c,T=T_c} = 0, \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial\rho}\right)_{v=v_c,T\to T_c} \approx A\,|\tau|^{\gamma}. \qquad (8)$$

Здесь $m = 1 \div 4$.

Предложенное единое уравнение (2) с удовлетворительной точностью описывает надежные экспериментальные значения давления насыщенного пара, плотности жидкости и газа, изохорной. Для оценки погрешности расчетных данных о свойствах, полученных с помощью рекомендуемого уравнения, были также привлечены источники, которые содержат расчетные величины. Рабочая область

предложенного единого уравнения состояния составляет: по плотности $0 \leqslant \rho \leqslant 3,3\rho_c$, по температуре $T_{TP.T} \leqslant T \leqslant 6,9T_c$.

На основе единого уравнения состояния (1) рассчитаны таблицы термодинамических свойств аргона в интервале температур 80÷1000 K и давлений 0,01÷1000 МПа. Таблицы включают плотность, энтальпию, энтропию, изохорную и изобарную теплоемкость, скорость звука, как в состоянии насыщения, так и в однофазной области термодинамической поверхности. Составлены также таблицы термодинамических свойств аргона на линии фазового равновесия от тройной точки до критической. Поскольку единое уравнение состояния (1) верно передает равновесные свойства аргона в околокритической области, по нему также составлены таблицы термодинамических свойств в диапазоне параметров состояния, включающем широкую окрестность критической точки. Сравнение разработанных таблиц с известными таблицами показало, что они не уступают им по точности описания термической поверхности аргона и точнее передают калорические свойства, плотность и давление на линии фазового равновесия.

Список литературы

1. *Рыков В. А.* О гипотезе «псевдоспинодальной» кривой // ЖФХ. — 1986. — Т. 60. № 3. С. 789–793.

2. *Рыков В. А.* Определение «псевдоспинодальной» кривой на основе термодинамических равенств $(T/S)v = 0$ и $(V/p)T = 0$ // ЖФХ. — 1985. — Т. 59. № 11. — С. 2905–2906.

3. *Анисимов М. А., Ковальчук Б. А., Рабинович В. А., Смирнов В. А.* Результаты эксперементального исследования теплоемкости Cv аргона воднофазной и двухфазной областях // Теплофизические свойства веществ и материалов. — М.: Изд-во стандартов. — 1978. — Вып. 12. — С. 86–106.

4. *Роговая И. А., Коганер М. Г.* Сжимаемость аргона при низких температурах и давлениях до 200 атм // ЖФХ. — 1961. Т. 35. № 9. С. 2135–2136.

5. *Lecocq A.* Determination Experimentale des Equations d'etat de L'Argon jusqua 1000 C et 1000 kg/cm^2 // J. Rech. Centre Natl. Rech. Sci. Lab. Bellevue (Paris). — 1960. V. 11. № 50. P. 55–82.

6. *Michels A., Levelt I. M., De Graaff W.* Compassibility isotherms of argon at temperature between -25 °C and -155 °C, and at densities up to 640 Amagat (pressures up to 1050 atm.) // Physica. — 1958. V. 24. № 8. P. 659–671.

7. *Кудрявцева И. В.* Асимметричное единое уравнение состояния аргона и хладагента R134a // Дис. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. — 143 с.

8. *Кудрявцева И. В., Рыков В. А., Рыков С. В.* Асимметричное единое уравнение состояния R134a // Вестник Международной академии холода. — 2008. — № 2. — С. 36–39.

9. *Рыков С. В., Кудрявцева И. В.* Выбор структуры асимметричных масштабных функций свободной энергии в физических переменных // Вестник Международной академии холода. — 2009. — № 1. — С. 43–45.

УДК 621.565

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ИХ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКЕ

В. Л. Бондаренко[*], **Ю. М. Симоненко**[**]

[*]ООО «Айсблик», г. Одесса
[**]Одесская государственная академия холода, г. Одесса
E-mail: nadia@iceblick.com

Вихревые и волновые охладители были открыты относительно недавно и нашли распространение вследствие растущей энерго- и пневмовооруженности предприятий и транспортных средств в средине XX в. Несмотря на очевидные технические отличия, эти устройства имеют ряд общих физических и эксплуатационных признаков. Среди множества средств охлаждения безмашинные аппараты занимают особое место. Они сочетают в себе важные эксплуатационные преимущества: отсутствие подвижных деталей, малую инерционность, экологическую безопасность, возможность одновременно являться источником холода, тепла, вакуума, а также генерировать колебания давления и даже разделять газовые смеси. Более чем полувековая история использования вихревых и резонансных труб подтвердила их высокую надежность и долговечность [1, 2]. Эти отличия позволяют прогнозировать перспективность применения названных устройств в XXI в.

В зависимости от решаемых задач и сфер применения создано множество разновидностей газодинамических аппаратов. На рисунке показаны некоторые типы таких охладителей.

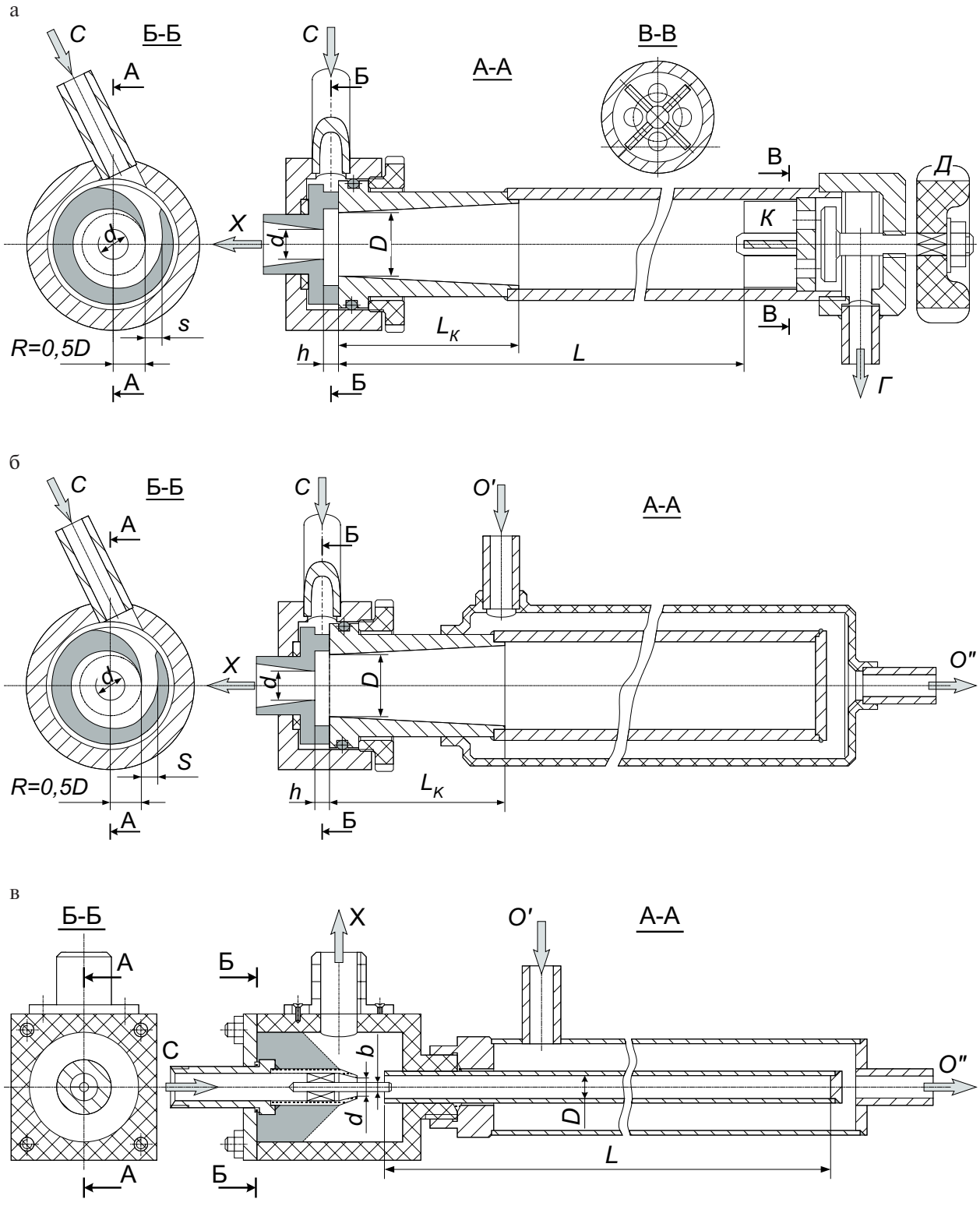
В вихревых трубах (рис., а, б) сжатая среда подается через тангенциальный сопловой ввод С в камеру энергоразделения D. Расширяясь, газ формирует высокоскоростной поток и разделяется на холодную (с температурой $T_{\text{х}} < T_{\text{с}}$) и нагретую (с температурой $T_{\text{г}} < T_{\text{с}}$) составляющие. Охлажденный поток формируется в осевой зоне и выходит из вихревой трубы через отверстие диафрагмы, расположенной вблизи соплового сечения Б–Б. Нагретый поток образуется в периферийной зоне камеры и движется вдоль ее стенок в направлении, обратном направлению движения охлажденного потока. Горячий газ выходит из вихревой трубы через дроссельный вентиль Д. При изменении степени открытия вентиля перераспределяются расходы и температуры охлажденного и нагретого потоков.

В случае достаточно большого увеличения площади проходного сечения дросселя Д вихревая труба может перейти в режим эжектора, всасывая внутрь камеры окружающий воздух через отверстие диафрагмы ($G_{\text{г}} > G_{\text{с}}$). Полное закрытие вентиля приводит к выходу через диафрагму всего потока, поступающего в вихревую трубу ($G_{\text{с}} = G_{\text{х}}$, $G_{\text{г}} = 0$), практически без изменения его температуры. Для обеспечения перепада температур в таком режиме вихревая труба нуждается в отводе тепла через стенки камеры (рис., б). С этой целью используют охлаждающую рубашку или эффективное оребрение.

Работа волновых охладителей (рис., в) основана на термической неравновесности в пульсирующем столбе газа [2]. Цикл в резонансной трубке условно разделяется на две фазы: в первой фазе струя входит в трубку и сжимает находящийся в ней газ. Во второй фазе происходит расширение рабочего тела во внешнее пространство. В результате последовательности волновых автоколебательных процессов происходит «накачка» тепловой энергии в удаленном от соплового сечения участке резонансной трубки. При этом тепло отводится к охлаждающей среде в рубашке. За счет этого происходит охлаждение струи газа на выходе из сопла.

Механизм температурного разделения в вихревых камерах (рис., а, б) сопровождается перераспределением энергии между вращающимися слоями газа. Внешний (свободный) вихрь сохраняется на значительном протяжении камеры энергоразделения. В соответствии с гипотезой А. П. Меркулова [1], по мере движения газа вдоль камеры уменьшаются окружная скорость и радиальный градиент статического давления, а вихрь начинает распространяться к оси. В процессе перехода в приосевую область элементы газа интенсивно турбулизуются. Наряду с передачей кинетической энергии вращения от внешнего вихря к осевым слоям происходит интенсивный турбулентный теплообмен в условиях высокого радиального градиента статического давления. При перемещении элемента газа с одной радиальной позиции на другую он адиабатно расширяется или сжимается, соответственно, меняя свою температуру. В сущности, элементы газовой среды совершают холодильные циклы, передавая тепло в периферийные слои, а источником механической энергии этих циклов являются турбулентные пульсации давления.

Использование безмашинных охладителей в гелиевых установках позволяет повысить термодинамическую эффективность ожижителей и рефрижераторов. За счет вихревой трубы или резонансного аппарата достигается дополнительное охлаждение прямого потока. При этом увеличивается изотермический дроссель-эффект на входе в дроссельную ступень и растет коэффициент ожижения [3].



Классические типы газодинамических генераторов холода и основные соотношения, определяющие геометрию их проточной части:

а — неохлаждаемая (адиабатная) вихревая труба с выпуском горячего потока,

$F = hs$, $F\sigma\frac{\pi}{4}D^2$, где $\sigma = 0{,}05...0{,}1$, $d = (0{,}5...0{,}6)D$, $L_K = 3D$, $L \geq 9D$;

б — вихревая труба с охлаждающей рубашкой камеры энергоразделения,

$F = \frac{\pi}{4}(d^2 - b^2)$, $b = 0{,}75d$, $L = \frac{a}{4f}$, $a = \sqrt{R^* kT} = \sqrt{\frac{R_0}{M}kT}$, $f = 100...150$ Гц

в — резонансный охладитель со звуковым источником колебаний;

C — сжатый газ; X — холодный поток; $Г$ — горячий поток;

O' и O'' вход и выход охлаждающей среды; $К$ — крестовина; $Д$ — дроссель горячего потока

В установках очистки Ne-He смеси окончательное удаление примесей достигается в адсорберах при $P = 1{,}0$ МПа и $T_1 = 80$ K, а для предварительной очистки от азота используют дефлегматор. В этом аппарате понижение температуры фазового равновесия до $T_2 = 68$ K достигается путем вакуумирования паров N_2. При этих условиях на входе в адсорбер концентрация азота падает до $y_{N_2} = 5...6$ %. Дальнейшее снижение уровня примесей ограничивается возможностями вакуумного насоса и температурой замерзания хладагента (N_2), кипящего в охлаждающей рубашке дефлегматора.

Для дополнительного понижения температуры смеси в дефлегматоре применяются волновые криогенераторы с изменяемой геометрией проточной части [4]. Они используют располагаемый перепад давлений между блоком адсорберов и компрессором. Поэтому для их работы не требуются дополнительные затраты энергии. Путем дополнительного охлаждения потока с помощью волнового аппарата температура потока Ne-He-N_2 понижается с 68 до 65 K, а концентрация азота в продукте уменьшается в два раза. За счет этого увеличивается время защитного действия адсорбера и снижаются эксплуатационные затраты на стадии окончательной очистки Ne-He смеси.

В ректификационной установке для получения неона высокой чистоты при $T = 30$ K перед ректификационной колонной предусмотрен фазовый сепаратор [5]. В этом аппарате при $P = 2{,}5$ МПа отводится основная доля гелия в виде отдувки с концентрацией $y_{\text{не}} = 80$ % (остальное — неон). Уменьшить долю неона в побочном продукте можно путем снижения температуры фазового равновесия. Это достигается с помощью маломасштабного волнового криогенератора (аналогично описанному выше способу конденсационной очистки от N_2). За счет возврата продукта в технологический цикл коэффициент извлечения Ne увеличен с 93 до 96 % [6].

Безмашинные методы охлаждения, основанные на неравновесности пульсирующего газового слоя, представляют значительный научно-практический интерес. Внушительное число публикаций и патентов свидетельствует о широком спектре прикладных задач, решаемых с помощью вихревых труб и волновых аппаратов в области холодильной техники, криогеники, авиации и газовой промышленности.

Безмашинные энергоразделители — один из вариантов перехода к экологически чистым средствам охлаждения. Они удачно «вписываются» в глобальную тенденцию современной техники — повышение надежности отдельных узлов и системы в целом за счет снижения числа движущихся элементов. Учитывая неоспоримые преимущества газодинамических безмашинных аппаратов можно с уверенностью прогнозировать их возрастающую роль в криотехнологиях ближайшего будущего.

Список литературы

1. *Меркулов А. П.* Вихревой эффект и его применение в технике // М.: Машиностроение. — 1969. — 182 с.

2. Wave cryogenerators applied in technologies of rare gas separation / V. L. Bondarenko, A. M. Arkharov, Yu. M. Simonenko et al. // Frio-Calor Aire Acondicinado. — № 405. — Julio/Agosto 2008. (Spain). — P. 3–11.

3. *Симоненко Ю. М., Дроздов А. Ф., Крымова Т. А.* Исследования дроссельной ступени ожижителя гелия с вихревой трубой // В сб. Вихревой эффект и его применение в технике. САИ, Самара. — 1992. — С. 42–46.

4. Системы криогенного обеспечения процессов производства редких газов при $T = 63 \div 78$ K / В. Л. Бондаренко, Ю. М. Симоненко, Н. П. Лосяков и др. // Технические газы. — 2003. № 4. — С. 39–44.

5. *Arkharov A. M., Bondarenko V. L., Simonenko Yu. M.* Increasing of Separator Efficiency of Neon-Helium Mixture by Using the Unmachine Devices // Proc. 5 Int. Conf. Cryogenics'98, Praha. — 1998. — P. 70–73.

6. Пути повышения коэффициента извлечения неона при разделении неоно-гелиевой смеси / Архаров А. М., Бондаренко В. Л., Пуртов С. Н. и др. // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. — Спецвыпуск «Криогенная и холодильная техника». — 1998. — С. 44–52.

УДК УДК 621.512

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ МАШИН ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

А. И. Прилуцкий, Д. Н. Иванов, И. К. Прилуцкий

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: refr@gunipt.spb.ru

Моделирование рабочих процессов машин объемного действия (МОД) является одним из наиболее перспективных методов, обеспечивающих дальнейшее развитие теории и оптимального проектирования МОД на современном этапе. К числу первых работ в области моделирования рабочих процессов МОД относится работа академика Н. А. Доллежаля, который еще в 1940 г. графически исследовал процесс всасывания в ступени поршневого компрессора. Отечественными родоначальниками развития данного направления следует считать научные школы МГТУ им. Баумана, С.Петербургского ГТУ им. Калинина, С.Петербургского ГУНиПТ, Казанского ГТУ и др., в которых в 60-е гг. XX в. были заложены теоретические и методологические основы моделирования рабочих процессов МОД во многом сохранившиеся до настоящего времени.

В основе метода лежит математическая модель исследуемого объекта, воспроизводящая его геометрические и режимные параметры, свойства рабочего тела и взаимосвязь совокупности протекающих процессов с сохранением их логической структуры и последовательности во времени.

К преимуществам метода моделирования следует отнести возможность оперативного получения разносторонней информации о работе исследуемого объекта при минимальных материальных затратах, включая случаи, когда проведение натурного эксперимента по каким-либо причинам невозможно.

Применение метода моделирования целесообразно в следующих случаях:

1. **на стадии проектирования** МОД при обосновании оптимального, т. е. лучшего из ряда возможных, варианта исполнения объекта исследования;

2. **при модернизации** существующих МОД, связанной с изменением свойств и параметров рабочего вещества, конструкции и геометрических размеров ступеней и элементов межступенчатых коммуникаций, с частичной или полной заменой входящих в состав ступени узлов;

3. **при форсировании режима работы** МОД, связанном с изменением частоты вращения вала, конечного давления, условий охлаждения и смазки;

4. **при выявлении причин** неудовлетворительной работы натурных МОД, выявленных в ходе заводских испытаний или в условиях эксплуатации;

5. **при прогнозировании** параметров МОД в случаях их работы на режимах отличных от расчетного (номинального);

6. **при изучении и дифференцированной оценке** влияния на эффективность и надежность работы МОД взаимосвязанных и одновременно действующих факторов, что невыполнимо в условиях натурного эксперимента.

В большинстве известных на сегодня моделей математическое описание физических процессов проводится на основе фундаментальных уравнений термодинамики тела переменной массы, механики и газовой динамики. Наряду с этим, в моделях используется широкий комплекс эмпирических коэффициентов и зависимостей, полученных различными авторами при испытании лабораторных образцов и натурных машин, как правило, в довольно узком диапазоне геометрических и режимных параметров, что ограничивает возможность их корректного применения при моделировании процессов в ступенях МОД.

Основным требованием, предъявляемым к модели, является ее **адекватность**, под которой следует понимать качественное и количественное соответствие результатов расчета реально протекающим физическим процессам при идентичном реагировании объекта и модели на изменение характерных конструктивных и режимных параметров МОД. Установление адекватности модели обычно проводится путем сравнения результатов численного и натурного эксперимента.

Другим требованием, в значительной мере *определяющим практическую ценность* создаваемой на основе модели *прикладной программы расчета*, является ***предельная простота*** (с позиций пользователя) ее освоения и получения развернутой итоговой информации в удобном для анализа виде.

Несмотря на более чем полувековой опыт работы различных авторов в области моделирования, существующие математические модели рабочих процессов МОД и созданные на их основе прикладные программы расчета требуют дальнейшего развития в следующих направлениях:

1. Создание обобщенных моделей МОД, в основу которых закладывается версия об идентичности основных рабочих процессов, протекающих в ступенях расширительных и компрессорных машинах и газовых двигателей.

2. Обеспечение возможности применения созданной модели для анализа работы МОД различного назначения и конструктивного исполнения при различных типах механизмов движения и комплектации ступеней наиболее распространенными на сегодняшний день и перспективными конструкциями органов газораспределения и уплотнительных узлов.

3. Введение в модель комбинированного рабочего цикла, отражающего особенности протекающих процессов в ступенях МОД как на номинальном режиме, так и при отклонении режимных параметров от расчетных, а также гарантирующего устойчивую и эффективную работу на любом из возможных режимов работы объекта исследования в условиях эксплуатации.

4. Моделирование и оптимизация рабочих процессов в передней А и задней Б полостях ступени детандеров с поршнями двойного действия при $F_{\text{А}} \neq F_{\text{Б}}$.

5. Моделирование рабочих процессов в элементах ступеней МОД с учетом колебаний давления в полостях, граничащих с рабочей камерой, и примыкающих к ним коммуникациях.

6. Моделирование процессов с учетом реальности рабочего вещества в виде чистого газа, парожидкостной смеси и смеси произвольного состава.

7. Моделирование рабочих процессов в элементах ступеней компрессорных и расширительных машин при наличии внутреннего оребрения.

8. Натурный эксперимент и накопление эмпирических данных, используемых в модели (исходные данные, эмпирические коэффициенты и зависимости).

9. Дополнительная проверка адекватности разрабатываемых моделей.

10. Расширение объема конечной информации при численном эксперименте:

— текущие параметры в цифровой и графической форме;

— интегральные параметры МОД в целом и их составляющих.

11. Создание анимационных моделей.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН НА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЯХ ХЛАДАГЕНТОВ ПРИ ЗАХОЛАЖИВАНИИ ОБЪЕКТОВ

А. А. Жердев, А. С. Кротов, Б. А. Макаров

*МГТУ им. Н. Э. Баумана
**ОАО «ЦНИИ Курс»

Парокомпрессионные холодильные машины на смесях хладагентов имеют множество преимуществ по сравнению с другими способами охлаждения, и в настоящее время широко распространены во многих областях: замораживание и хранение биоматериалов и медицинских препаратов, климатические испытания деталей и материалов, криообработка конструкционных материалов, охлаждение различных электронных сенсоров, опыты в области электроники и сверхпроводимости. Однако дальнейшее развитие подобной техники во многом связано с необходимостью во многих случаях контролировать скорость охлаждения объектов, и заранее рассчитывать время замораживания. Для решения этих вопросов неоходимо проведение работ по исследованию изменения производительности парокомпрессионных холодильных машин, работающих на смесях хладагентов, в процессе захолаживания объектов, методика которых описана в данном докладе.

Зависимость холодопроизводительности дроссельного цикла от температуры кипения (для определенной смеси) можно теоретически рассчитать. Используя какое-либо единое термическое уравнение состояния, например, уравнение Редлиха-Квонга в модификации Соаве, и калорическое уравнение состояния, например, температурную зависимость удельной теплоемкости при постоянном объеме в идеально-газовом состоянии, можно для различных температур кипения смоделировать цикл холодильной машины, и рассчитать холодопроизводительность. Объединив эти данные в диапазоне от температуры окружающей среды до конечной необходимой температуры кипения, можно получить зависимость холодопроизводительности от температуры кипения, и рассчитать время захолаживания.

Теоретический расчет содержит множество эмпирических зависимостей, и может быть не точен, особенно в случае большого количества компонентов смеси. Кроме того, в реальной холодильной машине состав рабочего тела, циркулирующего по ее контуру, всегда будет отличаться от заправленного. Это обусловлено особенностями конструкции каждой холодильной машины, что практически очень сложно описать математическими методами. Необходимо понять, как меняется производительность реальных холодильных агрегатов в процессе выхода на режим, как она зависит от состава рабочего тела и конструкции холодильной машины. Поэтому требуется проведение экспериментальных исследований.

Для проведения экспериментов была изготовлена холодильная камера типа «ларь», внутренний рабочий объем которой составляет 200 литров. Камера рассчитана на поддержание температуры −100 °С, испаритель в ней выполнен в виде трубчато-ребристого теплообменника, воздух через который прогоняется вентилятором. Холодильная машина в экспериментальной камере работает по циклу Клименко, схема цикла холодильной машины показана на рис. 1. В качестве хладагента используется смесь следующего мольного состава: R142b — 27 %, R22 — 31 %, R14 — 42 %. Для того, чтобы понять, как от состава смеси зависит скорость охлаждения, он будет меняться в ходе проведения экспериментов, и в частности возможно замена смеси фреонов на смесь углеводородов: изобутана, пропана и этана. Измеряться в процессе эксперимента будет зависимость температуры внутри рабочего объема от времени.

В процессе выхода на установившийся режим эксплуатации производительность холодильной машины затрачивается на компенсацию теплопритоков из окружающей среды и охлаждение теплоемкой массы корпуса и тепловой изоляции. Процесс передачи тепла по толщине изоляции осуществляется теплопроводностью, а на внешней поверхности теплоизолированной камеры за счет конвективного теплообмена.

Таким образом, задача получения данных об изменении холодопроизводительности в процессе захолаживания на основе данных об изменении температуры сводится к задаче расчета нестационарного, в общем случае трехмерного температурного поля теплоизолированного корпуса исследуемой камеры. Однако ранее проведенные исследования показали, что отличие результатов, полученных при использовании трехмерной модели передачи тепла, от результатов, полученных при использовании одномерной модели отличаются менее, чем на 1 %. Следовательно, для упрощения расчетов будет применяться одномерная модель передачи тепла, т. е. будем полагать, что процесс передачи тепла осуществляется в направлении, нормальном к корпусу рабочего объема камеры. Расчетная схема модели камеры представлена на рис. 2.

Корпус камеры представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из внешней и внутренней металлических стенок и заключенной между ними тепловой изоляции. Передача тепла в каждом из слоев осуществляется теплопроводностью и описывается нестационарным одномерным уравнением теплопроводности. Поскольку толщины стенок существенно меньше толщины тепловой изоляции, а коэффициент теплопроводности металлических корпусов существенно больше коэффициента теплопроводности материала теплоизоляции с достаточной степенью точности можно считать, что температура стенок не зависит от пространственной координаты. С математической точки зрения это означает, что полосы δ_1 и δ_2, определяющие толщины стенок внутреннего и внешнего корпусов, стягиваются в линию, а уравнение теплопроводности для этих участков заменяется уравнениями теплового баланса.

Таким образом, при принятом допущении в рамках одномерной модели температурное поле по толщине тепловой изоляции теплоизолированного корпуса камеры описывается уравнением теплопроводности:

$$\rho_{\text{и}} C_{p\,\text{и}} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \text{x}} \left(\lambda_{\text{и}} \frac{\partial T}{\partial \text{x}} \right),$$

где $\rho_{\text{И}}$, $C_{p\text{И}}$, $\lambda_{\text{И}}$ — плотность, удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции соответственно.

Уравнение теплопроводности для внутренней стенки заменяется следующим уравнением теплового баланса:

$$\delta_1 \rho_1 \text{C}_{p1} \left. \frac{\partial T}{\partial \tau} \right|_{x=0} =$$

$$= -\alpha_{\text{внутр}} (T|_{x=0} - T_0) + \lambda_{\text{и}} \left. \frac{\partial T}{\partial \text{x}} \right|_{x=0},$$

где δ_1, ρ_1, C_{p1} — толщина, плотность, удельная теплоемкость стенки соответственно; $\alpha_{\text{внутр}}$ — коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки к воздуху внутри камеры; T_0 — температура в камере, зависимость которой от времени измеряется во время эксперимента.

Уравнение теплопроводности для внешней стенки заменяется следующим уравнением теплового баланса:

$$\delta_2 \rho_2 \text{C}_{\text{p2}} \left. \frac{\partial T}{\partial \tau} \right|_{x=\delta_{\text{и}}} =$$

$$\alpha_{\text{внешн}} (T_{\text{о.с.}} - T|_{x=\delta_{\text{и}}}) - \lambda_{\text{и}} \left. \frac{\partial T}{\partial \text{x}} \right|_{x=\delta_{\text{и}}},$$

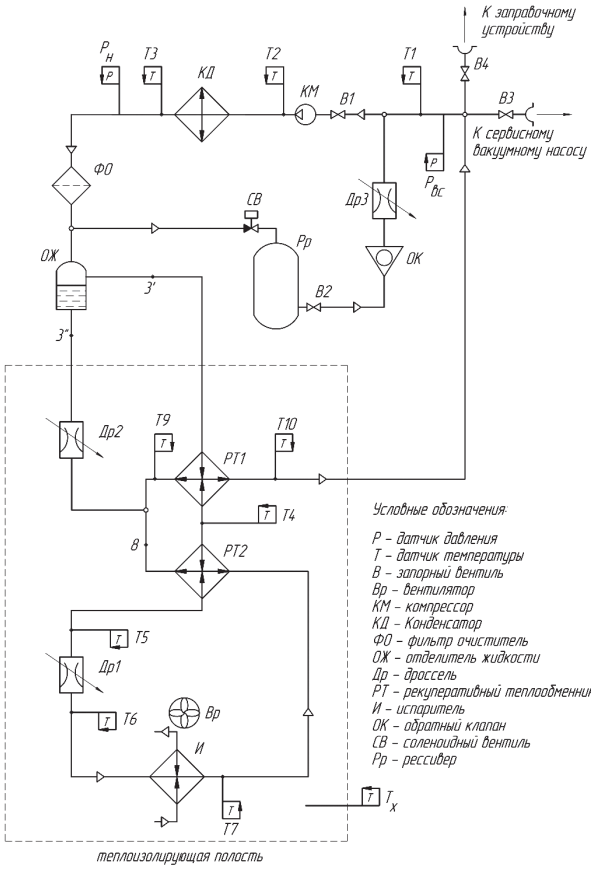


Рис. 1. Схема цикла холодильной машины

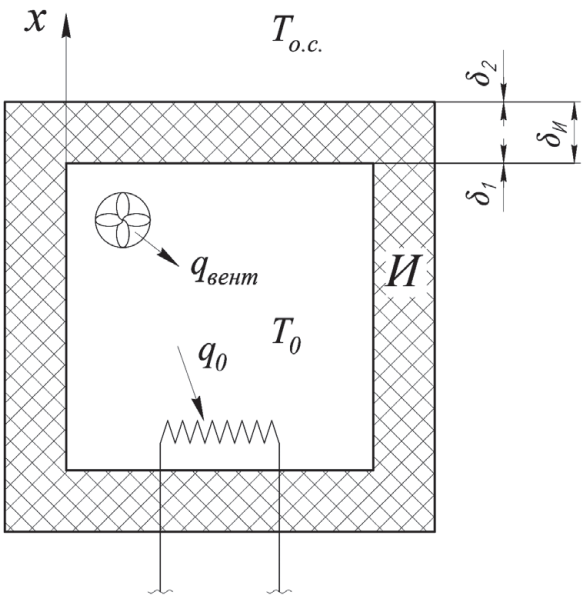


Рис. 2. Расчетная схема модели камеры

где δ_2, ρ_2, C_{p2} — толщина, плотность, удельная теплоемкость стенки соответственно; $\alpha_{\text{внешн}}$ — коэффициент теплоотдачи от внешней стенки к воздуху окружающей среды; $T_{\text{о.с.}}$ — температура окружающей среды.

Уравнения теплового баланса являются граничными условиями для уравнения теплопроводности.

В качестве начального условия для решения уравнения теплопроводности принимается условие равенства температуры теплоизолированного корпуса температуре окружающей среды, т. е.:

$$T|_{\tau=0} = T_{\text{о.с.}}.$$

Так как искомая холодопроизводительность q_0 не входит в систему вышеперечисленных уравнений, к ней необходимо добавить еще уравнение, описывающее теплообмен внутри камеры:

$$\alpha_{\text{внутр}}(T|_{x=0} - T_0) + \frac{q_{\text{вент}}}{F_{\text{внутр}}} - \frac{q_0}{F_{\text{внутр}}} = 0,$$

где $F_{\text{внутр}}$ — площадь внутренней поверхности корпуса камеры; $q_{\text{вент}}$ — дополнительный теплоприток от работы вентилятора, прогоняющего воздух через испаритель холодильной камеры.

Таким образом, математическая одномерная модель теплового состояния теплоизолированного корпуса холодильной камеры сводится к краевой задаче решения уравнения теплопроводности в частных производных с граничными и начальным условиями. Данная задача решается методом конечных разностей, с помощью разработанной компьютерной программы.

С помощью данной методики можно проводить исследования различных типов холодильных агрегатов, использующие различные дроссельные циклы на смесях хладагентов.

Исследование изменения производительности парокомпрессионных агрегатов на многокомпонентных смесях хладагентов позволит лучше понять факторы, влияющие на скорость охлаждения объектов.

После сравнения экспериментальных данных с теоретическими, появится возможность вывести зависимости, которые в будущем позволят значительно сократить число экспериментов на стадии разработки холодильного оборудования с контролируемой или заранее прогнозируемой скоростью охлаждения.

Список литературы

1. *Лавренченко Г. К., Анисимов В. Н., Додольцева Н. И.* Обобщенные алгоритмы расчета термодинамических свойств чистых фреонов и их смесей // Термодинамические свойства веществ и материалов. — 1985. — Вып. 2. — С. 33–55.

2. *Бабакин Б. С., Стефанчук В. И., Ковтунов Е. Е.* Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. — М.: Колос, 2000. — 157 с.

3. *Жердев А. А., Макаров Б. А.* Расчет параметров циклов парокомпрессионных холодильных машин // Вестник МГТУ. Машиностроение, спец. выпуск «Криогенная и холодильная техника», 2002. — С. 71–81.

4. Разработка математической модели и программы расчета динамических тепловых характеристик автоматизированной климатической камеры АККТЛ-120/150: Научно-технический отчет о НИОКР — Гос. рег. № У89541 — 2008.

УДК УДК 621.59

РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ В СТУПЕНИ ДЕТАНДЕРА С ДВУХКЛАПАННЫМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ЧИСЛЕ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ

И. А. Арсеньев, А. И. Прилуцкий, И. К. Прилуцкий

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: refr@gunipt.spb.ru

Целью настоящей работы являлось:

1. Получение расчетным путем текущих и интегральных параметров детандерной ступени с двухклапанным газораспределением при изменении количества выпускных клапанов;

2. Анализ полученных результатов и оценка целесообразности применения способа регулирования, предусматривающего изменение массового расхода газа через детандер путем перекрытия части выпускных клапанов.

В ходе численного эксперимента использовалась программа КОМДЕТ-М, созданная на кафедре криогенной техники и используемая при разработке поршневых компрессоров (КОМ) и детандеров (ДЕТ).

Согласно [1] массовый расход газа m через детандер при рабочем объjме цилиндра V_h и частоте вращения вала n определяется уравнением

$$m = \lambda_д \lambda_т (C_2 - C_6) V_h n z_ц, \tag{1}$$

где $\lambda_д$ и $\lambda_т$ — коэффициенты давления и температурный, учитывающие газодинамические потери при наполнении цилиндра свежим газом и снижение температуры газа при контакте с более холодными стенками цилиндра в процессе наполнения соответственно; C_2 и C_6 — относительные хода поршня в момент закрытия и открытия впускного клапана соответственно; $z_ц$ — число параллельно работающих цилиндров.

Закрытие выпускного клапана происходит при относительном ходе поршня C_5, величина которого является функцией нескольких переменных

$$C_5 = f(h_0, f_щ, ...), \tag{2}$$

где $f_щ$ — сечение в щели полностью открытого клапана. При установке нескольких конструктивно одинаковых выпускных клапанов сечение в щели всех клапанов можно описать зависимостью

$$F_щ = Z_{вып.кл} f_щ. \tag{3}$$

С другой стороны, на номинальном режиме работы детандера должно выполняться условие

$$C_5^* = (a + C_6^*) \left(\frac{p_н}{p_к} \right)^{1/\kappa} - a, \tag{4}$$

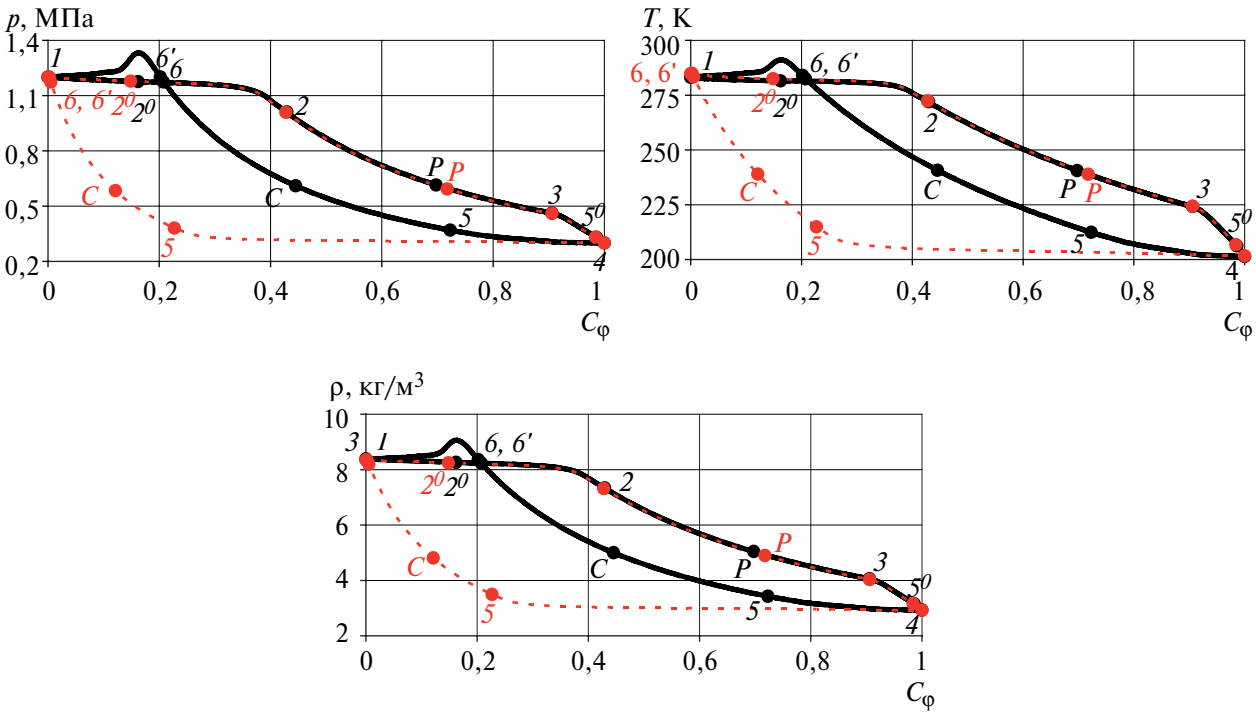
где $a = \text{const}$ — относительное мертвое пространство ступени детандера; $C_6^* = 0{,}01...0{,}02$ — относительный ход поршня в момент открытия впускного клапана при номинальном режиме работы детандера; κ — показатель адиабаты рабочего вещества.

На основании уравнений (2), (3) и (4) можно сделать вывод, что при постоянных геометрических и режимных параметрах детандерной ступени уменьшение количества выпускного клапанов $Z_{вып.кл}$ будет приводить к снижению продолжительному процессу выталкивания газа (4)–(5) ($C_5 \uparrow$) и преждевременному открытию впускного клапана, в результате чего следует ожидать увеличения величины C_6.

Обозначая $\lambda_д \lambda_т V_h n z_ц = A = \text{const}$, уравнение (1) запишем в виде

$$m = A(C_2 - C_6) \tag{4}$$

При $C_2 = \text{const}$ можно утверждать следующее: при уменьшении количества одновременно работающих выпускных клапанов (перекрытие части клапанов) и соответствующего увеличения C_6 массовый расход газа через детандер будет уменьшаться.



Индикаторные диаграммы работы ступени детандера 3Ш1.6-1500-12/3
при переменном числе выпускных клапанов: — $Z_{\text{вып.кл.}} = 6$; - - - $Z_{\text{вып.кл.}} = 24$

На рисунке показаны совмещенные диаграммы текущих параметров детандерной ступени в координатах p, T, $\rho = f(C_\varphi)$. Номинальный режим работы, при котором обеспечивается максимальный расход газа $m_{\text{ном}}$ представлен пунктирной кривой красного цвета ($Z_{\text{вып.кл}} = 24$). Черной сплошной кривой выделен режим с наименьшим расходом газа. В данном случае $Z_{\text{вып.кл}} = 6$.

Полученные данные дают наглядное представление о том, что при изменении количества выпускных клапанов текущие параметры газа в рабочей камере в процессах наполнения ($1-2^0-2$), расширения ($2-3$) и выхлопа ($3-4$) на номинальном режиме и режимах регулирования остаются практически неизменными. Для процессов вытеснения $4-5^0-5$ характерно повышение давления и температуры, а процессы сжатия $6-6'$ заканчиваются при $C_6 \gg 0$.

Анализируя интегральные параметры детандерной ступени, соответствующие приведенным диаграммам, можно сделать следующие выводы: расход газа m' и индикаторная мощность $N_{\text{инд}}$ снижаются от 100 до ~ 40 %, температура стенок рабочей камеры $T_{\text{ст}}$ и конечная температура газа за детандером $T_{\text{к}}$ остаются практически постоянными, а изменение изоэнтропного КПД цикла ступени η_s составляет около 4 %.

Список литературы

1. *Прилуцкий И. К., Прилуцкий А. И.* Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах. Учебн. пособие для ВУЗов. СПб., СПбГАХПТ, 1995.

УДК 621.59.536.48(035.5)

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ И ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ СЛОЯ СОРБЕНТА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАПУСКЕ ОТКАЧИВАЕМОГО ГАЗА

П. Н. Зобков, А. Л. Шрамова, В. И. Иванов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: pavelmaxi@mail.ru

В ряде современных технологических процессах требуется откачивать газ при давлении 10–1500 Па, например, для химических лазеров [1]. При данном диапазоне давлений речь идет о большом массовом расходе откачиваемого газа. Для такого режима наиболее перспективным является криосорбционный метод откачки. Однако его использование затрудненно тем, что выделяющаяся теплота сорбции разогревает адсорбент и, как следствие, происходит снижение скорости откачки и повышение давления до предельно допустимого значения. Для того чтобы увеличить время работы лазера необходимо эффективно отводить теплоту сорбции. Существует два способа отвода теплоты: первый, когда сорбент охлаждается плоской криопанелью, на которой он размещен, и второй, когда криопанель имеет оребрение (рис. 1.). Криопанель и ребра находятся при температуре 80 K.

Для того чтобы оценить эффективность этих двух способов отвода теплоты были решены одномерная и двумерная задачи нестационарной теплопроводности для слоя сорбента NaX при импульсном напуске газа (азот). Толщина слоя 0,016 м, шаг оребрения также 0,016 м. Теплофизические свойства цеолита NaX принимались: теплопроводность $\lambda_{\text{ц}} = 0{,}052$ Вт/(м·K), теплоемкость $C = 230$ Дж/(кг·K) , насыпная плотность $\rho = 700$ кг/м^3, теплота сорбции $q_{\text{с}} = 400 \cdot 10^3$ Дж/кг [2]. В основе решения рассматриваемых задач лежит метод конечных разностей [3]. Критерий Фурье принимался: Fo $= 1/4$ для одномерной задачи и Fo $= 1/6$ для двумерной задачи.

Физическая модель устройства представляет собой камеру с криопанелью, на которой находится слой сорбента. В камеру циклично напускается газ. Периоды напуска газа для одномерной задачи — 16 секунд, для двумерной — 17 секунд с постоянным расходом чередуются перерывами в 28 секунд для одномерной и двумерной задач, когда напуск отсутствует. В течение напуска сорбент разогревается, а при перерывах между напусками происходит снижение его температуры за счет переноса теплоты от сорбента к поверхности криопанели путем теплопроводности.

Расчетная методика процесса откачки включала в себя:

а) Разбивку сорбента на 8 параллельных криопанели слоев толщиной 0,002 м в случае одномерной задачи;

б) Разбивку сорбента на 48 элементов размерами 0,002×0,0028 м в случае двумерной задачи.

Так же учитывалось, что скорость откачки и соответственно тепловыделения в каждом слое (элементе) являлись функцией температуры соответствующего слоя (элемента). При достижении давления в камере 1500 Па процесс откачки прекращался.

Оценка эффективности способов отвода теплоты от сорбента производится по изменению давления в камере. На рис. 2 представлен график зависимости данного параметра от времени.

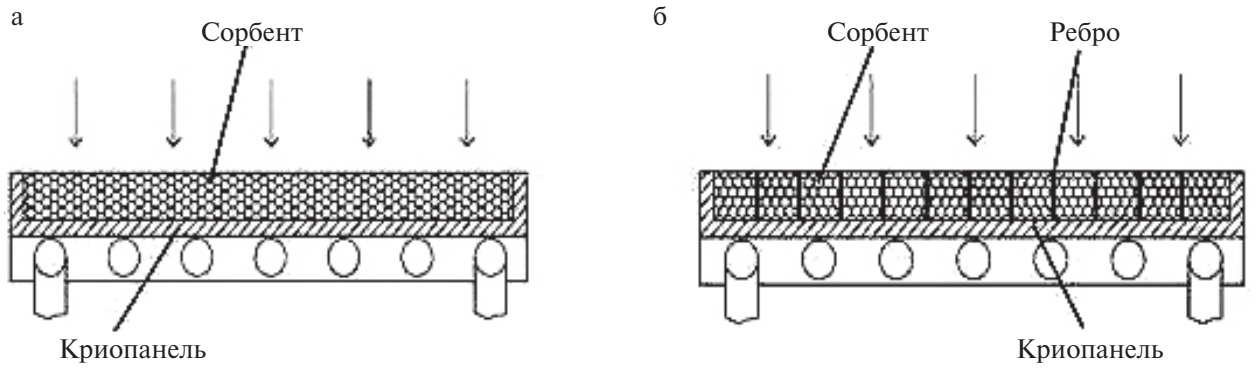


Рис. 1. Криопанель: а — без ребер; б — с ребрами

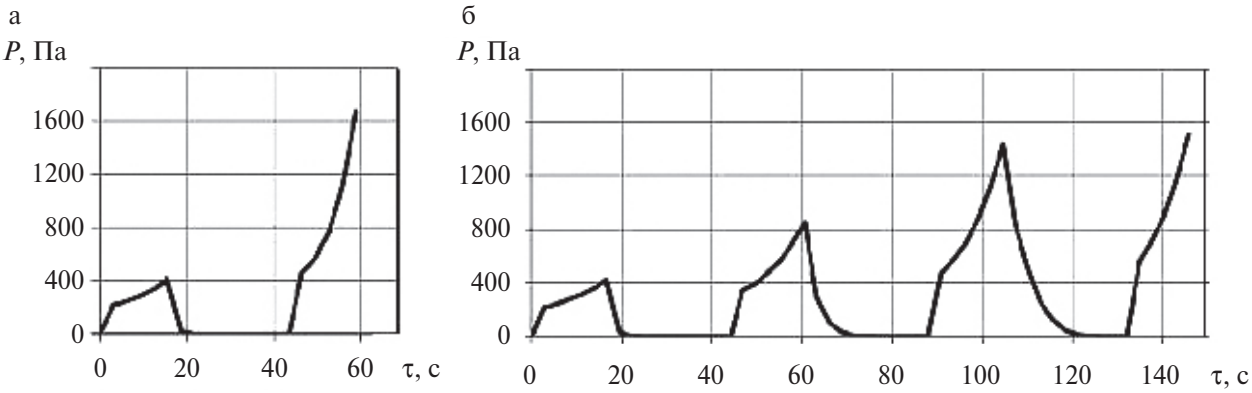


Рис. 2. Графики зависимости изменения давления в камере от времени $P = f(\tau)$:
а — криопанель без ребер; б — криопанель с ребрами

На основе полученного графика можно сделать следующий вывод, что в результате использования криопанели с оребрением удается повысить число включений химического лазера с двух до четырех, т. е. в два раза и тем самым увеличить продолжительность его работы. Но вместе с этим можно также сделать вывод, что для увеличения числа включений до значений больших четырех, необходимо помимо развития поверхности теплообмена увеличивать непосредственно теплопроводность самого слоя сорбента, например за счет использования шихты из смеси гранул сорбента со стружкой меди.

Список литературы

1. http://www.ntpo.com/patents_lazer/patents_lazer/lazer_391.shtml

2. Справочник по физико-техническим основам криогеники / Под ред. М. П. Малкова. — М.: Энергоатомиздат, 1985.

3. *Шнайдер. П.* Инженерные проблемы теплопроводнсти. — М.: изд-во иностр. лит. 1960.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ВИТРИФИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. В. Куслиева, Л. Е. Оничкина

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Lidok-souris@mail.ru

Жидкие биопрепараты представляют собой наиболее востребованный в современных медицинских технологиях вид криоконсервантов. К этому классу следует, прежде всего, относить клеточные материалы или препараты, полученные на основе стволовых клеток. Стоимость препаратов, многообразие сфер их применения и сложность задач решаемых в этой области определяют высокие требования к качеству технологии криоконсервации. Под качеством технологии криоконсервации подразумевается создание условий для сохранения прижизненных свойств биопрепаратов. Технология замораживания должна снижать влияние основных негативных факторов сопровождающих охлаждение препарата. Увеличение скорости замораживания снижает разрушающие действия этих негативных факторов, на этом основаны наиболее перспективные методы криоконсервации клеточных препаратов, так называемые витрификационные технологии. Предполагается, что при сверхвысоких скоростях замораживания материал будет переходить в твердое состояние в виде аморфного вещества, т. е. с минимальным уровнем криоповреждений.

При использовании современных контактных теплообменных аппаратов варьировать скоростью замораживания можно достаточно в широких пределах. Скорость охлаждения может достигать 10 К/с. Однако, исследования в этой области носят пока качественный характер. Механизм замораживания сложного многокомпонентного раствора, которым является клеточный препарат, требует дополнительного изучения. В общем случае клеточный препарат состоит из нескольких компонентов: растворителя (воды), который составляет основную часть препарата, поэтому в значительной степени определяет его теплофизические свойства; криопротектора, вещества снижающего вероятность криоповреждения клеточного материала и собственно клеточного материала.

Из перечисленных веществ подробно изучены только свойства растворителя, по которым строится математическая модель препарата. Это может привести к существенным ошибкам при математическом моделировании. Особенно велико влияние свойств дополнительных компонентов на замораживание воды в процессе кристаллизации.

Математические модели для исследования процессов программируемого замораживания строятся на базе численного решения уравнения энергии [1], которое с учетом геометрической формы контейнеров используемых для хранения клеточных препаратов, записывается в одномерном виде и в радиальных координатах:

$$\rho = \frac{\partial h}{\partial \tau} = \frac{\partial q}{\partial r}. \qquad (1)$$

Результатом численного решения уравнения энергии является функция $h = f(\tau, r)$. Однако для выполнения расчетов и для визуализации результатов необходимо получить зависимость $T = f(\tau, r)$. Алгоритм решения уравнения энергии предполагает определение температуры по расчетным значениям энтальпий $T_i = f(h_i)$. Для таких расчетов необходимы точные зависимости, которые можно получить только экспериментальным путем.

График изменения энтальпий в этом случае представляется в виде ломаной линии, которая имеет наклонные участки до зоны замерзания и после зоны замерзания, а при температуре плавления (криоскопической температуре) представляет собой вертикальную линию (рис. 1).

Кристаллизация дистиллированной воды идет при постоянной температуре, однако ввод в раствор дополнительных компонентов, как минимум снижает температуру кристаллизации, что надо учитывать при выполнении расчетов. Возможно и более сложное влияние растворенных в воде веществ. В литературе данных о влиянии криопротекторов на температуру и ход процесса кристаллизации воды не приводится.

В реальности возможно появление некоторого температурного диапазона кристаллизации $\Delta T_{\text{кр}}$, что нужно учитывать при математическом моделировании. Присутствие в препарате еще и клеточного материала может привести к качественному изменению графика снижения энтальпий, а в частности появлению некоторого наклона линии $h = f(T)$ в зоне замораживания. В клетках содержится ассоциированная вода, замерзание которой может происходить в достаточно широком диапазоне температур.

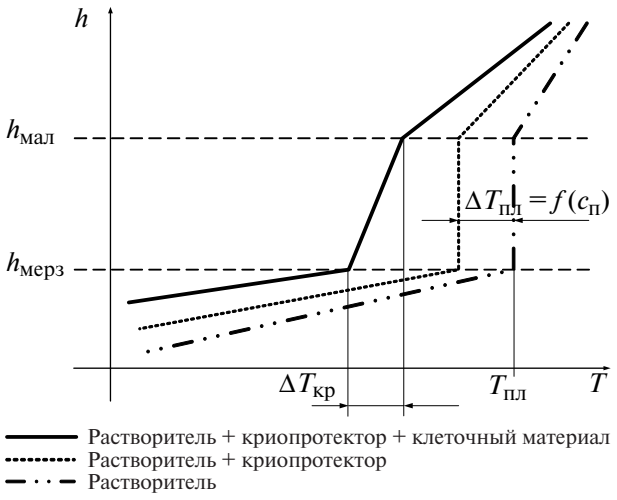


Рис. 1. Процесс кристаллизации воды и водных растворов

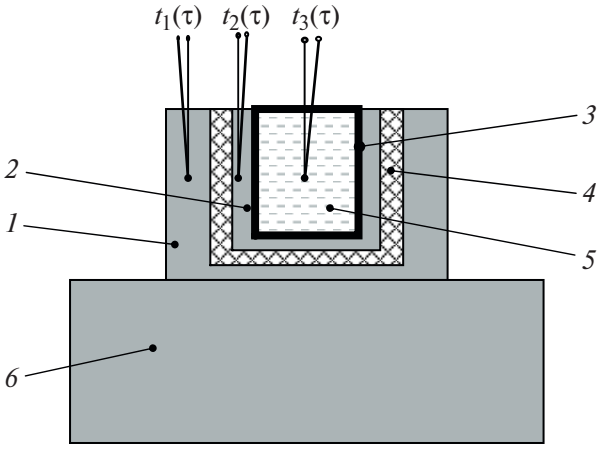


Рис. 2. Схема тепловой ячейки

Температуры начала и конца замерзания препарата могут значительно различаться. Для того чтобы исследовать все эти аспекты, кафедра криогенной техники СПГУНиПТ совместно с кафедрой физики планирует провести серию экспериментов по исследованию фазовых переходов. Кафедра физики длительное время разрабатывает средства и методы исследований для теплофизических свойств увлажненных веществ в условиях их замораживания и размораживания. Это позволяет использовать для намеченных экспериментов уже готовую методику, адаптировав ее к данной задаче. Предполагается сравнить процессы замораживания дистиллированной воды, замораживания воды с содержанием криопротектора в общепринятой концентрации и далее ввести в раствор (вода + криопротектор) имитатор клеточного препарата (белковая структура, которая будет влиять на процесс замораживания). После получения таких данных необходимо сравнить результаты физических исследований с процессом замораживания стволовых клеток.

Планируется использовать разработанный на кафедре физики прибор.Конструктивно прибор выполнен в виде двух блоков: теплоизмерительная ячейка; специализированное электронно-вычислительное устройство — теплофизический контроллер. Также в состав прибора входят два массивных металлических блока, которые выполняют при измерениях функции двух изотермических сред разного температурного уровня. Один из блоков размещается на рабочем столе, при комнатной температуре, а второй блок — в морозильной камере, при температуре минус (30...40) °С.

Для измерения температуры в характерных точках используются три манганин-константановые термопары, «холодные» спаи которых размещаются в сосуде Дьюара. Для измерений комнатной температуры используется цифровой термометр.

Тепловая схема теплоизмерительной ячейки изображена на рис. 2. Основным узлом тепловой ячейки является трехслойный цилиндрический сосуд, состоящий из двух вставленных друг в друга металлических стаканов *1* и *2*, разделенных тонкостенной теплоизоляционной прослойкой *4*. В полости сосуда при проведении опытов размещается стакан *3* с образцом *5*. В течение опыта тепловая ячейка находится на массивном металлическом блоке *6*, который обеспечивает требуемый режим опыта [2].

Для измерений используются цилиндрические образцы, в которых формируется радиальное температурное поле. Аналитическую основу метода составляют закономерности монотонного разогрева–охлаждения образца в условиях его внешнего теплового воздействия. К достоинствам метода можно отнести его комплексность, простоту реализации и пригодность для исследований в зоне фазовых превращений.

Обработки результатов исследований осуществляется по методике, подробно описанной в [3].

Список литературы

1. *Исаченко В. П., Сукомел А. С., Осипова В. А.* Теплопередача. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1975. 488 с.

2. *Куслиева Е. В., Сергеев С. С.* Цилиндрическая тепловая ячейка для комплексного исследования теплофизических характеристик влагосодержащих материалов. Сборник трудов молодых ученых. Ч. 1: материалы конференции (61-я студенческая научно-техническая конференция). — СПб.: СПбГУНИПТ, 2008. С. 52–55.

3. *Куслиева Е. В.* Методика расчета теплофизических характеристик в динамических методах. В сб. «Проблемы техники и технологии пищевых производств». СПб.: СПбГУНИПТ, 2008. С. 58–68. (Рукопись депонирована в ВИНИТИ 26.06.08, № 535-В2008.)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОСУДОВ-ГАЗИФИКАТОРОВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ЖИДКОГО АЗОТА

А. Ю. Баранов, И. А. Баранов, А. В. Савельева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Ann@kamyshkov.ru

Введение

За последние 10 лет широкое распространение получили индивидуальные криотерапевтические комплексы (криосауны), которые отличаются от других криомедицинских систем по затратам азота. В среднем на одну приходится около 120 кг азота в день, доставлять такое количество в сосудах малого (16–25 л) объема нерентабельно из-за высокой трудоемкости процесса и повышенного износа сосудов. Одним из возможных альтернативных вариантов снабжения медицинских учреждений является централизованная доставка азота в сосудах среднего объема. Такого рода сервис хорошо развит в странах Евросоюза, где провайдеры доставляют жидкий азот в сосудах-газификаторах объемом от 40 до 230 л, которые часто обозначают маркой EUROCYL. Отсутствие отечественного емкостного оборудования среднего объема определяет интерес потребителей к сосудам EUROCYL, как средству доставки жидкого азота, поэтому важно обозначить их эксплуатационные недостатки.

Особенности конструкции и эксплуатации сосудов газификаторов среднего объема

Сосуды-газификаторы объемом до 0,35 м^3 производятся в Германии, Чехии, Польше на основе лицензий фирм США, их объединяют сходные признаки: большой диапазон рабочих давлений (до 2,4 МПа), высокий уровень автоматизации, хорошо продуманная система средств малой механизации. В странах Западной Европы эти сосуды стали основным средством доставки криопродуктов потребителям, сформировалась соответствующая логистическая схема, основу которой составляет технология доставки жидкого азота под избыточным давлением (более 0,4 МПа).

Низкотемпературная часть емкости и коммуникации сосудов-газификаторов спроектированы с учетом предельного рабочего давления 2,4 МПа, по удельной металлоемкости сосуды-газификаторы превосходят отечественные криогенные емкости в 3 раза. Повышенная металлоемкость охлаждаемой части сосуда при транспортировке криопродуктов является причиной дополнительных потерь.

Арматура сосудов-газификаторов имеет малое сечение. Соединительные размеры линий выдачи жидкости и газосброса $3/8''$ ($D_y \approx 9$ мм). У отечественных емкостей площадь сечения коммуникаций на линиях выдачи криоагента и отвода паров в 4 раза больше ($D_y = 18$ мм). Расхождение в размерах затрудняет подключение сосудов друг к другу. Наиболее проблематичным этапом эксплуатационного цикла является заполнение неохлажденного сосуда газификатора.

Из-за высокой металлоемкости внутреннего сосуда и малого проходного сечения вентилей заправка сосуда EUROCYL от отечественных емкостей представляет собой сложнейшую задачу. При движении потока из емкости в сосуд площадь проходного сечения канала снижается в 4 раза, что резко увеличивает гидравлическое сопротивление линии, особенно при движении двухфазного потока. Парожидкостная смесь дросселируется через арматуру сосуда-газификатора в его внутреннюю емкость, что вызывает повышенное образование пара и увеличивает потери жидкости при заправке. Линия отвода паров из внутренней емкости имеет малую площадь сечения, поэтому отвод паров затруднен. На линии газосброса происходит дросселирование пара до атмосферного давления, именно здесь создается основное гидравлическое сопротивление, для преодоления которого отечественное емкостное оборудование не приспособлено. Для организации доставки криопродуктов в сосудах EUROCYL необходим источник азота, оснащенный соответствующим (по давлению) емкостным оборудованием. Постепенное насыщение рынка криопродуктов сосудами EUROCYL приведет к вытеснению криогенных емкостей произведенных по стандартам СНГ.

Из-за повышенной прочности внутренней емкости сосуда-газификатора возрастают затраты криоагента на его первичное охлаждение, которые составляют 30 % от вместимости сосуда. Высокое рабочее давление сосуда позволяет скрывать от получателя истинное количество доставленного криоагента. При давлении 2,4 МПа плотность насыщенного пара азота составляет 111 кг/м^3, поэтому в паровой полости сосуда, которая составляет не менее 5 % объема можно сохранить значительное количество испарившегося продукта. Кроме того, часть подведенной к криоагенту теплоты компенсируется за счет перегрева жидкости. Изменение давления от 0 до 2,4 МПа повышает температуру кипения азота с 78 до 119 K,

теплота перегрева жидкости на 41 К составляет 100 кДж/кг, т. е. около 50 % от теплоты парообразования при атмосферном давлении. В тех случаях когда потребитель использует криопродукт в газообразном виде, перегрев жидкости безвреден, но при использовании жидкого азота в качестве криоагента это приведет к значительной потере скрытой теплоотводящей способности. Рост давления вызывает снижение плотности насыщенной жидкости с 802 до 537 кг/м^3, поэтому в полном, по показания указателя уровня, сосуде масса жидкого азота будет на 33 % меньше паспортной. Определить изменение массы можно только взвешиванием сосуда, но такой возможности у потребителя, как правило, нет.

При повышенном давлении возрастают потери жидкости от теплопритока через изоляцию сосуда, так как по мере роста давления снижается теплота парообразования жидкости. На практике сосуд этого объемом 230 л полностью испаряются за 30–40 дней, т. е. в сутки теряется не менее 2,5 % жидкости.

Полагая, что данные паспорта достоверны, принимаем потери азота равными 1,8 % в сутки. Минимальные потери от испарения при давлении близком к атмосферному составляют 1,8 % в сутки, для емкости объемом 230 л ежедневные потери азота от испаряемости $\Delta G_a = 3{,}34$ кг.

Теплота, поступающая через изоляцию, может быть выражена формулой:

$$q = kF(T_{\text{ос}} - T'_{\text{а}}),$$

где k — коэффициент теплопередачи; F — площадь наружной поверхности сосуда; $T_{\text{ос}}$ — температура окружающей среды; $T'_{\text{а}}$ — температура кипения жидкого азота; $T'_{\text{а}} = f(P_a)$.

Можно записать тепловой баланс сосуда:

$$kF(T_{\text{ос}} - T'_{\text{а}}) = \Delta G_a r_a \qquad \text{или} \qquad kF = \frac{\Delta G_a r_a}{T_{\text{ос}} - T'_{\text{а}}}.$$

Характеристика изоляции $\text{К}_{\text{из}} = kF$ может быть определена на основе паспортных потерь жидкого азота от испарения: $\text{К}_{\text{из}} = 0{,}036$ Вт/К. Расчетный приток теплоты к жидкому азоту составляет $q = 7$ Вт.

Характеристика $\text{К}_{\text{из}}$ позволяет рассчитать действительные потери азота при хранении под разными избыточными давлениями:

$$\Delta G_a = \frac{kF(T_{\text{ос}} - T'_{\text{а}})}{r_a},$$

где $T'_{\text{а}} = f(P'')$ и $r_a = f(P'')$.

Используя данные об изменении r_a при повышении давления можно рассчитать действительную испаряемость в различных условиях $\Delta G_a = f(P_a)$ (см. рисунок).

Если давление хранение существенно выше атмосферно, следует учитывать уменьшение плотности жидкости и вместимости сосуда. Чем выше давление, тем больше удельные потери: $\Delta g_a = \Delta G_a / \rho_a V$, увеличение абсолютных потерь азота из-за уменьшения теплоты парообразования накладывается на уменьшение плотности азота по мере роста давления. Относительные потери азота при давлении 2МПа составляют 3,6 %, т. е. в 2 раза превышают значение, заявленное в паспорте сосуда.

Связанный с повышением давления, рост испаряемости сокращает расчетное время испарения криоагента:

$$\tau_{\max} = \frac{V_a r_a}{kF(T_{\text{ос}} - \text{T}'_{\text{а}})}.$$

Из-за снижения теплоты парообразования азота, время полного испарения сосуда с азотом при $P_{\text{а}} = 2{,}0$ МПа уменьшается с указанных в паспорте 100 дней до 28.

Потери скрытой теплоотводящей способности жидкого азота

При сливе криоагента в промежуточный сосуд происходит дросселирование от давление хранения до атмосферного. Потери от дросселирования определяются перепадом давления. Доля жидкости, потерянная при сливе, численно равна расчетной степени сухости потока после сброса давления:

$$\Delta_{\text{др}} = \frac{G'_{T_{\text{а}}} - G''_{T_{\text{а}}}}{G'_{T_{\text{а}}}} = x''$$

где

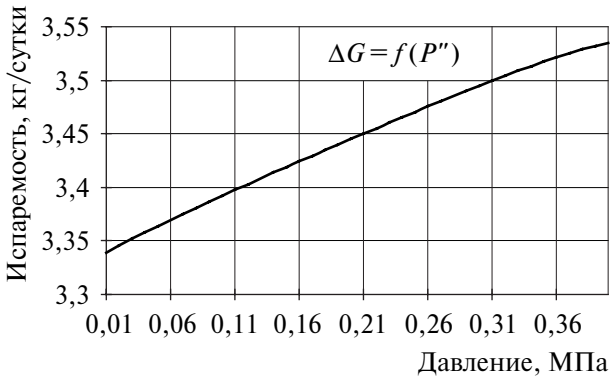
$$x'' = \frac{h'_{P_1} - h'_{P_{\text{ос}}}}{h''_{P_{\text{ос}}} - h'_{P_{\text{ос}}}} = \frac{h'_{P_1} - h'_{P_{\text{ос}}}}{r_{\text{ос}}}.$$

Расходные характеристики сосуда объемом 230 л при различных рабочих давлениях

Давление пара, МПа	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0
Вместимость сосуда, кг	186	179	175	170	166	164	161	158	156
Расчетное число процедур	46	43	40	38	36	35	31	28	26

В пределах рабочего сосудов газификаторов ($P_a \leqslant 2{,}5$ МПа) потери от дросселирования могут превышать 45 %. Для рационального использования криоагента необходимо использовать емкости с минимальным рабочим давлением. Последнее требование входит в противоречие с конструкцией сосудов газификаторов, которая работоспособна только при повышенном давлении.

Сростом давления уменьшается удельная теплота парообразования, повышается температура и энтальпия насыщенной жидкости, снижается удельная теплоотводящая способность азота. При повышении давления до 0,4 МПа криоагент отводит теплоты на 25 % меньше, а при поставке азота под давлением 2,0 МПа потери теплоотводящей способности составляют 34 %. Это имеет принципиальное значение для владельцев криосаун.



Зависимость величины суточных потерь азота от давления в сосуде

Подъем давления снижает вместимость сосуда и теплоотводящую способность криоагента, поэтому расчетное количество проведенных процедур (см. таблицу) быстро снижается. Для наглядности в расчетах использован сосуд объемом в 230 л.

Используя в качестве источника азота сосуд с давлением 0,4 МПа можно провести не более 36 процедур. Поставляя азот в сосудах с повышенным давлением, производители ущемляют интересы потребителей криоагента.

К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ТРУБОПРОВОДУ

Д. Е. Борзенко*, А. В. Зайцев, А. В. Шевцов****

* ЗАО «ЛЕНТЕХГАЗ»
** Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: borzenko@gunipt.spb.ru

Обеспечение энергетических объектов природным газом является актуальной проблемой для газодобывающего комплекса России. Перспективным является снабжение энергетических потребителей сжиженным природным газом (СПГ); для этой цели используется автомобильный, железнодорожный, водный транспорт и транспортирование СПГ по трубопроводам.

Наиболее благоприятные условия эксплуатации криогенного трубопровода имеют место в случае передачи однофазного потока не кипящей жидкости. При этом трубопровод имеет большую пропускную способность, надежно регулируется распределение жидкости при разветвлении трубопроводной системы и обеспечивается минимальное сопротивление линии при заданной производительности.

Для повышения эффективности работы трубопровода необходимо стремится, чтобы из-за теплопритока извне и диссипации энергии трения, а также падения давления не образовался двухфазный поток вскипания транспортируемой жидкости.

При транспортировании СПГ по трубопроводу наблюдаются два этапа: пусковой период, при котором происходит охлаждение транспортной системы от температуры окружающей среды до температуры СПГ, и рабочий режим транспортирования однофазного потока СПГ. Если при передаче жидкости по криогенному трубопроводу можно принять меры для исключения образования двухфазного потока, то в процессе «захолаживания» трубопровода образование двухфазного потока неизбежно.

При исследовании транспортной трубопроводной системы в первую очередь необходимо определить расстояние между головной и промежуточными насосными станциями, с помощью которых поддерживаются параметры СПГ, обеспечивающие сохранение однофазного состояния потока. В этом случае можно применить математическое моделирование трубопровода, который представляет собой радиационный теплообменный аппарат [1].

На рисунке приводится физическая модель (а) и расчетная схема (б) трубопровода, который состоит из двух подсистем: потока СПГ и оболочки канала.

Из-за сложности реальных процессов, протекающих в магистральном трубопроводе, при реализации математических моделей численным методом принимается ряд допущений:

— по расходу и внешнему тепловому потоку процесс рассматривается квазистационарным;

— процесс течения рабочей среды принимается одномерным и его параметры меняются только в направлении движения потока СПГ по ординате x;

— не учитывается осевая теплопроводность материала оболочки канала и СПГ;

— не учитывается теплопроводность оболочки канала вдоль оси y.

Тогда система уравнений, описывающая исходный равновесный режим или новое устойчивое состояние трубопровода имеет вид:

уравнение сплошности $\partial M/\partial x = 0$;

уравнение энергии $M(\partial h/\partial x) = \alpha_i F_i'(\Theta_i - T_i)$;

уравнение состояния СПГ $\rho = \rho(p, T)$; $h = h(\rho, T)$;

уравнение движения $\partial p/\partial x = -\partial p_{\text{тр}}/\partial x$.

В природном газе, поступающем на сжижение основным компонентом, является метан [2],содержание которого увеличивается за счет его очистки от примесей и фракционированной конденсации высококипящих компонентов газа и их предварительного вывода из криогенной установки.

Теплофизические свойства метана вычисляются при моделировании с помощью пакета прикладных программ для автоматизированного расчета свойств криопродуктов KRIAG [3].

Течение однофазного потока СПГ по трубопроводу происходит в условиях подвода поверхностного теплового потока извне и падения давления из-за трения. Для сохранения однофазности потока жидкого метана начальные параметры его после насосной станции принимаются в закритической области состояния при $\mathrm{p} > \mathrm{p_{кр}}$ и $\mathrm{T} < \mathrm{T_{кр}}$. Для расчета параметров теплообмена при вынужденном течении метана в трубопроводе могут быть использованы критериальные уравнения, приведенные далее в таблице [4].

Потери давления в трубопроводах жидкой фазы СПГ определяются по формуле Дарси-Вейсбаха:

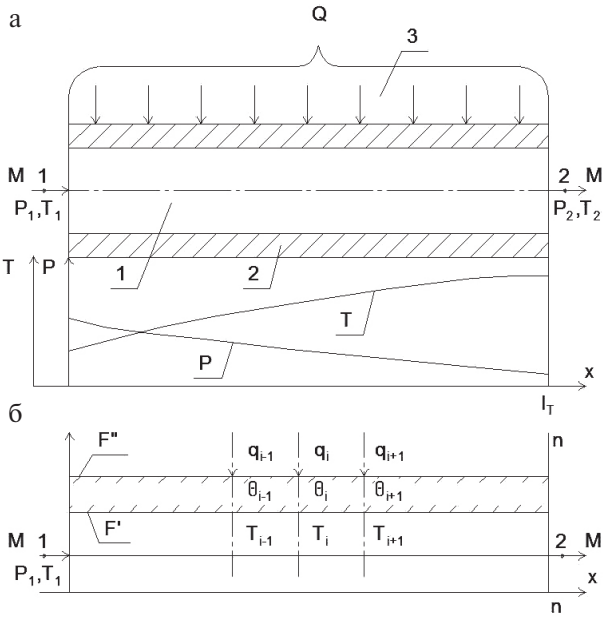
$$\Delta p_\xi = \frac{\rho \xi L w^2}{2 g D_{\text{вн}}}, \qquad (1)$$

где ξ — безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления; L — длина трубопровода, м; w — средняя скорость движения сжиженного газа, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с^2; $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр трубопровода, м.

Рассматриваемая задача является краевой и для ее решения численным методом используется явная схема. Для этой цели длина трубопровода разбивается на n участков (см. рисунок) и создается система тепловых балансовых уравнений, для решения которых задается первоначальное распределение параметров потока вещества. Далее температуры и давление для данного шага решения берутся на основании предыдущей итерации.

Расчет распределенного вдоль ординаты x температурного поля потока метана T_i и оболочки трубы Θ_i начинается с определения локальных коэффициентов теплоотдачи α_i и коэффициентов сопротивления ξ_i по известным уравнениям (см. таблицу) при заданных в начале расчета T_i и p_i.

Из теплового баланса элементарного участка (см. рисунок, б) может быть получена зависимость для определения температуры оболочки трубы:



Физическая модель (а)
и расчетная схема трубопровода (б):
1 — поток СПГ; *2* — оболочка трубы;
3 — внешний тепловой поток

$$\Theta_i = T_i + \frac{q_i}{\alpha_i}, \tag{2}$$

где $q_i = Q/n$ — поверхностная плотность теплового потока, Вт/м^2.

Одновременно с определением по длине канала α_i, T_i и Θ_i вычисляется падение давления (1), вызванное гидравлическим сопротивлением трубы. Тогда давление потока в сечении $i+1$

$$p_{i+1} = p_i - \Delta p_i. \tag{3}$$

Энтальпия потока метана в последующем сечении определяется из теплового баланса элементарного участка:

$$h_{i+1} = h_i + \frac{F_i' q_i}{M}. \tag{4}$$

Температура потока T_{i+1} рассчитывается по значениям давления p_{i+1} и энтальпии h_{i+1} с помощью процедуры-функции пакета KRIAG.

Критериальные зависимости для расчета числа Nu и коэффициента сопротивления ξ

Область числа Re	Nu	ξ
$\text{Re} < 2300$	3,66	64/Re
$2300 < \text{Re} < 4000$	$3{,}66(\text{Re}/2300)^{2{,}3+\lg \text{Pr}}$	
$\text{Re} > 4000$	$0{,}023\text{Re}^{0,8}\text{Pr}^{0,33}$	$0{,}3164/\text{Re}^{0,25}$

Список литературы

1. *Борзенко Е. И.* Статика и динамика элементов криогенных систем. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. — 212 с.

2. *Акулов Л. А.* Установки и системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации. — СПб.: ИПЦ СПбГУНиПТ, 2006. — 174 с.

3. *Борзенко Е. И., Зайцев А. В.* Установки и системы низкотемпературной техники. Автоматизированный расчет и моделирование процессов криогенных установок и систем: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. — 232 с.

4. Справочник по физико-техническим основам криогеники / Под ред. М. П. Малкова. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 432 с.

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛОНКОВЫХ ТРУБ ∅114 × 7 мм ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СИСТЕМАХ РАССОЛЬНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ

С. А. Ермаков[*], **М. О. Райнус**[**], **Д. Ю. Артюхов**[**], **В. А. Маслак**[**]

[*]Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
г. Санкт-Петербург
[**]ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
г. Санкт-Петербург, E-mail: lmgt2009@mail.ru

В инструкции по проектированию систем рассольного замораживания грунтов для строительства метрополитенов и тоннелей (ВСН 189-78) дается рекомендация повышать герметичность резьбовых муфтовых соединений корпусов замораживающих колонок ∅114 × 7 мм дополнительной обваркой высококачественными электродами [1].

Данная рекомендация может стать причиной аварии на строительной площадке в связи с тем, что для изготовления колонковых труб используются качественные среднеуглеродистые конструкционные стали (содержание углерода 0,37–0,45 %), обладающие ограниченной свариваемостью.

Ограниченная свариваемость указанных сплавов обусловлена высокой вероятностью образования закалочных структур в сварном шве и зоне термического влияния, создающих опасность хрупкого разрушения соединения в процессе эксплуатации, например под действием растягивающих нагрузок. Как правило, разрушения происходят в местах концентрации напряжений, вследствие появления значительных по величине остаточных сварочных напряжений и снижения пластичности металла. Содержание углерода более 0,30 % способствует увеличению склонности сталей к закалке, образованию холодных трещин в сварном соединении и пор в металле шва (рис. 1).

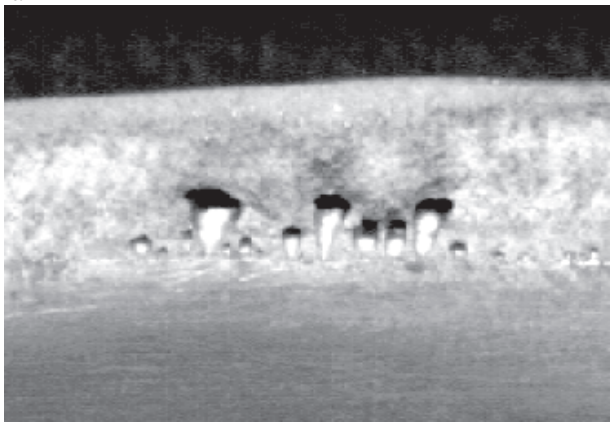
Холодные (закалочные) трещины возникают как в интервале температур 250 °С и ниже, так и после полного остывания сварного узла, спустя некоторое, иногда значительное время после сварки (через 24...48 ч). Последнее является наиболее неприятным, так как степень герметичности сварного шва снижается уже после полного завершения операций неразрушающего контроля. Вероятность охрупчивания увеличивается при охлаждении соединения ниже 0 °С.

При содержании углерода выше 0,35 % возрастает чувствительность к горячим трещинам. При выполнении монтажных швов весьма высока опасность появления пористости. Поры в швах среднеуглеродистых конструкционных сталей образуются вследствие чрезмерного насыщения жидкого металла водородом. Водород в полевых условиях строительной площадки может попасть в зону сварки с маслом, ржавчиной и влагой (при использовании не прокаленных электродов).

Необходимо учитывать, что герметизация резьбового муфтового соединение замораживающих колонковых труб сваркой мало приемлема и сложна в изготовлении также и по следующим причинам.

Нахлесточное сварное соединение, вследствие действующих в нем полей напряжений, более склонно к образованию и развитию горячих трещин, чем стыковое соединение; нахлесточное соединение предполагает гарантированный непровар и наличие острого концентратора напряжений в корне шва, что способствует замедленному разрушению сварного соединения, т. е. появлению трещин в процессе последующей эксплуатации конструкции.

а



б

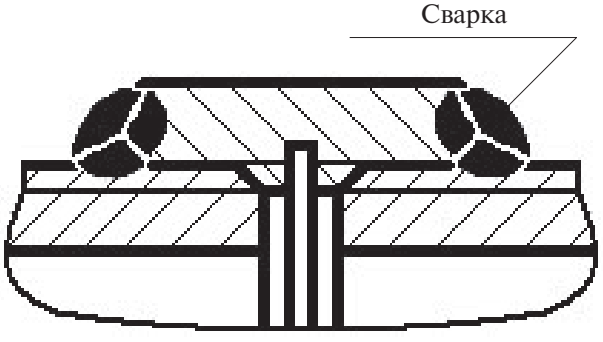


Рис. 1. Продольный излом наплавленного слоя на стали 40:
а — Фотография свищей в сварном шве; б — Схема обварки резьбового муфтового соединения

Наличие непровара при высоком содержании углерода способствует образованию и развитию пористости и свищей (сквозных дефектов) в сварном шве.

Заводское фосфотирование или цинкование конической поверхности резьбовой (резьбовых) соединительных муфт [2] приведет в процессе сварки к образованию трещин или пористости в шве, указанные покрытия должны быть тщательно удалены в полевых условиях перед сборкой каждого стыкового соединения.

Как правило, длина участка резьбы на колонковой трубе за пределами муфты [2] больше катета сварного шва, и сбег резьбы непременно попадет в зону сплавления, и будет действовать как подрез, т.е. острый концентратор напряжения на самом опасном с точки зрения появления закалочных структур участке.

Остатки смазки, применяемой при затягивании резьбовых соединений колонковых труб, попадая в зону сварки приводят к повышению количества водорода в сварном шве и, как следствие, к охрупчиванию и увеличению объема пор.

В случаях, когда проведение сварочных работ на колонковых трубах из конструкционных среднеуглеродистых сталей 40 и 45 обусловлено производственной необходимостью, необходимо проводить предварительный подогрев зоны соединения до температур не менее 240–250 °С с помощью установок индукционного нагрева или кольцевых пропановых горелок. Продолжительность подогрева определяется экспериментально для каждого подогревателя в зависимости от температуры окружающего воздуха и толщины стенки трубы. При сварке корневого слоя шва могут быть использованы электроды типа Э50А. В качестве электродов, обеспечивающих повышенные вязкопластические свойства и ударную вязкость металла шва для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва можно рекомендовать электроды диаметром 3,2 мм Pipeliner 18P (Пайплайнер 18П) (Нидерланды), P62MR (П62МР) (Швеция) или Fox BVD 90 (Австрия) [3].

Очевидно, что вышеописанные сварочные технологии отличаются высокой трудоемкостью и их применение на строительной площадке при сборке корпусов замораживающих колонок экономически неоправданно. В полевых условиях неизбежны многочисленные технологические нарушения, которые неминуемо приведут к образованию глубоких трещин и свищей в стенках труб замораживающих колонок. После начала процесса рассольного замораживания грунтов в зонах сварных швов развиваются высокие напряжения растяжения, раскрывающие трещины и свищи, приводя к разгерметизации корпусов замораживающих колонок. Локализовать утечки рассола в грунт можно только с использованием жидкого азота.

В апреле 1974 г. из-за разгерметизации ряда рассольных замораживающих колонок произошел прорыв плывуна на строящемся участке Кировско-Выборгской линии 1. О масштабах случившейся 35 лет назад аварии можно судить по тому, что в готовые тоннели попало 44 тыс. м^3 плывунной массы [5].

Для ликвидации аварии руководство института Ленметрогипротранс и тоннелестроительной корпорации Метрострой решили применить замораживание жидким азотом и обратились за помощью к специалистам 3-х институтов:

— ЛенНИИХиммаша: С. Е. Дукаревич, А. Р. Толчинский;

— ГИПХа (ныне РНЦ «Прикладная Химия»): И. Л. Ходарков, Г. С. Потехин;

— ЛТИХПа (ныне СПбГУНиПТ): Н. А. Бучко, Э. И. Гуйго.

Совместно в сжатые сроки был разработан проект замораживающей системы и технология процесса.

Весь процесс решено было провести в два этапа:

На первом этапе создавались «пробки» (или перемычки) в готовых тоннелях, предотвращающие попадание в них дополнительной жидкой массы и позволяющие начать работы по очистке. По расчетам ГИПХа толщина перемычек должна была достигать 6 метров (рис. 2).

В результате расчета ЛТИХПа получены следующие данные [4]:

— длительность заливки должна быть равна примерно 1 месяцу;

— необходимо истратить 2000 тонн жидкого азота;

— при этом средняя температура мерзлого массива должна составить около минус 35°;

— после окончания заливки азота, при дальнейшем выравнивании температур толщина перемычек увеличивается, достигая максимально значения примерно 6,5 метра на 50-е сутки от начала охлаждения, а затем массив начинает медленно подтаивать. Форма перемычек показана на рис. 2.

Реально первый этап замораживания был начат уже в мае 1974 г. Азот подавался в течение 27 суток, при этом проводились регулярные замеры температур, они удовлетворительно совпадали с расчетными значениями. Кроме того, измерялась толщина перемычек межскважинным акустическим просвечиванием, которая была также близка к расчетной.

Второй этап азотного замораживания был начат в конце марта 1975 г. и закончен к началу сентября 1975 г., т. е. примерно за 5 месяцев, за это время было доморожено около 11000 м^3 грунта, на что затрачено 4400 тонн жидкого азота. Это был один из первых в мире опытов по применению криогенных технологий в тоннелестроении.

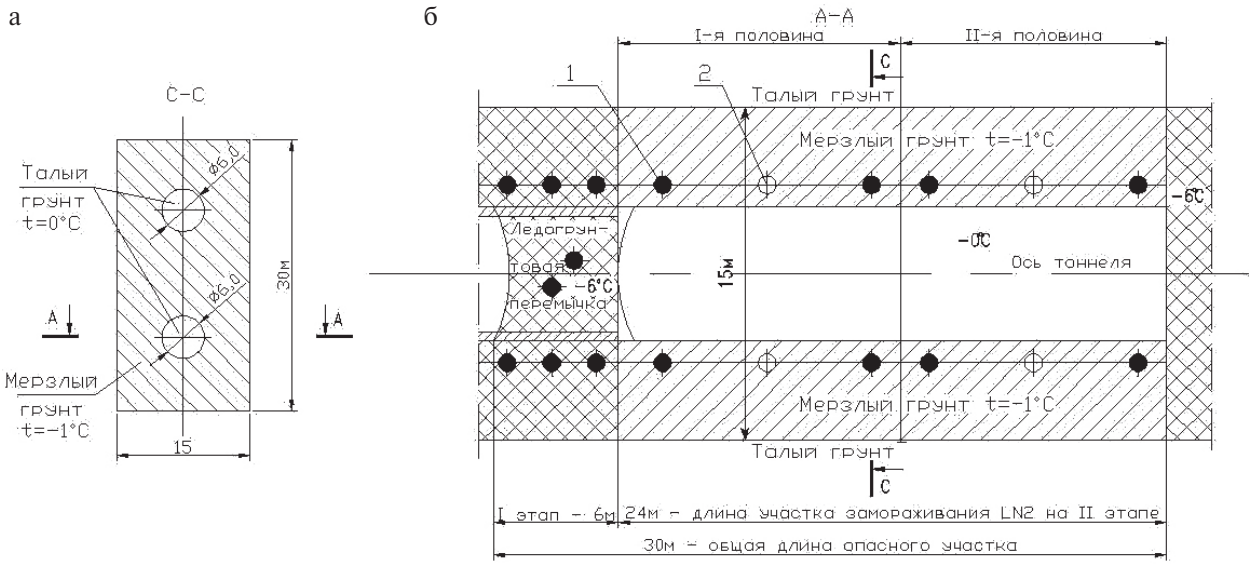


Рис. 2. Исходное термическое состояние грунтового массива:
а — вертикальный разрез мерзлого массива;
б — план расположения вертикальных скважин по сечению А–А;
1 — жидкостные скважины; *2* — газовые скважины

Список литературы

1. ВСН 189-78 Инструкция по проектированию и производству работ по искусственному замораживанию грунтов при строительстве метрополитенов и тоннелей. М.: Минтрансстрой, 1974.

2. ГОСТ 632-80. Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия. М. 1984.

3. Электроды для дуговой сварки, наплавки и резки // Каталог / М.: Спецэлектрод, 2005.

4. *Бучко Н. А., Гуйго Э. И., Дукаревич С. Е., Федоров Г. А.* Применение жидкого азота на строительстве Ленинградского метрополитена. «Транспортное строительство», 1976. № 2. С. 45–48.

5. *Кулагин Н. И., Салан А. И., Безродный К. П., Покрывалов М. Л., Нагорный С. Я.* «"Размыв" история преодоления». М. 2005. 120 с.

УДК 621.512.001.24(075.8)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВАХ

А. И. Прилуцкий, А. Н. Любимов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
г. Санкт-Петербург

В настоящей статье представлены результаты одной из исследовательских работ выполняемых студентами нашей кафедры по персональному заданию в рамках курсового проекта «Поршневой компрессор» при изучении курса «Машины низкотемпературной техники».

Объектом исследования является ступень компрессора, геометрические и режимные параметры которой представлены в табл. 1.

Из приведенных в таблице данных следует, что при постоянных режимных ($p_{вс}$, $p_{нг}$, $T_{вс}$, n) и геометрических ($D_ц$, $S_п$, V_h, а) параметрах для исследуемых ступеней, сжимающих различные газы, характерен ряд отличительных признаков:

1. Плотность всасываемого газа $\rho_{вс} = f(R) \neq$ const, а следовательно, и масса газа, поступающего в цилиндр при теоретическом цикле, $M_т = \rho_{вс} V_h \neq$ const. Поскольку объем цилиндра $V_h =$ const, то при неизменных режимных параметрах удельная теплообменная поверхность $F_{уд} = (1 + \psi)/(\rho_{вс} S_п)$ возрастает по мере снижения плотности сжимаемого газа. Таким образом, при сжатии «легких» газов следует ожидать интенсификации процессов теплообмена на всех участках рабочего цикла.

2. Динамика движения пластин клапанов и потери давления в клапанах также зависят от плотности всасываемого газа. Следовательно необходимо гарантировать идентичность динамики движения клапанных пластин, примерное равенство относительных газодинамических потерь χ и относительных массовых потерь $\nu_{пер}$, обусловленных запаздыванием закрытия клапанов. Обеспечение подобных условий ($\chi =$ const и $\nu_{пер} =$ const) достигается поиском геометрических параметров клапанов для работы на каждом газе в отдельности (рис. 1).

3. Относительные протечки газа через зазоры в закрытых клапанах $\nu_{пр}$ и внешние утечки через уплотнения поршня $\nu_{в.у}$ при прочих одинаковых условиях также зависят от свойств сжимаемого рабочего вещества (κ, R), что следует учитывать или в зависимости от цели принимать допущение о герметичности ступени.

4. В действительном цикле теплообмен газа со стенками цилиндра может существенно повлиять на текущие и интегральные параметры ступени. В этом случае при сжатии «легких» газов на порядок повышается отношение площади поршня $F_п$ к площади сечения в щели $f_щ$ клапанов, что при сохранении геометрии ступени приводит к нарастанию скорости газа на выходе из каналов всасывающего клапана и соответствующему повышению условной скоростей газа $W_{усл}$ относительно внутренней поверхности теплообмена рабочей камеры.

Таблица 1

Параметры исследуемой ступени компрессора

Параметры	Размерность	Рабочее вещество (***реальный газ***)		
		Гелий	Воздух	Метан
Давление всасывания, $p_{вс}$	МПа	0,1		
Давление нагнетания, $p_{нг}$		0,32		
Температура на всасывании, $T_{вс}$	К	293		
Диаметр цилиндра, $D_ц$	мм	120		
Ход поршня, $S_п$		100		
Площадь поршня, $F_п$	$м^2$	$1{,}13 \cdot 10^{-2}$		
Мертвое пространство, a	%	10		
Частота вращения вала, n	об/мин	1000		
Эмпирический коэффициент, $K_{ст}$	—	0,3 (водяное охлаждение)		
Показатель адиабаты, κ	—	1,67	1,4	1,3
Газовая постоянная, R	Дж / (кг К)	2077,2	287,1	518,3
Плотность газа, $\rho_{вс} = p_{вс} / RT_{вс}$	$кг/м^3$	0,1643	1,188	0,6585
$F_{уд} = F_{т.о} / M_т = 2(1+\psi)/(\rho_{вс} S_п)$	$м^2/кг$	223,1	30,9	55,7

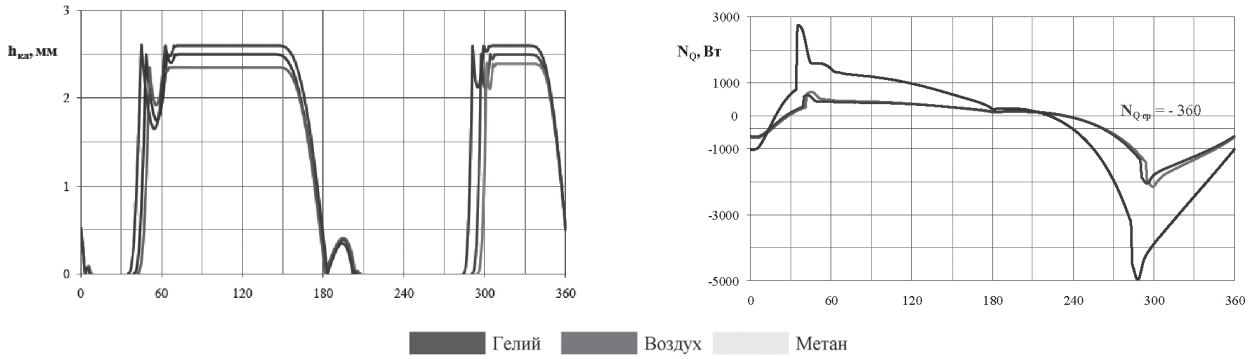


Рис. 1. Динамика движения пластин клапанов

Таким образом, интенсивность теплообмена в ступенях компрессоров, сжимающих различные газы при постоянстве размеров и работы ступени, будет определяться удельной теплообменной поверхностью ступени $F_{\text{уд}}$, обратно пропорциональна плотности всасываемого газа и условной скоростью движения газа $W_{\text{усл}}$ относительно стенок рабочей камеры, величина которой определяется принятым сечением щели всасывающих и нагнетательных клапанов.

Целью настоящей работы является изучение особенностей работы ступени компрессора при сжатии различных газов и оценка влияния свойств рабочего вещества на интенсивность процессов теплообмена в ступени компрессора. Поставленная цель достигается при использовании в ходе численного эксперимента модернизированной прикладной программы **КОМДЕТ-М**, разработанной на кафедре криогенной техники СПбГУНиПТ. При выполнении численного эксперимента были приняты следующие допущения (табл. 2):

— давление в полостях всасывания и нагнетания постоянно во времени;

— ступень герметичная ($\nu_{\text{пр}} = 0$ и $\nu_{\text{в.у}} = 0$);

— сжимаемый газ не содержит влаги ($\nu_{\text{вл}} = 0$).

Анализ степени использования объема рабочей камеры проводился на основе уравнения, связывающего коэффициент подачи ступени λ с его составляющими

$$\lambda = \frac{m}{m_{\text{т}}} = \frac{M}{M_{\text{т}}} = \lambda_{\text{д}}\lambda_{\text{т}}(\lambda_0 - \Delta\lambda_0) - (\nu_{\text{пр}} + \nu_{\text{в.у}} + \nu_{\text{вл}}), \tag{1}$$

С учетом принятых допущений уравнение (1) представим в виде

$$\lambda = \lambda_{\text{д}}\lambda_{\text{т}}(\lambda_0 - \Delta\lambda_0) = \lambda_{\text{д}}\lambda_{\text{т}}\lambda_0 - \lambda_{\text{пер}}, \tag{2}$$

где m — массовая производительность ступени; M — массовая производительность ступени за один рабочий цикл; $\lambda_{\text{д}} = p_1/p_{\text{вс}}$ — коэффициент давления, отражающий влияние газодинамических потерь при всасывании газа в цилиндр; $\lambda_{\text{т}} = T_{\text{вс}}/T_1$ — коэффициент подогрева, учитывающий подогрев свежего газа в процессе всасывания; $\lambda_0 = 1 - a(\rho_3/\rho_1 - 1)$ — объемный коэффициент, показывающий степень снижения производительности из-за наличия мертвого пространства; $\Delta\lambda_0$ и $\lambda_{\text{пер}} = \lambda_{\text{д}}\lambda_{\text{т}}\Delta\lambda_0 = \lambda_{\text{пер.вс}} + \lambda_{\text{пер.нг}}$ — коэффициенты внутренних перетечек, отражающие влияние на коэффициент подачи запаздывание закрытия всасывающих (вс) и нагнетательных (нг) клапанов.

Таблица 2

Независимые переменные в ходе численного эксперимента

Параметры	Размерность	Рабочее вещество (***реальный газ***)		
		Гелий	Воздух	Метан
$Z_{\text{пл (ленточный клапан, число пластин)}}$	—	1	3	2
$\delta_{\text{пл (толщина пластины)}}$	мм	0,5	0,5	0,55
$h_{\text{ц (высота подъема)}}$		2,6	2,5	2,35
$0{,}1 \le M_{\text{вс(нг)}} \le 0{,}2$	—	0,164	0,164	0,198
$\nu_{\text{пер.вс}}$		0,0121	0,0137	0,0134
$\nu_{\text{пер.нг}}$		0,0040	0,0041	0,0045
$\chi_{\text{вс}}$		0,024	0,025	0,033
$\chi_{\text{нг}}$		0,026	0,027	0,033
$\lambda_{\text{д}} = p_1 / p_{\text{вс}}$		1,0		

Энергетическая оценка работы ступени проводилась на основе уравнения

$$N_{\text{инд}} = N_h - N_Q, \tag{3}$$

связывающего индикаторную мощность ступени $N_{\text{инд}} = n \int V \mathrm{d}\,\mathrm{p}$ с мощностью подведенной к газу $N_h = m(h_{\text{нг}} - h_{\text{вс}})$ и мощностью отводимого теплового потока $N_Q = Q_{\text{ср.ц}} n$.

С целью получения сведений о фактических тепловых потоках в ступени при выполнении численного эксперимента учитывались реальные свойства рабочих веществ.

Анализ результатов расчета проводится на основе ***комплекса текущих и интегральных параметров***.

Объем итоговой информации по интегральным параметрам в сочетании с графическим материалом, выведенным на печать и характеризующим изменение текущих параметров газа в рабочих полостях ступени и динамику движения пластин клапанов, ***позволяет***:

— ***иметь полное представление*** о физической сущности и взаимосвязи процессов, протекающих в ступени компрессора;

— ***объективно оценить*** совершенство рабочего цикла ступени конкретного конструктивного исполнения на стадии проектирования;

— ***раскрыть*** закономерности и количественно ***оценить*** влияние процессов теплообмена на величину объемного коэффициента;

— ***установить*** количественные соотношения интенсивности теплообмена на отдельных участках рабочего цикла ступени.

В табл. 3 приведены результаты дифференцированной оценки количества теплоты отводимой на отдельных участках каждого из процессов рабочего цикла при сжатии различных газов с интенсивным водяным охлаждением элементов ступени компрессора ($K_{\text{ст}} = 0{,}3$).

На основе полученных данных установлено следующее:

— При неизменных геометрических параметрах ступени и заданном режиме ее работы температура стенок цилиндра $T_{\text{ст}}$ зависит от свойств рабочего вещества, возрастая по мере увеличения показателя адиабаты;

— При интенсивном водяном охлаждении ($K_{\text{ст}} = 0{,}3$) независимо от свойств рабочего вещества наибольшая интенсивность теплообмена газа со стенками цилиндра наблюдается в процессах нагнетания и всасывания;

— В зависимости от свойств рабочего вещества в процессе расширения $3'-\mathrm{p}-4$ может превалировать подвод теплоты ($+Q_{\text{рш}}$, ГЕЛИЙ), либо отвод теплоты ($-Q_{\text{рш}}$, ВОЗДУХ и МЕТАН) от газа;

— При сжатии разных газов мощность среднего за цикл теплового потока N_Q пропорциональна величине удельной теплообменной поверхности $F_{\text{уд}}$;

— Программа КОМДЕТ-М позволяет установить соотношение тепловых потоков на различных участках отдельных процессов рабочего цикла ступени любой конфигурации и способе ее охлаждения ($K_{\text{ст}} = 0{,}3...0{,}5$).

Физическая сущность сделанных выводов поясняется приведенными на рис. 2 рабочими циклами ступени в координатах $T-s$.

Согласно результатам, приведенным в табл. 2 и рис. 3, для обеспечения минимальных газодинамических потерь критерий скорости потока газа в каналах клапанов M в соответствии с рекомендациями [1, 2] принимался в диапазоне $0{,}1 < M < 0{,}2$. Известное из литературы уравнение для критерия скорости потока газа $M = c_{\text{п}} F_{\text{п}} / [\Phi_{\text{экв}} (\kappa R T)^{0{,}5}]$ после преобразований можно представить в виде

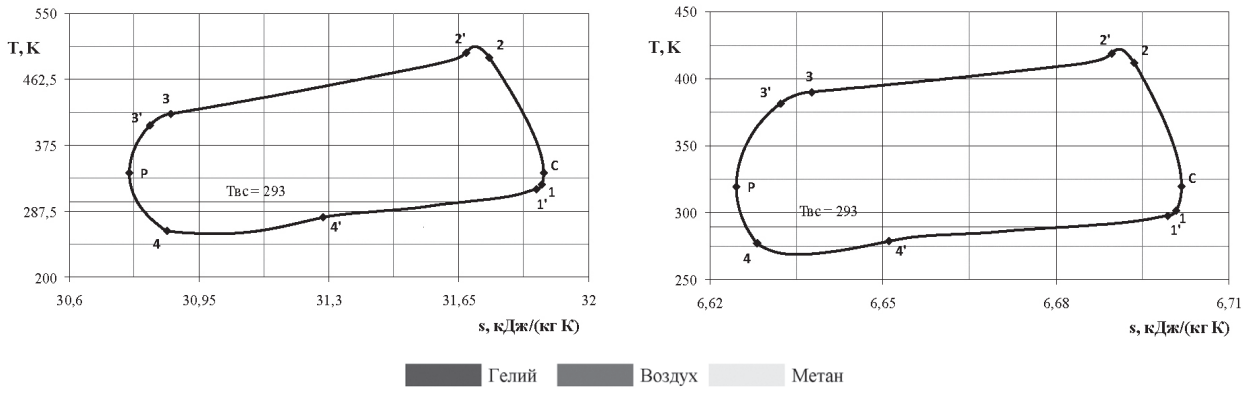


Рис. 2. Рабочий цикл ступени компрессора в координатах Ts

Таблица 3

Количество отводимой (подводимой) теплоты от газа к стенкам цилиндра

Параметры	Размерность	Рабочее вещество (*реальный газ*)		
		Гелий	Воздух	Метан
$\rho_{вс}$	кг/м^3	0,1643	1,188	0,6585
$F_{уд}$	м^2/кг	223,1	30,9	55,7
$T_{ст}$ (при $\kappa_{ст} = 0.3$)	К	338,2	319,6	310,8
$Q_{3'-4} = Q_{рш}$	Дж	+0,3353	–0,5750	–0,7304
$Q_{4-4'-1-1'} = Q_{вс}$		27,027	9,1552	9,0569
$Q_{1'-2} = Q_{сж}$		–11,502	–4,0331	–4,8229
$Q_{2-2'-3-3'} = Q_{нг}$		–37,720	–16,035	–16,131
$Q_{рш} / Q_{нг}$	—	0,0089	0,0359	0,0453
$Q_{вс} / Q_{нг}$		0,7165	0,5709	0,5615
$Q_{сж} / Q_{нг}$		0,3049	0,2515	0,2990
$Q_{ц.ср}$	Дж	–21,859	–11,488	–12,628
$N_Q = Q_{ц.ср}\, n$	кВт	–0,364	–0,192	–0,211

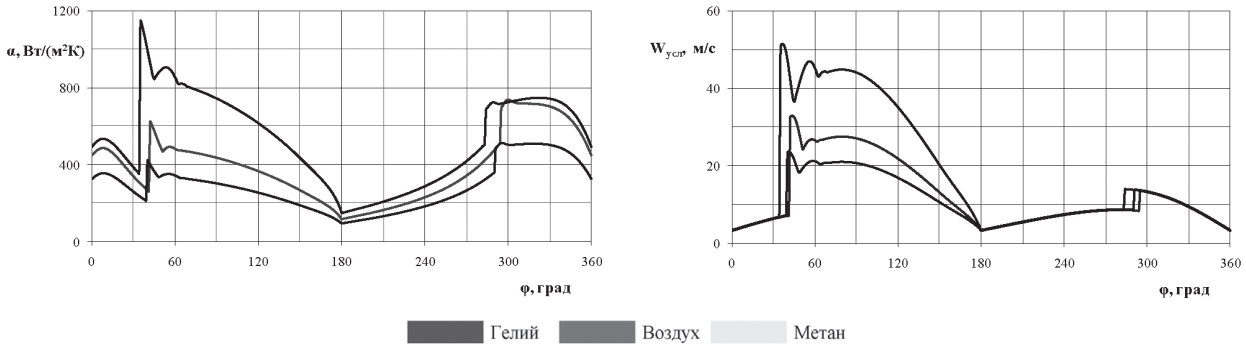


Рис. 3. Текущие параметры теплообмена

$$M = \frac{A}{f_{щ}(\kappa R)^{0,5}}, \tag{4}$$

где A — постоянная величина в условиях проводимого исследования; $f_{щ}$ — сечение щели полностью открытого клапана.

Из уравнения (4) следует, что для выполнения условия $M = \text{const}$ по мере увеличения показателя адиабаты κ и газовой постоянной R рабочего вещества сечение в щели клапанов $f_{щ}$ должно пропорционально снижаться. Это влечет рост условной скорости газа $W_{усл}$, что приводит к увеличению средних коэффициента теплоотдачи α и мощности теплового потока N_Q.

В ряде случаев производительность ступени компрессора оценивают на основе индикаторной диаграммы, измеряя отрезок диаграммы, соответствующий процессу всасывания. Рассмотрим корректность данного подхода на примере расчетных индикаторных и температурных диаграмм, приведенных на рис. 4.

Анализируя только индикаторные диаграммы, можно установить, что наибольший объем всасываемого газа V_{4-1} соответствует «Гелиевому» варианту ступени. Однако из этого вовсе не следует вывод о том, что и объемная производительность ступени, работающей на Гелии, тоже будет максимальной. В соответствии с температурной диаграммой при работе ступени на Гелии наблюдается наибольший подогрев газа в процессе всасывания $4{-}1$, что приводит к снижению его плотности в начале процесса сжатия ρ_1. Сочетание повышенных значений V_{4-1} и малых величин ρ_1 приводит к снижению массового заряда цилиндра $M_{вс} = \rho_1 V_{4-1}$, а следовательно, и объемной производительности ступени.

Количественная оценка интегральных параметров ступеней, сжимающих различные газы, дается в табл. 4. На основании приведенных в ней результатов можно отметить следующее:

1. В зависимости от рода сжимаемого газа объемная производительность ступени не остается постоянной, что обусловлено следующими факторами:

— более интенсивным подогревом в процессе всасывания «легких» газов (с максимальной удельной теплообменной поверхностью $F_{уд}$).

2. Индикаторная мощность ступени и температуры нагнетаемого газа возрастают при увеличении показателя адиабаты газа (рис. 4).

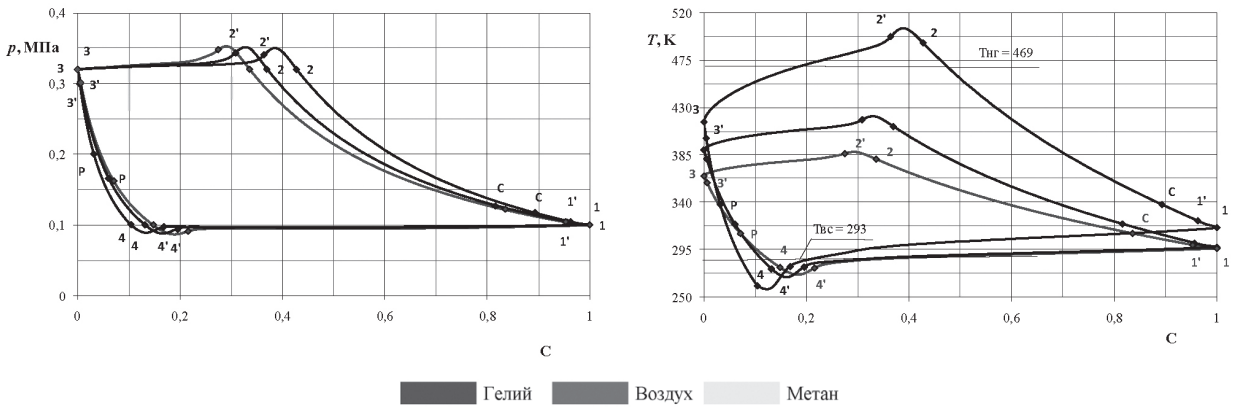


Рис. 4. Индикаторные и температурные диаграммы

Таблица 4

Интегральные параметры герметичной ступени компрессора ($K_{ст} = 0,3$)

Параметры	Размерность	Рабочее вещество (***реальный газ***)		
		Гелий	Воздух	Метан
T_3	К	416,6	390,1	365,5
T_4		261,0	277,1	278,4
T_1		316,4	297,5	296,5
T_2		491,8	412,2	381,3
ρ_3	кг/м^3	0,370	2,858	1,693
ρ_1		0,152	1,171	0,652
ρ_3 / ρ_1	—	2,4342	2,4406	2,5966
$\boldsymbol{T_{нг.ц}}$	К	**469,9**	**408,2**	**378,9**
λ	—	**0,7788**	**0,8250**	**0,8120**
$\lambda_т = T_{вс} / T_1$		**0,9273**	0,9851	0,9884
$\lambda_о = 1 - a(\rho_3/\rho_1 - 1)$		0,8570	0,8558	0,8401
$\mathbf{V_{н.у}}$	м^3/мин	**0,8693**	**0,9209**	**0,9063**
m	кг/ч	8,6807	66,583	36,352
$N_h = m(h_{нг} - h_{вс})$	кВт	2,216	2,147	2,024
$N_{инд}$		2,580	2,339	2,235
$N_Q = N_h - N_{инд}$		–0,364	–0,192	–0,211
$\boldsymbol{N_Q / N_h}$	—	**–0,164**	**–0,089**	**–0,104**
$N_{уд.инд} = N_{инд} / V_{н.у}$	кВт/(м^3/мин)	**2,968**	**2,540**	**2,466**

3. В ступенях, сжимающих «легкие»газы, температура в конце процесса расширения может быть отрицательной (рис. 4).

4. Эффективность работы ступени, оцениваемая по величине удельной индикаторной мощности $N_{уд.инд}$, повышается при сжатии газов с минимальным показателем адиабаты.

В заключение хотелось бы отметить, что использованная в настоящей работе апробированная на ряде отечественных фирм прикладная программа КОМДЕТ-М предельно проста и полезна не только в расчетной практике при оптимизации конструкции ступени компрессора, но и является эффективным инструментом при изучении сложных взаимосвязанных процессов в ступенях машин объемного.

Список литературы

1. *Френкель М. И.* Поршневые компрессоры. М.: изд-во Машиностроение, 1969. 742 с.

2. *Прилуцкий И. К., Прилуцкий А. И.* Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах. Уч. пособ. для ВУЗов. СПбГАХиПТ, 1995. 200 с.

Работа выполнена в научной группе проф. И. К. Прилуцкого и рекомендована к опубликованию кафедрой Криогенной техники СПбГУНиПТ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИКАЦИИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЛАРИНГОЛОГИИ

Т. А. Рагимова

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала, E-mail: RagimovaTamila@yandex.ru

На сегодняшний день при ряде хронических лор-заболеваний, к числу которых относятся хронический тонзиллит и фарингит, лечебный эффект может быть получен при использовании локальной гипотермии, которая предусматривает охлаждение лишь ограниченного участка биологической ткани, основного очага патологии. Этой тенденции способствовали все новые сведения об огромной физиологической роли небных миндалин и других скоплений лимфоидной ткани для обеспечения самых разнообразных функций организма. В результате методика криогенного лечения небных миндалин и получила дальнейшее развитие в сторону щадящего, чисто терапевтического использования холодового воздействия низкими температурами. Современные подходы к дискретной ЛОР-криотерапии предполагают в большей степени позитивные изменения реактивности тканей в зоне криовоздействия, стимуляцию репаративных процессов с целью возможно максимального восстановления функции тканей и органов. Получаемые лечебные реакции, происходящие в результате криотерапии, сказываются благотворно и вызывают стимуляцию естественных защитных функций, снижают активность инфекционных процессов с дальнейшей их ликвидацией [1].

Существенным является то, что подобное лечение может осуществляться амбулаторно, без отрыва пациента от обычного ритма жизни. Более того, свойства практически не повреждающей, нежной криотерапии небных миндалин, позволили существенно расширить показания для этой лечебной манипуляции, рекомендовать ее для массового применения в качестве универсального иммуностимулирующего средства у часто болеющих вирусными простудными заболеваниями, гриппом, ослабленных больных с признаками иммунодефицита [2, 3].

В НИЛ «Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи и устройства» при Дагестанском государственном техническом университете были разработаны конструкции полупроводниковых термоэлектрических устройств для локального замораживания тканей гортани, использующих методику щадящей криотерапии, а также проведены экспериментальные исследования предлагаемых конструкций с целью определения наиболее рациональных вариантов. Используемые в устройстве полупроводниковые термоэлектрические модули (ТЭМ) позволяют получить искусственный холод и исключить применение жидкого хладагента, а также осуществить смену режимов охлаждения и нагрева благодаря малой инерционности термомодулей. Такая смена режимов работы устройства позволяет легко решать вопрос адгезивного эффекта, который в иных конструкциях обязывает использовать резистивные нагреватели аппликаторов. Преимуществом данной конструкции над конструкциями устройств, использующих жидкий хладагент, является повышение точности регулировки температуры до 0,5–1,0 °С, а использование устройства в совокупности с программируемым блоком управления и контроля сможет обеспечить безопасную работу и регулировку рабочих параметров [4].

Объектом экспериментальных исследований являлся опытный образец термоэлектрического устройства (ТЭУ) для локального замораживания тканей гортани с двумя, и для сравнения с одним, ТЭМ.

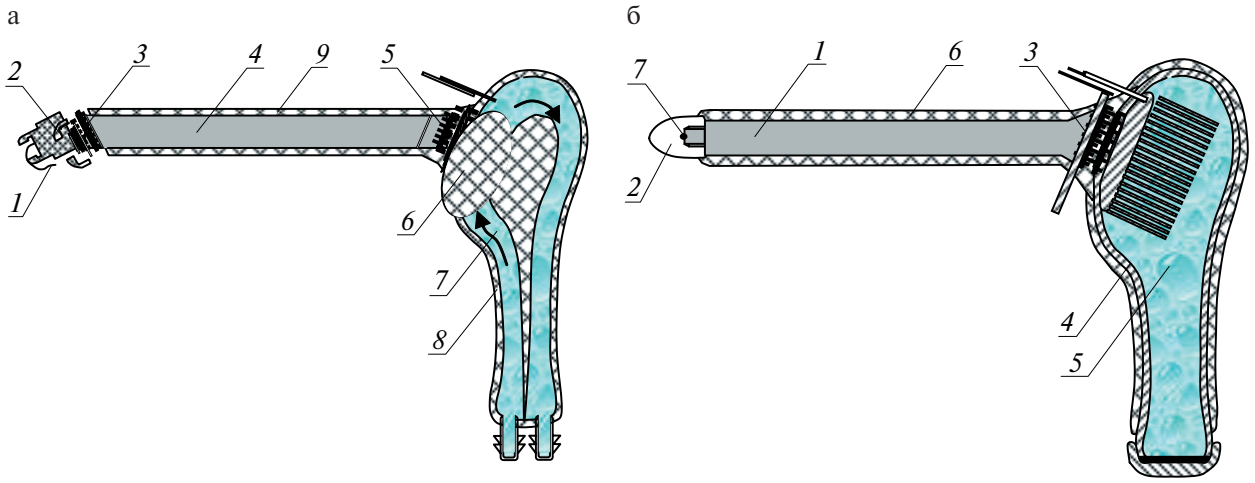
Конструкция опытного образца ТЭУ для локального замораживания тканей гортани (рис. 1, а) состоит из медного цилиндра, выполняющего функции теплового мостика, находящегося с обоих сторон в тепловом контакте с основным ТЭМ и дополнительным ТЭМ. Отвод тепла от горячего спая двухкаскадного термоэлектрического модуля осуществляется с помощью жидкостного теплообменника. Для исключения нежелательного влияния температуры окружающей среды на процесс охлаждения аппликатора медный цилиндр, ТЭМ 2 и ТЭМ 3 имеют теплоизоляцию по боковой поверхности.

Вторая модификация конструкции рис. 1, б отличается наличием только одного ТЭМ и теплоотводом с горячих спаев термоэлектрического модуля в плавящееся вещество.

В ходе эксперимента использовались стандартные унифицированные термоэлектрические модули инженерно-производственной фирмы «Криотерм». В частности, в качестве основного был использован двухкаскадный ТЭМ ТВ-2-(127-127)-1,15, в качестве дополнительного ТЭМ — ТВ-2-(17-17)-0.6-1.0. Питание ТЭМ осуществлялось источниками постоянного электрического тока.

Измерения температуры в ходе эксперимента проводили с помощью медь-константановых термопар 12, опорные спаи которых размещали в сосуде Дьюара 16, а сигнал снимался измерителем ИРТМ 2402/М3.

В ходе эксперимента определялись напряжения и ток на ТЭМ, температура окружающей среды, температуры в различных точках опытного образца. Термопары размещались на воздействующем наконечнике, опорных и рабочих спаях ТЭМ, на входе и выходе жидкостного теплообменника, на поверхности медного цилиндра под теплоизоляционным слоем.



Конструктивная схема ТЭУ для локального замораживания тканей гортани: а — двумя ТЭМ: *1* — воздействующий аппликатор; *2* — теплоизолирующий чехол; *3* — воздействующий ТЭМ; *4* — медный стержень; *5* — опорный ТЭМ; *6* — радиатор; *7* — канал для проточной воды; *8* — ручка устройства; *9* — теплоизоляция, б — одним ТЭМ: *1* — медный стержень; *2* — аппликационная насадка; *3* — ТЭМ; *4* — теплообменник; *5* — плавящееся вещество; *6* — теплоизоляция; *7* — датчик температуры

Для оценки продолжительности выхода устройства на рабочий режим были проведены исследования при холостом ходе прибора (без тепловой нагрузки). Изучены временные зависимости температуры наконечника для различных токов питания при использовании в устройстве только основного ТЭМ. В соответствии с полученными данными максимальный уровень снижения температуры в данном случае составляет -37 °С при максимальном токе в 5 А и повышается на 2 °С, 4 °С и 10 °С для токов питания соответственно 4,5 А, 4 А и 3 А, что дает основание для выбора оптимального тока питания данного ТЭМ. Получены временные зависимости температуры наконечника для различных токов питания при использовании в устройстве основного и дополнительного ТЭМ. Указанные зависимости показывают, что увеличение силы тока дополнительного ТЭМ с 0,5 А до 1,5 А при питании основного ТЭМ оптимальным током, равным 5 А снижает температуру наконечника с -47 до -52 °С. При этом температура горячего спая не превышала 29 °С при температуре охлаждающей жидкости 20 °С и скорости течения жидкости 0,07 л/сек.

Отличие в значениях температуры наконечника ТЭУ для его различных модификаций во многом будет сказываться на времени экспозиции при проведении медицинских процедур. Очевидно, что в первом случае продолжительность воздействия на ткань гортани будет выше, чем во втором. Данное обстоятельство связано с определенным дискомфортом пациента, поэтому в подавляющем большинстве случаев рекомендуется применение дополнительного ТЭМ.

Получены графики изменения температуры наконечника во времени при наличии тепловой нагрузки. Величина тепловой нагрузки принята равной 1 Вт, что соответствует среднему уровню тепловыделений ткани живого человека. Согласно представленным ранее данным при токах питания дополнительного ТЭМ 0,5 А, 1 А, 1,5 А температура наконечника по достижению стационарного режима составляет соответственно -47 °С, -52 °С и -49 °С, что соответствует температурам воздействующего наконечника в начальный момент времени. Последующее применение нагрузки на устройство повышает температуру воздействующего наконечника на 7 °С для каждого тока и соответственно составляет -40 °С, -44 °С и -42 °С. При этом продолжительность выхода на стационарный режим не превышает 1,5–2 мин. Аналогичная зависимость была получена и для модификации устройства для локального замораживания тканей гортани с одним основным ТЭМ. Повышение температуры в данном случае составило 2 °С и достигло значения -35 °С для оптимального тока питания используемого модуля в 5 А.

Как показали проведенные экспериментальные исследования модификаций устройства для локального замораживания тканей гортани, наиболее целесообразным является использование конструкции с двумя термоэлектрическими модулями, при этом предлагаемый конструктивный вариант обеспечивает достижение необходимых температур на наконечнике устройства для проведения медицинских процедур соответственно методике щадящей криотерапии горла.

Список литературы

1. *Коченов В. И.* Криотерапия горла и носа / Медицинская криология. Достижения и перспективы: Сборник научных трудов к 40-летию криодеструкции с использованием жидкого азота и специальных устройств под ред. д. м. н. В. И. Коченова. Вып. 1. — Н. Новгород: НЦМИ, «онКолор», 2001.

2. *Потапов И. И., Рудня П. Г., Тарлычева Л. С., Шеврыгин Б. В.* Криохирургия в оториноларингологии. — М., 1975.

3. *Рагимова Т. А.* Использование полупроводниковых термоэлектрических устройств в криомедицине / Материалы 8-ой научной сессии Международной академии информатизации. Дагестанское отделение. — Махачкала, 2002. — 156 с.

УДК 621.59.536.48(035.5)

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОПИЛЕНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ В РЕКТИФИКАЦИОННОМ АВТОНОМНОМ МОДУЛЕ

Е. И. Борзенко, В. А. Ярица, Д. Л. Тарабакин

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: borzenko@gunipt.spb.ru

В настоящее время для ряда современных технологических процессов требуются вещества особой чистоты. Нередко к чистоте продуктов предъявляются требования, в соответствии с которыми содержания в них примесей должно быть существенно ниже тех, которые допускаются действующими ГОСТами.

Среди различных технологий, применяемых для очистки криопродуктов технической чистоты, особое место занимает низкотемпературная ректификация [1]. Так как тонкий процесс получения сверхчистых веществ оказывается нарушенным при любых изменениях режимных параметров основного блока, он должен быть автономным, и связан с газоразделительной установкой только по линии питания исходным продуктом.

Проведен расчетный анализ автономного модуля для получения особочистого пропилена. В установку поступает жидкая смесь, в составе которой содержится пропилен с концентрацией 99,6 % C_3H_6 (объемных) и остальное пропан (C_3H_8). В процессе разделения смеси необходимо получить в качестве целевого продукта пропилен с концентрацией 99,992 % C_3H_6 (объемных).

Расчет автономного модуля проводился по методике, предложенной в литературе [2].

Согласно данным, приведенным в [3] температуры кипения пропана (C_3H_8) и пропилена (C_3H_6) при $p = 0{,}1013$ МПа соответственно равны 231,1 K и 225,25 K. Таким образом, в разделяемой смеси, состоящей лишь из пропана и пропилена, пропан является высококипящим, а пропилен низкокипящим компонентом.

При численном эксперименте принимаем, что разбавленный раствор C_3H_6–C_3H_8 подчиняется законам идеального газа, и значение константы фазового равновесия находилось, как отношение давления насыщенных паров пропана к давлению пропилена в ректификационной колонне. Это же предположение позволяет считать, что число теоретических тарелок в ректификационной колонне равняется числу единиц переноса массы ЧЕП [4].

Расчет ректификационной очистки пропилена от пропана проводился при давлении в колонне $p_к = 150$ кПа.

При получении данных о работе автономного модуля производилось два варианта расчета: автономный модуль с тарельчатой и насадочной колонной. Известно, что использование насадочных колонн позволяет уменьшить как гидравлическое сопротивление колонны, так и ее поперечные размеры.

В результате предварительных расчетов, где количество исходной смеси, подаваемой в модуль, было принято равным 1 нм^3, рассчитывались материальные потоки и их концентрации по пропилену.

Для определения числа теоретических тарелок в укрепляющей и исчерпывающей секциях модуля значение константы фазового равновесия находится как $K_1 = p_{нас}^{C_3H_8}/p_к = 0{,}796$. При этом величина минимального флегмового числа $\upsilon_{min} = 3{,}80$. По результатам компьютерного расчета сделан вывод, что, уже начиная с действительного флегмового числа $\upsilon = 6{,}0$ число теоретических тарелок в колонне, меняется незначительно, что дает основание принять $\upsilon = 6{,}0$.

Получено, что при принятых параметрах ректификационного процесса очистки пропилена от микропримеси пропана необходимо иметь в укрепляющей секции 37,22, а в исчерпывающей секции 17,56 теоретических тарелок.

При этом при скорости пара $\omega_п = 0{,}3$ м/с диаметр колонны составляет 0,7 м и гидравлическое сопротивление — 36432 Па.

Для сравнения значений гидравлического сопротивления тарельчатых и насадочных колонн был проведен расчетный анализ насадочной колонны, где в качестве насадки используются кольца Рашига размером 50×50×5 мм.

На основании литературных источников при расчете рабочую скорость пара принимаем на 20–30 % ниже скорости захлебывания. Таким образом, скорость движения пара $\omega_п = 0{,}75$ м/с, что превышает скорость пар в случае тарельчатой колонны более чем в 2 раза. При данной скорости пара диаметр колонны равно $D = 0{,}41$ м.

Гидравлическое сопротивление насадочной колонны составляет 3556,8 Па, что меньше аналогичного параметра в случае тарельчатой колонны более чем на порядок.

Таким образом, результаты проделанных расчетов подтверждают, что применение насадочных колонн позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление и вследствие этого более выгодно, чем использование тарельчатых колонн.

Список литературы

1. *Борзенко Е. И., Будневич С. С.* Производство сверхчистых газов криогенными методами. Расчет процесса / Тепломассообменные процессы в системах холодильной техники и свойства рабочих веществ: Межвузовский сб. науч. трудов. — СПб.: СПбТИХП, 1993. — С. 12–20.

2. *Борзенко Е. И., Зайцев А. В.* Установки и системы низкотемпературной техники. Автоматизированный расчет и моделирование процессов криогенных установок и систем: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. — 232 с.

3. Engineering Data Book J. F. Pritchard and Co. Natural gas processors suppliers association, 1967. P. 310.

4. Справочник по физико-техническим основам криогеники. Под ред. М. П. Малкова. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 432 с.

УДК 621.59

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ГАЗОВОГО ПОРШНЕВОГО ДЕТАНДЕРА НА РЕЖИМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

А. А. Рыжков, А. И. Прилуцкий, И. К. Прилуцкий

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: refr@gunipt.spb.ru

В условиях эксплуатации периодически возникает необходимость работы детандеров на режимах отличных от расчетного (номинального). В большинстве случаев при сохранении начальной температуры и давлений газа на входе и выходе детандера требуется обеспечить переменный расход газа, поступающего к потребителю, при сохранении конечной температуры на постоянном уровне. Существующие методы регулирования расхода газа в агрегатах с постоянной частотой вращения вала основаны на изменении продолжительности процесса наполнения, что сопровождается отклонением конечной температуры газа за детандером от расчетной величины в ту или иную сторону.

В настоящей работе выполнен расчетный анализ работы детандерной ступени среднего давления, работающей на природном газе и укомплектованной самодействующим впускным клапаном. В качестве объекта исследования выбран многорядный поршневой детандер, спроектированный на 3-х рядной вертикальной базе с допустимым усилием по рядам 3,0 т.

Основные геометрические и режимные параметры исследуемого детандера следующие: начальное давление — 5 МПа, конечное давление — 0,45 МПа, начальная температура газа — 220 K, диаметр цилиндра — 90 мм, ход поршня — 110 мм, относительная длина шатуна — 0,25, мертвый объем — 13,5 %.

В центральной зоне торцевой крышки каждого из цилиндров детандера установлен кольцевой нормально-открытый впускной клапан с тремя концентрично расположенными пластинами (рис. 1). Для обеспечения работоспособности детандера в широком диапазоне начального давления в конструкции клапана предусмотрены встроенные внутри клапанных пружин толкатели — направляющие, обеспечивающие принудительное перемещение клапанных пластин на нерасчетных режимах на величину $0 < h^*_{\text{кл}} < h_{\text{кл. max}}$ при положении поршня вблизи ВМТ; здесь $h_{\text{кл. max}}$ — максимально возможная высота подъема пластин, предусмотренная в конструкции клапана. Выхлопные окна ступени выполнены по двухрядной схеме со смещением отверстий по рядам на величину $\Delta = d_0 + a_0$; здесь d_0 и a_0 — диаметр отверстий и расстояние между ними соответственно.

Целью настоящей работы являлось:

1. Получение расчетным путем текущих и интегральных параметров детандерной ступени работающей в парожидкостной области с одноклапанным газораспределением при изменении натяга пружины первой пластины впускного клапанов h_0, величина которого при заданной жесткости пружин принималась в диапазоне $3 \le h_0 \le 3{,}75$ мм;

2. Анализ полученных результатов и оценка целесообразности применения отжима пластин впускных клапанов на детандерах рассмотренного типа в условиях эксплуатации.

В ходе численного эксперимента использовалась программа КОМДЕТ, созданная на кафедре криогенной техники и используемая в проектно-конструкторских подразделениях ряда фирм, связанных с разработкой поршневых компрессоров (КОМ) и детандеров (ДЕТ).

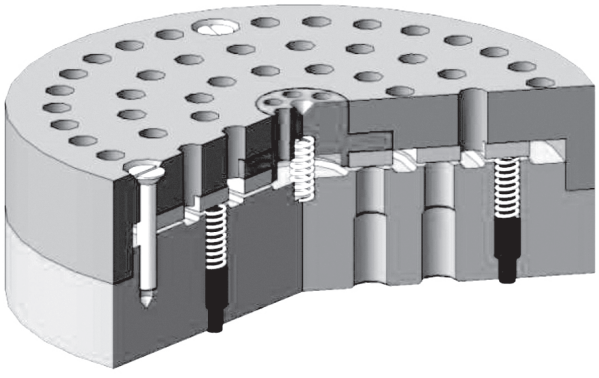


Рис. 1. Трехкольцевой нормально-открытый впускной клапан

При расчетах было сделано допущение о герметичности детандерной ступени (зазоры в клапане и в уплотнительном узле — отсутствуют, клапан работает без толкателей). Расчеты велись с учетом реальности свойств рабочего агента.

На рис. 2 показаны совмещенные диаграммы текущих параметров детандерной ступени. При натяге клапанных пружин $h_0 = 3$ мм режим работы детандера соответствует номинальному, при котором обеспечивается максимальный расход газа $m_{\text{ном}}$ и требуемая конечная температура $T_{\text{к}}$. Текущие параметры ступени при пониженном расходе газа m' показаны красным цветом и соответствует натягу пружин $h_0 = 3{,}75$ мм.

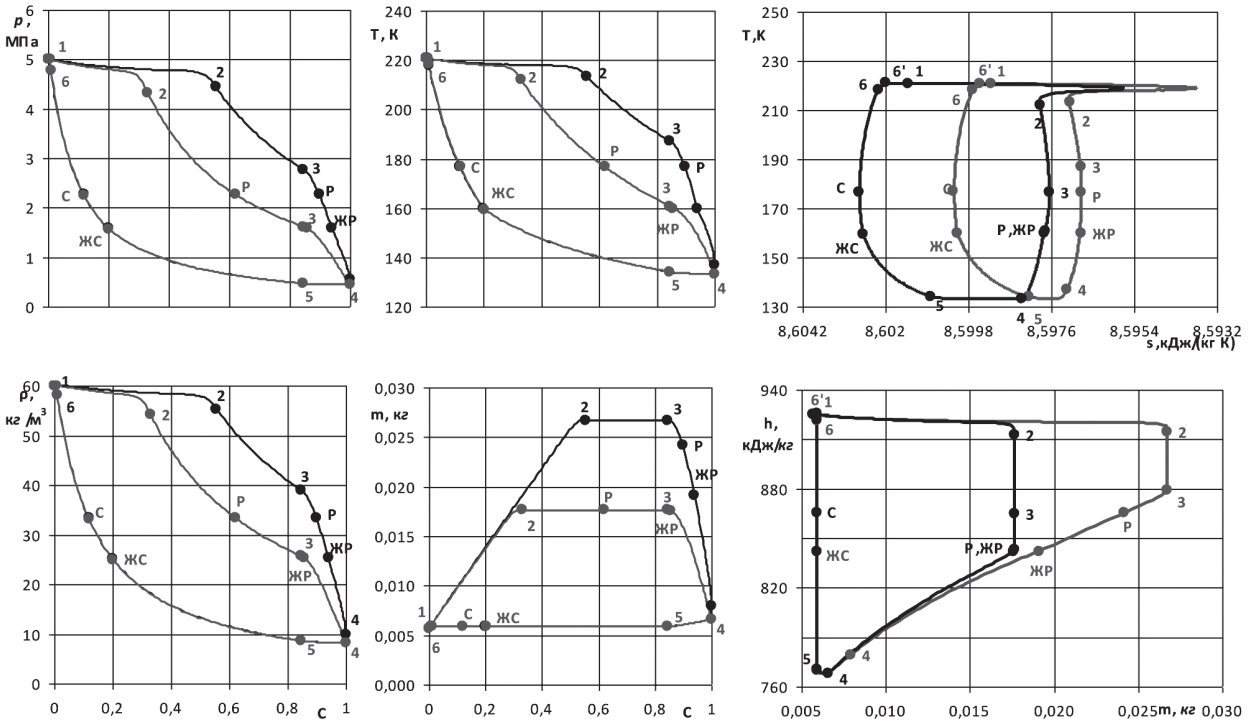


Рис. 2. Текущие параметры ступени: — $h_{\text{кл.1}} = 0{,}8$ мм; — $h_{\text{кл.1}} = 0{,}05$ мм

Полученные данные дают наглядное представление о том, что при изменении натяга пружин впускного клапана текущие параметры газа в рабочей камере в процессах вытеснения 4–5 и обратного сжатия 5–6' остаются практически неизменны. При этом происходит уменьшение длительности процесса наполнения 1–2. И температура рабочего вещества в момент открытия выхлопных окон (точка 3) значительно уменьшается, что приводит к тому, что момент начала образования жидкой фазы начинается практически сразу после точки 3. И на выходе из ступени образуется парожидкостная смесь.

Отношение $\sigma = m'/m_{\text{ном}}$ характеризует степень снижения расхода газа при произвольно заданном в условиях эксплуатации натяге пружин. В диапазоне $3 < h_0 \leq 3{,}75$ расход газа снижается со 100 до 56,4 %, индикаторная мощность $N_{\text{инд}}$ уменьшается на 31,4 %, а изоэнтропный КПД детандера увеличивается с 61 % до 74 %. При этом температура стенок рабочей камеры $T_{\text{ст}}$ и конечная температура газа за детандером $T_{\text{к}}$ остаются практически постоянными. При номинальном режиме работы конечная температура $T_{\text{к}}$ составляет 133,6 К. Однако, уменьшая продолжительность наполнения ступени, путем отжима пластины с наименьшим диаметром, рабочий агент переходит во влажнопаровое состояние. И на выходе из детандера образуется смесь с содержанием жидкой фазы до 4,43 %.

УДК 621.59

АНИМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ МАШИН ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

А. Б. Максимов, А. А. Рыжков, И. К. Прилуцкий

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: refr@gunipt.spb.ru

Для улучшения качества организации учебного процесса необходимо внедрять современные технологии представления материалов. Для этого необходимо визуализировать работу ступени компрессора и детандера, что могло бы позволить более понятно доносить информацию до студентов. В процессе работы были анимированы I-я ступень поршневого компрессора СКАВ 6 и ступень газового поршневого детандера ПД-6М2.5-5-0.45, работающего в газовой и паро-жидкостной области. Результаты анимации представлены в трехмерном изображении агрегатов в сочетании с протекающими в них рабочими процессами. Для предварительного расчета рабочего цикла и динамики движения клапанов в рассматриваемых агрегатах использовалась программа Комдет-М. По результатам расчета были созданы анимированные трехмерные модели поршневых машин.

Модели позволяют:

1. Проследить динамику рабочих процессов в течение одного цикла агрегата.
2. Останавливать модель в любой момент времени.
3. Использовать заранее введенные реперные точки (рис. 2).
4. Более детально рассмотреть работу клапанов.
5. Проследить переход рабочего вещества из газового в паро-жидкостное состояние (рис. 3).

Разработанные анимационные модели позволяют улучшить восприятие студентами конструкций и принципа действия машин объемного действия.

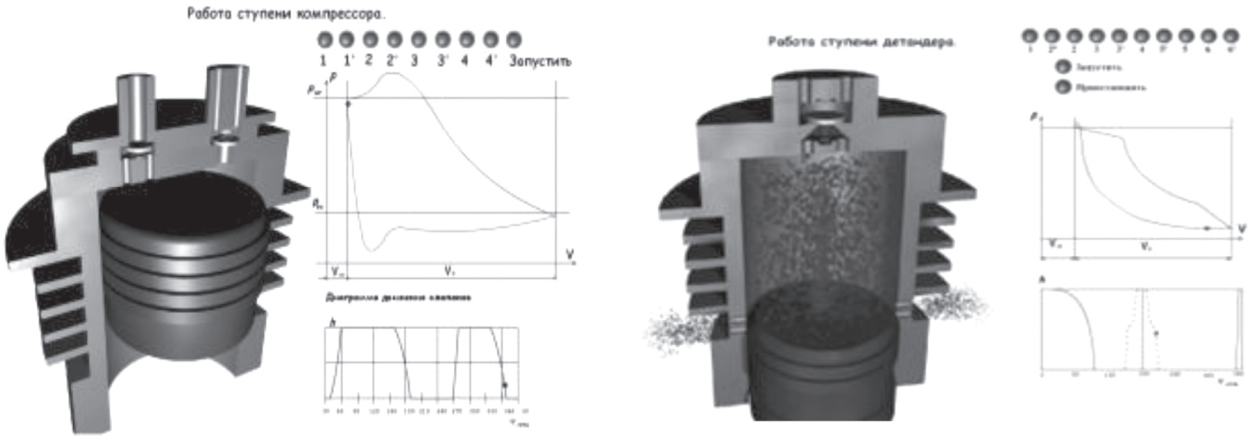


Рис. 1. Модель компрессора и детандера

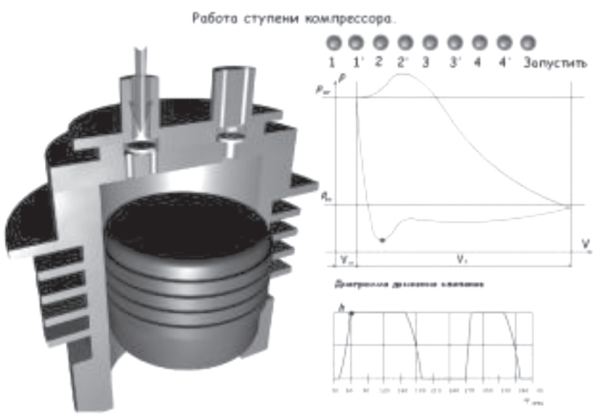


Рис. 2. Изображение ступени компрессора в точке *4'*

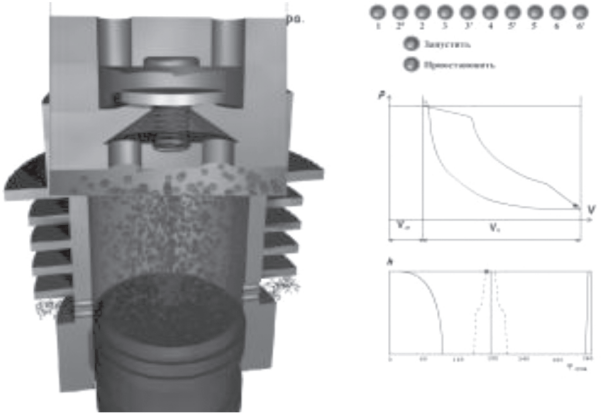


Рис. 3. Паро-жидкостное состояние рабочего вещества

УДК 541.183

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ТЕПЛОТУ СОРБЦИИ АЗОТА ЦЕОЛИТОМ NaX

А. Л. Шрамова, В. И. Иванов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: borzenko@gunipt.spb.ru

При проектировании криоадсорбционных вакуумных насосов предназначенных для работы при низком вакууме следует учитывать неизотермичность процесса сорбции. Этого можно достичь, если среди прочих факторов известна зависимость теплоты сорбции откачиваемого газа от степени заполнения пор сорбента.

В настоящей работе указанная зависимость была найдена калориметрическим методом путем измерения количества испарившегося азота при поглощении адсорбентом NaX последовательно напускаемых равных порций откачиваемого газа (азота). Масса цеолита в адсорбере составляла 310 г. Откачиваемый азот напускался в адсорбер из газгольдера порциями в один литр. Температура его не превышала 79,5 K. Промежуток времени между напусками порций азота составлял 10 минут. За это время измерялось количество испарившегося азота, из которого вычиталось фоновое испарение. Наблюдалось изменение теплоты сорбции в пределах от 840 кДж/кг до 285 кДж/кг по мере увеличения степени заполнения пор сорбента.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТОВ ОБЩЕЙ КРИОТЕРАПИИ

А. Ю. Баранов, Т. А. Малышева, А. Ю. Сидорова, А. Д. Мареева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: mlac@mail.ru

Для оптимизации технологии общей криотерапии в СПбГУНиПТ в содружестве с СПб МАПО была разработана теплофизическая теория этой процедуры, создана математическая модель оболочки человеческого тела [3]. Моделирование процесса охлаждения оболочки при разных значениях температуры газовой среды, позволило сузить диапазон выбора температуры в процедурной кабине и экспозиции охлаждения. Показано [1], что при гарантированной безопасности пациента наибольший лечебный результат (например, анальгетический эффект) достигается при температуре от -150 до -130 °С, а экспозиция воздействия холодом должна составлять от 2,5 до 3 минут.

Практическая ценность результатов полученных в ходе математического эксперимента значительно возрастет, в случае подтверждения теоретических данных результатами биохимических исследований биологических объектов до и после криотерапии. Особенно ценными могли бы стать исследования на лабораторных животных.

Но, из-за специфического механизма стимулирующего действия криотерапии на систему терморегуляции теплокровных животных, выбор вида лабораторных животных требует учета их тепловой инерционности. Криотерапия стимулирует холодовые рецепторы кожного анализатора тем, что температура поверхности кожи снижается до необычно низких значений (до -2 °С). Для достижения прямой аналогии в экспериментах на животных температуру газа и экспозицию контакта необходимо согласовать с размерами и массой их оболочки, части тела с переменной температурой.

Упрощенное геометрическое описание «оболочки» человеческого тела

Анатомическое описание оболочки человеческого тела позволяет ввести в рассмотрение ее упрощенных геометрических аналогов и рассчитать масштабные коэффициенты для аппроксимации параметров криотерапевтического воздействия в зависимости от массы лабораторного животного. Поверхность кожного покрова человека составляет 1,5 м^2, объем тела 0,1 м^3. Если рассматривать тело как цилиндр с высотой H и диаметром D и выразить высоту цилиндра через диаметр:

$$H = aD,$$

можно выразить объем и поверхность объекта охлаждения через диаметр:

$$V = 0{,}25\pi aD^3 = 0{,}1 \text{ м}^3,$$

$$F_{\text{нар}} = \pi aD^2 = 1{,}5 \text{ м}^2.$$

Решая уравнения совместно можно получим:

$$D^* = 0,26 \text{ м}, \qquad a = 6{,}69.$$

Из литературы посвященной вопросам гипотермии человеческого тела известно, что масса оболочки составляет около 30 % от общей массы тела:

$$G_{\text{об}} = 0{,}3G_{\text{об}} \approx 30 \text{ кг}.$$

Полагая среднюю плотность тканей оболочки равной 1000 кг/м ^{3}, получаем: $V_{\text{об}} = 0{,}03$ м^3.

С учетом известной площади наружной поверхности тела (1,5 м^2) эффективная толщина оболочки составляет

$$\Delta^*_{\text{об}} = \frac{V_{\text{об}}}{F_{\text{тела}}}, \qquad \Delta^*_{\text{об}} = 0{,}02 \text{ м}.$$

При переходе к экспериментам на животных необходимо примерно оценить толщины оболочки и жирового слоя, а затем, используя математическую модель покровных тканей [2], рассчитать температуру криогенной среды и продолжительность охлаждения, при которых будет достигаться максимальный криотерапевтический эффект.

Исходя из того, что для большинства животных наиболее достоверным параметром тела является масса, целесообразно описать оболочку условного лабораторного животного через его массу. Эффективный объем тела:

$$V^*_{\text{тела}} = \frac{G_{\text{тела}}}{\rho_{\text{тела}}},$$

Используя выражение для объема цилиндра получим:

$$D^*_{\text{тела}} = \left(\frac{G_{\text{тела}}}{0{,}25\pi a \rho_{\text{тела}}}\right)^{1/3} \qquad \text{или} \qquad D^*_{\text{тела}} \approx 0{,}057531\sqrt[3]{G_{\text{тела}}}.$$

Площадь наружной поверхности тела:

$$F_{\text{тела}} = \pi a \left(\frac{G_{\text{тела}}}{0{,}25\pi a \cdot \rho_{\text{тела}}}\right)^{2/3} \qquad \text{или} \qquad F_{\text{тела}} = B(G_{\text{тела}})^{2/3},$$

где

$$B = \pi a \left(\frac{1}{0{,}25\pi a \rho_{\text{тела}}}\right)^{2/3} = 1{,}2085.$$

Эффективная толщина оболочки тела

$$\Delta^*_{\text{об}} = \frac{V_{\text{об}}}{F_{\text{тела}}}.$$

Исходя из допущения, о том что оболочка составляет 30 % массы тела, можно выразить объем оболочки через массу тела:

$$V^*_{\text{об}} = \frac{0{,}3G_{\text{тела}}}{\rho_{\text{тела}}}$$

Тогда эффективная толщина оболочки тела может быть выражена только через вес тела:

$$\Delta^*_{\text{об}} = \frac{0{,}3G_{\text{тела}}}{F_{\text{тела}}\rho_{\text{тела}}} = \frac{0{,}3G_{\text{тела}}}{B(G_{\text{тела}})^{2/3}\rho_{\text{тела}}} = \frac{0{,}3(G_{\text{тела}})^{1/3}}{B\rho_{\text{тела}}},$$

$$\Delta^*_{\text{об}} = \text{C}\sqrt[3]{G_{\text{тела}}},$$

где

$$C = \frac{0{,}3}{B\rho_{\text{тела}}} \qquad \text{или} \qquad C \approx 0{,}004315.$$

Для проверки полученного выражения определи приведенную толщину оболочки тела человека с массой 100 кг. Получим:

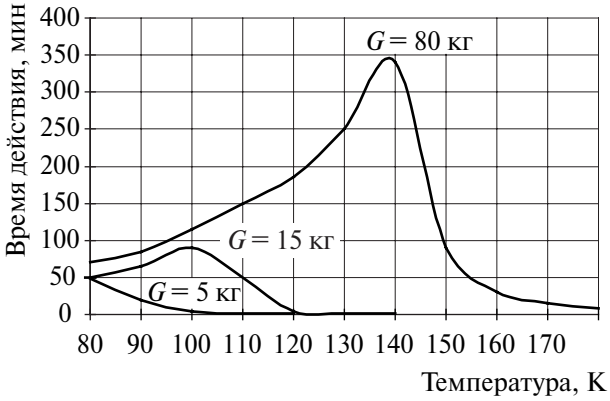
$$\Delta^*_{\text{об}} = 0{,}020028 \text{ м}.$$

Из данных таблицы видно, что традиционные лабораторные животные, крысы и мыши, не пригодны для исследований процесса криотерапевтического воздействия, так как имеют крайне малую толщину оболочки. Практика экспериментов над лабораторными животными полностью подтверждает полученный результат. Так попытки проводить исследование по криотерапии на крысах, закончились гибелью от пневмонии

100 % животных. Тепловая инерция оболочки не способна защитить животных с малой массой от переохлаждения «ядра».

Средняя масса тела и толщина меха у различных видов животных

№	Вид	Масса тела, кг	Оболочка, мм	Мех, мм
1	Землеройка	0,02	1,2	0,50
2	Ласка	0,1	2,0	1,15
3	Лемминг	0,1	2,0	2,00
4	Белка	0,2	2,5	1,50
5	Песец	6	7,8	5,00
6	Кролик	7	8,3	3,20
7	Лисица	7	8,3	4,00
8	Волк (собака)	40	14,8	6,50
9	Овца	50	15,9	7,00
10	Гризли	700	38,3	5,50



Расчетная продолжительность анальгетического действия криотерапии на объекты различной массы

Данные таблицы показывают, что большинство животных не имеет оболочки с толщиной достаточной для моделирования криотерапевтического на человека, поэтому эксперименты с ними будут малоинформативны. Изменение температуры охлаждающего газа позволяет корректировать недостаток тепловой инерции. Это можно проиллюстрировать, используя график зависимости времени анальгетического действия криотерапии от температуры (см. рисунок). Расчеты выполнены для объектов с массой 5, 15 и 80 кг в интервале температур 80–180 K. Из графика видно, что на объектах с массой менее 5 кг эксперименты по моделированию криотерапевтического воздействия бессмысленны т. к. ожидаемый экстремум функции $\tau_{\text{ан}} = f(T)$ при $G = \text{const}$, находится ниже температуры 80 K, что исключает практическую реализацию эксперимента.

Используя объекты с массой от 15 кг можно получать криотерапевтический эффект в пределах технически достижимых температур газовой среды ($T > 80$ K), но количественное проявление этого эффекта незначительно и его трудно будет зарегистрировать измерениями.

Моделирование криотерапевтических процедур в экспериментах на животных, осложняется тем, что все лабораторные животные имеют на теле мех (см. таблицу), который усложняет конвективный отвода теплоты. Для достоверного моделирования криотерапевтического воздействия в лабораторных условиях необходима «голая обезьяна», т. е. человек — волонтер. Однако подобные исследования не гуманны.

Вычислительный эксперимент является единственным надежным методом анализа тепловых процессов, сопровождающих общее криотерапевтическое воздействие.

Список литературы

1. *Баранов А. Ю.* Разработка техники и технологии криотерапии, Холодильная техника, 2006. № 12. С. 42–47.

2. *Баранов А. Ю., Малышева Т. А.* Моделирование изменений поля температур покровных тканей человека при криотерапевтическом воздействии // Сборник научных трудов «Медицинская криология». Н. Новгород. 2001. № 2. —

3. *Баранов А. Ю., Малышева Т. А., Приходько С. В., Бургмистрова Е. С.* Выбор и обоснование технологии аэрокриотерапевтического воздействия, Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, 2003. № 2. С. 84–86.

4. *Баранов А. Ю., Малышева Т. А., Шлейкин А. Г., Коваленко И. М., Ятманов А. Н.* Моделирование переноса теплоты при контакте покровных тканей теплокровных с криогенной газовой средой // материалы XI Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ. 2005. Т. II. С. 13.

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

УДК 532.529.5

АЭРО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХФАЗНОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ, ОБОРУДОВАННЫХ УСТАНОВКАМИ ПО ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА

А. Ю. Григорьев, О. О. Трикоза

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: AYGRIG@list.ru

В данной работе предпринята попытка создания математической модели плоского и осесимметричного нестационарного течения вязкого газа с аэрозольными частицами для последующего написания программы расчета на ПК, позволяющей в дальнейшем рассчитывать поля скорости, давления, температуры, плотности воздуха и концентрации загрязняющих аэрозольных частиц по пространству помещения.

Фундаментальные уравнения, описывающие течение вязкого газа и учитывающие локальность и нестационарность выше названных параметров известны — это уравнения Навье-Стокса динамики вязкого газа, описывающие ламинарное течение газа и уравнения Рейнольдса, описывающие турбулентное течение газа.

В основу изучения движения вязкого газа и вывода уравнений Навье-Стокса положены следующие общие допущения:

1. Газ совершенен, т. е. его параметры (давление p, плотность ρ, температура T) удовлетворяют закону Клайперона–Менделеева:

$$p = \rho R T. \tag{1}$$

2. Течение газа подчиняется обобщенному закону Ньютона о линейной связи между тензором напряжений и тензором скоростей деформаций.

3. Динамический коэффициент вязкости μ является функцией только температуры газа и вычисляется по формуле Сатерленда:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} \frac{T_0 + T_S}{T + T_S}. \tag{2}$$

4. Коэффициенты теплоемкости $\mathrm{c_p}$ и c_v не зависят от абсолютной температуры газа и являются его физическими константами.

5. Коэффициент теплопроводности газа λ пропорционален динамическому коэффициенту вязкости μ, в связи с чем число Прандтля $\mathrm{Pr} = \mu c_p/\lambda$ рассматривается как физическая постоянная газа.

С учетом выше записанных допущений, уравнение Навье–Стокса динамики вязкого газа в проекциях на оси прямоугольной системы координат, без учета массовых сил, будет иметь вид:

— на x:

$$\rho \frac{\mathrm{d}\, u}{\mathrm{d}\, t} = -\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial x} + 2\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right) + \frac{2}{3}\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \mathrm{div}\, \overrightarrow{V}\right), \tag{3}$$

— на y:

$$\rho \frac{\mathrm{d}\, v}{\mathrm{d}\, t} = -\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right) + 2\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{2}{3}\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \mathrm{div}\, \overrightarrow{V}\right), \tag{4}$$

Здесь u и v — проекции вектора скорости течения газа $\overrightarrow{V}$ на оси координат.

Чтобы замкнуть систему уравнений, используем уравнение неразрывности течения газа:

$$\mathrm{div}\, \overrightarrow{V} = 0 \tag{5}$$

и уравнение баланса энергии газа:

$$\rho c_p \frac{\mathrm{d}\,T}{\mathrm{d}\,t} - \frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y}\right). \tag{6}$$

Так как числа Рейнольдса (Re) течения газа, в помещениях оборудованных установками очистки воздуха, превышают критическое значение, то течение газа носит турбулентный характер.

Осредненное турбулентное течение газа описывается уравнениями Рейнольдса, которые выводятся при следующих допущениях:

1. Турбулентное нестационарное течение вязкого газа строго описывается уравнениями Навье–-Стокса.

2. Каждое действительное мгновенное значение параметров течения газа u, v, T, P можно представить как:

$$u = \bar{u} + u', \qquad v = \bar{v} + v', \qquad T = \bar{T} + T', \qquad p = \bar{p} + p',$$

где величины $\bar{u}, \bar{v}, \bar{T}, \bar{p}$ — интегральные средние по времени составляющие, au', v', T', p' — пульсационные составляющие параметров.

3. Пульсационные составляющие малы по сравнению со средними параметрами.

4. Величина осредненных параметров течения газа слабо зависит от способа осреднения.

5. Существует такой период осреднения Δt, достаточно большой по сравнению с периодом турбулентных пульсаций, но малый по сравнению с характерным для осредненного турбулентного движения газа интервалом времени, что при повторном осреднении значение величины не изменяется. Так если

$$\bar{\varphi}(x,y,z,t) = \frac{1}{\Delta t}\int\limits_{t-\Delta t/2}^{t+\Delta t/2} \varphi(x,y,z,\tau)d\tau \tag{7}$$

— интегральное среднее по времени значение величины φ, то

$$\overline{\overline{\varphi}} = \overline{\varphi}. \tag{8}$$

6. Из формулы осреднения (7) и предположения (8) вытекает, что

$$\overline{\overline{\varphi}\,\overline{\gamma}} = \overline{\varphi}\,\overline{\gamma}, \qquad \overline{\frac{\partial \varphi}{\partial x}} = \frac{\partial \overline{\varphi}}{\partial x}. \tag{9}$$

С учетом указанных допущений и незначительным изменением динамической вязкости газа μ по пространству помещения уравнения Рейнольдса в цилиндрической системе координат для осесимметричного течения газа запишутся в виде:

$$\rho \frac{\mathrm{d}\,\overline{u}}{\mathrm{d}\,t} = -\frac{\partial \overline{\mathrm{p}}}{\partial z} + \mu\left(\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{u}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial z^2}\right) + \\ + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(-\rho r \overline{u'v'}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\rho \overline{u'^2}\right), \tag{10}$$

$$\rho \frac{\mathrm{d}\,\overline{v}}{\mathrm{d}\,t} = -\frac{\partial \overline{\mathrm{p}}}{\partial r} + \mu\left(\frac{\partial^2 \overline{v}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{v}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \overline{v}}{\partial z^2} - \frac{\overline{v}}{r^2}\right) + \\ + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(-\rho \overline{v'^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(-\rho \overline{u'v'}\right), \tag{11}$$

Уравнение неразрывности течения газа:

$$\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r\overline{v}) + \frac{\partial \overline{u}}{\partial z}\right] = 0. \tag{12}$$

Уравнение баланса энергии газа:

$$\rho c_p \frac{\mathrm{d}\,\overline{T}}{\mathrm{d}\,t} = \frac{d\overline{p}}{\mathrm{d}\,t} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda r \frac{\partial \overline{T}}{\partial r} - \rho c_p r \overline{v'T'}\right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \frac{\partial \overline{T}}{\partial z} - \rho c_p \overline{u'T'}\right). \tag{13}$$

При выделении осредненного движения газа, действительное турбулентное течение, с его хаотически переплетающимися линиями тока, сводится к упорядоченному течению и так называемому турбулентному перемешиванию.

Турбулентное перемешивание представляет собой перенос из слоя в слой осредненного течения частичек или, как их еще называют, молей газа, в связи с чем происходит перенос из слоя в слой количества движения, тепла и вещества газа. Согласно гипотезе Буссинеска, для турбулентного переноса справедливы законы ламинарного течения газа, записанные для осредненного упорядоченного потока поэтому, если обозначить через A_τ, A_q — коэффициенты турбулентного переноса количества движения и тепла, то для касательного напряжения трения τ и потока тепла q будем иметь соответственно:

$$\tau = -\rho\overline{u'v'} = A_\tau \frac{\mathrm{d}\,\overline{u}}{\mathrm{d}\,y}, \qquad q = -\rho c_p \overline{v'T'} = c_p A_q \frac{d\overline{T}}{\mathrm{d}\,y}. \tag{14}$$

Значения τ, q выведены для простейшего случая плоского осредненного течения газа. С учетом этого уравнения (10), (11) и (13) для осесимметричного течения примут вид:

$$\rho \frac{\mathrm{d}\,\overline{u}}{\mathrm{d}\,t} = -\frac{\partial \overline{p}}{\partial z} + (\mu + A_\tau)\left(\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{u}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial z^2}\right); \tag{15}$$

$$\rho \frac{\mathrm{d}\,\overline{v}}{\mathrm{d}\,t} = -\frac{\partial p}{\partial r} + (\mu + A_\tau)\left(\frac{\partial^2 \overline{v}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{v}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \overline{v}}{\partial z^2} - \frac{\overline{v}}{r^2}\right);$$

$$\rho c_p \frac{\mathrm{d}\,\overline{T}}{\mathrm{d}\,t} = \frac{\mathrm{d}\,\overline{p}}{\mathrm{d}\,t} + (\lambda + A_q)\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \overline{T}}{\partial r}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \overline{T}}{\partial z}\right)\right\}. \tag{16}$$

Для определения концентрации аэрозольных частиц по объему помещения используется уравнение изменения химической компоненты:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho m_i) + \mathrm{div}\left(\rho \vec{V} m_i\right) = 0, \tag{17}$$

где m_i — массовая концентрация аэрозольных частиц (отношение массы частиц в данном объеме к полной массе в том же объеме).

Таким образом, для нахождения неизвестных параметров течения газа $\overline{u}$, $\overline{v}$, $\overline{P}$, $\overline{T}$, ρ, μ, m_i составлена система дифференциальных уравнений (1), (2), (12), (15), (16), (17), (18), описывающих течение газа и концентрации аэрозольных частиц в помещении. Поставленная задача является статически определимой. Значения A_τ и A_q найдутся из одной из имеющихся теорий турбулентности течения газа, определится с выбором которой, можно будет в процессе проведения численного эксперимента и сравнения результатов с данными натурного эксперимента.

Начальные и граничные условия задачи течения газа в рабочей камере мод

В начальный момент времени предполагается, что установка очистки воздуха не работает и все параметры газа (воздуха) и концентрациям аэрозольных частиц по пространству помещения однородны, газ покоится. Из сечения определенного размера на одной из границ помещения начинает поступать воздух с заданными параметрами по скорости течения, температуре, плотности, давлению газа и концентрациям аэрозольных частиц.

Граничные условия. Стенки помещения неподвижные, непроницаемые (кроме специальных технологических окон для выхода газа, известного расположения). Температура стенок со временем не меняется.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО УЗЛА ГАЗООЧИСТКИ

С. А. Старовойтов, В. А. Пронин

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: stas_starovoitov@mail.ru

В современных городах одним из факторов, влияющих на ухудшение состояния среды обитания, является загрязнение воздушного бассейна. К основным источникам загрязнения относят автотранспорт и крупные предприятия энергетики. Однако вопросы загрязняющих веществ происходят и на предприятиях городского хозяйства, занимающихся очисткой канализационных стоков. Летучие соединения, которые выбрасываются в окружающую среду, включают целый комплекс различных веществ неорганического и органического происхождения, представляющих опасность для здоровья человека. Кроме того, по мере повышения требований к комфортности проживания в современном городе все большее внимание уделяется не только безопасности воздушной среды, но и присутствию в ней веществ (одорантов), формирующих неприятные запахи даже при концентрациях, не предоставляющих угрозу для здоровья.

К таким дурнопахнущим веществам относятся соединения восстановленной серы (сероводорода, легкие меркаптаны), азотосодержащие органические вещества, ароматические углеводороды, органические кислоты, аммиак и др.

Образование дурнопахнущих веществ на сооружениях канализации происходит в жидкой фазе в результате протекания анародных (гнилостных) процессов. Выделение этих веществ в воздушную среду происходит в результате их улетучивания из жидкой фазы.

Согласно закону Генри, связь между мольной долей одоранта в воде C и давлением его пара (фактически концентрацией) в воздухе P описывается уравнением $P = KC$, K — коэффициент зависящий от природы одоранта. Летучесть дурнопахнущих веществ в соответствии с характерными для них значениями коэффициента K соотносится следующим образом — метилмеркаптан : сероводород : аммиак : летучие жирные кислоты $= 650000 : 54000 : 100 : 1$.

На очистных сооружениях дурнопахнующие вещества выделяются от точечных и поверхностных источников, наиболее важными из которых являются : каналы исходной воды и приемные камеры, решетки механической очистки, системы транспортирования и накопление отбросов с решеток, песковые площадки, песколовки и первичные отстойники, неудовлетворительно работающие аэробные стабилизаторы, площадки складирования обезвоженного осадка и компостирования сырых осадков, а также сброс биогаза в атмосферу в результате его неполной утилизации.

Проблема контроля выбросов дурнопахнущих веществ тесно связана с накоплением взрывоопасных газов и биологической коррозией сооружений канализации. Перекрытия сооружений и герметизация участков сети приведет к прекращению выделения дурнопахнущих веществ, однако повлечет за собой интенсивное разрушение бетона на данном участке и повышение взрывоопасности. Вентиляция сети снижает интенсивность процессов коррозии, но в то же время приводит к более интенсивному выносу этих веществ в атмосферу. Выделение дурнопахнущих веществ от очистных сооружений при неблагоприятном направлении ветра приводит к появлению жалоб со стороны населения, проживающего в прилегающих районах.

Выбор технологической схемы дезодорации воздуха в приложении к заданному объекту

При выборе технологической схемы дезодорации воздуха необходимо учитывать также факторы как:

— объем вентилируемого помещения и требуемая кратность воздухообмена;
— состав газовыделений и их концентрация;
— органолептический уровень содержания примесей;
— наличие энергоресурсов;
— требования к выбросам в окружающую среду.

В качестве предполагаемых объектов для внедрения системы по газоочистке воздуха от ДПВ Заказчиком были определены Красносельские очистные сооружения (Кр CA $Q = 150000–200000$ м^3/сут.) и очистные сооружения в п. Металлострой. Для решения задач по газоочистке от ДПВ по указанным объектам была предложена трехступенчатая очистка, включающая водную очистку, окисления гипохлоритом, а также обработку ультрафиолетом. Выполненные предпроектные проработки позволяю считать целесообразным совместить системы очистки воздуха от дурнопахнущих веществ и систем вентиляции в единый технологический комплекс. Технологическая схема представлена на рис. 1.

В целях экономии энергоресурсов и производственных площадей предлагается до 85 % воздуха после обработки его в системах газоочистки, возвращать в рабочие помещения, т. е. обеспечивать

его рециркуляцию, остальная часть очищенного воздуха удаляется из помещения и компенсируется приточным наружным воздухом.

Для экспериментальной оценки выбранной схемы газоочистки была спроектирована и изготовлена опытная установка в привязке к комплексу обработки осадка на центральной станции аэрации (о. Белый). При разработке опытной установки ставилась задача обеспечить возможность оценки эффективности выбранной технологической схемы газоочистки.

Описание опытной установки газоочистки

Опытная установка очистки воздуха рабочей зоны от дурнопахнущих веществ состоит из двух технологических колонн (ТК 1 и ТК 2) , изготовленных из нержавеющей стали. Схема опытной установки газоочистки представлена на рис. 2.

В состав установки кроме технологических колонн входят: вентилятор (В1) , циркуляционные насосы (Н1 и Н2) , расходомеры (Р1 и Р2) , манометры (М1 иМ2) , угольный фильтр (Ф) поплавковые клапаны (КП1 и КП2) , блок ультрафиолетовой обработки воздуха (УФО), запорные краны (К1...К10) , краны отбора проб (К7 и К8) , а так же щиты электропитания и управления.

Технологическая колонна 1 состоит из резервуара (Рез. 1), мокрого фильтра и каплеуловителя. Заполнение Рез. 1 производится водой из водопровода через запорный кран К1 поплавковый клапан КП1. Жидкость из резервуара (Рез. 1) подается насосом (Н1) через распылитель на мокрый фильтр. Давление жидкости контролируется манометром (М1), а расход расходометром (Р1). Расход и давление регулируются кранами (К3) и (К5). Кран (К7) позволяет осуществлять отбор проб жидкости для химического анализа. В конструкции колонны (ТК1) предусмотрен отсек для установки биологического фильтра. При повышении концентрации вредных примесей в растворе, находящемся резервуаре (Рез. 1) , раствор может очищаться с помощью угольного фильтра (Ф). Включения насоса (Н1) осуществляется с электрического щита (Щ1). Технологическая колонна (ТК2) имеет аналогичную обвязку, за исключением угольного фильтра (Ф). В резервуаре (Рез. 2) находится раствор гапохлорита, который циркулирует по замкнутому контуру (Рез. 2)–(Н2)–(мокрый фильтр)–(Рез. 2). Отличие (ТК2) от (ТК1) состоит в том, что эта колонна не имеет отсека для установки биологического фильтра, но она дополнительно оснащена бактерицидной секцией, состоящей из блока (УФО) на выходе из (ТК2).

Включая насос (Н2) осуществляется с электрического щита (Щ1). Вентилятор (В1) забирает воздух из загрязненной рабочей зоны, прогоняет его через технологические колонны, где происходит его очистка от ДПВ и выбрасывает обратно в помещение. Включение (выключение) вентилятора осуществляется с электрического щита (Щ1). Включение (выключение) блока (УФО) осуществляется с отдельного электрического щита (щит. УФО).

Оборудование представлены в таблице.

Результаты измерений. Одорометрические измерения

Одорометрические измерения для оценки эффективности снижения запаха в цехе приготовления флокулянта проводили на добровольцах, которым предъявлялись пробы воздуха с различными его разбавлениями. Результаты оценивались в форме ответов «да» и «нет».

В комплекс санитарно-химических исследований входило количественное определение аммиака, оксида азота (NO_2), фенола, формальдегида, озона, оксида углерода, метилмеркаптана, сероводорода, хлора линейно-колористическим методом.

Технические характеристики оборудования

№ п/п	Наименование	Тип	Характеристика
1	Вентилятор	ВГ 80–75 № 2,5	Мощность $N = 0{,}75$ кВт Производительность $Q = 1500$ м^3/час
2	Насос (2 шт.)	Speroni CAM 40 HL	Мощность $N = 0{,}75$ кВт Производительность $Q = 0{,}7$ м^3/час
3	Ультрафиолетовая установка (УФО)	Лампы ZW 55 ДПУ	
4	Объем бака/Объем раствора	ТК 1	0,42/0,36 м^3
5	Объем бака/Объем раствора	ТК 2	1,0/0,92 м^3

Примечание: Время контакта воздуха с компонентами газоочистки составляют 0,5–1 сек. Удельный расход растворов на обработку воздуха составил 0,5 л/м^3. Концентрация раствора гипохлорита составила по активному хлору 0,1 мгм на 1 литр.

Определение уровня микробной контаминации воздуха проводили с помощью «Устройства автоматического отбора проб биологических аэрозолей воздуха ПУ-1Б», включающее в себя импакцию (осаждение) микробного аэрозоля на поверхность плотных питательных сред для определения ОМЧ, стафилококков, энтеробактерий, дрожжеподобных и плесневых грибов, гемолитической микрофлоры до включения воздухоочистителя и спустя сутки после его работы .

Санитарно-химические измерения

Сравнительная оценка результатов санитарно-химических исследований до и после работы прибора показала эффективность очистки воздуха по аммиаку и метилмеркаптану, которая составляет 100 %, по формальдегиду от 20 до 80 %.

Суточная работа прибора увеличивает содержание фенола, озона, хлора, однако их концентрация не превышает ПДК в воздухе рабочей зоны.

Содержание химических веществ (аммиака, фенола, формальдегида, метиламеркаптана, озона и хлора) в воздухе цеха приготовления флокулянта Перколь Центральной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» ниже или равно ПДК этих веществ в воздухе рабочей зоны.

Выводы

1. В ходе выполнения настоящего договора был спроектирован, изготовлен и испытан экспериментальный узел газоочистки.

2. Проведенные испытания показали необходимые работоспособность и эффективность узла газоочистки.

3. Для достижения большего бактерицидного эффекта целесообразно в установке УФО использовать комбинацию ламп с различной эффективностью.

4. Данная технологическая схема может быть использована на объектах ГУП «Водоканал» для одорации воздуха рабочих помещений.

АЭРО- И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОЕМАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ТЕПЛОВЫМИ ЗАВЕСАМИ

А. Ю. Григорьев, И. А. Рубцов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: llr@list.ru

Во всем мире непрерывно растет уровень требований к параметрам воздушной среды в помещениях различного назначения. Показателем все возрастающего уровня таких требований служит тот факт, что перечень помещений в которых, должны поддерживаться оптимальные условия воздушной среды с помощью систем кондиционирования воздуха увеличивается с каждым годом. А соответственно растет и потребление энергии необходимое для поддержания этих параметров. Открытые дверные, оконные и др. проемы приводят к значительным потерям тепла и являются основной причиной образования сквозняков в помещении. Воздушно-тепловые завесы (ВТЗ) помогают решить сразу несколько проблем связанных с поддержанием микроклимата и энергоемкости здания в целом. Они предназначены для разделения зон с разной температурой воздушной среды по разные стороны открытых проемов рабочих окон, входных дверей и ворот. За счет подачи высокоскоростного воздушного потока эти установки, образуют своего рода завесу, которая не дает теплому воздуху выходить наружу и не впускает холодный воздух в помещение. При использовании завесы в помещении с открытым проемом улучшается внутренний тепловой комфорт, исчезают сквозняки, значительно снижаться тепловые потери, а следовательно, и затраты на обогрев. Летом в районах с теплым климатом воздушная завеса в равной степени является энергосберегающим оборудованием, которое в значительной мере снижает затраты на кондиционирование помещений и поддержание низкой температуры в холодильных камерах.

Несмотря на эффективность применения ВТЗ, а так же важность проблемы энергосбережения, систематических исследований в этой области в последние время практически не велось. Тем не менее, существует ряд проблем, таких как завышение мощности завесы с целью создания необоснованного запаса из-за несовершенства применяемых сегодня методов расчета ВТЗ. Из этого, можно заключить, что разработка современных методик расчета, исследования работы ВТЗ — задача важная и актуальная.

В настоящее время разработка проекта ВТЗ произвольного проема происходит на основе стандартных инженерных методов, базирующихся в основном на различных эмпирических данных в которых, не учитываются и не рассматриваются поля скоростей и температур газа, возникающие в проеме при работе завеса. Это приводит к значительному расхождению результатов, полученных с помощью различных методов, а также к ошибкам при оценке эффективности работы спроектированной завесы, а поэтому, часто сводится к завышению энергоемкости завесы с целью создания не обоснованного запаса ее мощности.

Для получения полной картины аэро и термодинамических процессов в проеме с целью дальнейшей оценки работы ВТЗ можно воспользоваться имеющимися, универсальными гидродинамическими компьютерными программами, такими как Star CD и Fluent. Эти программы позволяют решать достаточно широкий круг задач, но имеют и ряд недостатков. Желание расширить круг решаемых задач, усложняет математическую модель и увеличивает время расчета одного варианта. В этих моделях не учитывается специфика работы тепловых завес, например, существенно дозвуковой характер течения, с ощутимой неоднородностью плотности ρ воздуха из-за неоднородности его температуры T по пространству проема. Не учитывается традиционная простота геометрии проема, вытекание воздуха из аппарата тепловой завесы в виде плоской струи, забор воздуха в аппарат из помещения, в котором установлена тепловая завеса и др.

Приведенные доводы позволяют сделать вывод, что для перехода от инженерных методов проектирования работы тепловых завес к инновационным компьютерным методам, необходимо создание специализированных программ расчета, базирующихся на математических моделях на основе фундаментальных положений аэро и термодинамики, учитывающих особенности работы ВТЗ. Ниже приведены результаты расчета и экспериментальные исследования полей температур и скоростей течения воздуха в различных проемах, оборудованных ВТЗ. Математическая модель течения воздуха базируется на уравнениях Рейнольдса турбулентного, нестационарного течения вязкого газа. Замыкают систему уравнений уравнения неразрывности, сохранения энергии, состояния и модели турбулентности [1]. Решена поставленная задача с помощью конечно-разностного метода. Программа расчета составлена на алгоритмическом языке Вижел бейсик.

$$h = 1{,}2\ \text{м}, \quad V_{\text{вых}} = 4{,}6\ \text{м/с}, \quad t_{\text{Пом1}} = 22{,}1\ ^\circ\text{C}, \quad t_{\text{Пом2}} = 21{,}0\ ^\circ\text{C}$$

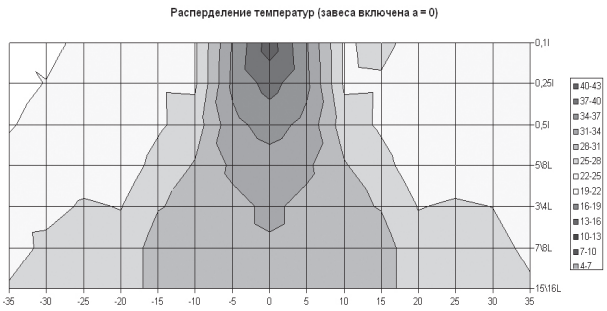


Рис. 1. Экспериментальные данные

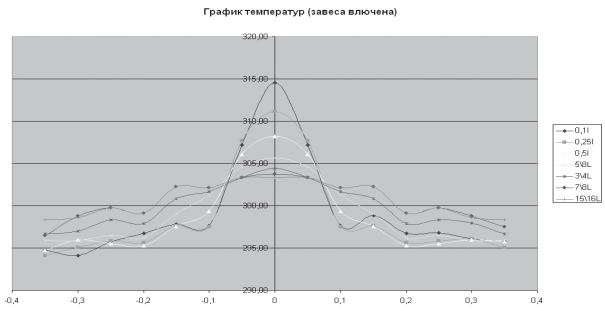


Рис. 2. Экспериментальные данные

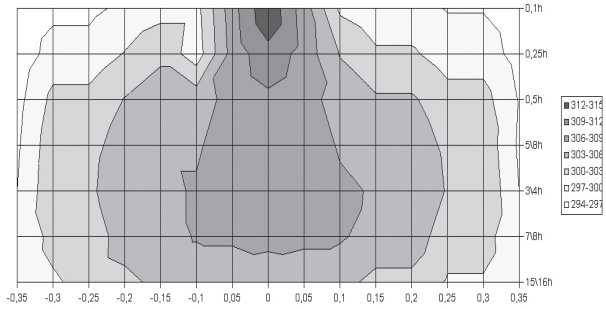


Рис. 3. Расчетные данные

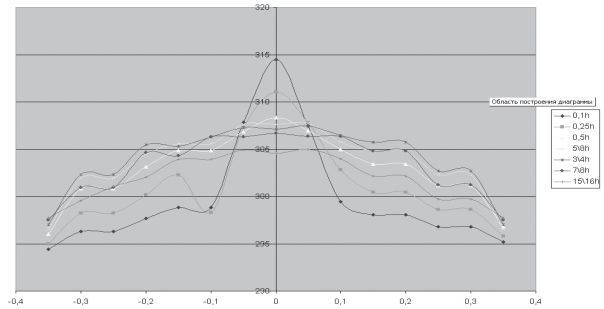


Рис. 4. Расчетные данные

$$h = 1{,}9\ \text{м}, \quad V_{\text{вых}} = 4{,}6\ \text{м/с}, \quad t_{\text{Пом1}} = 23{,}5\ ^\circ\text{C}, \quad t_{\text{Пом2}} = 6{,}3\ ^\circ\text{C}$$

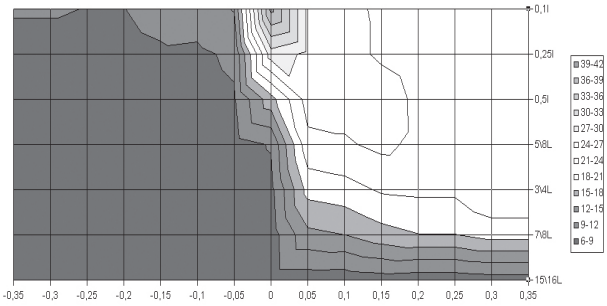


Рис. 5. Экспериментальные данные

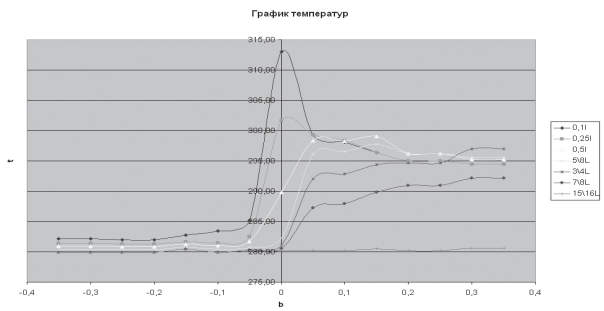


Рис. 6. Экспериментальные данные

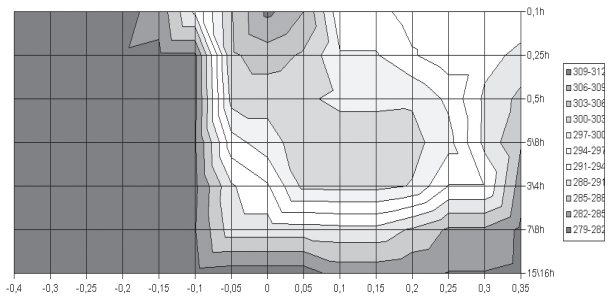


Рис. 7. Расчетные данные

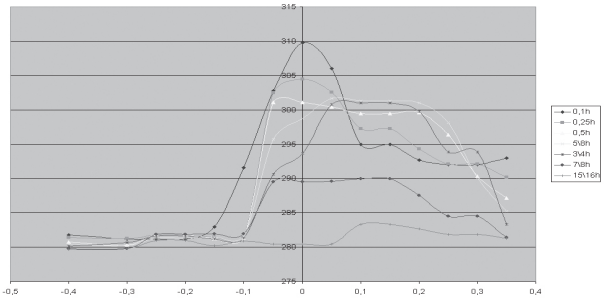


Рис. 8. Расчетные данные

На представленных диаграммах видно, что получена хорошая качественная и удовлетворительная количественная сходимость результатов расчета и эксперимента.

В месте с тем видно, что расчет дает более высокие температуры (на 1–3 K), а так же более ровную картину течения. Что связано с тем, что учесть абсолютно все факторы в математической модели невозможно, что вносит в расчет определенную ошибку. Так же сложно провести идеальный

эксперимент, даже незначительные и неощутимые движения воздуха (сквозняки, движение людей в помещениях и др.) в совокупности дают отличие результатов измерения от расчетных.

Но общая картина течения, полей скоростей и температур полученные расчетным путем и экспериментально совпадает.

Исходя из экспериментальных данных, можно заключить:

• разработанная математическая модель турбулентного течения вязкого газа и созданная на ее основе специализированная компьютерная программа имеют достаточную точность расчета термо- и аэродинамических процессов в проемах оборудованных ВТЗ. Относительная погрешность расчета находиться в пределах 9 %.

• созданная на ее основе компьютерная программа имеет ряд преимуществ не только по сравнению с уже достаточно давно разработанными программами для расчета аэро и термо динамичесих вроде StarCD или Fluent, но и с программами нового поколения как COSMOSflowWorks 2008.

Список литературы

1. *Григорьев А. Ю., Рубцов И. А. и др.* Постановка задачи моделирования Аэро- и термодинамических процессов в проемах, оснащенных тепловыми завесами. Известия СПбГУНиПТ. № 2. 2008. С. 44–46.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДИЦИОНЕР ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Т. А. Исмаилов, Ш. А. Юсуфов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

Комфортные условия для осуществления трудовой деятельности являются одним из важных составляющих высокой эффективности труда. Кроме того, на транспорте это связано также и с безопасностью и риском возникновения аварийных ситуаций.

Из современного уровня техники известна установка для кондиционирования воздуха в кабине транспортного средства, содержащая блок термоэлектрических батарей, два канала для прохода воздуха, один из которых для прохода обрабатываемого воздуха из кабины к блоку термоэлектрических батарей и от него — в кабину, а другой — для прохода технологического воздуха из окружающей среды к блоку термоэлектрических батарей и выхода его в окружающую среду, а также вентиляторы, установленные в указанных каналах, и отдельные электродвигатели привода вентиляторов.

Недостатками данной конструкции является то, что электродвигатель привода вентилятора, установленного в канале для прохода обрабатываемого воздуха, охлаждаемого термоэлектрическими батареями, размещен в этом же канале, вследствие чего тепло, выделяемое электродвигателем при работе, передается охлажденному воздуху, что снижает эффективность работы установки.

Также известен термоэлектрический кондиционер для кабины транспортного средства, содержащий кожух, разделенный теплоизолированной перегородкой на канал для обрабатываемого воздуха, имеющий входные и выходное отверстия, и канал для технологического воздуха, имеющий входные и выходное отверстия, установленные в перегородке термоэлектрические батареи, имеющие расположенные в каналах теплообменные элементы, и установленные в каждом из каналов вентиляторы с отдельными электродвигателями.

В данной конструкции кондиционера электродвигатель привода вентилятора, установленного в канале для прохода обрабатываемого воздуха, размещен вместе с вентилятором в этом же канале между теплообменными элементами термоэлектрических батарей и выходным отверстием, в результате чего тепло, выделяемое электродвигателем при работе, также передается охлажденному воздуху, что приводит к понижению эффективности устройства в целом, вследствие повышения температуры охлажденного воздуха.

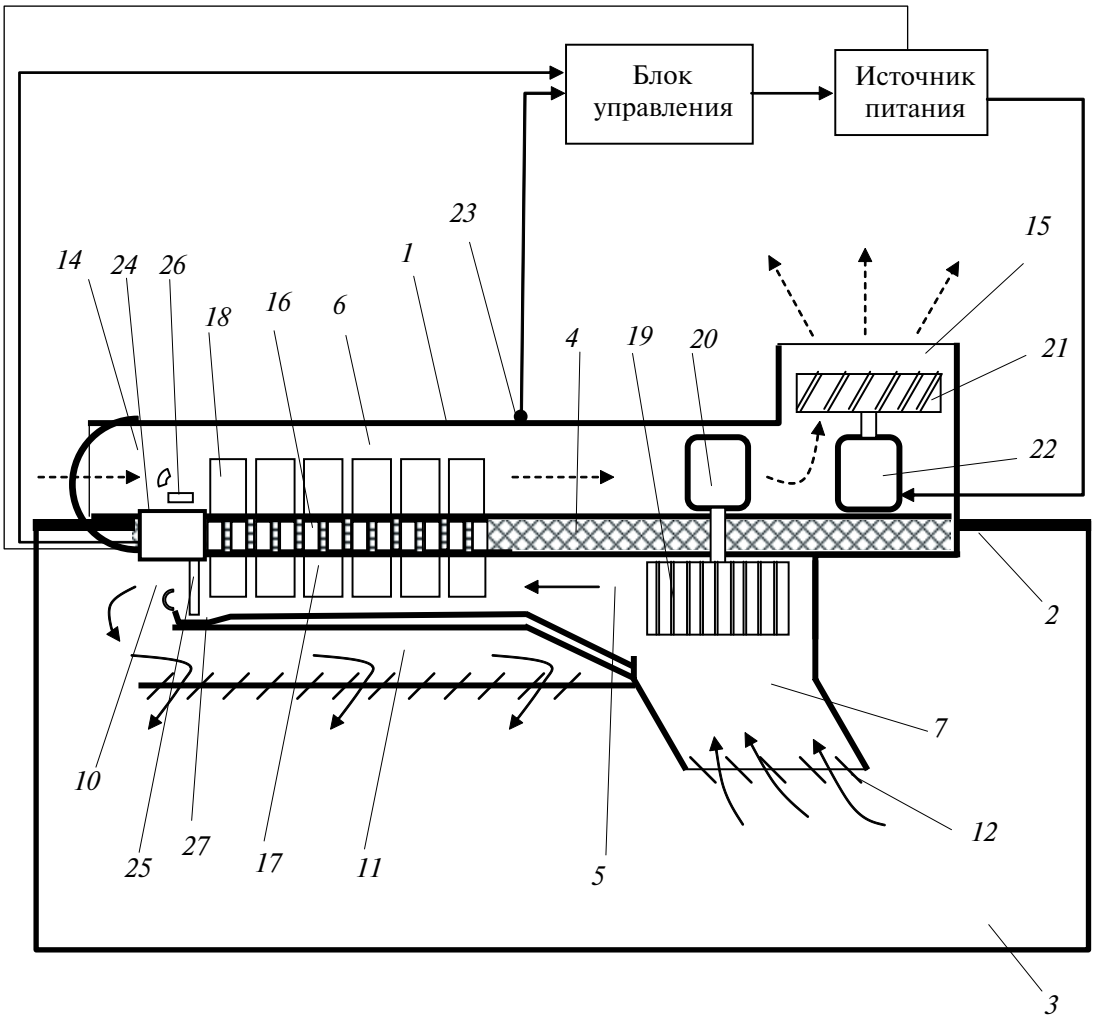
Известна конструкция кондиционера, устраняющая вышеперечисленные недостатки, однако общим недостатком для данных конструкций кондиционеров является необходимость постоянной работы приводов вентиляторов, расположенных в канале для прохода технологического воздуха. В тоже время, при развитии транспортным средством при движении определенной скорости, в канале для технологического воздуха создается воздушный поток, достаточный для съема тепла с расположенных в нем теплообменными элементами.

Данный фактор можно использовать для повышения эффективности устройства в целом, за счет снижения энергопотребления и увеличения теплоотдачи с теплообменных элементов.

Указанная цель реализуется за счет того, что в кондиционере устанавливается датчик скорости воздушного потока, который связан с многоканальным источником электропитания вентилятора и малогабаритного насоса через блок управления, малогабаритный насос с датчиком влаги, связанным с блоком управления.

На рисунке представлено схематичное изображение кондиционера.

Термоэлектрический кондиционер представляет собой моноблочный агрегат, имеющий кожух *1*, и предназначен для установки на крыше *2* кабины транспортного средства. Внутри кожуха *1* расположена теплоизолированная перегородка *4*, разделяющая полость кожуха на расположенный под перегородкой канал *5* для прохода обрабатываемого воздуха и расположенный над перегородкой канал *6* для прохода технологического воздуха. Канал *5* имеет первое входное отверстие *7*, сообщенное с внутренним пространством кабины через люк *8* (на рисунке не показан) в крыше *2* кабины, и выходное отверстие *10*, сообщенное с распределительным воздуховодом *11* кабины *3*. Во входном отверстии *7* установлены регулирующие воздушные заслонки *12*. Канал *6* имеет входное отверстие *14* и выходное отверстие *15*, сообщенные с окружающей средой. В перегородке установлены термоэлектрические батареи *16*. Каждая термоэлектрическая батарея *16* имеет первые теплообменные элементы *17*, расположенные в канале *5*, и вторые теплообменные элементы *18*, расположенные в канале *6*.



В канале *5* между входным отверстием *7* и теплообменными элементами *17* термоэлектрических батарей *16* установлен центробежный вентилятор *19*, имеющий свой отдельный электродвигатель *20* привода вентилятора. В канале *6* непосредственно под выходным отверстием *15* установлен осевой вентилятор *21*, имеющий свой отдельный электродвигатель *22* привода вентилятора. Оба электродвигателя *20, 22* размещены в канале *6*. Электродвигатель *20* размещен в канале *6* между теплообменными элементами *18* термоэлектрических батарей *16* и вентилятором *21*.

Вне канала *14* (на поверхности кожуха *1*) размещен датчик скорости воздушного потока *23*, который электрически связан с блоком управления, который в свою очередь электрически связан с многоканальным источником питания электродвигателя *22* привода вентилятора *21*. Малогабаритный насос *24* расположен в теплоизоляционной перегородке *4* и сообщается с углублением для сбора конденсата *27* посредством трубки *25*. В углублении для сбора конденсата *27* расположен датчик влаги (на фиг. не показан), электрически связанный с блоком управления. В канал *6* выводится форсунка *26*, соединенная с выходом малогабаритного насоса *24*.

Кондиционер работает следующим образом.

При включении кондиционера и соответствующей регулировке заслонок *12* вентилятор *19* засасывает обрабатываемый воздух из кабины *3* через входное отверстие *7* и подает его в канал *5*, откуда воздух через выходное отверстие *10* и распределительный воздуховод *11* поступает в кабину *3* (направление потоков обрабатываемого воздуха показано сплошными стрелками). Одновременно вентилятор *21* засасывает технологический воздух из окружающей среды через входное отверстие *14* и канал *6* и выбрасывает его наружу через выходное отверстие *15* (направление потоков технологического воздуха показано пунктирными стрелками). При этом потоки обрабатываемого и технологического воздуха проходят встречно через каналы *5* и *6*. Термоэлектрические батареи *16* производят нагрев теплообменных элементов *18*, которые нагревают воздух, проходящий через канал *6*, и охлаждение теплообменных элементов *17*, которые охлаждают воздух, проходящий через канал *5*. Тепло, выделяемое при работе электродвигателями *20, 22* привода вентиляторов *19, 21* передается технологическому воздуху, выбрасываемому наружу вентилятором *21*, и не передается охлажденному воздуху, подаваемому в кабину *3*. Сконденсировавшаяся в результате контакта с охлажденной поверхностью теплообменных элементов *17*

обрабатываемого воздуха вода собирается в углублении для сбора конденсата *27*, после чего на блок управления поступает сигнал с датчика влаги и через многоканальный источник питания включается малогабаритный насос *24*. Конденсат, накопившийся в углублении для сбора конденсата перекачивается малогабаритным насосом *24* и через форсунку *26* на выходе насоса распыляется на теплообменные элементы *18*. Вследствие испарения распыленного на теплообменных элементах *18* конденсата потоком воздуха, поступающего в канал *6* через входное отверстие *14* происходит дополнительное охлаждение теплообменных элементов *18*, что в свою очередь увеличивает эффективность теплоотдачи с них.

В случае, когда транспортное средство находится в движении, и скорость воздушного потока через теплообменные элементы достаточна для съема тепла, датчик воздушного потока формирует электрический сигнал и через блок управления отключается питание электродвигателя *22* вентилятора *21*, что снижает энергопотребление кондиционера воздуха.

УДК 629.454.22.048.3

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ИСПАРИТЕЛЬНО-КОМПРЕССИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А. Л. Емельянов, Е. С. Платунов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: info@petroclima.ru

На железнодорожном транспорте в настоящее время в основном используются компрессионные системы кондиционирования воздуха (СКВ), с парокомпрессионной холодильной машиной (ПКХМ). В каждом пассажирском вагоне, оборудованном СКВ, размещается автономный кондиционер холодопроизводительностью 20÷28 кВт. Кондиционер в процессе работы потребляет электроэнергию мощностью до 20 кВт, вентилируя вагон охлажденным или нагретым потоком воздуха с расходом $(2...4) \times 10^3$ м^3/час.

ПКХМ обладают высокими эксплуатационными качествами, универсальны, и получили массовое распространение в СКВ самого различного назначения. Однако действительный холодильный коэффициент этих машин (с учетом мощности вентиляторных установок) составляет $\sim 1{,}4 \div 1{,}5$, тогда как у идеальных ПКХМ в соответствующем температурном диапазоне он может достигать 10. Это означает, что энергопотребление СКВ с ПКХМ в перспективе может быть снижено в несколько раз.

Термодинамический анализ промышленных компрессионных кондиционеров показывает, что основными источниками необратимых энергетических потерь в них являются теплообменные аппараты. К сожалению, улучшение их характеристик сопряжено с большими техническими затруднениями. Поэтому разработчиками СКВ на протяжении многих лет предпринимаются попытки найти альтернативные способы охлаждения воздуха в частности, в процессах его увлажнения в испарительных СКВ.

Ниже рассмотрены пути внедрения испарительного охлаждения в современные СКВ, позволяющие заметно снижать их суммарное энергопотребление и обеспечивать при этом комфортность воздуха в транспортном средстве.

Анализ id-диаграммы показывает, что за счет увлажнения температуру воздуха можно снижать на 10...12 К. К сожалению, прямое испарительное охлаждение не нашло широкого применения в системах кондиционирования, так как всегда ограничивается нежелательным увеличением относительной влажности внутри помещения.

Такая простейшая система практически бесполезна, так как положительный эффект от снижения температуры в ней практически сводится к нулю из-за того, что увлажненный таким образом воздух будет содержать насыщенный пар и создаст внутри кондиционируемого объекта эффект «парилки».

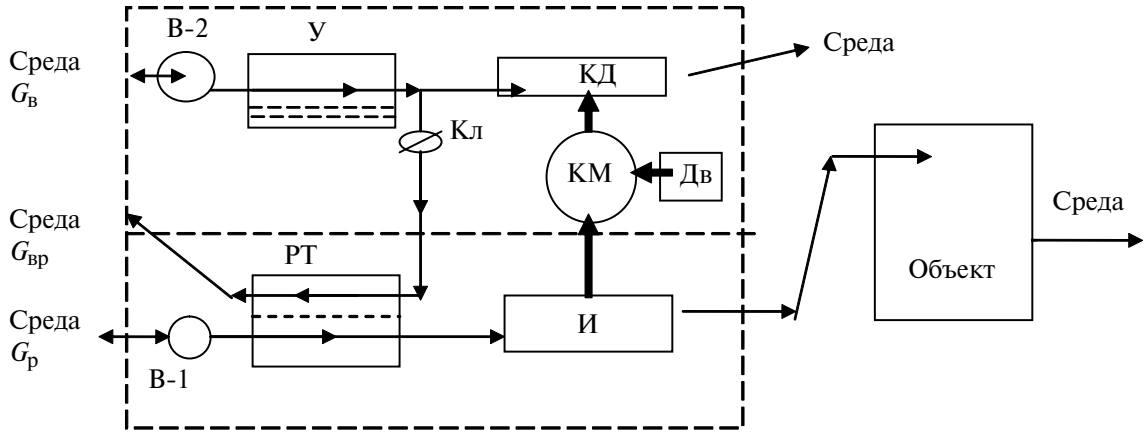
Кондиционер косвенно-испарительного типа обладает гораздо более широкими возможностями. В этих кондиционерах через зону увлажнения прогоняется вспомогательный воздушный поток, который в рекуперативном теплообменнике охлаждает основной поток воздуха. Энергопотребление кондиционера определяется только используемыми вентиляторами и при холодопроизводительности в 20 кВт обычно не превышает 3÷5 кВт. Возможности такого кондиционера были проверены нами на макете, предназначенном для кондиционирования кабины машиниста электровоза. Аналогичный кондиционер, предназначенный для обслуживания пассажирского вагона, был разработан фирмой «ЭЛСОКС» [3].

Анализ технических характеристик СКВ косвенно-испарительного типа показал, что они могут успешно работать в пассажирских составах, которые эксплуатируются в районах с низкой средней относительной влажностью и высокой температурой.

Значительно более эффективными оказываются все же комбинированные СКВ, содержащие в своем составе одновременно испарительный и компрессионный охлаждающие блоки. По предварительным оценкам именно они позволят объединить положительные качества испарительных и компрессионных кондиционеров.

Возможны различные схемные решения совместного использования перечисленных способов охлаждения воздуха. Рассмотрим здесь один из наиболее перспективных, на наш взгляд, вариантов комбинированной СКВ. Его блок-схема представлена на рисунке.

Представленная схема отличается от типовой СКВ с ПКХМ в основном двумя дополнительными узлами — увлажнителем У и рекуперативным теплообменником РТ. Указанные узлы образуют в СКВ первый контур охлаждения наружного воздуха.



Вентилятор В-2 забирает из среды вспомогательный воздушный поток $G_в$ и направляет его в увлажнитель. В нем этот воздушный поток увлажняется до насыщения и охлаждается до температуры «мокрого термометра». Затем охлажденный поток с помощью регулируемого клапана (Кл) делится на два потока, $G_{вр}$ и $G_{вк}$. Один из потоков ($G_{вр}$) проходит через рекуператор (РТ) и выбрасывается в среду, а второй поток ($G_{вк}$) используется для охлаждения конденсатора. Вентилятор В-1 забирает из среды основной (рабочий) воздушный поток $G_р$, который проходит через рекуператор (РТ) в противотоке с охлажденным вспомогательным потоком $G_{вр}$. В рекуператоре поток $G_р$ охлаждается до температуры «мокрого термометра», сохранив исходное влагосодержание, и направляется для последующего охлаждения в испаритель ПКХМ. После этого поток $G_р$ поступает в кондиционируемый объект (вагон) с требуемой температурой. Содержавшаяся в атмосферном воздухе избыточная влага конденсируется в испарителе и при необходимости может использоваться в увлажнителе.

Комбинированная СКВ не нуждается в рециркуляционном воздухе, поэтому при обслуживании вагона расход охлаждаемого воздуха можно снижать до 800 м^3/час, если его температура на входе в вагон будет составлять 12 °С. Это вполне допустимо, если холодный воздух удается подавать в вагон через воздухораспределители с быстрым снижением градиента температуры, не оказывая прямого воздействия на пассажиров.

Комбинированная СКВ при равных внешних условиях оказалась практически в два раза экономичней типовой компрессионной СКВ и потребляет не более 10 кВт. Увлажнитель в комбинированной СКВ при предельной нагрузке суммарно будет потреблять около 27 литров в час.

Выводы

1. Транспортные СКВ с ПКХМ способны работать при температуре наружного воздуха 40 °С и относительной влажности до 40 %, однако значительно уступают другим СКВ по энергопотреблению.

3. Комбинированные СКВ отличаются высоким значением действительного холодильного коэффициента и значительным снижением потребляемой энергии.

2. СКВ косвенно-испарительного охлаждения эффективнее комбинированных по затратам энергии, но могут успешно работать только при относительной влажности воздуха не более 40 %.

Список литературы

1. *Жариков В. А.* Климатические системы пассажирских вагонов. М.: ТРАНСИНФО, 2006. 135 с.

2. *Фаерштейн Ю. О., Китаев Б. Н.* Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах. — М. — Транспорт, 1984. — 272 с.

3. *Маркман М. Д., Назарцев А. А.* Особенности разработки и оснащения КСКВ пассажирских вагонов повышенной комфортности. В сб. докладов «Системы вентиляции, кондиционирования и отопления в пассажирских вагонах». — СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. С. 86–88.

УДК 629.454.22.048.3

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С КОНДИЦИОНЕРАМИ

А. Л. Емельянов, В. В. Царь

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

С физической точки зрения пассажирский вагон, снабженный системой кондиционирования, представляет собой открытую саморегулирующуюся термодинамическую систему, контролируемыми параметрами в которой являются температура t, влажность φ и состав (O_2, CO_2 и др.) воздуха в вагоне. Для управления ими используется атмосферный воздух, принудительно прокачиваемый через вагон. Однако, если оптимальный химический состав воздуха в вагоне обеспечивается обычно без значительных энергетических затрат, то с обеспечением необходимой температуры в вагоне дело обстоит гораздо сложнее. Современные транспортные кондиционеры, с холодопроизводительностью $Q_{\text{х}} \geq 20$ кВт, являются массивными и энергоемкими агрегатами. По этой причине разработчики вагонов вынуждены тщательно согласовывать температуру $t_{\text{х}}$ и расход $G_{\text{х}}$ обрабатываемого воздуха, а следовательно, и холодопроизводительность кондиционера с реально достижимыми теплозащитными характеристиками вагона и климатическими особенностями его эксплуатации. Поэтому в жаркую погоду кондиционер обычно вынужден работать на пределе своих возможностей, расходуя большое количество электрической энергии.

Для оптимального согласования эксплуатационных характеристик вагона и кондиционера необходим комплексный анализ тепловлажностных процессов во всей системе «вагон — пассажиры — кондиционер — атмосферная среда». Энергетический баланс такой системы в стационарном температурном режиме работы вагона хорошо изучен [1, 2]. Хуже обстоит дело с анализом теплового состояния вагонов в нестационарных условиях, в частности, перед посадкой и в первые часы рейса, когда начальное тепловое состояние вагона, стоящего под палящими лучами солнца, оказывается далеким от комфортного.

Целью данного исследования было создание обобщенной математической макромодели нестационарного теплового режима пассажирского вагона, которая позволила бы оценивать роль нестационарных, переходных температурных состояний вагона, а при необходимости подбирать оптимальные энергетические характеристики кондиционера, учитывая проявление тепловой инерции вагона на начальных этапах рейса.

Формированию упрощенной тепловой макромодели способствуют различные физически обоснованные и экспериментально подтверждаемые особенности теплового состояния вагона:

1. Холодный воздух, поступающий из кондиционера раздельно в каждое купе, при воздухообмене в час не более 20-ти крат успевает эффективно и быстро смешиваться с воздухом купе.

2. Нагретый воздух, уходящий из купе, имеет температуру, практически совпадающую с температурой внутренних перегородок вагона.

3. Вихревые потоки воздуха и прямой лучистый теплообмен между перегородками способствуют созданию изотермического температурного поля внутри купе.

4. Температурное поле деревянных перегородок, полок и внутренней обшивки в вагоне на всех этапах остается близким к равномерному.

5. Температурный перепад между наружной средой с температурой $t_{\text{н}}$ и воздухом вагона с температурой $t_{\text{в}}$ гасится на теплоизоляции, так как ее тепловое сопротивление составляет не менее 90–95 % от общего теплового сопротивления наружной стенки. Поэтому средний температурный перепад между наружной стенкой купе с температурой $t_{\text{с}}$ и среднеобъемной температурой воздуха в вагоне обычно не превышает 1–2 К.

6. Процессы тепло- и влагообмена внутри вагона происходят практически независимо.

7. Температура металлического корпуса вагона при движении поезда, благодаря интенсивной наружной конвективной теплоотдаче, совпадает с температурой наружного воздуха.

8. На этапах подготовки к рейсу и при посадке пассажиров температура внутри вагона под воздействием вентиляторов и кондиционера принудительно плавно снижается до комфортной. При этом их тепловое воздействие не успевает достичь наружного металлического корпуса вагона.

Перечисленные особенности теплового режима вагона удается суммировать в виде трех математических допущений:

1) температурное поле воздуха, внутренних перегородок и деревянной обшивки наружных стенок вагона, благодаря очень развитой поверхности теплообмена (до 1000 м^2), на всех этапах остается близким к равномерному;

2) перепадом температуры между воздухом и стенками внутри вагона при анализе интегрального теплового баланса вагона можно пренебречь, так как он не превышает 5–10 % от перепада температуры в теплоизоляционном слое наружных стенок вагона;

3) теплоемкость тонкодисперсной изоляции вагона составляет малую долю от теплоемкости внутренних перегородок и деревянной обшивки вагона, поэтому ее влияние может учитываться упрощенно, в виде поправки.

Указанные допущения позволили резко упростить математическую модель вагона, позволив рассматривать его как термодинамический объект с сосредоточенными параметрами. Тепловой баланс такого объекта с пассажирами, кондиционером и наружной средой удается описать интегральными уравнениями, не содержащими пространственных координат.

Решение этих уравнений позволило получить выражения для оценки минимально допустимого на каждом этапе охлаждения значения температуры воздуха, показателя тепловой инерции вагона до некоторой конечной температуры при выбранном расходе воздуха.

Проведенный анализ высветил целый ряд болевых точек в современном подходе к решению проблемы обеспечения существующих пассажирских вагонов системами кондиционирования. В частности, напрашивается необходимость улучшения теплозащитных свойств и герметизации вагона. Энергетически выгодно на этом этапе предварительного охлаждения снижать температуру подаваемого в вагон холодного воздуха до 10 °С и ниже. Не в полной мере используются тепло- влажностные возможности воздуха. Решение этих вопросов связано с дальнейшим совершенствованием конструкции вагона и системы подачи воздуха в купе.

Актуальным остается создание более совершенной системы автоматического управления работой кондиционера, чутко реагирующей на все изменения тепловых и влажностных воздействий внешней среды. Усовершенствованная система управления кондиционером позволит ощутимо сократить энергетические затраты на его работу.

Тепловая инерционность вагона благотворно проявляется во время движения поезда, помогая без дополнительных энергетических затрат сохранять комфортные условия на промежуточных остановках. Однако на этапе подготовки пассажирского состава к очередному рейсу ситуация резко меняется. В жаркие дни вагоны с герметично закрытыми окнами способны перегреваться до 55 °С и их тепловая подготовка к рейсу даже в условиях интенсивной вентиляции может растягиваться на многие часы. Для снятия такой нежелательной ситуации в зонах отстоя экономически выгодно сооружать открытые солнцезащитные навесы. Это позволяет начинать подготовку вагона к рейсу непосредственно на этапе посадки пассажиров.

Список литературы

1. *Фаерштейн Ю. О., Китаев Б. Н.* Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах. — М.: Транспорт, 1984. — 272 с.

2. Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах и на локомативах / Маханько М. Г. и др. — М.: Транспорт, 1981. — 254 с.

3. Прикладная физика. Теплообмен в приборостроении / Г. М. Кондратьев, Г. И. Дульнев, Е. С. Платунов, Н. А. Ярышев. — СПб.: СПбГУИТМО, 2003. — 552 с.

УДК 629.454.22.048.3

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИОННОСТЬ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А. Л. Емельянов, В. В. Царь

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: info@petroclima.ru

Проблема индивидуального управления температурой воздуха в отдельно взятом помещении производственного здания, пассажирского вагона или каюты на судне привлекает пристальное внимание специалистов, разрабатывающих централизованные системы кондиционирования воздуха (СКВ). Она, в частности, диктуется новыми санитарно-техническими требованиями, а также желанием пассажиров и обслуживающего персонала путешествовать в более комфортных условиях [1]. При решении этой проблемы перед специалистами возникло одно принципиальное затруднение. Оно связано с отсутствием ясности в вопросе о тепловой инерционности воздуха в помещении, что влияет на грамотный выбор систем индивидуального автоматического управления температурой помещения, а точнее — воздуха в нем. Среди специалистов, в частности, широко распространено интуитивное убеждение, что температура в помещении практически всегда совпадает с температурой его стен. Но в условиях активного кондиционирования помещения такое убеждение чаще всего остается неоправданным. Поэтому при выборе системы управления температурой воздуха внутри помещения следует учитывать реальную тепловую инерционность вентиляционного воздушного потока, прогоняемого через помещение кондиционером. В докладе показано, что она оказывается значительно ниже тепловой инерционности стен помещения и исчисляется минутами, а не часами, что характерно для стен.

Для конкретности рассуждений проведен анализ тепловой инерционности воздуха в купе пассажирского вагона[1], опираясь на конкретные аналитические соотношения. Для этого учтены некоторые упрощающие особенности рассматриваемой задачи.

Температурное поле воздуха в основной, центральной зоне купе, благодаря естественной и принудительной конвекции, остается близким к равномерному, несмотря на низкую теплопроводность воздуха. Поэтому при анализе закономерностей теплообмена воздуха со стенками купе вполне может использоваться тепловая модель с центральным изотермическим ядром, окруженным теплоизоляционной оболочкой (толщина ~ 5 мм) с пренебрежимо малой теплоемкостью, удельная тепловая проводимость которой совпадает с коэффициентом теплоотдачи [2].

Корпус вагона, а вместе с ним и стенки купе, обладают большой (оцениваемой часами) тепловой инерционностью. Поэтому при анализе переходной стадии, которая возникает в условиях индивидуального регулирования температуры воздуха и, как показано ниже, продолжается около 5 минут, можно пренебрегать возможным изменением температуры $t_{\text{ст}}$ стенок купе.

В результате решения нестационарной задачи теплообмена воздуха со стенками купе показано, что показатель тепловой инерционности воздуха определяется выражением

$$\varepsilon = \frac{c\rho V}{\alpha F + c\rho L_0} = \text{const}. \tag{1}$$

Общую длительность переходных процессов, подчиняющихся экспоненциальной зависимости, при технических расчетах обычно оценивают величиной $\tau \geq 3\varepsilon$, так как за это время переходная стадия успевает практически завершиться (с погрешностью не более 5 %).

Из формулы (1) видно, что показатель ε характеризует внутреннюю тепловую инерционность воздуха в купе. Его величина зависит от полной теплоемкости $c\rho V$ находящегося в купе воздуха, коэффициента теплоотдачи α, площади F суммарной поверхности стенок и перегородок в купе, а также от расхода L_0 воздуха, принудительно прогоняемого через купе. Следовательно, ***внутренняя*** тепловая инерционность воздуха в купе не связана с индивидуальными особенностями системы регулирования.

Соответствующие расчеты показали, что для купе пассажирского вагонапараметр ε при расходе воздуха 400 м^3/час составляет 60 с, а при отсутствии вентиляции 150 с.

Решение рассматриваемой задачи позволило определить установившийся скачок температуры воздуха в купе $\Delta\Theta$, возникающий при принудительном увеличении входной температуры $t_{\text{вхб0}}$ на величину $\Delta t_{\text{вх}}$, а расхода воздуха G_0 — на величину ΔG:

$$\Delta\Theta = \frac{c\rho\left[(G_0 - \Delta G)\Delta t_{\text{вх}} - \Delta G(\Theta_0 - t_{\text{вх},0})\right]}{\alpha F + c\rho(G_0 - \Delta G)}. \tag{2}$$

[1]Полученные соотношения справедливы для любого отдельно взятого кондиционируемого помещения.

Выражение (2) может служить ориентиром при решении обратной задачи, когда возникает необходимость считать заданным параметр $\Delta\Theta$, а через него подбирать необходимые для этого скачки параметров $\Delta t_{\text{вх}}$ и ΔG. Здесь Θ_0 — установившееся значение температуры в купе.

Оценки показывают, что при температуре наружного воздуха $t_{\text{ср}} = 32\ ^\circ\text{C}$, $\Theta_0 = 22\ ^\circ$, $t_{\text{вх},0} = 12\ ^\circ\text{C}$, $G_0 = 0{,}039$ м^3/с. Если в купе вместо холодного воздуха скачком стал поступать наружный воздух с $G = 0{,}020$ м^3/с (т. е. при $\Delta G = -0{,}020\ ^\circ$м^3/с), то согласно (2), при $\alpha = 3$ Вт/(м^2·К) уже через 5 минут после скачка температура воздуха в купе повышается на $\Delta\Theta = 6{,}3$ К. Однако общий тепловой режим купе при этом будет оставаться неустановившимся, так как после скачка температуры внутри купе начинает действовать дополнительный тепловой поток

$$\Delta Q_{\text{х}} = -c\rho\left[(G_0 + \Delta G)(t_{\text{вх}} - \Delta\Theta) - \Delta G\Theta_0\right], \tag{3}$$

начинающий медленно повышать температуру стенок $t_{\text{ст}}$ купе. А это влечет за собой медленное повышение температуры Θ воздуха в купе. Оно будет суммироваться с найденным выше скачком $\Delta\Theta$ и в течение двух часов может дополнительно повыситься на 1–2 К.

Выводы

1. Показатель тепловой инерционности воздуха в купе близок к одной минуте, поэтому длительность переходных процессов при регулировании температуры воздуха в купе незначительна и не превышает 5 минут.

2. При регулировании температуры воздуха в купе следует учитывать, что основной скачок температуры воздуха происходит в течение первых 5 минут, а затем начинает проявляться очень медленное и слабо заметное изменение температуры стенок купе в сторону дальнейшего роста скачка.

3. Выбор тех или иных систем пассивного и активного регулирования температуры воздуха в помещении является самостоятельной задачей. Из приведенного выше теплового анализа следует, что для активного регулирования достаточно использовать простейшую электронную систему, которая управляла бы непосредственно температурой и расходом приточного воздуха в купе.

4. В летнее время в условиях кондиционирования при индивидуальном регулировании энергетически целесообразно, например, поочередно (с шагом 5 минут и более) прокачивать через купе два независимых воздушных потока с заметно различающимися температурами — один охлажденный в кондиционере (основной) и другой теплый наружный (вспомогательный). Если же кондиционер способен работать в режиме теплового насоса, то указанную систему индивидуального регулирования удается полностью сохранить и в зимнем периоде эксплуатации вагона. В этом случае наружный воздух позволит осуществлять управляемое снижение температуры воздуха в купе, если по одному воздуховоду в купе подается нагретый воздух, а по другому — наружный.

5. Анализ проблемы был проведен на примере пассажирского вагона, однако все основные результаты анализа остаются справедливыми и для жилых и производственных зданий, обслуживаемых централизованными СКВ.

Список литературы

1. *Жариков В. А.* Системы индивидуального регулирования температуры воздуха в купе пассажирских вагонов. ВЕСТНИК ВНИИЖТ. № 4. 2006.

2. *Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.* Теплопередача. Учебник для втузов. Изд. 3-е. М.: Энергия, 1975.

УДК 629.454.22.048.3

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

С. Е. Буравой, А. Л. Емельянов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

1. Обеспечение комфортных условий для проезда пассажиров и обслуживающего персонала является одной из важнейших задач на железнодорожном транспорте. В этом направлении по сравнению с советским периодом за последние 10 лет достигнут существенный прогресс. В конце 90-х гг. бывшим руководством Министерства путей сообщения была поставлена задача разработки соответствующих средств для пассажирских вагонов и локомотивов, появились новые научно-производственные предприятия, взявшиеся за решение указанной проблемы. С 2003 г. все новые, а также проходящие капитальный ремонт пассажирские вагоны и локомотивы, должны в безусловном порядке оснащаться системами кондиционирования.

2. Кондиционеры российских фирм разработаны для купейных, плацкартных и межобластных вагонов, унифицированы по посадочным и присоединительным размерам, алгоритмам и системам управления, имеют холодопроизводительность 20 и 28 кВт при номинальном режиме (температура на улице 40 °С, влажность 30 %), потребляют до 18–20 кВт электроэнергии в летний период, имеют массу от 480 до 780 кг и обеспечивают требуемый по санитарным нормам расход свежего воздуха (20÷30 м^3/час на одного пассажира). Производственные мощности указанных предприятий полностью обеспечивают потребности отрасли стран СНГ.

Для питания кондиционеров разработаны и серийно производятся преобразователи напряжения $= 110$ В/≈ 2203 Ф, пульты управления и блоки коммутации. Накоплен определенный опыт их эксплуатации, проводится работа по дальнейшему совершенствованию всего комплекса (кондиционер-преобразователь-система управления), по созданию и испытанию новых образцов, в том числе основанных на принципиально ином подходе, создана структура по обслуживанию СКВ на пассажирских вагонах.

3. Для кабин управления локомотивов, электропоездов, рельсовых автобусов и трамваев российскими производителями разработаны различные кондиционеры с холодопроизводительностью от 2 до 6 кВт. В основном здесь используются кондиционеры с компрессионной холодильной машиной, но имеются разработки с термоэлектрическим способом охлаждения. Созданная конкурентная среда почти десятка российских производителей позволяет говорить о решении проблемы в целом и надеяться на дальнейший прогресс в этом направлении.

4. Вместе с тем в решении столь важной проблемы — обеспечение комфортных условий для пассажиров — имеются и существенные недостатки.

Энергопотребление всей УКВ представляется весьма завышенным.

В эксплуатации на сети железных дорог находится большое число плацкартных и купейных вагонов, не оборудованных УКВ, а на купейных вагонах модели 47К производства ГДР кондиционеры типа МАВ-2 являются технически и морально устаревшими. Представляется совершенно необходимым оборудование этих вагонов современными кондиционерами в процессе капитального ремонта.

Кондиционеры российских фирм в основном расположены под крышей вагона и по общему конструктивному исполнению по существу повторяют разработку немецкой фирмы «Hagenuk» 40-летней давности. Подкрышевое исполнение моноблочных кондиционеров серьезно затрудняет их обслуживание и ремонт. В то же время европейские производители уже давно выпускают данную продукцию в крышевом исполнении (на крыше, либо в специальной нише) с отличным доступом ко всем элементам аппаратов.

Важнейшей проблемой является надежность и эффективность работы всей цепочки кондиционер-преобразователь-система управления. Количество отказов в этих устройствах, сбои в работе автоматики и в их программах слишком многочисленны и вызывают недоверие к этим системам со стороны обслуживающего персонала. С другой стороны, проявляется и недостаточная квалификация проводников, которые зачастую не умеют пользоваться кондиционерами и иногда просто их не включают. В результате усилия конструкторов и производителей, а также затраченные серьезные средства оказываются невостребованными.

В сети железных дорог служба сервиса и ремонта установок кондиционирования воздуха развита явно недостаточно. Современные кондиционеры требуют периодичной чистки воздушных фильтров (не реже одного раза в месяц), либо их замены. Работники соответствующих служб депо не обучены их обслуживанию и часто не могут определить причины отказов в указанной выше цепочке.

5. Накопленный опыт позволяет сформулировать следующие основные задачи в этой области.

СКВ может и должна иметь гораздо меньшее энергопотребление, значительно меньшую массу, обеспечивать не только охлаждение воздуха в вагоне в летний период, но и его подогрев в переходный и зимний периоды. Должны быть существенно улучшены эксплуатационные характеристики СКВ при обслуживании вагонов в условиях движения и в депо. Наконец, должно быть предусмотрено покупейное управление параметрами микроклимата.

Рассмотрим эти требования более подробно.

а) *Кондиционер должен иметь высокоэффективный энергосберегающий режим отопления «Тепловой насос»*, обеспечивающий отопление вагона с экономией до 10 кВт мощности на вагон в переходный период весна и осень (до температуры $-5\,^{\circ}$C на улице котел отопления можно не включать). При наличии этого режима в пересчете на состав из 15 железнодорожных вагонов годовая экономия электроэнергии может составить не менее 324000 кВт·час (10 кВт $\times$ 15 вагонов $\times$ 6 месяцев $\times$ 30 дней $\times$ 0,5). В России имеется опыт создания кондиционеров с этим режимом: в настоящее время в эксплуатации находится более 300 пассажирских вагонов с кондиционерами, имеющими режим отопления «тепловой насос». Представляется весьма перспективным использование этого режима для юга России и всей территории Украины.

б) *Номинальная холодопроизводительность кондиционера* для пассажирских вагонов может быть уменьшена до 15–18 кВт в зависимости от населенности и при условии совершенствования конструкции вагона (теплоизоляция воздуховодов, теплоотражающие покрытия на окна и т. п.). Кондиционер должен питаться непосредственно от поездной магистрали напряжением 600 В, либо подвагонного генератора напряжением 110 В постоянного тока. Подвагонный преобразователь напряжения 110/220 В должен быть исключен, либо установлен внутрь кондиционера.

в) *Масса кондиционера должна быть существенно уменьшена* (на 250-300 кг) за счет применения легких сплавов и уменьшения требований по номинальной холодопроизводительности до 20 кВт. Если при этом будет исключен и подвагонный преобразователь, то за счет использования прогрессивных технических решений масса СКВ в целом может быть уменьшена на 500–600 кг на один вагон.

г) *Важным резервом уменьшения стоимости* комплекса является переход на питание вентиляторов кондиционера постоянным током непосредственно от генератора и подвагонного аккумулятора (без преобразователя). Такой подход позволяет, в частности, обеспечить бесперебойную подачу наружного воздуха в аварийных ситуациях и на остановке до 22 часов при соблюдении санитарных норм по расходу воздуха.

д) *Кондиционер должен иметь крышевое исполнение*, т. е. доступ внутрь с крыши вагона. Такое построение соответствует мировой тенденции. Существующие в России конструктивные решения для кондиционеров были приняты более 25 лет назад и не обеспечивают необходимых удобств при их эксплуатации и обслуживании, как в движении, так и в депо.

е) *Система кондиционирования, вентиляции и отопления должна работать полностью в автоматическом режиме*, в том числе и в режиме «тепловой насос». Задача проводника — только нажать кнопку «Пуск». Все остальное должна обеспечивать автоматика. Проводник должен быть освобожден от выбора режима работы УКВ. Более того, система автоматики должна и может управлять не только кондиционером, но и температурой в вагоне в зимний период, т. е. отоплением вагона. В том числе включением и выключением водяного отопления котла. Контроль за работой систем во всех вагонах поезда должен осуществляться из купе бригадира или начальника поезда. Подобные системы в настоящее время созданы и успешно эксплуатируются. Более того, на сегодня принципиально возможно передавать информацию о работе всех систем жизнеобеспечения вагона в единый центр контроля.

ж) *Санитарные нормы* устанавливают параметры воздуха в купе и требуемый расход наружного воздуха на каждого пассажира. Однако, ощущение комфорта является сугубо индивидуальным и расчет на «среднего, условного человека» не всегда оправдан и связан не только с температурой, но и подвижностью воздуха в купе. Поэтому система кондиционирования в купейных вагонах «люкс» и первого класса должна предусматривать возможность индивидуального управления не только температурой, но и расходом воздуха. Очевидно, что для создаваемых вагонов класса «люкс», рассчитанных на 3–4 купе, следует нормировать не только температуру и расход воздуха, но в не меньшей степени — кратность воздухообмена и влажность воздуха. В арсенале разработчиков УКВ для пассажирских вагонов имеются технически обоснованные решения по созданию этих систем с покупейным управлением не только температурой, но также расходом воздуха и влажностью. Показательно, что эти решения не требуют дополнительных энергетических затрат.

Наконец, существенно должна быть повышена надежность всей системы, а гарантийный срок увеличен до 5 лет.

з) Кондиционеры российских производителей в основном используют компрессоры и вентиляторы зарубежного производства. Учитывая достаточно большую потребность в этих изделиях, необходимо наладить их производство в России.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛО И ХЛАДОТЕХНИКИ

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЗЕОТРОПНОЙ СМЕСИ R404A НА ЛИНИИ КИПЕНИЯ

О. Б. Цветков, Ю. А. Лаптев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: MAX_IAR@gunipt.spb.ru

Бинарные и многокомпонентные растворы широко используются в качестве рабочих веществ низкотемпературных систем, в частности, бинарные и тройные смеси R404A, R407C, R410A, R507 и др.

Холодильный агент R404A — тройная зеотропная смесь, состоящая из хладагентов: R125 (44 % по массе), R134a (4 %) и R143a (52 %). Первоначально R404A был предназначен для замены R22 и запрещенного хладагента R502. Зеотроп R404A имеет небольшой температурный глайд. Потенциал глобального потепления R404A превышает потенциал диоксида углерода в 3850 раз [1, 2].

Характеристики хладагента R404A приведены в табл. 1.

Наиболее последовательными в развитии теории теплового движения в жидкостях являются работы А. С. Предводителева и Л. П.Филиппова. В монографиях [3–6] для описания концентрационной, температурной и барической зависимостей теплопроводности представлены, в основном, соотношения для бинарных растворов, апробированные методы расчета теплопроводности многокомпонентных систем (тройных, четверных и т. д.) менее разработаны.

Теплопроводность бинарных смесей часто считают по аддитивности

$$\lambda_{\text{р}}^{\text{ад}} = \lambda_1\xi_1 + \lambda_2\xi_2, \tag{1}$$

где ξ_i, λ_i — массовая концентрация и теплопроводность компонентов смеси соответственно.

Результаты измерений теплопроводности 38 бинарных систем не подтвердили правило аддитивности, поскольку оно дает сравнительные грубые оценки, особенно, если молекулярные массы компонентов разнятся в два и более раз [6]. Несколько лучшие результаты получены по аддитивности для бинарных растворов нормальных полярных жидкостей (если их молекулярные массы расходятся не более чем на 25 %), а также для систем, где один компонент — ассоциированная или полярная жидкости, а второй — нормальная жидкость, причем отношение молекулярных масс компонентов невелико и не превосходит 1,7 или для бинарных растворов полярных жидкостей, одна из которых — ассоциированная, если молекулярные массы компонентов близки [6].

Теплопроводность для структур с взаимопроникающими компонентами может быть рассчитана согласно [7]

$$\lambda_{\text{р}} = \lambda_1\left[C^2 + \nu(1-C)^2 + \frac{2\nu C(1-C)}{\nu C + 1 - C}\right], \tag{2}$$

где величина C связана с объемной концентрацией второго компонента,

$$\nu = \lambda_2/\lambda_1, \tag{3}$$

λ_p, λ_1, λ_2 коэффициенты теплопроводности соответственно раствора и его компонентов.

Таблица 1

Термодинамические характеристики хладагента R404A

M, кг/кмоль	t_0, °C	$t_{\text{кр}}$, °C	$p_{\text{кр}}$, МПа	$\rho_{\text{кр}}$, кг/м^3	θ, °C (глайд)	Группа опасности
97,6	–46,60	72,14	3,74	485,0	0,7	A1/A1

Примечание: t_0 — нормальная температура кипения; $t_{\text{кр}}$, $\text{р}_{\text{кр}}$, $\rho_{\text{кр}}$ — критические температура, давление и плотность соответственно; A1 — группа опасности по Евростандарту EN 378-1.

По Л. П. Филиппову и Н. С. Новоселовой [3, 4] теплопроводность бинарной смеси аппроксимируется формулой

$$\lambda_{\text{р}} = \lambda_1\xi_1 + \lambda_2\xi_2 - k\xi_1\xi_2, \tag{4}$$

где коэффициент k в (4) пропорционален разности $\lambda_1 - \lambda_2$

$$k = \alpha\,|\lambda_1 - \lambda_2|\,. \tag{5}$$

Для растворов нормальных жидкостей $\alpha \approx 0{,}72$. В работах Л. П. Филиппова при расчетах теплопроводности использованы массовые концентрации, как соответствующие закономерностям поведения теплопроводности бинарных растворов.

Отметим, что в работе [6] коэффициент k представлен в виде

$$k = 0{,}008\lambda_2/\lambda_1. \tag{6}$$

Теплопроводность жидких растворов по Риделю находят как сумму [3]

$$\lambda_{\text{р}} = x_1\lambda_1 + x_2\lambda_2 - fbx_1x_2, \tag{7}$$

где f — функция стандартных теплот парообразования.

По экспериментальным данным о теплопроводности бинарных жидких смесей хладагентов R22–R115, R22–R13B1, R22–R142b и R22–R152a в области низких температур в работах [8, 9] предложено соотношение

$$\lambda_{\text{р}} = (1 - \beta\xi_1\xi_2)(\lambda_1\xi_1 + \lambda_2\xi_2). \tag{8}$$

Параметр бинарного взаимодействия β оказался равным 0,2. В дальнейшем для смесей жидких хладагентов R12 и R13, R13 и R14 на линии насыщения значение коэффициента β оказалось для системы R12–R13 равным 1 и $\beta = 0{,}35$ для системы R13–R14 [10].

С помощью зависимости (8) успешно обобщили данные о теплопроводности смеси R12 и R22 [11]. При изучении теплопроводности растворов жидких хладагентов R14 и R22, R152a и R218 в широком диапазоне приведенных температур и давлений коэффициент β оказался одинаковым и равным — 0,0225. По мнению [11, 12], коэффициент β может зависеть от плотности компонентов.

Литературные данные о теплопроводности R404A в жидкой фазе немногочисленны. В представленной работе теплопроводность R404A рассчитывали последовательно:

— по закону аддитивности как

$$\lambda_{\text{р}}^{\text{ад}} = \lambda_1\xi_1 + \lambda_2\xi_2 + \lambda_3\xi_3, \tag{9}$$

— по закону обратной аддитивности, согласно

$$1/\lambda_{\text{р}} = \xi_1(1/\lambda_1) + \xi_2(1/\lambda_2) + \xi_3(1/\lambda_3), \tag{10}$$

— с помощью зависимости (8) в форме

$$\lambda_{\text{см}} = \lambda_{\text{см}}^{\text{ад}}[1 - B\xi_1\xi_2(1 - \xi_3)]. \tag{11}$$

Коэффициент B зависит от температуры

$$B = a + bT, \tag{12}$$

где a $= -0{,}72$; $b = 0{,}0035$; T — в K.

Значения теплопроводности жидкого R404A на линии насыщения, рассчитанные по (11) и (12), приведены в табл. 2.

Отклонения данных, согласно

$$\delta = 100(\lambda_{\text{расч}} - \lambda_{\text{лит}})/\lambda_{\text{расч}}, \tag{13}$$

представлены в табл. 3.

Таблица 2

Теплопроводность насыщенной жидкости R404A

Хладагент	Теплопроводность, Вт/(м·К) при температуре, °С												
	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60
R404A	0,1031	0,0983	0,0931	0,0879	0,0834	0,0785	0,0745	0,0703	0,0664	0,0625	0,0583	0,0542	0,0506

Таблица 3

Отклонения расчетных значений теплопроводности хладагента R404A от литературных данных [13–15]

t, °С	Отклонения, %		
	[13]	[14]	[15]
−50	−2,33	2,24	—
−40	−2,90	1,07	−0,32
−20	−3,60	−0,84	0,24
0	−4,43	−2,01	1,61
20	−4,67	−2,41	3,46
40	−4,46	−2,23	4,29
50	−4,80	−3,14	3,69

Погрешность расчетных значений (табл. 2) для доверительной вероятности 0,95, по нашей оценке, — не более ±4 %.

Список литературы

1. *Калм Д. М., Доманский П. А.* Статус-кво с заменой R-22 // Известия СПбГУНиПТ. — 2008. — Вып. 1. — С. 28–36.

2. *Цветков О. Б.* Современные хладагенты, хладоносители и проблемы экологии // Холодильная техника. — 2008. — № 1. — С. 30–34.

3. *Филиппов Л. П.* Исследование теплопроводности жидкостей. — М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. — 240 с.

4. *Филиппов Л. П.* Методы расчета и прогнозирования свойств веществ. — М.: Изд-во. МГУ, 1988. — 252 с.

5. *Цедерберг Н. В.* Теплопроводность газов и жидкостей. — М.-Л.: Госэнергостандарт, 1963. — 408 с.

6. *Мухамедзянов Г. Х., Усманов А. Г.* Теплопроводность органических жидкостей. — Л.: Химия, 1971. — 116 с.

7. *Дульнев Г. Н., Заричняк Ю. П.* Теплопроводность смесей и композиционных материалов. — Л.: Энергия, Ленингр. отд., 1974. — 264 с.

8. *Цветков О. Б.* Теплопроводность холодильных агентов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 220 с.

9. *Асамбаев А. Ж., Цветков О. Б., Лаптев Ю. А.* Теплопроводность хладагентов R142b, R152a, жидких двойных систем R22-R142b и R22-R152a в области низких температур // Тез. докл. Всесоюзн. НТК. — Л., 1991. — С. 3–4.

10. *Марковцев Б. Г.* Закономерности изменения теплопроводности жидких холодильных агентов и их бинарных смесей на основе галогенпроизводных метана в области низких температур, включая окрестность критической точки // Дисс. ... канд. техн. наук. — Л.: ЛТИХП, 1984. — 270 с.

11. *Михно Ю. А., Геллер В. З.* Теплопроводность жидких многокомпонентных хладагентов на линии насыщения // Холодильная техника. — 1984. — № 11. — С. 39–40.

12. Thermal conductivity of multicomponent working media used in cryogenic refrigeration systems / B. A. Grigoryev, S. V. Ilyshenko, V. Z. Geller, M. A. Likhzky // Thermodynamic properties: Proc. 1st Asian Thermophysical Conference, Bejing, China. — 1986. — P. 569–576.

13. Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R404A. — IIR, 2001. — 21 p.

14. *Spindler K., Hoffman N., Heine E.* Warmeleitfahigkeit von HFKW- Gemishen // Luft- und Kaltetechnik. — 1997. — N 1. — S. 17–21.

15. *Lee S. N., Kim M. S., Ro S. T.* Measurement of the thermal conductivities of 1,1,1-trifluoroethane (R143a) and R404A in the liquid phase // Proc. 14th Thermophysical Conference, Boulder, USA. — 2000. — 13 p.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-08-00350).

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА МОЛЕКУЛЯРНОГО МАССОПЕРЕНОСА

А. Ф. Богатырев, М. А. Незовитина

ГОУ ВПО МЭИ (ТУ), г. Смоленске

Обычно молекулярный тепло- и массоперенос протекает в неизотермических условиях. При его расчетах возникает вопрос о выборе характеристик массопереноса, в частности, их отнесение к той или иной средней температуре. При наличии аналитической зависимости этих характеристик и известном профиле температурного поля возможно нахождение среднего значения путем интегрирования, однако в многих случаях это невозможно. Очень часто поэтому в качестве средней температуры (характеристической) молекулярного массопереноса выбирают одну из средних температур: арифметическую $\overline{T_{\rm a}} = (T_1 + T_2)/2$, геометрическую $\overline{T_{\rm r}} = \sqrt{T_1 T_2}$ и логарифмическую $\overline{T}_{\ln} = T_1 T_2 \ln(T_2/T_1)/(T_2 - T_1)$, используемую обычно в расчетах по формулам строгой кинетической теории.

Рассмотрим метод нахождения характеристической средней температуры молекулярного массопереноса в частном случае бинарных систем. Используя уравнение для потока одного из компонент смеси газов [1], можно получить следующее дифференциальное уравнение, описывающее молекулярный массоперенос в неизотермических условиях:

$$\frac{\mathrm{d}\,(\Delta C_\tau)}{\mathrm{d}\,t} + \frac{1}{\tau}\Delta C_\tau = \frac{1}{\tau}\int\limits_{T_1}^{T_2} K_T \mathrm{d}\,\ln T, \tag{1}$$

где ΔC_τ — изменение концентрации за время τ;

$$\tau = K_1 \left(\frac{L}{S}\right)\left(\frac{T}{D_{12}}\right)_{cp};$$

$K_{\rm T} = \dfrac{D_T}{D_{12}}$ — термодиффузионное отношение; T, t — температура и время соответственно; D_T и D_{12} — соответственно коэффициенты термодиффузии и диффузии бинарной смеси; L и S — соответственно длинна и площадь, на которых рассматривается молекулярный массоперенос; K_1 — поправка на отклонение от квазистационарного состояния.

Решение (1) в первом приближении может быть получено в виде:

$$\Delta C_\tau = \Delta C + [\Delta C_0 - \Delta C]\exp\left(-t\,(1+\delta_D)\right), \tag{2}$$

где ΔC_0 и ΔC — соответственно начальное и равновесное значение ΔC_τ, δ_D — выражается через экспериментально находимые $C_i^{T_i}$, а также геометрические и термодиффузионные характеристики системы газов.

Из соотношений (1) и (2), можно получить следующее выражение для среднего значения D_{12}/T:

$$\left(\frac{D_{12}}{T}\right)_{cp} = \frac{L\ln\dfrac{\Delta C_0 - \Delta C_i}{\Delta C_\tau - \Delta C}}{tS\,(1+\delta_D)\left(\dfrac{T_1}{V_1} + \dfrac{T_2}{V_2}\right)}, \tag{3}$$

где V_1 и V_2 соответственно объем газа, находящегося при температуре T_1 и T_2.

В большинстве случаев температурную зависимость коэффициента взаимной диффузии газов можно представить в виде степенной [2]. Используя это и соотношение (3) получим следующее выражение для вычисления средней температуры:

$$\lg \bar{T} = \frac{n\lg T_2 + \lg\left(\dfrac{D_{12}}{T}\right)_{cp} - \lg D_{12}^0}{n-1}, \tag{4}$$

где n — показатель степени температурной зависимости КВД газов для большинства пар газов лежит в пределе 1,6÷1,8; D_{12}^0 — коэффициент взаимной диффузии при температуре T_1.

Если провести измерения взаимной диффузии газов в неизотермических условиях, то, как показано в работе [3], из таких экспериментов можно вычислить отношение $(D_{12}/T)_{cp}$.

С этой целью с помощью двухколбового прибора нами были выполнены измерения коэффициентов взаимной диффузии некоторых пар газов. Для измерений пользовались двухколбовым прибором, изготовленным из нержавеющей стали. Объемы цилиндрических колб при $T = 295$ K равны: для верхней (горячей) 959,2 см^3, для нижней (холодной) 624,8 см^3. Диаметр и длина соединительной трубки соответственно равны 0,306 см и 13,0 см. Верхняя колба нагревалась с помощью электрического нагревателя, нижняя охлаждалась водой. Равномерность поля температур в верхней колбе была не хуже 0,5°, в нижней — 0,1°. Точность поддержания температуры верхнего сосуда 0,1°, нижнего — 0,05 °C. Анализ смеси после диффузии проводился на интерферометре ИТР-1. Результаты некоторых измерений приведены в таблице.

Значения показателя степени в температурной зависимости брались из работы [2]. Как видно из таблицы, при малых перепадах температур между горячей и холодной областями, значение средней температуры, найденное из эксперимента, больше, чем любое из средних. При больших перепадах температур значение средней температуры лежит между средней арифметической и средней геометрической температурами.

Из проведенных исследования следует, что средняя характеристическая температура процессов молекулярного массопереноса является довольно существенной функцией физических свойств самих газов.

Во многих задачах расчета молекулярного массопереноса полагают, что распределение температур является линейным или квазилинейным, нахождение средней температуры в этом случае существенно упрощается.

Для случая линейного распределения температур справедливо следующее соотношение:

$$\left(\frac{D_{12}}{T}\right)_{cp} = \frac{T_0^n}{D_o}\frac{(2-n)(T_2-T_1)}{T_2^{2-n}-T_1^{2-n}}, \tag{5}$$

где T_2 и T_1 — соответственно температуры более горячей области газа и более холодной.

Метод усреднения, примененный при получении правой части формулы (5), позволяет также вывести выражение для средней характеристической температуры процессов молекулярного массопереноса газов в неизотермических условиях. При решении этой задачи воспользуемся формализмом, принятым при сравнении теории с экспериментом, а именно, будем считать, что локальные характеристики, применяемые в теории, можно заменить некоторыми средними величинами, которые отождествляются с полученными в опыте их интегральными значениями. Тогда окончательный результат для $\bar{T}$ можно записать в следующем виде:

$$\bar{T} = \left[\frac{(2-n)(T_2-T_1)}{\left(T_2^{2-n}-T_1^{2-n}\right)}\right]^{1/n-1}. \tag{6}$$

Значения экспериментальных средних температур,
вычисленных из измерений взаимной диффузии в неизотермических условиях

T_1, K	T_2, K	$(D_{12}/T)_{\text{ср}}$	$\overline{T}$, K (экспер.)	$\overline{T}$, K (логар.)	$\overline{T}$, K (геом.)	$\overline{T}$, K (арифм.)
1	2	3	4	5	6	7
He–Ar ($\lg D_{12} = 1{,}700 \lg T - 4{,}3352$)						
295,0	600,0	0,003312	447,8	410,2	418,9	447,5
295,0	800,0	0,003588	502,1	465,1	484,8	547,5
295,0	1000,0	0,003846	553,9	510,2	542,9	647,5
He–H_2 ($\lg D_{12} = 1{,}678 \lg T - 3{,}9585$)						
295,0	600,0	0,006712	449,3	410,2	418,9	447,5
295,0	800,0	0,007786	534,8	465,1	484,8	547,5
295,0	1000,0	0,008679	628,3	510,2	542,9	647,5
H_2–Ar ($\lg D_{12} = 1{,}721 \lg T - 4{,}3399$)						
295,0	800,0	0,003964	491,3	465,1	484,8	547,5
295,0	1000,0	0,004132	548,2	510,2	542,9	647,5

Из формулы (6) следует, что температура отнесения $\bar{T}$ (средняя температура) зависит от граничных условий среды и диффузионных свойств исследуемой пары газов. Кроме того, необходимо иметь в виду, что при получении формулы (6) мы учитывали вид распределения температуры вдоль диффузионного пути. Если он отличен от линейного, то и вид формул (5) и (6) изменится. Все это объясняет существующее в литературе разнообразие методов расчета температуры отнесения.

Вычислив по формуле (6) среднюю температуру, мы можем найти с высокой точностью и среднее значение коэффициента диффузии для данного неизотермического процесса, что бывает необходимо при решении ряда теплофизических задач.

Список литературы

1. *Белалов В. Р., Богатырев А. Ф., Незовитина М. А.* Перенос массы в газовых смесях при наличии градиента температуры // Мат. докл. НКТЭ-2006. Казань, 2006. — С. 89–92.

2. *Косов Н. Д., Солоницын Б. П.* Температурная зависимость коэффициентов самодиффузии и взаимной диффузии газов // В сб. Теплофизические свойства веществ и материалов. М.: Изд-во стандартов, 1982. Вып. 17. — С. 4–21.

3. *Mason E. A.* Weissman Stanley. Gaseous diffusion in temperature gradient. Phys. Fluids. 1965. — Vol. 8. N 7. — P. 1240–1244.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Б. И. Руднев, О. В. Повалихина

ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», г. Владивосток

Современные тенденции развития дизелей связаны, прежде всего, с увеличением их удельной мощности, улучшением экономических и экологических характеристик. Это обуславливает появление целого ряда проблем, важнейшей из которых является возрастание теплонапряженности деталей, образующих камеру сгорания (КС). Взаимодействие рабочего тела со стеками КС приводит к крайне неравномерному тепловому нагружению ее деталей. Высокие локальные тепловые потоки на указанных поверхностях являются основной причиной низкой эксплуатационной надежности современных форсированных дизельных двигателей.

Вместе с тем процессы локального радиационного и конвективного теплообмена между рабочим телом и стенками КС все еще остаются недостаточно изученными. Достоверная расчетная оценка теплового и напряженно-деформированного состояния деталей цилиндропоршневой группы, как на стадии проектирования, так и при доводке конструкций вызывает серьезные трудности. Они обусловлены, главным образом, правильностью задания локальных граничных условий со стороны рабочего тела. В связи с этим создание надежных, экспериментально обоснованных расчетно-теоретических методов исследования локального радиационного и конвективного теплообмена в КС дизелей является весьма сложной и актуальной проблемой. Ее решение позволит значительно повысить уровень проектирования дизелей, в том числе с применением систем автоматизированного проектирования и получить большой экономический эффект за счет уменьшения затрат на проектирование и экспериментальную доводку двигателей.

Математическая модель (ММ) конвективного теплообмена в КС дизеля, разработанная авторами, предусматривает расчетное определение локальных потоков этого вида переноса теплоты для поверхностей крышки цилиндра, поршня и втулки как функции угла поворота коленчатого вала (ПКВ). При этом рабочее тело в КС дизеля рассматривается условно состоящим из ядра потока и турбулентного пограничного слоя. Выполненными расчетными оценками установлено, что для дизеля типа 8 ЧН 13/14 и аналогичных ему скорость звука в КС лежит в пределах $a = 520 \div 880$ м/с. В то же время величина скорости рабочего тела в дизелях с КС типа ЯМЗ и им подобных укладывается в диапазон $v = 10 \div 70$ м/с. Сопоставление последних со скоростями звука показывает, что условие $v < 0{,}25\,a$ выполняется во всем диапазоне угла ПКВ, при котором передается основная часть теплоты от рабочего тела к стенкам деталей, образующих КС (процессы сгорания и расширения рабочего тела). Подробный анализ системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена применительно к КС дизелей показал, что течение рабочего тела в ядре потока можно считать невязким. Кроме этого в дизелях, имеющих КС типа ЯМЗ, ЦНИДИ, КАМАЗ и им подобных, движение рабочего тела в ядре потока можно считать осесимметричным и перейти от трехмерной к двухмерной постановке задачи.

При этом система уравнений, описывающих фундаментальные законы сохранения массы, импульса и энергии применительно к течению рабочего тела в потенциальном ядре потока в КС дизеля, представлена в виде

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial (rv)}{\partial r}\right) = 0; \tag{1}$$

$$\rho\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial z} = 0; \tag{2}$$

$$\rho\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial r} = 0; \tag{3}$$

$$\rho\frac{\partial E}{\partial t} + p\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial (rv)}{\partial r}\right) = 0, \tag{4}$$

где u, v — вертикальная (осевая) и радиальная проекции вектора скорости рабочего тела в КС; p, ρ, E — давление, плотность и внутренняя энергия рабочего тела; z, r — вертикальная (осевая) и радиальная координаты цилиндрической системы; t — время.

Уравнения (1)–(4) решались численно на ЭВМ по специально разработанной программе. В результате были получены поля скорости, температуры, плотности и давления рабочего тела в объеме КС при различных углах ПКВ. В дальнейшем они были использованы как входные параметры для расчета локального конвективного теплового потока. Расчетная зависимость для локальной плотности конвективного теплового потока построена на локальном соотношении энергии для турбулентного пограничного слоя

$$\mathrm{St} = C\mathrm{Re}_L^{-m/(1+m)}\psi_T\Delta T^m \times \left[\int\limits_0^{\tilde{x}} \psi_T \Delta T^{1+m}\mathrm{d}\,\tilde{x}\right]^{-m/(1+m)}, \qquad (5)$$

где C — константа; Re_L — число Рейнольдса, построенное по характерному размеру поверхности; ψ_T — коэффициент, учитывающий влияние неизотермичности на теплоотдачу; $\Delta T = T_w - T_\infty$ — температурный напор.

Полученное локальное значение критерия Стентона в совокупности с локальными значениями скорости, температуры, плотности и теплоемкости рабочего тела однозначно определяют локальную плотность конвективного теплового потока:

$$q_w = C_{p\infty}\rho_\infty W_\infty \Delta T^{m+1} C\mathrm{Re}_L^{-m/(1+m)}\psi_T \times \left[\int\limits_0^{\tilde{x}} \psi_T \Delta T^{1+m}\mathrm{d}\,\tilde{x}\right]^{-m/(1+m)}, \qquad (6)$$

где $C_{p\infty}$, ρ_∞, W_∞ — изобарная теплоемкость, плотность и скорость рабочего тела в КС.

Выполненные на ЭВМ расчеты с использованием зависимости (6) позволили получить распределение локальной плотности конвективного теплового потока по всем поверхностям КС. В частности, для поверхности крышки цилиндра он составил $1{,}2 \cdot 10^6 \div 2{,}3 \cdot 10^6$ Вт/м^2.

Для обоснованного расчета локального радиационного теплового потока, передаваемого пламени к стенкам КС, необходимо располагать надежными данными по температуре пламени и его интегральной степени черноты, радиационным свойствам поверхностей и оптико-геометрическим характеристикам системы в целом. В результате проведенного анализа особенностей излучения пламени в КС дизелей установлено, что основным излучателем в ней являются частицы сажи, имеющие сплошной спектр излучения. В ходе исследований показано, что основными факторами, влияющими на интенсивность излучения дизельного пламени, являются: температура, оптическая толщина излучаемого слоя, размеры и концентрация излучающих частиц сажи с осредненным диаметром $\approx$ 0,05 мкм [1]. Основу ММ для расчета радиационных тепловых потоков составляет зональный метод [2].

Применение зонального метода для расчета локального радиационного теплового потока в КС дизеля требует знания локальных температур пламени. Ранее одним из авторов доклада было выполнено экспериментальное исследование, в котором регистрировались локальные температуры пламени в КС дизеля 8 ЧН 13/14 [3]. Указанные данные могут быть использованы в зональном методе с целью определения локальных радиационных тепловых потоков в КС дизелей. При этом кроме локальных температур пламени и локальных концентраций сажи необходимо знание величины интегральной степени черноты дизельного пламени. Ее величина оценивалась по зависимости, полученной в [3].

Было также установлено, что влиянием эффективных потоков излучения поверхностей деталей, образующих КС, можно пренебречь, т. к. они при температурах излучателя в пределах 2200–2500 К на два порядка меньше соответствующих падающих потоков.

Проведенная аппроксимация исходных интегральных уравнений, описывающих фундаментальную постановку задачи радиационного теплообмена, соответствующей системой алгебраических уравнений и ее модификация в части учета эффективного излучения позволили предложить для расчета падающих на поверхности крышки цилиндра, втулки и поршня радиационных потоков систему уравнений следующего вида:

$$E_{\text{пад}}(\mathrm{M}_1) = E_{\text{соб}}(\mathrm{M}_{v_1})^{\psi}(M_{v_1}, F_1) + E_{\text{соб}}(M_{v_2}) \times \psi(M_{v_2}, F_1) + E_{\text{соб}}(M_{v_3})^{\psi}(M_{v_1}, F_1), \qquad (7)$$

$$E_{\text{пад}}(M_2) = E_{\text{соб}}(M_{v_1})^{\psi}(M_{v_1}, F_2) + E_{\text{соб}}(M_{v_2}) \times \psi(M_{v_2}, F_2) + E_{\text{соб}}(M_{v_3})_{\psi}(M_{v_1}, F_2), \qquad (8)$$

$$E_{\text{пад}}(M_3) = E_{\text{соб}}(M_{v_1})_{\psi}(M_{v_1}, F_3) + E_{\text{соб}}(M_{v_2}) \times \psi(M_{v_2}, F_3) + E_{\text{соб}}(M_{v_3})^{\psi}(M_{v_1}, F_3), \qquad (9)$$

где $E_{\text{пад}}(\mathrm{M}_i)$ — падающий поток излучения для соответствующей поверхности КС; $E_{\text{соб}}(M_{v_i})$ — собственный поток излучения локальной объемной зоны в КС; $E_{\text{рез}}(\mathrm{M}_i)$ — результирующий поток

излучения на поверхности КС; $\psi\left(\mathrm{M}_{v_i}, F_i\right)$ — обобщенный угловой коэффициент излучения локальной объемной зоны M_{v_i} на поверхность КС F_i; F_1, F_2, F_3 — поверхности крышки цилиндра, втулки и поршня соответственно.

Обобщенные угловые коэффициенты излучения от локальных объемных зон представлены в ММ как произведение угловых коэффициентов и параметра Бугера, учитывающего поглощение излучения в объеме КС.

Система уравнений, содержащая приведенные выше зависимости для падающего потока излучения, решалась на ЭВМ по специальной программе в квазистационарном представлении. В результате были получены локальные радиационные тепловые потоки для всех поверхностей КС. Применительно к исследуемому двигателю 8 ЧН 13/14 они составили от $1{,}6 \cdot 10^5$ до $5{,}9 \cdot 10^5$ Вт/м^2. В соответствии с принятым в ММ допущением

$$E_{\text{рез}}\left(M_1\right) \approx E_{\text{пад}}\left(M_1\right); \tag{10}$$

$$E_{\text{рез}}\left(M_2\right) \approx E_{\text{пад}}\left(M_2\right); \tag{11}$$

$$E_{\text{рез}}\left(M_3\right) \approx E_{\text{пад}}\left(M_3\right). \tag{12}$$

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных по указанным тепловым потокам для различных поверхностей КС дизеля 8 ЧН 13/14 показало их хорошее совпадение, отличие составляло в среднем 15–20 % [4].

Разработанные ММ позволяют еще на стадиях проектирования и доводки дизельных двигателей с достаточной точностью определять локальные радиационные, конвективные и суммарные тепловые потоки, передаваемые от рабочего тела к стенкам деталей КС. Это дает возможность надежно задавать граничные условия при оценке теплового и напряженно-деформированного состояния деталей цилиндропоршневой группы и значительно сократить продолжительность экспериментальных исследований.

Список литературы

1. *Руднев Б. И., Повалихина О. В.* Количественные характеристики процесса излучения пламени в камере сгорания дизельных двигателей: Сб. науч. тр. по матер. Междунар. конф. «Двигатель-2007», посвященной столетию школы двигателестроения МГТУ им. Н. Э. Баумана / Под ред. Н. А. Иващенко, В. Н. Костюкова, А. П. Науменко и др. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. С. 85–88.

2. Теплообмен излучением: Справочник / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлев, Л. Н. Рыжков. М.: Энергоатомиздат, 1991. 432 с.

3. *Руднев Б. И.* Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток: Дальнаука, 2000. 221 с.

4. *Rudnev B. I., Bespalov V. M., Izraisky Yu. G., Tsitsiashvili G. Sh.* A simple model of convective heat transfer in the combustion chamber of diesel engine // Fourth International Symposium on Small Diesel Engines. — Journal of Polish CIMAC. — Vol. 2. No 1. — Warsaw, Poland, 1996. P. 177–182.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Б. И. Руднев, О. В. Повалихина

ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз», г. Владивосток

Экспериментальные и теоретические исследования теплообмена в камере сгорания (КС) транспортных дизелей показывают, что его интенсивность в значительной степени изменяется по фазам рабочего цикла. Максимальная величина плотности суммарного теплового потока наблюдается в пределах 10–30 градусов поворота коленчатого вала после верхней мертвой точки и достигает для различных типов двигателей значений $1{,}5 \cdot 10^6 \div 5{,}5 \cdot 10^6$ Вт/м^2.

В процессе наполнения скорость движения рабочего тела относительно стенок КС имеет большое значение, при этом его количество переменно, а изменения давления P_∞ и температуры T_∞ незначительны. Во время сжатия изменения P_∞ и T_∞ велики, скорость же рабочего тела заметно снижается. В течение этой фазы рабочего цикла теплообмен осуществляется в основном за счет конвекции. В процессе сгорания топлива и расширения теплообмен происходит за счет конвекции и излучения частиц сажи в пламени. При этом переменными являются состав рабочего тела, его температура и давление. Гидродинамическая обстановка в этот период в КС сложна и исследована еще в недостаточной степени. В рассматриваемый момент времени рабочего цикла теплообмен наиболее интенсивен. Его количественные характеристики и форма распределения по поверхностям деталей КС определяются в основном условиями сгорания топлива в цилиндре и формой камеры. Процесс выпуска характеризуется резкими изменениями температуры, давления и количества рабочего тела.

В работе [1] приведены результаты некоторых исследований, касающихся распределения теплоотдачи от рабочего тела к стенкам КС по фазам цикла, и показано, что оно отличается большой неравномерностью и зависит от типа двигателя. Из приведенных в [1] материалов следует, что теплоотдача в стенке КС за рабочий ход в 3–7 раз больше теплоотвода за остальные периоды цикла. Поэтому при обработке экспериментальных данных по теплообмену в КС дизелей и при построении математических моделей (ММ) можно ограничиться периодом «сгорание–расширение».

Современный этап развития исследований теплообмена в КС ДВС, в том числе и дизелей, характеризуется весьма широким применением ММ, описывающих различные аспекты этого сложного процесса [2, 3]. Эти ММ затем численно реализуются на ЭВМ и составляют основу системы автоматизированного проектирования ДВС. Анализ отмеченных выше работ показывает, что для математического описания процесса теплообмена между рабочим телом и стенками КС используются в основном два подхода. Первый из них основан на применении общей системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена при турбулентном движении рабочего тела в КС и последующей численной реализации ее на ЭВМ. При этом рабочее тело в КС рассматривается как сплошная среда с известными теплофизическими характеристиками, а в самих уравнениях выполняются те или иные упрощения и поток рабочего тела не разбивается на ядро (внешнюю область) и пристенную область (область пограничного слоя). В этом подходе используется общепризнанная концепция моделирования широкого класса явлений, связанных с тепломассообменом в движущихся средах по рецепту: фундаментальные законы сохранения + гипотезы замыкания [4].

Для второго подхода характерно использование различных методов теории турбулентного пограничного слоя с целью определения плотности теплового потока, передаваемого от движущейся среды к стенкам КС. При движении рабочего тела вдоль поверхностей деталей, образующих КС дизеля, ввиду больших чисел Рейнольдса образуется турбулентный пограничный слой. На возможность применения теории турбулентного пограничного слоя к описанию конвективного теплообмена в КС дизеля в свое время указал А. Ф. Шеховцов [5].

Используя основные положения этой теории, содержащейся в монографии С. С. Кутателадзе и А. И. Леонтьева [6], он показал, что для ее практического применения в условиях КС дизеля необходимо располагать для рабочего тела следующими полями: скоростей, плотностей, температур и давлений. Необходимо также отметить, что в последние годы появился ряд специальных программ, в частности, широко известная программа KIVA и ее различные модификации [7]. Она разработана в Лос-Аламосской национальной лаборатории США и с 1985 года весьма часто используется в прикладных расчетах ДВС. В ответ на запросы пользователей в нее вносились изменения, и в итоге была создана усовершенствованная версия, выпущенная на рынок под названием KIVA-II в начале 1988 г. [7].

Основные модификации программы свелись к следующему: была использована гибкая разностная схема для описания процессов конвекции, параметры которой оптимизируются в процессе счета, «$k-\varepsilon$»

модель турбулентности (при этом остается возможность использования подсеточной модели, реализованной в KIVA), усовершенствована модель распыливания, касающаяся дробления частиц топлива в факеле, их стохастического движения и турбулентной дисперсии капель, а также применены неортогональные разностные сетки. Моделирование процессов впрыскивания и сгорания для одного режима работы двигателя типа UPS-292 показало, что при использовании программы KIVA-II по сравнению с KIVA затраты машинного времени снижаются почти в 2 раза, причем расчетная индикаторная диаграмма значительно ближе к экспериментальной [7]. Таким образом, сейчас имеется реальная возможность получения указанных выше полей для рабочего тела, находящегося в цилиндре дизельного двигателя.

Выполненный анализ условий протекания процесса радиационно-конвективного теплообмена позволяет более обоснованно использовать существующие ММ и создавать новые с целью получения количественных характеристик локального теплообмена в КС дизельных двигателей.

Список литературы

1. *Руднев Б. И.* Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 221 с.

2. *Кавтарадзе Р. З.* Локальный теплообмен в поршневых двигателях. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. — 592 с.

3. *Петриченко М. Р.* Новые технологии управления теплообменом в ДВС // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей. — Сб. науч. тр. международ. науч.-техн. конф. — СПб. 2003. — С. 112–118.

4. *Маурин Л.* Иерархия моделей и проблема редукции // Тр. Второй междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы фундаментальных наук». — М.: Техносфера — Информ, 1994. Т. 1. Ч. 1. — С. 11–14.

5. *Шеховцов А. Ф.* Математическое моделирование теплопередачи в быстроходных дизелях. — Харьков: Вища школа, 1978. — 153 с.

6. *Кутателадзе С. С., Леонтьев А. И.* Теплообмен и терние в турбулентном пограничном слое. — М.: Энергия, 1972. — 286 с.

7. *Amsden A. A., Butler T. D., O' Rourke P. J.* The KIVA-II computer program for transient multidimensional chemically reactive flows with sprays // SAE Preprints, 1987. — No. 872072. — 11 p.

УДК 533.7

СВОЙСТВА ПЕРЕНОСА ГАЗООБРАЗНОГО ТЕТРАФТОМЕТАНА В СИСТЕМЕ ТВЕРДЫХ СФЕР

О. Б. Цветков, Ю. А. Лаптев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: MAX_IAR@gunipt.spb.ru

Почти сферическая молекула тетрафторметана (хладагент R14) имеет простую формулу. В центре молекулы — атом углерода, окруженный четырьмя атомами фтора. Молекула представляет собой правильный тетраэдр и интересна для оценки однопараметрических моделей потенциалов, поскольку появляется возможность получения параметров межмолекулярного взаимодействия, используя результаты экспериментального исследования одного из свойств, функционально зависящего от простого потенциала.

Рассматривалась модель твердых сфер. Параметры потенциала находили из данных о вязкости [1], поскольку погрешность определения вязкости газа в целом ниже, чем при измерениях коэффициентов теплопроводности и, тем более, чем при исследовании самодиффузии [1, 2].

Классические представления молекулярно-кинетической теории позволяют для кинетических коэффициентов записать аналитические соотношения [2, 3] в форме

$$\lambda_0 = \frac{75}{64\sigma^2}\sqrt{\frac{k^3T}{\pi m}}, \tag{1}$$

$$\eta_0 = \frac{5}{16\sigma^2}\sqrt{\frac{mkT}{\pi}}, \tag{2}$$

$$D_{11} = \frac{3}{8\rho\sigma^2}\sqrt{\frac{kT}{\pi m}}. \tag{3}$$

Здесь λ_0, η_0, D_{11} — соответственно коэффициенты теплопроводности, вязкости и самодиффузии; σ — эффективный диаметр молекулы; m — масса молекулы; k — постоянная Больцмана; T — термодинамическая температура; ρ — плотность.

В процедуре расчета кинетических коэффициентов молекул тетрафторметана учитывали неупругие соударения [4–6], в результате которых происходит изменение внутреннего состояния молекул. При расчетах переноса энергии процесс передачи вращательной энергии при столкновениях ассоциировали с коэффициентом самодиффузии. Время релаксации, необходимое для установления равновесия между поступательными и внутренними степенями свободы молекул, оценивали с помощью чисел столкновения $z_{\text{вр}}$. По Паркеру [4, 6]

$$z_{\text{вр}} = z_{\text{вр}}^{\infty}\left[1 + \frac{\text{a}}{\sqrt{\tau}} + \frac{b}{\tau} + \frac{c}{\sqrt{\tau^3}}\right]^{-1}, \tag{4}$$

где $a = (\pi/2)^{3/2}$, $b = [(\pi^2/4) + 2]$, $c = \pi^{3/2}$, T — температура, K; $T_{\text{кр}} = 227{,}5$ K [5]. $Z_{\text{вр}}^{\infty} = 25$, $\tau = T/0{,}75T_{\text{кр}}$ [6, 7].

Коэффициент самодиффузии определяли с учетом параметра A, характеризующего отношение приведенных интегралов столкновений

$$A = \frac{\Omega^{(2,2)*}}{\Omega^{(1,1)*}}. \tag{5}$$

Для многоатомных молекул в инварианте Гиршфельдера [2, 5, 6] параметр A меняется от 1,05 до 1,15. Значения коэффициентов диффузии, приведенные в таблице, получены для плотности газа на изобаре 0,1 МПа с $A = 1{,}107$ для всего температурного интервала. По нашей оценке, погрешность значений D_{11} порядка ± 5 %.

Коэффициенты теплопроводности (λ_0) и самодиффузии (D_{11}) тетрафторметана в состоянии разреженного газа

T, K	$\sigma \cdot 10^{10}$, м	$\lambda_0 \cdot 10^3$, Вт/(м·K)	$D_{11} \cdot 10^6$, м^2/с
173,15	5,622	6,74	2,214
183,15	5,544	7,45	2,449
193,15	5,474	7,95	2,771
203,15	5,412	8,80	3,065
213,15	5,354	9,50	3,374
223,15	5,298	10,27	3,696

В фундаментальном справочном издании [1] рекомендуемые значения λ_0 тетрафторметана обобщили известные экспериментальные данные. По оценке авторов таблиц [1] погрешность рекомендуемых данных атмосферной теплопроводности газа λ_0 не более $\pm(2–3)$ %. В рассмотренном диапазоне температур вычисленные значения теплопроводности разреженного газа в таблице практически совпадают с результатами [1].

Список литературы

1. Теплофизические свойства фреонов. Том 2. Фреоны метанового ряда. Справочные данные / В. В. Алтунин, В. З. Геллер, Е. А. Кремневская и др. / Под ред. С. Л. Ривкина. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 264 с.

2. *Ферцигер Дж., Капер Г.* Математическая теория процессов переноса в газах. — М.: Мир, 1976. — 556 с.

3. *Devis H. T., Luks K. D.* Transport properties of a dense fluid of molecules interacting with a square well potential // J. Physical Chemistry. — 1965. — Vol. 69, N 3. — P. 869–880.

4. *Mason E. A., Monchick L.* Heat conductivity of polyatomic and polar gases // J. Chem. Phys. — 1962. — Vol. 36, N 6. — P. 1622–1639.

5. *O'Neal Jr., Brokaw R. S.* Relation between thermal conductivity and viscosity for some nonpolar gases // Physics Fluids. — 1962. — Vol. 5, N 5. — P. 567–574.

6. *Цветков О. Б.* Теплопроводность холодильных агентов. — Л.: Изд-во Ленинградск. ун-та, 1984. — 220 с.

7. *Рид Р., Шервуд Т.* Свойства газов и жидкостей. — Л.: Химия, 1971. — 704 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-08-00350).

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ХЛАДАГЕНТ/МАСЛО

В. П. Железный, Ю. В. Семенюк, Т. Л. Лозовский, Д. А. Ивченко

Одесская государственная академия холода, Украина
E-mail: vzhelezny@mail.ru

Реальное рабочее тело в парокомпрессионных холодильных системах представляет собой смесь, состоящую из хладагента и масла. Наличие примесей масла в хладагенте приводит к существенному изменению теплофизических свойств рабочего тела. Поэтому энергетическая эффективность холодильного цикла, интенсивность теплообмена в испарителе и конденсаторе будут определяться как применяемым хладагентом, так и выбранным компрессорным маслом. Растворы хладагент/масло (РХМ) относятся к сложным термодинамическим системам, поскольку состоят из неопределенного количества компонентов, значительно отличающихся по своим физико-химическим свойствам, что необходимо учитывать при разработке и реализации методик проведения экспериментов, а также при создании термодинамических моделей. Трудности экспериментального изучения РХМ связаны, прежде всего, с длительностью установления равновесия в исследуемой термодинамической системе, зеотропным характером изменения давления насыщенных паров, градиентом концентрации хладагента в поверхностном слое жидкой фазы. Проблемы моделирования теплофизических свойств РХМ обусловлены их существенными отклонениями от поведения идеальных растворов, невозможностью применения правила Максвелла для расчета фазовых равновесий жидкость–пар (ввиду недостижимости состояний, соответствующих правой пограничной кривой), отсутствием данных о критических (псевдокритических) параметрах и о молекулярной массе масел [1–4].

Настоящая работа посвящена обобщению результатов исследований свойств РХМ, выполненных на кафедре инженерной теплофизики ОГАХ. Основными целями при этом являлись изучение методических аспектов измерения теплофизических свойств РХМ [5] и разработка общих принципов их моделирования [6, 7–9]. Проведенные в последние годы исследования [5, 10, 11 и др.] показывают, что время достижения образцом РХМ термодинамического равновесия является важным фактором, определяющим достоверность информации о свойствах РХМ. Это время зависит от физических свойств компонентов, концентрации РХМ, термодинамических параметров раствора и обычно достигает нескольких часов. Однако при изучении поверхностного натяжения время установления термодинамического равновесия может достигать несколько суток [5].

Длительность установления термодинамического равновесия определяется скоростью протекания диффузионных процессов между паровой фазой образца (состоящей практически из чистого хладагента) и жидким раствором, поэтому она существенно зависит как от температуры, так и от концентрации РХМ и заметно увеличивается с ростом концентрации масла в РХМ и понижением температуры. Проведенные исследования показывают, что при измерении капиллярной постоянной время установления равновесных значений зависит не только от параметров термодинамической системы (температуры и концентрации), но и от высоты уровня менисков жидкой фазы РХМ в капиллярах по отношению к уровню жидкости в измерительной ячейке. На медленно протекающий процесс диффузии в заполненных раствором капиллярах существенное влияние оказывает адсорбция на поверхности межфазной границы. Капиллярная постоянная и поверхностное натяжение зависят не только от состава жидкой фазы РХМ (рис. 1), но и от состава поверхностного слоя, обогащенного компонентом, прибавление которого уменьшает поверхностное натяжение [5, 10, 11].

Адсорбция низкокипящего компонента может быть столь интенсивной, что поверхностный слой жидкой фазы будет в основном состоять из его молекул. В этом случае концентрационные зависимости капиллярной постоянной, поверхностного натяжения и давления насыщенных паров должны носить очень пологий характер, что и наблюдается в интервале концентраций хладагента $0{,}4 \leq X_r \leq 1$ (рис. 1). Таким образом, процедура изучения динамики установления равновесия при исследовании термодинамических свойств РХМ является непременным условием получения достоверной информации. Кроме того, при изохорном увеличении температуры двухфазного образца РХМ в измерительной ячейке вследствие перехода низкокипящего компонента (хладагента) из жидкой фазы в паровую, происходит изменение состава жидкой фазы раствора. Это изменение состава жидкой фазы РХМ следует обязательно учитывать и относить значения измеренных свойств не к общей концентрации заправленной в измерительную ячейку смеси хладагента и масла, а к изменяющейся в процессе эксперимента концентрации жидкого раствора [5, 10] (рис. 1).

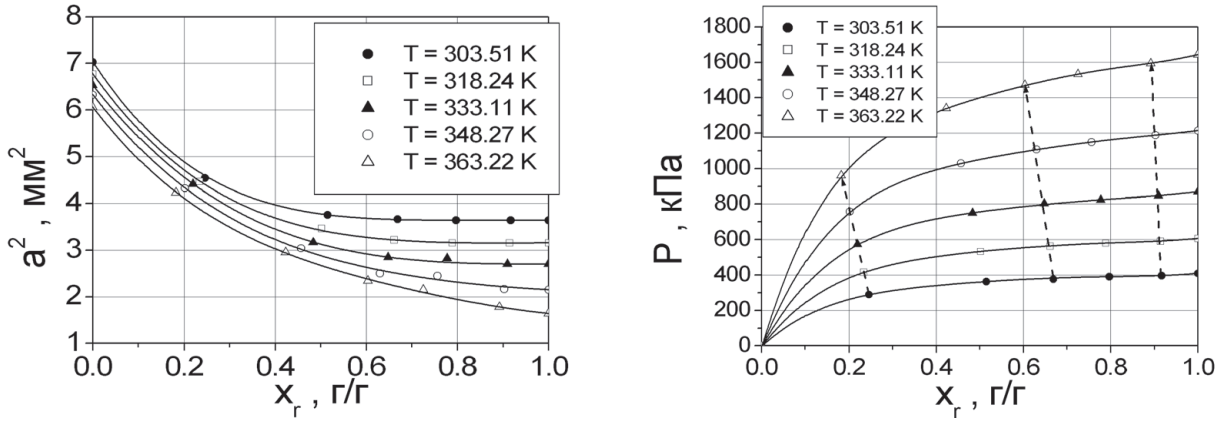


Рис. 1. Концентрационные зависимости капиллярной постоянной и давления насыщенных паров РХМ R600a/ХМИ Азмол

Причем уменьшение массовой доли хладагента в растворе тем существеннее, чем выше концентрация масла и чем больше объем паровой фазы в измерительной ячейке. Известно, что в практике теплофизического эксперимента перемешивание раствора обычно способствует устранению градиентов температур и концентраций по объему исследуемого образца. При этом измеряемые параметры приобретают устойчивые значения, что и расценивается как достижение равновесного состояния термодинамической системы. Однако неизменные значения термодинамических параметров могут существенным образом отличаться от истинных равновесных значений. Это связанно с тем, что в условиях интенсивного перемешивания образец, получая дополнительную энергию от перемешивающего устройства, не является изолированной системой, тогда как равновесные значения термодинамических свойств гарантированно можно получить только для изолированной системы. Таким образом, динамические методы исследования фазовых равновесий не могут быть рекомендованы применительно к РХМ. С учетом вышеизложенного можно сформулировать основные требования, которые необходимо принимать во внимание при разработке программы экспериментальных исследований свойств РХМ. Так, для измерения давления насыщенных паров, плотности и поверхностного натяжения РХМ наиболее целесообразным представляется использование статических методов, причем реализуемых в одной измерительной ячейке, изготовленной из стекла или имеющей смотровые окна, что обеспечивает возможность измерения объемов паровой и жидкой фаз образца РХМ. Такой подход позволяет, во-первых, исключить значительную часть методических погрешностей, характерных для исследований свойств РХМ, и, во-вторых, получать комплекс свойств в идентичных термодинамических условиях. Информация о поверхностном натяжении дает возможность произвести количественную оценку адсорбции хладагента в поверхностном слое по уравнению Гиббса. Рассчитанные изотермы адсорбции приведены на рис. 2.

Избыточная адсорбция хладагента для РХМ всегда положительна, и поверхностный слой жидкой фазы обогащен хладагентом. Именно избыточная концентрация хладагента в поверхностном слое жидкой фазы РХМ, а не средняя концентрация жидкой фазы, определяет характер изменения давления насыщенных паров и поверхностного натяжения на изотермах, между которыми существует обратно пропорциональная зависимость. Результаты выполненных авторами расчетных исследований концентрации поверхностного слоя представлены на рис. 2.

Анализируя проблемы термодинамического моделирования свойств РХМ, следует выделить несколько важных аспектов. Прежде всего, наличие корректно полученных значений псевдокритических параметров позволяет в полной мере реализовать для РХМ потенциал возможностей теории термодинамического подобия. Поскольку экспериментальное определение критических параметров РХМ затруднено ввиду термической нестабильности масел [1, 4], для их определения целесообразно использовать расчетные методы, которые основаны на сформулированной в работах [3, 6] гипотезе о термодинамическом подобии смесей хладагент/масло в интервале концентраций $0{,}3 \le X_r \le 1$. Однако, как показано выше, поверхностный слой РХМ имеет состав, который в значительной мере отличается от объемной концентрации жидкой фазы раствора. Поэтому применение значений псевдокритической температуры, определяемых из данных по давлению насыщенных паров и капиллярной постоянной РХМ, для описания объемных свойств растворов (плотности и вязкости), не вполне корректно. Следовательно, при комплексном изучении теплофизических свойств РХМ целесообразен отказ от использования двухфазной модели смеси (жидкость–пар) в пользу применения трехфазной модели (жидкая фаза–поверхностный слой–пар).

Результаты обработки полученных экспериментальных данных по теплофизическим свойствам РХМ [2, 5, 7, 8, 10 и др.] позволяют прийти к принципиально важному выводу о том, что для описания объемных свойств (плотность, вязкость) должен применяться свой набор псевдокритических параметров, отличный от значений, полученных в рамках теории термодинамического подобия для давления насыщенных паров.

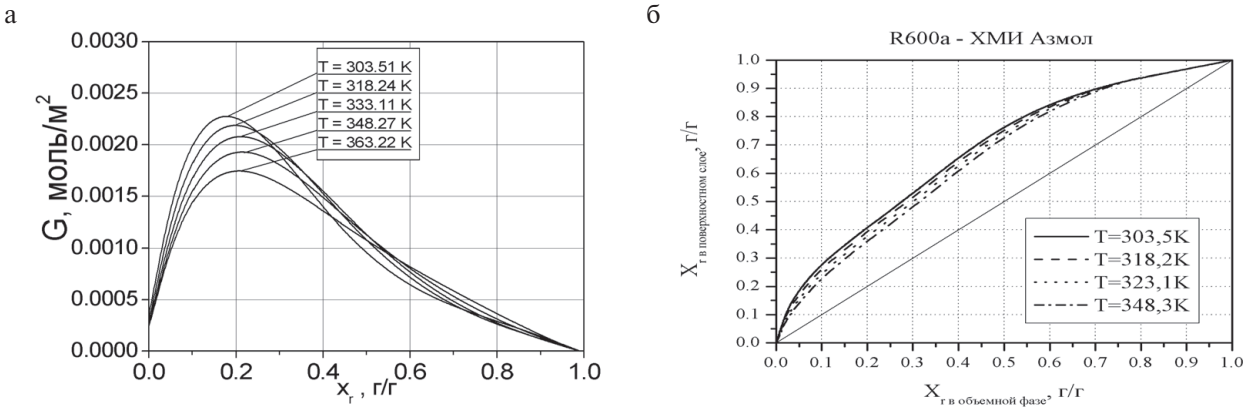


Рис. 2. Анализ состава поверхностного слоя жидкой фазы РХМ R600a/ХМИ Азмол:
а — изотермы избыточной адсорбции; б — зависимость концентрации хладагента
в поверхностном слое от его концентрации в объемной фазе

Рассматривая дальнейшие перспективы развития методов прогнозирования теплофизических свойств РХМ, следует обратить внимание на потенциальные возможности более широкого применения структурно-аддитивных методов расчета. Эти методы расчета свойств сложных термически нестабильных систем неопределенного состава в условиях ограниченного объема экспериментальной информации имеют, по мнению авторов, наибольшую перспективу. Установленная в работах [8, 9, 11] связь между конститутивными свойствами (парахором, ортохором) и критическим мольным объемом и критической амплитудой для плотности открывает широкие возможности для дальнейшего развития методологии «структура–свойство» применительно к РХМ.

Список литературы

1. *Сеченых В. В., Семенюк Ю. В., Железный В. П.* Экспериментальное исследование средней молекулярной массы и давления насыщенных паров на линии кипения компрессорных масел // Вестник МАХ. — 2008. — № 3. — С. 22–27.

2. *Semenyuk Yu. V., Sechenyh V. V., Zhelezny V. P., Skripov P. V.* Thermophysical properties of compressor oils for refrigerating plant // Journal of synthetic lubrication. — 2008. — V. 25, Iss. 2. — P. 57–73.

3. *Zhelezny P. V., Zhelezny V. P., Skripov P. V.* Determination of the pseudocritical parameters for refrigerant/oil solutions // Fluid Phase Equilibria. — 2003. — № 212. — P. 285–302.

4. *Skripov P. V., Starostin A. A., Volosnikov D. V., Zhelezny V. P.* Comparison of thermophysical properties for oil/refrigerant mixtures by use the pulse heating method // Int. J. Refrig. — 2003. — Vol. 26. — P. 721–725.

5. *Zhelezny P. V., Procenko D. A., Zhelezny V. P., Ancherbak S. N.* An experimental investigation and modelling of the thermodynamic properties of isobutane–compressor oil solutions: Some aspects of experimental methodology // Int. J. Refrig. — 2007. — № 30. — P. 433–445.

6. *Medvedev O. O., Zhelezny P. V., Zhelezny V. P.* Prediction of Phase Equilibria and Thermodynamic Properties of Refrigerant/Oil solutions // Fluid Phase Equilibria. — 2004. — № 215. — P. 29–38.

7. *Zhelezny V. P., Semenyuk Yu. V., Ancherbak S. N., Grebenkov A. J., Beliayeva O. V.* n Experimental Investigation and Modeling of the Solubility, Density and Surface Tension of 1,1,1,3,3,-Pentafluoropropane (R-245fa) synthetic polyolester Compressor Oil Solutions // Journal of Fluorine Chemistry. — 2007. — № 128. — P. 1029–1038.

8. *Железный В. П., Проценко Д. А., Анчербак С. Н.* Поверхностное натяжение растворов R134a/Castrol Icematic SW-22 // Вестник МАХ. — 2004, № 4. — С. 16–22.

9. *Ниченко С. В., Семенюк Ю. В., Сеченых В. В., Лозовский Т. Л., Железный В. П.* Экспериментальное исследование и моделирование термодинамических свойств растворов R600a/Reniso WF 15A // Тематичний збірник наукових праць «Обладнання та технологіЁ харчових виробництв». — Донецьк. — 2008. — Вип. 19. — С. 112–122.

10. *Сеченых В. В., Семенюк Ю. В., Железный В. П.* Экспериментально-расчетное исследование вязкости растворов R600a/ХМИ Азмол, R600a/Reniso WF 15 A и R245fa/Planetelf ACD 100 FY // Вестник МАХ. — 2007. — № 4. — С. 4–10.

11. *Zhelezny V. P., Semenyuk Yu. V., Ancherbak S. N., and Emel'yanenko N. V.* The Temperature Dependence of Parachor // Russian Journal of Physical Chemistry A. — 2009. — Vol. 83, № 2. — P. 182–186.

12. *Сеченых В. В., Семенюк Ю. В., Железный В. П., Лозовский Т. Л.* Структурно-аддитивный метод расчета вязкости жидкости на линии насыщения смесевых хладагентов и растворов хладагент/компрессорное масло // Холодильна техніка і технологія. — 2008. — № 1 (111). — С. 49–56.

УДК 533.7

ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Цветков О. Б., Лаптев Ю. А.

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: MAX_IAR@gunipt.spb.ru

В расчетах свойств хладоноситель нй низкотемпературных установок на основе водных растворов солей, гликолей, спиртов в области температур ниже 0 °C требуется знание теплопроводности воды как основного компонента в низкотемпературной области.

Теплопроводность растворов органических жидкостей, как правило, не подчиняется правилу аддитивности [1]. Уравнение Филиппова–Новоселовой [1], подтвержденное Цедербергом [2] и рекомендуемое авторами авторитетного международного справочника Рида и Шервуда [3] для передачи концентрационной зависимости теплопроводности бинарных систем, имеет вид

$$\lambda = \lambda_1\xi_1 + \lambda_2\xi_2 - k\xi_1\xi_2, \qquad (1)$$

где k — константа, присущая данному раствору; λ_1 и λ_2 — коэффициенты теплопроводности компонентов смеси; ξ_1 и ξ_2 — массовые доли компонентов.

Для анализа концентрационной и температурной зависимостей водных растворов низкотемпературных хладоносителей использовали экспериментальные данные и результаты обобщений по теплопроводности пропиленгликоля, глицерина, этиленгликоля, этилового спирта и их водных растворов, опубликованные в [4–10]. Фрагменты данных приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Значения теплопроводности индивидуальных компонентов низкотемпературных хладоносителей [4]

Вещество	Теплопроводность $\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·K) при температурах, K					
	220	240	260	280	300	320
Пропиленгликоль	—	—	200	200	200	200
Глицерин	—	—	—	282	285	288
Этиленгликоль	—	—	—	250	255	258
Этиловый спирт	189	183	178	173	166	160

Таблица 2

Теплофизические свойства хладоносителей на водной основе

Второй компонент: вещество, марка	t, °C	$\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·K)	$\eta \cdot 10^3$, Па·с	C_p, кДж/(кг·K)	ρ, кг/м^3
Пропиленгликоль (54 %) [6]	−40	319	950	3340	1070
	−20	327	110	3390	1063
	0	335	22,7	3440	1053
ХНТ-НВ-40 [6] (пропиленгликоль)	−40	416	190	3125	1133
	−20	428	43	3180	1126
	0	439	9,9	3229	1119
Этиленгликоль (53 %) [6]	−40	346	100	2900	1092
	−20	358	25	3010	1087
	0	369	8,9	3125	1079
Нордвей [10] ПРО–40 (пропиленгликоль)	−30	260	288,1	3180	1075
	−20	278	107,0	3220	1070
	0	308	22,77	3290	1050

Таблица 3

Теплопроводности воды

t, °C	Теплопроводность $\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К) по данным			
	[4]	$\Delta\lambda$ [4]	Расчет по (2)	[1]
−40	—	—	538	—
−30	—	—	543	536
−20	—	—	551	547
−10	—	—	560	—
0	561	11	572	—
20	598	12	598	—
40	631	13	627	—
60	654	13	653	—
80	670	13	673	—
100	679	14	684	—
120	683	14	681	—

Методом последовательных приближений вычисляли эффективную теплопроводность воды, поскольку непосредственно говорить о теплопроводности воды в диапазоне отрицательных температур не представляется возможным. Значения эффективной теплопроводности, ассоциируемые с теплопроводностью воды в переохлажденном состоянии, представлены в табл. 3. В табл. 3 также приведены значения теплопроводности, полученные Л. П. Филипповым [1].

Для удобства расчетов получена аппроксимирующая зависимость, обобщающая данные по теплопроводности воды на линии насыщения в диапазоне температур от 0 °C до 120 °C [4, 8, 9] и найденные значения эффективной теплопроводности в интервале температур $(-40 \div 0)$ °C

$$\lambda^* = A + B\tau + C\tau^2 + D\tau^3. \qquad (2)$$

Здесь $\lambda^* = \lambda/\lambda_{\max}$, $\tau = T/T_{\text{кр}}$, $\lambda_{\max} = 0{,}6837$ Вт/(м·К); $T_{\text{кр}} = 647{,}27$ К [10]; $A = 3{,}387$; $\text{B} = -18{,}7258$; $C = 43{,}03291$; $D = -30{,}76179$; T — в К; λ — теплопроводность в Вт/(м·К).

Международные справочные данные [8] по теплопроводности воды, приведенные в [4], передаются уравнением (2) с абсолютной погрешностью $\Delta\lambda$, не превышающей допустимые значения [4]. По теплопроводности переохлажденной воды имеют место более высокие погрешности за счет точности использованных оригинальных данных о растворах. Относительная погрешность может, по нашей оценке, достигать 3–4 %.

Список литературы

1. *Филиппов Л. П.* Исследование теплопроводности жидкостей. — М.: Изд-во Московск. ун-та, 1970. — 249 с.

2. *Цедерберг Н. В.* Теплопроводность газов и жидкостей. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 408 с.

3. *Рид Р., Шервуд Т.* Свойства газов и жидкостей. — Л.: Химия, 1971. — 704 с.

4. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / Н. Б. Варгафтик, Л. П. Филиппов, А. А. Тарзиманов, Е. Е. Тоцкий. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 352 с.

5. *Бараненко А. В., Кириллов В. В.* Разработка электролитсодержащих пропиленгликолевых хладоносителей — эффективный способ улучшения их свойств // Холодильная техника. — 2006. — № 1. — С. 28–32.

6. *Галкин М. Л.* Хладоносители для ледовых арен и других общественных объектов // Холодильная техника. — 2008. — № 5. — С. 42–44.

7. Негорючие теплоносители и гидравлические жидкости. Справочное руководство // А. М. Сухотин, В. С. Зотиков, А. Ф. Казанкина и др. / Под ред. А. М. Сухотина. — Л.: Химия, 1979. — 360 с.

8. *Sengers J. V., Watson J. T. R.* Improved international formulations for the viscosity and thermal conductivity of water substance // J. Phys. Chem. Reference Data. — 1986. — Vol. 15, N 4. — P. 1291–1314.

9. *Александров А. А., Григорьев Б. А.* Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. — М.: Изд-во МЭИ, 1999. — 168 с.

10. Хладоносители Нордвей // Проспект ЗАО «Рошальский химический завод "Нордикс"».

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-08-00350).

УДК 664.696.4.004.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Л. Н. Берязева, О. Г. Тарбеев

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: mf@kemtipp.ru

Разработка способов получения материалов с заданными свойствами на основе дисперсных систем и методов управления протекающими процессами приводит к необходимости моделирования реальных пористых систем как на стадии формирования этой системы, так и при получении конечного продукта. Наиболее распространенными являются два метода моделирования: физический или геометрический и математический, базирующийся на геометрии правильных опорных упаковок частиц, либо на случайном распределении, приводящем к одному из вероятностных законов распределения частиц по размерам. Эти модели удобно использовать для характеристики стационарных дисперсных систем, и если система является динамичной, развивающейся во времени самопроизвольно или под влиянием внешнего воздействия, то для создания модели такой системы необходима информация о структурных характеристиках, как первичной структуры, так и последующих структур, образующихся в результате воздействия различных физико-химических факторов. В этом смысле процесс сушки необходимо рассматривать как тепловое (физическое) воздействие на влажную дисперсную систему, которой в технологических целях придана определенная геометрическая форма. Результатом этого воздействия является изменение структурного состояния системы и ее структурных характеристик в процессе удаления из системы жидкой фазы и превращения коагуляционной структуры в конденсационную.

Сложность физико-химических процессов, протекающих во влажном материале при удалении влаги под влиянием теплового воздействия, практически не дает никаких шансов для создания математической модели дисперсной системы на отдельных стадиях ее превращений в процессе сушки.

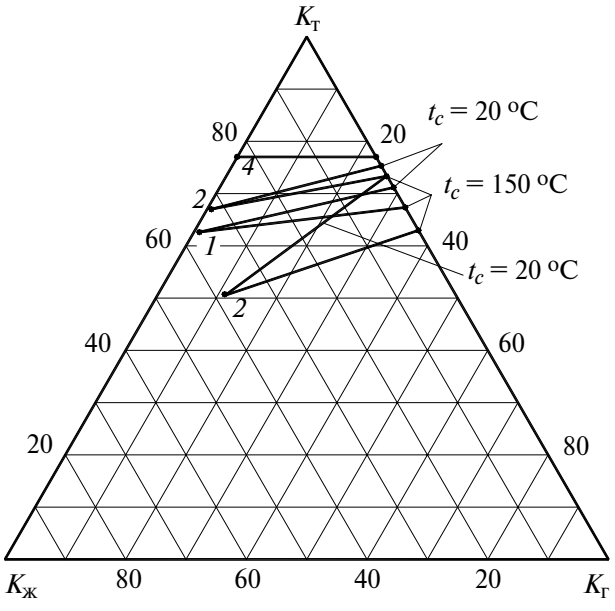
Реальным путем решения этой проблемы является использование объемных фазовых характеристик и правила баланса объемов. Суть правила баланса объемов можно сформулировать следующим образом: при любом способе сушки и интенсивности ее осуществления сумма объемных концентраций составляющих фаз системы в любой момент времени есть величина постоянная. Наглядное использование правила баланса объемов для процесса сушки можно показать на фазовой диаграмме $K_т – K_ж – K_г$ (где $K_т$, $K_ж$ и $K_г$ — процентное содержание твердой, жидкой и газообразной фаз соответственно). В качестве примера рассмотрим поведение при сушке (температуры сушки $t_с = 20$ °С и 150 °С) образцов, сформованных из смеси с различной исходной влажностью (массы № 1, № 2) и с добавкой к ней 30 % мелкодисперсной смеси (масса № 3).

На фазовой диаграмме (см. рисунок) состав массы № 1 изображается точкой *1*, массы № 2 — точкой *2* и массы № 3 — соответственно точкой *3*. Приготовленные методом компрессионного уплотнения образцы из масс № 1, № 2 содержат незначительное количество газовой фазы ($K_г = 0{,}009 \div 0{,}012$) и их составы располагаются вблизи линии $K_т – K_ж$; добавка же 30 % мелкодисперсной смеси способствует увеличению газовой фазы в образцах ($K_г = 0{,}103$). Изменение фазового состава образцов при сушке изображается прямой линией, соединяющей начальный и конечный фазовый состав материала, который он имеет после сушки на линии $K_т – K_г$.

Анализируя приведенную диаграмму, можно сделать следующие выводы:

— удаление влаги при сушке приводит к увеличению объемной концентрации твердой фазы ($K_{т2}$) независимо от температуры сушки материала;

— при меньшей начальной влажности материала достигается более высокое значение $K_{т2}$;



Изображение процесса сушки влажного материала на фазовой диаграмме

— повышение интенсивности сушки приводит к уменьшению $K_{т2}$;

— более чувствительные к сушке материалы характеризуются большим значением разности $K_{т2}-K_{т1}$ при сопоставимых условиях сушки;

— величина структурно-энергетического параметра n адекватно характеризует изменение структурных характеристик материала в зависимости от его начального влагосодержания, состава и интенсивности сушки; более чувствительные к сушке материалы характеризуются большим значением параметра n при сушке с одинаковой интенсивностью.

Весьма нежелательно присутствие в высушиваемом материале газовой фазы. Температура внутри материала в период постоянной скорости сушки значительно ниже температуры сушки, однако при $t_с = 100\,^\circ$C температура материала может достигнуть значений 80–90 °C. По сравнению с $t_с = 20\,^\circ$C объем газовой фазы при этих температурах может увеличиться на 20–24 %, что приводит при дополнительном воздействии парциального давления водяного пара к увеличению пористости материала и уменьшению значений параметра n, который обладает высокой чувствительностью к любым объемным изменениям, происходящим в высушиваемом материале. Достаточно наглядно проявляется влияние газовой фазы при сушке массы № 3, которая в исходном состоянии содержит 10,3 % газовой фазы и оказывает существенное влияние на изменение соотношения между объемом усадки и объемом пор. Увеличение объема газовой фазы при увеличении температуры сушки приводит к непрерывному уменьшению усадки материала и увеличению его пористости после сушки.

Использование фазовой диаграммы позволяет глубже понять механизм процесса сушки, т. к. каждая точка, лежащая на прямой, соединяющей начальное и конечное состояние системы, характеризует не только фазовый состав материала, но и соответствующие этому составу свойства. Классическим отображением изменения свойств материала в процессе сушки являются кривые кинетики сушки, характеризующие изменение весового влагосодержания материала. Используя кинетическую зависимость объемного содержания влаги от времени сушки $K_ж = f(\tau)$, с помощью фазовой диаграммы можно исследовать кинетические закономерности объемных изменений материала при любых режимах сушки.

Известно, что основой современных методов расчета процесса сушки материалов является $I-x$-диаграмма влажного воздуха Л. К. Рамзина и материальный баланс процесса сушки, который выражается в виде:

$$\Delta W = G_т(W_1 - W_2) = L(x_2 - x_1), \tag{1}$$

где ΔW — количество влаги, испаряемой в процессе сушки, кг/ч; $G_т$ — удельная производительность сушилки по сухому материалу, кг/ч; W_1, W_2 — начальное и конечное влагосодержание материала, кг/кг; L — удельный расход сухого сушильного агента, кг/ч; x_2, x_1 — начальное и конечное влагосодержание воздуха, кг/кг.

Закономерно возникает вопрос о наличии взаимосвязи между процессом сушки, изображаемом на $I-x$ — диаграмме и фазовой диаграмме. Ответ можно получить, если выразить весовое влагосодержание через объемное:

$$W_1 = K_{ж1}\frac{\rho_ж}{\rho_{т1}} \qquad \text{и} \qquad W_2 = K_{ж2}\frac{\rho_ж}{\rho_{т2}}, \tag{2}$$

где $\rho_{т1}$ и $\rho_{т2}$ — плотность материала при соответствующем влагосодержании, пересчитанная на сухое вещество, кг/м^3; $\rho_ж$ — плотность жидкости, кг/м^3.

Тогда выражение (1) можно представить в виде:

$$(x_2 - x_1) = G_т\rho_ж\frac{\dfrac{K_{ж1}}{\rho_{т1}} - \dfrac{K_{ж2}}{\rho_{т2}}}{L}. \tag{3}$$

При сушке двухфазной системы (Т+Ж) выражение в скобках уравнения (3) можно упростить и представить в виде:

$$(x_2 - x_1) = G_т\rho_ж\frac{\dfrac{1}{\rho_{т1}} - \dfrac{1}{\rho_{т2}}}{L}. \tag{4}$$

Полученное уравнение (4) является математическим выражением соответствия между балансом массы и балансом объема при сушке влажного материала с заданной геометрической формой. На основе этого уравнения можно сказать, что изменение влагосодержания сушильного агента пропорционально изменению удельного объема твердой фазы материала.

Разность влагосодержаний ($x_2 - x_1$) предопределяется внешними условиями сушки, то есть ее интенсивностью, а разность удельных объемов твердой фазы материала ($1/\rho_{т1} - 1/\rho_{т2}$) характеризует эффективность и интенсивность формирования структуры материала в процессе удаления из него влаги при сушке. Из этого следует, что формирование структуры материала при сушке предопределяется интенсивностью влагоудаления и для получения сухих изделий с качественной структурой необходимо назначение режимных параметров сушки и параметров сушильного агента, обеспечивающих соответствие скоростей испарения влаги из материала и его усадки. Вполне очевидно, что лимитирующей стадией процесса сушки является весьма медленная скорость усадки материала, предопределяемая механизмом этого процесса. Поэтому при решении вопросов интенсификации сушки, помимо ранее рекомендованных технологических приемов, следует проводить оптимизацию процесса сушки с использованием не только $I-x$-диаграммы, но и фазовой диаграммы, так как фазовая диаграмма в большей степени учитывает природные свойства высушиваемого материала, а $I-x$-диаграмма — свойства сушильного агента и режим сушки.

УДК 536.71

ЛИНИЯ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ R134a

И. В. Кудрявцева, В. А. Рыков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: toggl@yandex.ru

Уравнения линии упругости и кривой сосуществования позволяют, во-первых, составить опорный массив точек ($p_{н,i}$, $\rho_i^{\pm}$, $T_{s,i}$), который необходимо использовать при построении уравнения состояния для обеспечения согласованности термических параметров на линии фазового равновесия. Во-вторых, построить единое неаналитическое уравнение состояния, в сингулярную составляющую которого вместо классической масштабной переменной x включена обобщенная масштабная переменная $\tilde{x}$. В-третьих, составить опорный массив точек ($\mu_i^{\pm}$, $\rho_i^{\pm}$, $T_{s,i}$). Этот массив необходимо использовать, если требуется обеспечить равенство химических потенциалов при одной и той же температуре на паровой и жидкостной ветвях линии фазового равновесия.

В данной работе предложены уравнения линии фазового равновесия хладона R134a, описывающие линию фазового равновесия R134a в соответствии с [1]. Этим условиям удовлетворяют уравнения линии фазового равновесия, предложенные в [2].

Линия упругости хладона R134a от тройной точки до критической точки может быть с высокой точностью описана уравнением:

$$p_{н}(T) = p_{с} \exp\left(-\frac{a_0}{t\tau^2}\right)\left(1 + a_1\tau + a_2\left|\tau\right|^{2-\alpha} + a_3\left|\tau\right|^{2-\alpha+\Delta} + a_4\tau^2 + a_5\tau^3 + a_6\tau^5 + a_7\tau^7 + a_8\tau^9\right), \quad (1)$$

где a_i — постоянные коэффициенты; p_c — критическое давление; $\tau = T/T_c - 1$; $t = T/T_c$ — относительная температура; T_c — критическая температура; α — асимптотический критический индекс; Δ — неасимптотическая поправка.

Параметрам уравнения (1) присвоены значения: $p_{с} = 4{,}05$ МПа; $T_{с} = 374{,}1$ K; $a_0 = 12$; $a_1 = 7{,}855899$; $a_2 = 83{,}61852$; $a_3 = 9{,}025738$; $a_4 = -79{,}79659$; $a_5 = 15{,}51939$; $a_6 = -38{,}93244$; $a_7 = 82{,}09494$; $a_8 = -89{,}90511$; $\alpha = 0{,}11$; $\Delta = 0{,}5$.

Сравнение значений давления на линии упругости, вычисленных по уравнению (1), и данных из опорного массива приведено на рис. 1.

Сравнение значений давления на линии упругости, вычисленных по уравнению (1), и данных из опорного массива [3–7] приведено на рис. 1. При температуре $T < 240$ K наблюдается значительное расхождение между значениями давления насыщенного пара R134a, полученными на основе уравнения (1) данной работы, и табличными значениями $p_{н}$ [6].

Поскольку в указанном диапазоне температур значения $p_{н}$ из [5] не согласуются с новыми экспериментальными данными [4] (1997), то предпочтение следует отдать значениям $p_{н}$, рассчитанным по уравнению (1).

Уравнение паровой ветви линии фазового равновесия аргона выбрано в виде выражения:

$$\frac{1}{\rho^{-}} = \frac{r^*(t)}{T\left(\dfrac{\mathrm{d}\, p_{н}(t)}{\mathrm{d}\, t}\right)}, \quad (2)$$

где зависимость «кажущейся» теплоты r^* от температуры имеет вид:

$$r^*(t) = \frac{p_c}{\rho_c}\left(d_1 + d_2\left|\tau\right|^{\beta} + d_3\left|\tau\right|^{\beta+\Delta} + d_4\left|\tau\right|^{1-\alpha} + \sum_{i=5}^{m_2} d_i\tau^{s(i)}\right), \quad (3)$$

где d_i — постоянные коэффициенты; ρ_c — критическая плотность; β — асимптотический критический индекс.

В качестве опорного массива данных при поиске коэффициентов уравнения (2), (3) использовались экспериментальные данные [7, 8] и табличные значения плотности ρ^{-} на линии фазового равновесия, приведенные в работе [6].

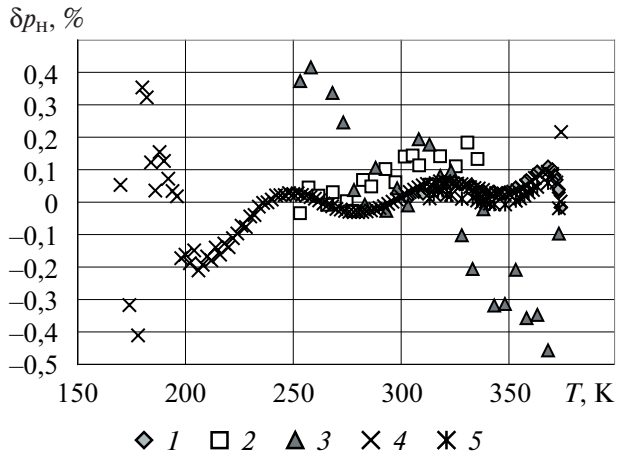


Рис. 1 Отклонения значений давления насыщения на линии упругости, рассчитанных по уравнению (1): данной работы, от данных *1* — [3]; *2* — [4]; *3* — 3 [5]; *4* — [6]; *5* — [7]

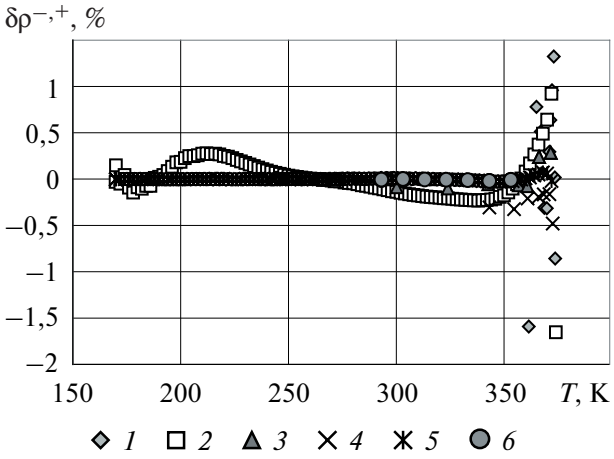


Рис. 2. Отклонения значений плотности на линии фазового равновесия в области $\rho < \rho_c$ — *1, 2* в области $\rho > \rho_c$ — *3, 4, 5, 6*, рассчитанных по уравнениям (2, 4), от данных: *1* — [8]; *2* — [6]; *3* — [10]; *4* — [8]; *5* — [6]; *6* — [11]

В результате проведенных расчетов коэффициентам уравнения (2), (3) присвоены следующие значения: $d_1 = 7{,}275486$; $d_2 = 14{,}1022966$; $d_3 = 101{,}621545$; $d_4 = -82{,}3873053$; $\beta = 0{,}325$; $\alpha = 0{,}11$; $\Delta = 0{,}5$; $\rho_c = 510{,}0$ кг/м^3; $x_0 = 0{,}127229$. Значения остальных параметров такие же, как и в уравнении линии упругости (1).

Отклонения значений ρ^-, рассчитанных по уравнению (2), от экспериментальных и табличных данных [6, 8] представлены на рис. 2.

Наибольшие отклонения $\delta\rho^-$ наблюдаются для данных [8], полученных в асимптотической окрестности критической точки. Отметим, что для этой области параметров состояния погрешности $\delta\rho^- \approx 2\,\%$ являются допустимыми.

Форма уравнения жидкостной ветви линии фазового равновесия выбрана в соответствии с рекомендациями масштабной теории критических явлений:

$$T_s(\rho) = T_c \left(1 - x_0 \left|\Delta\rho\right|^{1/\beta} c_1 \left|\Delta\rho\right|^{\delta} + c_2 \left|\Delta\rho\right|^{3/(2\beta)} + c_3 \left|\Delta\rho\right|^{\delta - \alpha/\beta}\right), \qquad (4)$$

где c_i — постоянные коэффициенты; β — асимптотический критический индекс; $x_0 = (a_1/d_1)^{1/\beta}$ — значение масштабной переменной x на линии насыщения; $\Delta\rho = \rho/\rho_c$.

Коэффициенты уравнения (4) установлены на базе экспериментальных и табличных данных о ρ^+ [6, 8–11] по методике, аналогичной использованной при поиске параметров уравнения для паровой ветви линии фазового равновесия R134a.

В результате проведенных расчетов коэффициентам уравнения (4) присвоены следующие значения: $c_1 = -0{,}4659445$; $c_2 = 0{,}9734483$; $c_3 = -0{,}4733942$; $\delta = 4{,}8629$. Значения остальных параметров такие же, как и в уравнениях (1) и (2).

Отклонения значений ρ^+, рассчитанных по уравнению (4), от экспериментальных и табличных данных [6, 8, 10, 11] представлены на рис. 2. Можно отметить, что в окрестности критической точки табличные значения ρ^+ [6] не согласуются ни с плотностью насыщенной жидкости, рассчитанной по уравнению (4), ни с опытными данными [8].

Список литературы

1. *Ма Ш.* Современная теория критических явлений. М.: Мир. 1980.

2. *Рыков С. В., Самолетов В. А., Рыков В. А.* Линия насыщения аммиака // Вестник Международной академии холода. — 2008. — № 4. — С. 20–21.

3. *Baehr H. D., Tillner-Roth R.* Measurement and correlation of the vapour of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a) and of 1,1-difluoroethane (152a) // J. Chem. Thermodynamics. — 1991. — Vol. 23, № 7. P. 1063–1068.

4. *Geller V. Z., Sishtla V., Brasz J. J.* New Thermodynamic Property Measurements of HFC-134a // Paper presented at the Thirteenth Symposium on Thermophysical Properties, June 22–27. — 1997. — Boulder, Colorado, U.S.A.

5. *Kubota H., Yamashita T., Tanaka Y., Makita T.* Vapour pressure of new fluorocarbons // Intern. J. Thermoph. — 1989. V. 10, № 3. — P. 629–637.

6. *Tillner-Roth R., Baehr H. D.* An International Standard Formulation for the Termodynamic Properties of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a) for Temperatures From 170 K to 455 K and Pressures up to 70 MPa // J. Phys. Chem. Ref. Data. — 1994. Vol. 23, № 5. P. 657–729.

7. *Weber L. A.* Vapour pressure and das-phase PTV data for 1,1,1,2,-tetrafloethane // Intern. J. Thermoph. — 1989. — V. 5, № 10. — P. 617–627.

8. *Kabata Y., Tanikawa S., Uematsu M., Watanabe K.* Measurements of the vapour-liquid coexistence curve and the critical parameters for 1,1,1,2-tetrafluoroethane // Intern. J. Thermoph. — 1989. — V. 10, № 3. — P. 605–615.

9. *Васьков Е. Т., Васьков В. Т.* Термодинамические свойства хладагента R134a // СПб.: СПбГАСУ. — 1996. — 118 с.

10. *Bazu R. C., Wilson D. P.* Thermodynamical properties of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R-134A) // Inter. J. Thermoph. — 1989. — V. 10, № 3. — P. 605–615.

11. *Tillner-Roth R., Baehr H. D.* Measurements of liquid near critical and supercritical ( ) of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a) and of 1,1-difluoroethane (152a) // J. Chem.Thermodynamics. — 1993. — Vol. 25, № 2. P. 227–292.

УДК 536.71

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПСЕВДОКРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЕДИНОГО УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ R717

Л. Ю. Демина, И. В. Кудрявцева, С. В. Рыков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: toggl@yandex.ru

При описании равновесных свойств индивидуальных веществ в настоящее время все большее распространение получает метод псевдокритических точек [1]. Как впервые показано в [2], положение псевдокритических точек на термодинамической поверхности определяется системой равенств:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_v = 0, \qquad \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = 0.$$

К достоинствам данного подхода относится возможность одновременного описания как регулярной части термодинамической поверхности, так и ее околокритической области. В данной работе этот метод реализован при построении единого уравнения состояния аммиака, которое в соответствии с требованиями современной физики критических явлений описывает широкую окрестность критической точки. Хладон R717 относится к классу хорошо изученных веществ, для которого разработано большое количество термодинамических таблиц разными авторами [3–6]. Подробный обзор экспериментальных исследований термодинамических свойств аммиака в регулярной части термодинамической поверхности представлен в [4]. Экспериментальная информация о термодинамических свойствах аммиака в регулярной части термодинамической поверхности получена в очень широкой области, как по температуре, так и по плотности. Вместе с тем, равновесные свойства аммиака в околокритической области недостаточно исследованы. Поэтому в опорный массив опытных данных также включены расчетные данные о плотности и изохорной теплоемкости, рассчитанные авторами [6] для широкой окрестности критической точки.

В работе предложено уравнение состояния аммиака, которое предназначено для описания термических и калорических свойств в газовой и жидкой фазах. Уравнение состояния имеет форму свободной энергии, которая приведена в [7]:

$$F(\rho,T) = RT_c f(\omega)\sum_{i=0}^{n_1}\sum_{j=1}^{n_2} u_{ij} f_{ij}(t)|\Delta\rho|^{\delta+1+\Delta_i/\beta} a_i(x) +$$

$$+F_0(T) + RT\ln\rho + RT\omega\sum_{i=1}^{n_3}\sum_{j=0}^{j_3(i)} C_{ij}\tau_1^j(\Delta\rho)^i. \qquad (1)$$

Здесь $F_0(T)$ — идеально-газовая составляющая свободной энергии; $\omega = \rho/\rho_c$ — относительная плотность, $a_i(\tilde{x})$ — масштабные функции свободной энергии, $\tilde{x} = \tau/\tau_s$ — обобщенная масштабная переменная, где τ_s находится из равенства $\tau_н = -x_0\tau_s$, где x_0 — параметр линии фазового равновесия, $t = T/T_c$ — относительная температура, $\tau_1 = T_c/T - 1$ — обратная температура, $f(\omega)$ и $f_{ij}(t)$ — сглаживающие функции, C_{ij} и u_{ij} — коэффициенты уравнения состояния, которые определяются методом наименьших квадратов на основе исходного массива данных.

Как показано в [8], уравнение состояния (1) при соответствующем выборе масштабных функций, может учитывать асимметрию реальной жидкости, как в однофазной области, так и на линии фазового равновесия. Масштабные функции $a_i(\tilde{x})$ задаются выражениями:

$$a_0(\tilde{x}) = A_{01}\left[(\tilde{x}+x_{01})^{2-\alpha} - \frac{x_{01}}{x_{02}}(\tilde{x}+x_{02})^{2-\alpha}\right] + B_{01}(\tilde{x}+x_{03})^{\gamma} + C_0, \qquad (2)$$

$$a_1(\tilde{x}) = A_{11}\left[(\tilde{x}+x_{11})^{2-\alpha+\Delta} - \frac{x_{11}}{x_{12}}(\tilde{x}+x_{22})^{2-\alpha+\Delta}\right] + B_{11}(\tilde{x}+x_{13})^{\gamma+\Delta} + C_1, \qquad (3)$$

$$a_2(\tilde{x}) = A_{21}\left((\tilde{x}+x_{21})^{2-\alpha+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{22})^{2-\alpha+\Delta_1} - \frac{x_{21}-x_{22}}{x_{23}-x_{24}}\left((\tilde{x}+x_{23})^{2-\alpha+\Delta_1} - (\tilde{x}+x_{24})^{2-\alpha+\Delta_1}\right)\right) +$$

$$+B_{21}\left(\left(\tilde{x}+x_{25}\right)^{\beta\delta+\Delta_1}-\frac{x_{25}}{x_{26}}\left(\tilde{x}+x_{26}\right)^{\beta\delta+\Delta_1}\right)+$$

$$+D_{21}\left(\left(\left(\tilde{x}+x_{27}\right)^{\gamma+\Delta_1}-\left(\tilde{x}+x_{28}\right)^{\gamma+\Delta_1}\right)-\frac{x_{27}-x_{28}}{x_{29}-x_{2,10}}\left(\left(\tilde{x}+x_{29}\right)^{\gamma+\Delta_1}-\left(\tilde{x}+x_{2,10}\right)^{\gamma+\Delta_1}\right)\right)+C_2, \quad (4)$$

$$a_3\left(\tilde{x}\right)=A_{31}\left(\left(\tilde{x}+x_{31}\right)^{2-\alpha+\Delta_2}-\frac{x_{31}}{x_{32}}\left(\left(\tilde{x}+x_{32}\right)^{2-\alpha+\Delta_2}\right)\right)+$$

$$+D_{31}\left(\left(\tilde{x}+x_{33}\right)^{\gamma+\Delta_2}-\frac{x_{33}}{x_{34}}\left(\tilde{x}+x_{34}\right)^{\gamma+\Delta_2}\right)+C_3. \quad (5)$$

Масштабные функции (3) и (4) отвечают за описание вещества в околокритической области, как симметричной системы, а функции (5) и (6) обеспечивают учет асимметрии системы жидкость–пар относительно критической изохоры.

Выражение для сжимаемости, полученное из (1) на основе термодинамического равенства $p=\rho^2\left(\partial F/\partial\rho\right)_T$, имеет вид:

$$Z(\rho,T)=1+\omega\sum_{i=0}^{n_3}\sum_{j=0}^{j_3(i)}C_{ij}\tau_1^j(\Delta\rho)^i\left(i\omega+\Delta\rho\right)+(\omega/t)\sum\sum u_{ij}f_{ij}(t)\left|\tau_s\right|^{1-\alpha+\Delta_i}g_i(\omega), \quad (6)$$

где

$$g_i(x)=f(\omega)\text{sign}\left(\Delta\rho\right)h_i\left(\tilde{x}\right)+f'(\omega)\tau_s a_i\left(\tilde{x}\right).$$

Сглаживающие функции $f(\omega)$ и $f_{ij}(t)$ в (7) описываются зависимостями:

$$f(\omega)=\left[\left(1-\omega^{n_4}\right)^{n_5}-1\right]^{n_6}, \qquad f_{ij}(t)=\frac{1}{t^{n_{ij}}}. \quad (7)$$

Для того чтобы термическое уравнение состояния (7) передавало поведение термодинамических функций в соответствии с требованиями современной теории критических явлений коэффициенты его регулярной составляющей выбирались таким образом, чтобы выполнялись следующие равенства:

$$\left(\frac{\partial^m p}{\partial\rho^m}\right)_{v=v_c,T=T_c}=0, \qquad \left(\frac{\partial p}{\partial\rho}\right)_{v=v_c,T\to T_c}\approx A\left|\tau\right|^{\gamma}. \quad (8)$$

Здесь $m=1\div 4$.

Отклонения значений равновесных свойств аммиака в области сверхкритических температур, рассчитанных по асимметричному единому уравнению состояния (1), представлены на рис. 1–2. В целом, можно констатировать, что как в регулярной области, так и в окрестности критической точки, уравнение (1) передает равновесные свойства аммиака с удовлетворительной точностью.

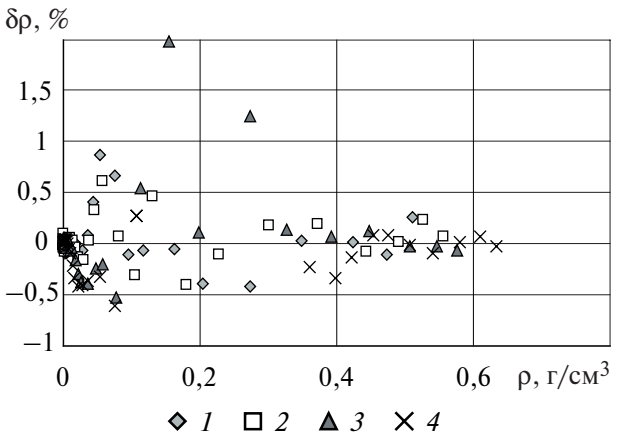


Рис. 1 Отклонения значений плотности, рассчитанных по уравнению (1), от данных [5] на изотермах: *1* — 623,15 K; *2* — 593,15 K; *3* — 513,15 K; *4* — 423,15 K

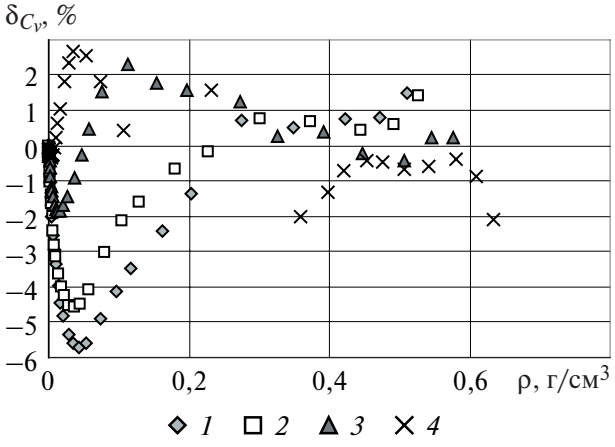


Рис. 2. Отклонения значений изохорной теплоемкости, рассчитанных по уравнению (1), от данных [5] на изотермах: *1* — 623,15 K; *2* — 593,15 K; *3* — 513,15 K; *4* — 423,15 K

Список литературы

1. *Рыков В. А.* О гипотезе «псевдоспинодальной» кривой // ЖФХ. — 1986. — Т. 60. № 3. С. 789–793.

2. *Рыков В. А.* Определение «псевдоспинодальной» кривой на основе термодинамических равенств $(T/S)v = 0$ и $(V/p)T = 0$ // ЖФХ. — 1985. — Т. 59. № 11. — С. 2905–2906.

3. *Клецкий А. В.* Аммиак. Таблицы термодинамических свойств газов и жидкостей. — М.: Изд-во стандартов, 1978. Вып. 4.

4. *Рыков В. А., Устюжанин Е. Е., Попов П. В., Кудрявцева И. В., Рыков С. В.* Аммиак. Плотность, энтальпия, энтропия, изобарная и изохорная теплоемкости, скорость звука в диапазоне температур 196–606 К и давлений 0,001–100 МПа. ГСССД 227-2008. Деп. в ФГУП «Стандартинформ» 15.05.2008 г., № 837-2008 кк.

5. *Huber M. et al.* REFPROP, NIST Standard Reference Data Base, Thermodynamic properties of refrigerants, 1996.

6. *Sengers J. V., Edison T. A.* Thermodynamic properties of ammonia in the critical region // Int. J. Refrig. — 1999. V. 22. P. 365–378.

7. *Кудрявцева И. В., Рыков В. А., Рыков С. В.* Асимметричное единое уравнение состояния R134a // Вестник Международной академии холода. — 2008. — № 2. — С. 36–39.

8. *Рыков С. В., Кудрявцева И. В.* Выбор структуры асимметричных масштабных функций свободной энергии в физических переменных // Вестник Международной академии холода. — 2009. — № 1. — С. 43–45.

УДК 621.564.27

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ КИПЯЩЕГО ФРЕОНА-113

Л. И. Ильченко, В. Д. Чайка

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
E-mail: ilchenkoli1941@mail.ru

Важная роль теплового пограничного слоя в процессах теплопередачи кипящих жидкостей сделала его объектом многих исследований, в том числе и наших [1–6]. Толщина перегретого пограничного слоя, прилегающего к поверхности нагрева, и профиль температуры внутри этого слоя считаются существенными параметрами пузырькового кипения. Именно эта сильно перегретая область определяет зарождение и рост паровых пузырьков и представляет собой основной фактор, определяющий теплоотдачу при пузырьковом кипении.

Существование перегретого пограничного слоя впервые наблюдали в 1931 г. Якоб и Фриц [1]. Используя термопарный зонд, они измерили профиль температур над горизонтальной поверхностью нагрева при кипении воды в большом объеме. Они заметили, что основная часть разности температур поверхности и основной массы жидкости приходится на область, прилегающую к поверхности и имеющую толщину в несколько миллиметров.

В 1965 г. Маркус и Дропкин [2] провели обширное исследование теплового пограничного слоя над никелированной медной поверхностью при пузырьковом кипении воды в большом объеме в условиях насыщения, которое показало, что толщина теплового пограничного слоя уменьшается с увеличением теплового потока. Кроме того, они установили функциональную зависимость между экстраполированной толщиной перегретого слоя и коэффициентом теплоотдачи.

В 1968 г. Липперт и Дугелл [3] предприняли исследование, аналогичное исследованию Маркуса и Дропкина, в котором измерили температурные профили в тепловом пограничном слое для фреона-113, метилового спирта и воды, кипящих на медной поверхности нагрева. Липперт и Дуггел воспроизвели результаты Маркуса и Дропкина для воды. Все опыты были проведены с жидкостями, объем которых находился при температуре насыщения или вблизи нее.

Последняя работа по измерению теплового пограничного слоя была выполнена Уиб и Джадом [4]. В этой работе кипение фреона-113 происходило на стеклянной пластине, покрытой электропроводящим окислом. В соответствии с предыдущими исследованиями они обнаружили, что тепловой пограничный слой уменьшается с увеличением теплового потока.

Во всех отмеченных работах экспериментально измеренный профиль температур кипящих жидкостей использовался в качестве масштаба условной толщины пограничного слоя, не делая различия между его свойствами и свойствами объемной жидкости.

Независимо от этих работ большое число исследований в области поверхностных сил показали, что тонкие слои жидкости вблизи твердой поверхности имеют особые аномальные теплофизические свойства, отличающиеся от объемной жидкости: повышенную вязкость и теплопроводность [7, 8], отрицательное «расклинивающее» давление [9].

В настоящей работе анализируются результаты некоторых исследований, выполненные в работах [3, 4] и представленные на рис. 1 (кривая *1*), при этом подтверждается аномальность теплофизических свойств пограничных слоев кипящего фреона-113, в частности, исследуется его теплопроводность, которая обусловливает наличие зоны перегрева и весь процесс пузырькового кипения.

Как видно из рис. 1 профиль температур для кипящего R-113 действительно в соответствии с мнением авторов [2–4], как и для других кипящих жидкостей можно разделить на две зоны. Первая, прилегающая к нагревателю область в декартовых координатах имеет прямолинейный температурный профиль (участок «а», кривая *1*). Для второй области прямолинейная зависимость температурного перепада ΔT получена только в логарифмических координатах (кривая *2* рис. 1) и может быть представлена степенной зависимостью:

$$\Delta T = Дx^{-m}, \tag{1}$$

где постоянные Д и m определяются условиями опыта. Для плотности теплового потока $q = 51172$ Вт/м^2 (44000 ккал/м^2·час) и температуры кипения $t = 46{,}7$ °С [3] найденные значения составляют Д $= 4{,}2 \cdot 10^{-2}$ град/мм, $m = 2{,}0$.

При стационарном тепловом режиме известный профиль температур в теплообменивающих слоях позволяет определить теплопроводность слоя из уравнения Фурье:

$$\lambda = \frac{q}{\dfrac{\mathrm{d}\,(\Delta T)}{\mathrm{d}\,x}} = \frac{q}{(Дx^{-m})'}. \tag{2}$$

Считая процесс кипения квазистационарным тепловым режимом, продифференцировав уравнение (1) и подставив численные значения Д и m в уравнение (2), получим расчетную формулу для определения коэффициента теплопроводности λ пограничных слоев второй зоны кипящего R-113 (при измерении x в метрах):

$$\lambda = \frac{51172}{2 \cdot 4{,}2 \cdot 10^{-2}} x^3 = 0{,}61 \cdot 10^{-12} x^3. \qquad (3)$$

Расчет коэффициента λ по уравнению (3) дает для пограничного слоя на расстоянии $x = 0{,}05$ мм значение $\lambda = 0{,}076$ Вт/(м·K), что близко и сопоставимо с табличными значениями λ для фреона-113 ($\lambda_{\text{табл}} = 0{,}067$ Вт/(м·K) при температуре кипения $t = 45$ °C) [11].

Таким образом, теплопроводность пограничных слоев R-113 имеет низкие значения, свидетельствующие об отсутствии конвективной составляющей в тепловом потоке, изменяется по параболическому закону в соответствии с уравнением (3) и, вероятно, является следствием изменения других теплофизических свойств, таких как, например, вязкости [7].

Представляет интерес из уравнения (3) определить то расстояние от нагревателя, при котором коэффициент λ принимает значение, равное табличному, и которое характеризует невозможность дальнейшего уменьшения теплопроводности и полное отсутствие конвекции. Расчет приводит к величине x = 0,047 мм. Как видно из рис. 1, именно в этой точке наблюдается граница первой и второй зон.

Аналитическое описание профиля температур в слоях первой зоны для расчета теплопроводности R-113 в виде прямолинейной зависимости не обосновано экспериментально из-за понятных затруднений при измерениях на столь малых расстояниях (0–0,05 мм). Кроме того, предполагаемая прямолинейная зависимость (участок «а» кривой *1*) не подтверждается при преобразовании ее в логарифмический масштаб (кривая *2* на первом участке имеет показатель степени при x, неравный единице). Более достоверное распределение температур в первой зоне, как нам представляется, должно быть в виде криволинейного участка «b» (кривая *1*). В таком случае профиль температур обоих зон имеет «дельтообразный» вид [12] и может быть обобщен одним экспоненциальным уравнением:

$$\Delta T = a \ \exp\left(-bx - cx^2\right), \qquad (4)$$

в котором известные координаты точек перегиба ($x = 0{,}047$ мм) и максимума (условно располагаемого внутри нагревателя при $x = -0{,}01$ мм), позволяют определить значения величин a, b и c и получить расчетное уравнение:

$$\Delta T = 21{,}2 \exp\left(-1{,}6x - 140x^2\right). \qquad (4a)$$

Продифференцировав уравнение (4а) и подставив в уравнение (2), рассчитаем теплопроводность пограничного слоя R-113 во всем диапазоне толщин. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

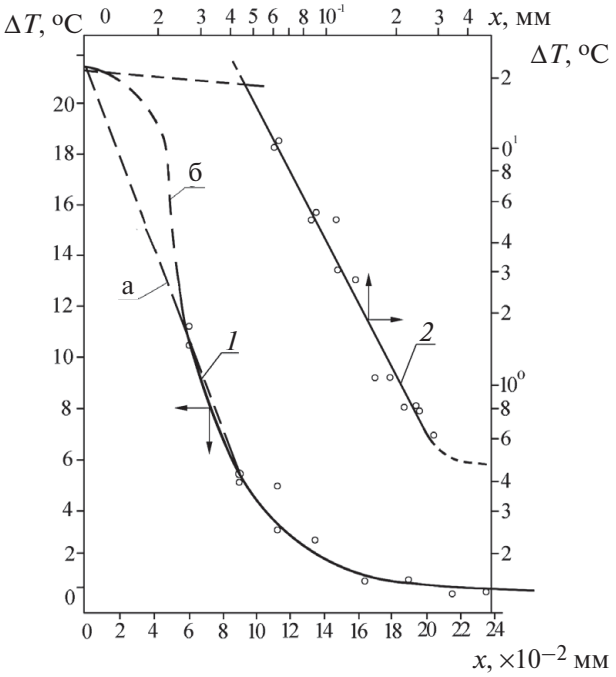


Рис. 1 Профиль температур кипящего фреона-113
1 — $\Delta T - x$, *2* — $\lg \Delta T - \lg x$;
ΔT — град; x — мм; $t_{\text{кип}} = 46{,}7$ °C, $q = 51172$ Вт/м^2 [3]

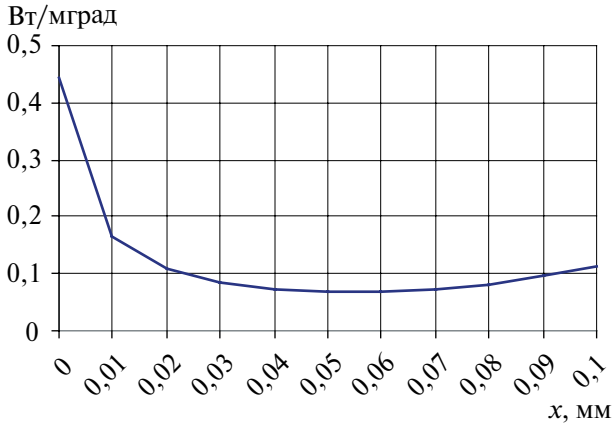


Рис. 2. Изменение теплопроводности λ Вт/(м·K) по толщине пограничного слоя R-113, (x, мм)

Из рис. 2 видно, что теплопроводность пограничных слоев R-113 минимальна и равна табличному значению $\lambda = 0{,}067$ Вт/(м·К) на расстоянии x $= 0{,}045-0{,}055$ мм от нагревателя. С увеличением расстояния теплопроводность увеличивается за счет конвективной составляющей в тепловом потоке.

Увеличение теплопроводности пограничных слоев, непосредственно прилегающих к нагревателю, не связанно с конвекцией, а обусловлено изменением структурной составляющей прилегающих слоев жидкости. Впервые повышенная теплопроводность тонких жидких пленок была обнаружена Мецик [8], является экспериментальным фактом и она подтверждает справедливость уравнений (4), (4а).

Отмеченные закономерности изменения теплопроводности λ пограничных слоев открывают возможность с других позиций рассматривать теплопередачу от нагревателя к кипящей жидкости и те закономерности, которым подчиняется коэффициент теплоотдачи α. В частности, передача тепла от нагревателя к жидкости обычно постулируется как процесс определяемый термическим сопротивлением на границе раздела фаз. Однако, во всех исследованиях принимается равенство температур нагревателя и прилегающего слоя жидкости, т. е. отсутствие какого либо термического сопротивления. В действительности все термическое сопротивление приходится на пограничный слой жидкости, которое может быть рассчитано по уравнению:

$$R = \int_0^a \left(\frac{1}{\lambda}\right) \mathrm{d}\, x, \tag{5}$$

где пределы интегрирования $0 \div a$ — толщина пограничного слоя.

Проведенный расчет по (5) с учетом уравнений (4) и (4а) и сопоставление с величиной термического сопротивления, рассчитанного по коэффициенту теплоотдачи $R_a = 1/\alpha$, подтверждает, что на участок пограничного слоя жидкости R-113 ($x = 0{,}047 \div 0{,}2$ мм) приходится 90 % от общего термического сопротивления.

Таким образом, малая теплопроводность пограничного слоя из-за отсутствия конвекции определяет профиль температур, термическое сопротивление, коэффициент теплоотдачи α от нагревателя к кипящей жидкости и температуру нагревателя.

Список литературы

1. *Jakob M. and Frits W.* «Versuche uber den Verdampfungsvorgang», Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Vol. 2. 1931. P. 435.

2. *Маркус, Дропкин* Экспериментальное исследование температурных профилей в перегретом слое над горизонтальной поверхностью при пузырьковом кипении воды в большом объеме. М.: Мир. Теплопередача, 1965. № 3. С. 14–24.

3. *Липперт Т., Дугелл Р.* Экспериментальное исследование профилей температуры в тепловом подслое при пузырьковом кипении в большом объеме воды, фреона-113 и метилового спирта // Труды Американского общества инженеров-механиков // М.: Мир. Теплопередача, 1968. Серия С. Т. 90. № 3. С. 71–77.

4. *Уиб, Джад.* Измерение толщены перегретого слоя при пузырьковом кипении насыщенной и недогретой жидкости // М.: Теплопередача, 1971. Серия С. Т. 93. № 4. С. 132–139.

5. *Ильченко Л. И., Чайка В. Д.* Простая модель сложного теплообмена при кипении жидкостей. Владивосток, Сб. / Дальрыбвтуза, Научные труды, Владивосток, 2008.

6. *Чайка В. Д.* Эксперимент и теория при закипании воды на горизонтальных трубах, Владивосток. Т. 1. 2002. С. 92.

7. *Чураев Н. В., Дерягин Б. В.* Влияние электрокинетических явлений и реологических свойств граничных фаз на течение жидкостей в тонких пленках и порах // Исследования в области поверхностных сил. М.: Наука, 1967. С. 295–303.

8. *Мецик М. С.* Новые данные о теплопроводности тонких пленок воды // Исследования в области поверхностных сил. Сб. док. 3 конф. по поверхностным слоям. М.: Наука, 1967. С. 41–42.

9. *Дерягин Б. В., Кусаков М. М.* Экспериментальное исследование сольватации поверхностей в применении к построению математической теории устойчивости лиофильных коллоидов. М.: Изв. АНСССР, ОМЕН. Сер. хим. № 5, (1936). Изв. № 5, 1115–1151 (1937).

10. *Ильченко Л. И., Чайка В. Д.* Особые свойства жидкостей в пленках и их влияние на рост паровых пузырей // Четвертая Российская национальная конференция по теплообмену. М., 2006. Т. 4. С. 133–136.

11. *Богданов С. Н., Иванов О. П., Куприянова А. В.* Холодильная техника. Свойства вещества. Справочник. М.: Машиностроение, 1976. С. 130.

12. *Лыков А. В.* Тепломассообмен. Справочник М.: Энергия, 1972. С. 560.

УДК 536.212

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ИЗ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Н. В. Островская, В. Д. Чайка

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз)
г. Владивосток

Холодильные и криогенные системы работают при температурах более низких, чем температура окружающей среды, это требует применение специальной теплоизоляции с малой теплопроводностью.

Существует много разновидностей теплоизоляционных материалов, применяющихся при температурах выше криогенных и находящихся под атмосферным давлением. Всех их объединяет одно важное свойство — дисперсность их структуры. Для большинства теплоизоляционных дисперсных материалов коэффициент теплопроводности $\lambda = 0{,}05 \div 0{,}02$ Вт/(м·К) [1].

Нами создан новый теплоизоляционный материал из сырья, полученного в результате сбора и переработки отходов, представляющих собой использованные пакеты «Tetra Pak» из-под соков, молока, и других напитков.

Экспериментальный образец показан на рисунке. Материал пакетов «Tetra Pak» представляет собой многослойную структуру, состоящую из нескольких слоев: пластика, бумаги, металлизированного слоя и снова пластика. В качестве пластика чаще всего используется полиэтилен и полиэтилентерефталат. Благодаря такой структуре, пакеты «Tetra Pak» имеют хорошие изоляционные свойства, что позволяет сохранять жидкие продукты, без изменения их вкусовых качеств в течение многих месяцев, не используя консервантов и даже вне холодильника.

По нашей технологии материал использованных пакетов нарезается на мелкие кусочки и спекается под давлением при повышенной температуре. Между отдельными кусочками в зависимости от давления при прессовании образуются воздушные небольшие полости, которые герметично заблокированы в массе спекаемого материала. При остывании вследствие понижения температуры в воздушных полостях понижается давление воздуха.

Также как и традиционные дисперсные материалы: волокнистые (минеральная вата, стекловата), зернистые или порошкообразные (перлит, аэрогель, силикагель), ячеистые (мипора, пенопласт), полученный нами материал имеет низкую теплопроводность. Теплопроводность полученного материала варьируется от $\lambda \approx 0{,}02$ до 0,08 Вт/(м·К). Величина теплопроводности зависит от технологического процесса получения материала, и, в первую очередь, от давления при спекании мелко нарезанных кусочков исходного сырья.

Теплоизоляционные свойства материалов, в основном, объясняются их мелкопористой структурой и заполнением пор неподвижным воздухом (или другим газом), имеющим при температуре 0–20 °С низкую теплопроводность $\lambda_в = 0{,}024$ Вт/(м·К). При использовании вакуума теплопроводность можно понизить. Например, для многослойно-вакуумной теплоизоляции в интервале температур от 300 до 80 К среднее значение теплопроводности $\lambda = 10^{-4}$ Вт/(м·К) [2].

Теплопроводность изоляции зависит от температуры, плотности и давления газа, степени черноты материала, размера частиц. Теплопроводность в общем виде складывается из теплопроводности по твердому телу, теплопроводности газа в вакууме и теплопроводности за счет излучения. В нашем случае изготовление теплоизоляционного материала из нарезанных кусочков материала пакетов «Tetra Pak» обеспечивает оптимальные значения теплопроводности за счет хороших характеристик исходного сырья. Здесь можно говорить и о многослойности и, в какой-то степени, о вакуумировании воздушных полостей. Подбор связующего пластика для спекания отдельных кусочков также влияет на значение теплопроводности.

Достоинством полученного теплоизоляционного материала является невысокая стоимость и простота в эксплуатации.

Теплоизоляционный материал, изготовленный из использованных пакетов «Tetra Pak»

Возможность создания прочного материала (в зависимости от связующей добавки к нарезанным кусочкам спекаемого сырьевого материала) позволит использовать его в качестве тепловых мостов, так как значение контактной теплопроводности удовлетворяет требованиям для криогенных систем.

Плотность полученного теплоизоляционного материала из пакетов «Tetra Pak» меньше плотности воды, поэтому он не тонет в воде. Гигроскопичность удовлетворяют свойствам теплоизоляции. Возможность формовать различные изделия позволит изготовлять сегменты для изоляции трубопроводов, которые могут эксплуатироваться в любой природной среде: воздухе, воде, земле.

К недостаткам, как и у традиционных видов теплоизоляции, можно отнести то, что такую теплоизоляцию нельзя применять при температурах ниже 80 К из-за конденсации атмосферного воздуха на ее холодной поверхности, что приводит к резкому ухудшению теплоизоляционных свойств.

Изоляционный материал должен иметь низкую теплопроводность, малую плотность, пониженные паропроницаемость, гигроскопичность и водопоглощаемость, достаточные механическую, эластичность и вибростойкость. Он должен быть трудносгораемым, нетоксичным, биостойким, морозостойким, способным противостоять грызунам технологичным, долговечным, недефицитным, дешевым, не выделять запахи и не воспринимать их; не вызывать коррозию металла изолируемой поверхности и не способствовать ей. Существующие материалы не удовлетворяют полностью предъявляемым требованиям.

Полученный нами материал имеет одно отличительное достоинство, состоящие в том, что он изготавливается не из дорогого сырья, а из отходов использованных пакетов «Tetra Pak». Этим обеспечивается защита окружающей человека природной среды [3–7].

Несмотря на то, что упаковка Tetra Pak на 75 % состоит из картона, уничтожение ее путем сжигания не рекомендуется в виду содержания в ней пластических масс, которые при горении выделяют вредные для человека и окружающей природной среды вещества. Материал «Tetra Pak» практически не подлежит процессу саморазложения при закапывании в землю или при нахождении в воде (морской, речной). Единственный путь избавления от таких отходов — это их утилизация.

Потребительский спрос на упакованную продукцию в настоящее время создал проблему уничтожения огромного количества отходов упаковочного материала. Переработке поддаются как недавно собранные отходы, так и отходы с образовавшейся от времени хранения микрофлорой.

Предлагаемая технология позволяет изготовлять из использованных пакетов «Tetra Pak» теплоизоляционный материал, обладающий исключительной экологической чистотой и не содержащий каких-либо дополнительных химических веществ. Данная технология отличается простотой, низким энергопотреблением и может быть реализована на серийном оборудовании.

Список литературы

1. *Архаров А. М., Беляков В. П., Микулин Е. И. и др.* Криогенные системы. — М.: Машиностроение, 1987. — 536 с.

2. *Архаров А. М., Марфенина И. В., Микулин Е. И.* Криогенные системы: Основы теории и расчета. — М.: Машиностроение, 1988. — 464 с.

3. *Островская Н. В.* Сбор и переработка бытовых отходов, содержащих пластические массы. Сборник статей XI Международной научно-практической конференции «Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля» — Пенза, АНОО «Приволжский дом знаний», 2007. — С. 39–42.

4. *Островская Н. В., Диогенова Т. В.* Экологическое значение утилизации использованной пластмассовой упаковки. Исследования мирового океана. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И. В. Кизеветтера. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. — С. 492–495.

5. *Островская Н. В., Чайка В. Д.* Проблема утилизации отходов «Tetra Pak». Природа без границ: Материалы III Международного Экологического Форума, Владивосток, 12–13 ноября 2008 г. — Владивосток: Из-во Дальневосточного ун-та, 2009. — С. 97–100.

6. *Островская Н. В., Чайка В. Д.* Утилизация отходов «Tetra Pak». Материалы Международных научных чтений «Приморские зори — 2009». Владивосток: Изд-во ТАНЭБ, 2009, Выпуск второй. — С. 35–38.

7. *Островская Н. В.* Переработка пластик содержащих отходов в новые теплоизоляционные материалы. — Материалы и технологии XXI века: сборник статей VII Международной научно-технической конференции. — Пенза: Приволжский дом знаний, 2009. — С. 179–181.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Е. С. Платунов, С. В. Сергеев

Санкт-Петербургский университет низкотемпературных и пищевых технологий

В настоящее время активно ведутся исследования, связанные с изучением теплофизических характеристик (ТФХ) влагосодержащих материалов (пищевых продуктов, грунтовых пород, водных растворов и др.), особенно в условиях замораживания и размораживания. Для такого рода измерений наиболее перспективными являются динамические методы измерений, основанные на закономерностях монотонного разогрева — охлаждения, так как позволяют в одном опыте изучить ТФХ образцов как функции температуры. Тепловая модель любого динамического метода отличается простотой реализации. В частности разработан динамический метод, позволяющий исследовать влагосодержащие материалы в области температур $(-30... + 25)$ °С, образцы которых имеют форму плоских дисков или цилиндров. В одном из вариантов тепловая ячейка метода представляет собой металлическое ядро, которое поочередно плавно охлаждается или нагревается в изотермической среде. Внутри ядра размещается исследуемый образец, имеющий форму цилиндра. В опытах регистрируется тепловой поток, которым образец обменивается с ядром ячейки, и температуры его плоских граней. Указанный метод в настоящее время имеет достаточно строгое теоретическое обоснование, *если используется при исследовании однородных образцов со слабо зависящими от температуры теплофизическими свойствами.*

Однако пока актуальной остается проблема использования динамических методов в тех случаях, когда внутри исследуемого образца в процессе нагрева — охлаждения происходят фазовые превращения. Поэтому возникает задача аналитического описания двухфазного температурного поля, аналитическое выражение которого можно было бы использовать при исследованиях ТФХ образцов влагосодержащих материалов непосредственно внутри зоны фазовых превращений. Подобного рода задачи решались такими известными учеными как Стефан, Планк, Ляме и Клапейрон около 100 лет назад [2]. В 1950-е годы Лыков представил математическую модель процессов замерзания жидкости в пористых материалах [1]. В области исследования процессов плавления и затвердевания также работали Брансье и Бардон. Первые расчеты процесса затвердевания плоской прямоугольной пластины численными методами были выполнены Хасаном, позже Веллером, но уже с учетом движения жидкости. Затем этот анализ развили Гасеми и Молки [3].

В настоящем докладе представлена численная модель одномерного температурного поля, возникающего в двухфазном влагосодержащем образце, который охлаждается в изотермической среде. Рассмотрены три простейшие конфигурации образца: пластина, цилиндр и шар. В процессе охлаждения образца можно условно выделить три основные стадии: однофазную жидкую, двухфазную с явно выраженной движущейся границей раздела фаз и однофазную твердую.

Анализ каждой стадии можно рассматривать в виде самостоятельной задачи с собственными начальными и граничными условиями, а затем связать их вместе. Распределения температуры в однофазных стадиях в рамках данного вопроса не представляют интереса, поэтому перейдем непосредственно к рассмотрению двухфазной стадии процесса.

Анализ температурного поля в двухфазной стадии может быть сведен к решению задачи теплопроводности с граничными условиями второго рода. При этом плотность теплового потока на поверхности образца меняется по закону, согласно опытным данным. Основная трудность аналитического решения такой задачи заключается в том, что она относится к классу нелинейных, так как учитывает перемещение границы раздела фаз. Численный анализ в этом случае дает значительно больше возможностей.

Кроме того в нашем случае задача во многом упрощается в силу того, что граничные условия при измерении ТФХ удается оптимизировать. В частности, режим охлаждения подбирается в опыте так, чтобы неравномерность температурного поля в образце не превышала 2–5 К, тогда как температура образца в опыте в целом изменяется в среднем в пределах 50 К. При таких условиях выравнивание температуры в жидкой фазе пластины происходит значительно быстрее, чем успевает промерзнуть весь образец. То есть, можно считать, что в жидкой фазе на всей стадии промерзания сохраняется постоянная температура, равная T_3. В этом случае задача промерзания образца может быть сформулирована как задача Стефана для стоячей воды [2].

Решение находится методом конечных разностей по неявной схеме [4] и представляется в виде матрицы температур, где столбцы и строки представляют собой дискретные значения времени и координаты соответственно. Варьируя параметры шага по времени и координате, можно получать любую заданную точность решения.

Результаты численного моделирования дают полное представление о полях температур в образцах в рамках поставленной задачи. Полученные решения можно использовать для сравнения с приближенными аналитическими решениями с целью последующего уточнения вторых.

Список литературы

1. *Лыков А. В.* Тепло- и массоперенос в капиллярно-пористых телах. — М.: Высшая школа, 1966. — 527 с.

2. *Лыков А. В.* Теория теплопроводности. — М.: Высшая школа, 1967. — 599 с.

3. *Лебедев О. В., Будадин О. Н.* Нахождение положения точки росы и плоскости промерзания в многослойных объектах с учетом фазовых переходов жидкость — твердое тело — www.imash.ru

4. *Демидович Б. П.* Численные методы анализа. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1962. — 367 с.

РАЗВИТИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

И. В. Баранов, Е. С. Платунов, Е. В. Куслиева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В середине прошлого века в нескольких институтах нашей страны возникли теплофизические школы, занимающиеся разработкой методов начальной стадии (*нестационарных методов*), методов регулярного режима первого рода (*регулярных методов*) и методов регулярного режима второго рода (*квазистационарных методов*). Особую известность при исследовании теплофизических свойств получили методы регулярного теплового режима, разработанные Г. М. Кондратьевым и его учениками, так как оказались наиболее простыми в реализации. Развитие методов регулярного режима шло по нескольким направлениям. В частности, изыскивались новые области применения методов, использовались очередные достижения электроизмерительной техники, совершенствовалась конструкция калориметрических ячеек. В процессе этих работ окончательно выяснилось, что регулярные методы, как и методы начальной стадии, целесообразно использовать в основном при измерениях вблизи комнатной температуры, где естественным образом обеспечивается изотермичность среды и начального состояния образцов. Однако вдали от нормальных климатических условий они, к сожалению, перестают отличаться от стационарных методов. Для исследования тепловых свойств в широкой области температур более перспективными оказались квазистационарные методы, линейная теория которых была разработана А. В. Лыковым.

К сожалению, их широкому внедрению мешали две причины: сложность реализации линейного разогрева и отсутствие надлежащего теоретического обоснования, позволяющего корректно учитывать температурную зависимость теплофизических свойств образца. Поэтому возникла идея объединить положительные качества регулярных и квазистационарных методов, теоретически обосновав возможность их применения в условиях монотонного изменения температуры, когда удается равноправно учитывать как нелинейность уравнения теплопроводности, так и изменение скорости изменения температуры. Эти работы впервые были начаты в 60-х годах в ЛИТМО на кафедре теплофизики, в созданной Г. М. Кондратьевым проблемной лаборатории. Именно там удалось создать группу методов, синтезировавших в себе положительные качества регулярных и квазистационарных методов [1–4]. На основе этих методов была разработана группа приборов, которые в совокупности обеспечили измерения в области температур от 4,2 до 3000 К. Наибольшую известность среди них получили приборы, предназначенные для измерений в интервале минус 100...400 С. В 70-х годах они были переданы на доработку в Ленинградское ГСКТБ теплофизического приборостроения и до 1992 г. выпускались серийно, в заводском оформлении.

Методы исследований теплофизических свойств в условиях монотонного разогрева (охлаждения) часто называют *динамическими методами*. Они позволяют определять теплофизические свойства образца как функции температуры, поэтому опираются на *нелинейное* уравнение теплопроводности. Их физическую основу составляют линейные методы регулярного режима второго рода. Кроме того, обычно удается использовать образцы, имеющие форму пластинок, цилиндров и коротких стержней, в которых принудительно формируется практически одномерное температурное поле.

Особое место среди динамических методов занимают те, в которых образцом являются тонкие стержни (проволочки, ленты и трубки, заполненные исследуемым веществом). При разогреве и охлаждении таких образцов легко удается сохранять их изотермичность, поэтому такие методы широко используют для экспрессного определения теплоемкости как функции температуры, причем как в области криогенных и низких, так умеренных и высоких температур (от 6 до 2000 К). Расчетные формулы таких методов остаются строгими при произвольном характере зависимости теплоемкости образца от температуры.

В динамических методах, предназначенных для определения теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости, образцам обычно придают форму короткого цилиндра или диска. Основными элементами тепловой ячейки при этом являются две плотно прижатые друг к другу пластины, разогреваемые (охлаждаемые) слабо меняющимся аксиальным тепловым потоком. Наибольшее распространение нашли те методы, в которых первая пластина имеет относительно низкую теплопроводность, а вторая выполнена из металла и сохраняет в опыте практически равномерное температурное поле. Выделим три основных варианта таких тепловых ячеек.

Вариант 1. Металлическая пластина (ядро) *2* является постоянной деталью ячейки и имеет известные параметры c_2, ρ_2, h_2. Пластина (собственно образец) *1* имеет толщину h_1. Ячейка обеспечивает монотонный разогрев системы образец — ядро заданным тепловым потоком $q_0(\tau)$. В опыте регистрируются тепловой поток, поглощаемый обеими пластинками, перепад температуры в образце $\vartheta_1(\tau)$ и скорость разогрева ядра $b(\tau)\mathrm{d}\,t_2/\mathrm{d}\,\tau$. Ячейка позволяет определять одновременно теплопроводность и теплоемкость образца.

Расчетные формулы

$$\lambda_1 = \frac{h_1}{2\vartheta_1(\tau)}\left[q_0(\tau) + c_2\rho_2 h_2 b(\tau)\right], \qquad (1)$$

$$c_1 = \frac{1}{\rho_1 h_1}\left[\frac{q_0(\tau)}{b(\tau)} - c_2\rho_2 h_2\right]. \qquad (2)$$

Вариант 2. Пластина *2* тщательно защищена от теплообмена со средой и выполняет функции изотермического ядра с известной теплоемкостью C_2. Пластинка (образец) *1* имеет относительно малую толщину. В опыте регистрируются перепад температуры в образце $\vartheta_1(\tau)$ и скорость разогрева металлического ядра $b(\tau)\mathrm{d}\,t_2/\mathrm{d}\,\tau$. Выполняется ограничение

$$C_1\rho_1 h_1 S \le 10C_2. \qquad (3)$$

В данном варианте теплофизические измерения существенно упрощаются, так как отпадает необходимость иметь самостоятельный узел для задания и регистрации теплового потока q_0. Эту функцию берет на себя металлическое ядро. Но при этом метод теряет комплексность, позволяя независимо определять только теплопроводность. Исходная расчетная формула имеет вид

$$\lambda = \frac{h_1 C_2}{S}\frac{b(\tau)}{\vartheta_1(\tau)}(1 + \Delta\sigma_c), \qquad (4)$$

где S — площадь образца (пластинки *1*); $\Delta\sigma_c$ — поправка на теплоемкость образца, $\Delta\sigma_c\lambda C_1/2C_2$, $C_1\lambda\vartheta_1 h_1 S$.

Вариант 3. Выполняются все ограничения предыдущего варианта, но меняются ролями пластинка и ядро, а именно — пластинка становится постоянной деталью тепловой ячейки, выполняя функцию тепломера, а металлическое ядро — исследуемым образцом с исследуемой теплоемкостью. Параметры пластинки *1* предполагаются известными. Как и прежде, в опыте регистрируются только перепад температуры в образце $\vartheta_1(\tau)$ и скорость разогрева ядра $b(\tau)\mathrm{d}\,t_2/\mathrm{d}\,\tau$.

В этом варианте определяется удельная теплоемкость ядра

$$c_2 = \frac{\vartheta_1(\tau)}{\rho_2 h_2 b(\tau)}\frac{\lambda_1}{h_1}(1 + \Delta\sigma_c). \qquad (5)$$

Более детальное описание динамических тепловых ячеек приведено в монографиях [1–3]. В этих работах и оригинальных статьях подробно исследованы все побочные факторы, сопровождающие работу каждой ячейки. Важно отметить, что созданные тепловые ячейки в своей совокупности охватывают обширную область температур и самые различные группы веществ и материалов.

Переходя к перспективам дальнейшего развития динамических методов, отметим, что в последнее десятилетие эти методы исследования теплофизических свойств продолжали успешно совершенствоваться и развиваться. Это оказалось возможным в связи с существенными успехами современной электронной измерительной и вычислительной техники. Разработаны уникальные по своей чувствительности и быстродействию аналого-цифровые микропроцессоры. На их базе сейчас создаются специализированные измерительно-вычислительные устройства (*контроллеры*), способные управлять режимом работы тепловой ячейки, регистрировать по заданной программе показания нескольких температурных датчиков и тепломеров, а затем производить полную аналитическую обработку всей полученной в опыте экспериментальной информации.

Благодаря применению специализированных контроллеров динамические методы обнаружили два перспективных направления дальнейшего развития. Во-первых, появилась возможность использовать их для одновременного исследования температурной зависимости всего комплекса теплофизических свойств вещества. А это означает, что в перспективе можно физически более корректно исследовать материалы, свойства которых при нагреве и охлаждении изменяются необратимо. Во-вторых, появилась перспектива внедрить динамические методы в ранее недоступную область теплофизических измерений. Речь идет об исследовании кинетики тепловых процессов, которые происходят в структурно сложных многокомпонентных веществах при изменении их температуры. Примерами таких процессов являются структурные и фазовые превращения, которые происходят во влагосодержащих материалах, в частности, в пищевых продуктах, подвергающихся замораживанию и размораживанию.

Список литературы

1. *Платунов Е. С.* Теплофизические измерения в монотонном режиме. Л.: Энергия. 1973. 144 с.

2. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов, С. Е. Буравой, В. В. Курепин, Г. С. Петров / Под общ. ред. Е. С. Платунова. — Л.: Машиностроение. ленингр. отд-ние. 1986. 256 с.

3. *Кондратьев Г. М., Дульнев Г. Н., Платунов Е. С., Ярышев Н. А.* Прикладная физика: Теплообмен в приборостроении. — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003. 560 с.

4. *Platunov E. S.* Instruments for Measuring Thermal Conductivity, Thermal Diffusiivity, and Spesific Heat under Monotonic Heating // Compendium of Thermophisicai Property Measurement Methods. Vol. 2. Recommended Measurement Techniques and Practices, Plenum Press. New York and London. 1992. P. 347–373.

УДК 669,213 – 032,42 + 622.795,4

ЗОЛОТО КЫРГЫЗСТАНА: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ Au ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

М. Б. Баткибекова, Т. Ш. Джунушалиева

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Основной проблемой мировой золотодобычи в настоящее время является вовлечение в переработку некондиционного, бедного золотом и упорного сырья, хвостов золотоизвлекающих фабрик, эфелей и вторичного сырья. По мере истощения запасов рассыпных монометаллических золотых руд в производство золота вовлекается все более труднопереработываемое сырье: упорные руды, породы с содержанием золота ниже кондиционного. Неуклонно уменьшается доля золота, извлекаемого из простых, в технологическом отношении, золотых руд, успешная переработка которых возможна по стандартным схемам. Одновременно возрастает доля золота, извлекаемого из упорных руд, эффективная обработка которых традиционными методами (цианирование) не обеспечивает достаточно высокого извлечения золота, сопровождается повышенными затратами на технологические операции, экологически небезопасна [1–3].

Упорность золотосодержащих руд обусловлена чрезвычайно тонкой вкрапленностью золота (т. н. тонкодисперсное золото с размером частиц 1–5 мкм) в сульфидах, а также наличием в некоторых рудах компонентов, снижающих извлечение золота при цианировании. В этих условиях необходима разработка новых рациональных, экологически безопасных технологий извлечения золота из упорного сырья (руд, концентратов), технологий, позволяющих увеличить базу добычи золота за счет вовлечения в переработку упорных руд, пород с содержанием золота ниже кондиционного, отвалов эксплуатационных месторождений, лежалых хвостов обогатительных фабрик и др. *Эта тенденция характерна не только для Кыргызской Республики, но и для мировой золотой индустрии в целом.*

Переработка упорных руд по существующим технологиям (цианирование и др.) экологически небезопасна, специфична и не дает экономически целесообразного извлечения золота, требует повышенных затрат. Несовершенство технологии при промышленной переработке упорного и некондиционного сырья приводит к многократному увеличению объема вводимых в биосферу отходов, многие из которых являются экотоксикантами, оказывающими негативное воздействие на состояние окружающей среды. Так, токсичность и объем техногенных отходов в районах добычи и переработки упорных золотомышьяксодержащих сульфидных руд (Кадамжай, Терексай) стали причиной формирования кризисной экологической ситуации регионального масштаба в Кыргызской Республике.

Актуальной для золотоперерабатывающей отрасли является проблема извлечения золота из хвостов — отходов обогатительных фабрик. Если учесть, что только Кумторское хвостохранилище (Кыргызская Республика) имеет проектный объем 100 млн. м^3 отходов, то разработка технологии извлечения золота из хвостов представляется весьма перспективной в плане утилизации отходов отрасли и улучшения экологической обстановки.

Решение этой проблемы — в усовершенствовании существующих и разработке экологически безопасных технологий комплексного извлечения золота и сопутствующих ему компонентов из трудноизвлекаемого сырья.

Экспериментальная часть

Проведены лабораторные технологические испытания авторской тиокарбамидной «ТС»-технологии извлечения золота из упорных руд месторождения Терекан, Кыргызская Республика.

Проба золотой мышьяковисто-пиритно-сурьмянистой руды для лабораторных технологических исследований была отобрана по межпластовому рудному телу месторождения Терекан на уровне штольни «Промежуточная» в интервале 38–40 м и подвергнута спектральному анализу. Установлено, что содержание золота в ней составляет 16,74 г/т. Метод анализа атомно — абсорбционный.

Так как среднее содержание золота в руде месторождения Терекан составляет $\sim 10,4$ г/т, то исследуемая руда с содержанием золота 16,74 г/т была подшлихтована бедной рудой с содержанием золота 2 г/т в соотношении 2:3 и таким образом была получена проба руды с содержанием золота около 10 г/т, на которой и проводились все исследования.

Минералогические, химические, пробирные, спектральные и рациональные анализы проведены в химической лаборатории Научно-исследовательского химико-технологического института

КГТУ им. И. Раззакова, Центральной научно-исследовательской лаборатории горнорудного комбината (г. Кара-Балта), Центральной комплексной лаборатории Управления геологии (г. Бишкек), аналитической лаборатории НАН КР (г. Бишкек).

Лабораторные технологические испытания пробы производились на материале, дробленном до 0,068 мм в навесках 300 г. Измельчение руды для опытов производилось в шаровой мельнице с поворотной осью.

Методика тиокарбамидного выщелачивания золота. Обработка пробы руды кислым раствором тиокарбамида производилась следующим образом. Навеска сухой измельченной пробы перемешивалась в течение необходимого времени с выщелачивающим раствором. Перемешивание осуществлялось мешалками эксикаторов, механическими мешалками ($\sim$600 об/мин). По окончании опыта суспензия фильтровалась, осадок промывался водой и подвергался анализу на золото.

При проведении изысканий по изучению технологических свойств тиокарбамида как растворителя золота упорных руд Тереканского месторождения исследованы и установлены:

— оптимальные условий выщелачивания тиокарбамидом рудного золота;
— оптимальные концентрации серной кислоты;
— оптимальные концентрации тиокарбамида;
— оптимальные концентрации окислителя;
— температура выщелачивания;
— продолжительность выщелачивания;
— окисление жидкой и твердой фаз в пульпе;
— возможность рециркуляции растворов тиомочевины.

Определение оптимальных условий выщелачивания тиокарбамидом рудного золота. Установлено, что при выщелачивании золота из мышьяковисто-пиритно-сурьмянистых руд кислыми растворами тиомочевины максимальный результат получен в том случае, если исходная руда предварительно обработана серной кислотой с получением концентрата для того, чтобы вывести из руды кислоторастворимые примеси.

Оптимальными условиями кислотной обработки являются: концентрация кислоты — 2,5–3 %, время от 1,5–2 часа.

Определение оптимальных концентраций: серной кислоты, тиокарбамида, сульфата железа; PH среды и окислительно-востановительного потенциала. Процесс выщелачивания золота тиокарбамидом определяется его расходом, что зависит:

— от концентрации тиокарбамида;
— от концентрации окислителя $Fe_2(SO_4)_3$;
— PH среды;
— окислительно-восстановительного потенциала раствора.

Результаты опытов по установлению оптимальной концентрации тиокарбамида в процессе растворения золота в концентрате руды после сернокислотной обработки руды выявили величину $3{,}9 : 4{,}8 \cdot 10^{-2}$ моль/л или 0,3–0,4 %.

Для сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$ оптимальная величина равна $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л или 0,32 %.

Для серной кислоты H_2SO_4 оптимальная величина составляет 0,5–0,6 %, оптимальное значение pH раствора $1{,}0 \div 1{,}1$. Окислительный потенциал раствора 160 мВ.

Температура выщелачивания. Установлено: наиболее оптимальной температурой для выщелачивания является 20–25 °C. При повышении температуры процесса выщелачивания:

— возрастают потери золота с хвостами выщелачивания;
— наблюдается выделение элементарной серы, что приводит к увеличению расхода тиокарбамида.

Отношение жидкой и твердой фаз (Ж:Т) в пульпе при выщелачивании золота.

Установлено, что оптимальным следует считать соотношение $Ж : Т = 3 : 1$.

Продолжительность выщелачивания. Определение продолжительности выщелачивания золота сернокислыми растворами тиокарбамида проводилось при вышепредложенных условиях (тиокарбамид — 0,4 %, H_2SO_4 — 0,5 %, $Fe_2(SO_4)_3$ — 0,3 %, $Ж : Т = 3 : 1$, температура выщелачивания -25 °C), установлено что оптимальная продолжительность выщелачивания для исследуемой руды составляет 6 час.

Изучение возможности рециркуляции растворов тиомочевины. Для выяснения возможности рециркуляции растворов тиомочевины были проведены исследования по использованию отфильтрованного обеззолоченного тиомочевинного раствора в обороте. После повторного использования раствора тиомочевины для выщелачивания золото в растворе определялось спектрофотометрически, золото в хвостах определялось пробирным анализом.

Установлено, что использование растворов тиомочевины возможно дважды без снижения степени извлечения золота.

Осаждение золота из тиокарбамидных растворов. Исходя из достоинств цементационного способа осаждения благородных металлов простоты аппаратуры и высокой скорости процесса была опробована

цементация золота цинком и алюминием. Работа требует дополнительного проведения исследований, но тем не менее следует отметить, что при цементации золота наблюдается увеличение в тиокарбамидных растворах примесей, что приводит к дополнительному расходу тиокарбамида. Вероятно, наиболее выгодным способом осаждения золота из тиомочевинных растворов является электролитический.

Достигнута степень извлечения золота 91–96 % в раствор с помощью по тиокарбамидного выщелачивания с использованием реагента «G» при одновременном сокращении общего времени выщелачивания.

Выводы

1. Проведены лабораторные исследования по тиокарбамидному выщелачиванию золота из упорных золотосодержащих руд месторождения Терекан (Кыргызская Республика).

2. Установлены оптимальные условия выщелачивания, соотношения реагентов (серной кислоты, сульфата железа, тиокарбамида, реагента «G»).

Список литературы

1. *Беневольский Б. И.* Золото России. Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. — М., 1995. — 88 с.

2. *Лодейщиков В. В.* Упорные золотые руды и основные принципы их металлургической переработки // Гидрометаллургия золота. — М.: Наука, 1980. — С. 5–19.

3. *Лодейщиков В. В.* Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2-х томах. — Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999. — 786 с.

УДК 621.382

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БСИТ-ТРАНЗИСТОРА

Т. А. Исмаилов, А. Р. Шахмаева

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

В настоящее время на внутреннем и внешнем рынке имеется большая неудовлетворенная потребность в силовых транзисторах, применяемых в источниках вторичного электропитания, ключевых усилителях мощности, электронных системах зажигания, электроприводах для управления электродвигателями и других радиоэлектронных устройств.

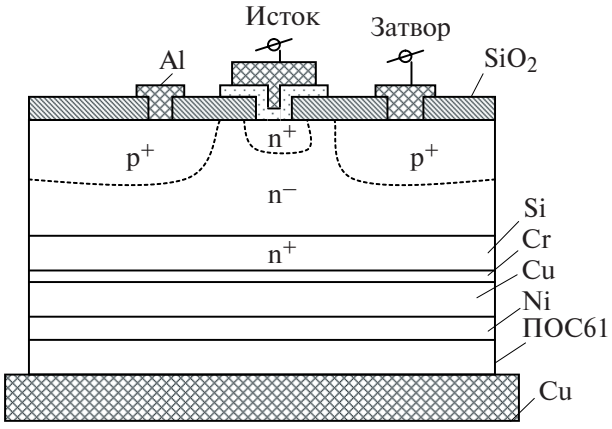
Исследования проводимые в последние годы в области разработки новых конструкций и технологий полупроводникового производства, обусловлены нахождением оптимальных конструктивно-технологических вариантов изготавливаемых приборов, в нахождении материалов, технологических методов и режимов обработки изделий, обеспечением надежного контроля качества, разработкой специального технологического и испытательного оборудования. Задачи и вопросы повышения эффективности любого производства всегда были и будут в центре внимания всех, кто занимается его организацией. При производстве изделий микроэлектроники снижение затрат на него и повышение качества изделий особенно важны, так как они закладывают качественную и стоимостную основу будущих радиоэлектронных устройств, которые сегодня во многом определяют уровень жизни общества. Задачи, которые сегодня стоят перед разработчиками силовых приборов — это улучшение характеристик прибора и повышение стойкости приборов к различным видам воздействия. Особенно это касается стойкости к перенапряжениям, скорости изменения напряжения и тока.

Если говорить о том, какие основные результаты достигнуты в области совершенствования силовых полупроводниковых приборов за последние года, то можно выделить следующие разработки: оптический тиристор, триггеры для максимального диапазона мощностей, GTO в диапазоне больших мощностей, IGBT в диапазоне средних мощностей, силовой MOSFET в диапазоне малых мощностей, БСИТ — транзисторы.

Характер и особенности теплофизических процессов, протекающих в этих полупроводниковых приборах, определяются в значительной мере их конструкцией.

На рисунке приведен разрез одного элемента разрабатываемого БСИТ-транзистора. Из рисунка видно, что основным элементом конструкции прибора является монокристаллическая пластина полупроводника из кремния. Непосредственный контакт кристалла с ножкой обеспечивается пайкой для улучшения теплоотдачи. Изоляция внутренних элементов от воздействия внешней среды достигается герметизацией компаундом. Основная часть тепла будет отводиться ножкой, с помощью которой транзистор будет крепиться к теплоотводу.

Нас интересует тепловое сопротивление между активной областью и областью, отводящей тепло. Тепловое сопротивление транзистора состоит из сопротивлений тепловому потоку отдельных теплопроводящих элементов конструкции транзистора (кремний — $R_к$, хром — $R_х$, медь — $R_{м1}$, $R_{м2}$, никель $R_н$) и определяется как сумма составляющих:



Конструкция БСИТ в разрезе

$$R_т = R_к + R_х + R_{м1} + R_н + R_{м2} + R_{ПОС61}.$$

Тепловое сопротивление i-ой составляющей определяем по формуле:

$$R = \frac{h_i}{S_i \lambda_i},$$

где h_i — толщина i-го слоя, S_i — рабочая поверхность, λ_i — коэффициент теплопроводности материала.

Все данные и расчеты сведены в таблицу.

Таким образом, общее тепловое сопротивление определяем как сумму его составляющих:

$$R_т = 0{,}77 \text{ Вт}/^\circ\text{С}.$$

Материал	h_i, м	λ_i, Вт/м·°С	S, м^2	R_i, Вт/°С
Кремний	$270 \cdot 10^{-6}$	126	$9 \cdot 10^{-6}$	0,24
Хром	$0{,}2 \cdot 10^{-6}$	67	$9 \cdot 10^{-6}$	$33 \cdot 10^{-3}$
Медь	$3 \cdot 10^{-6}$	390	$9 \cdot 10^{-6}$	$85 \cdot 10$
Никель	$1 \cdot 10^{-6}$	92	$9 \cdot 10^{-6}$	$1{,}2 \cdot 10$
Припой ПОС-61	$10 \cdot 10^{-6}$	50,2	$9 \cdot 10^{-6}$	$22 \cdot 10$
Медь	$1{,}37 \cdot 10^{-6}$	390	$9 \cdot 10^{-6}$	0,39

Если транзистор должен рассеивать мощность 20 Вт можно определить разность температур между корпусом транзистора и окружающей средой при рассеивании мощности 20 Вт, по формуле:

$$\Delta T = \frac{P}{R}.$$

Для нашего случая $\Delta T = 20/0{,}77 = 26\ ^\circ\text{C}$.

Таким образом, исходя из максимально допустимой температуры корпуса, определяем максимально-допустимую температуру окружающей среды:

$$T_{\text{окр max}} = 85 - 26 = 59\ ^\circ\text{C}.$$

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НУЛЬ-ТЕРМОСТАТ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

А. А. Губа

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

Проблема прецизионного измерения температуры является весьма актуальной в самых различных областях человеческой деятельности, однако, до сих пор не известно ни одного универсального способа построения температурных измерительных систем. Их существующее многообразие обусловлено различием требований в каждой конкретной области применения.

Из всего многообразия известных температурных датчиков, используемых для прецизионных измерений, пожалуй, лишь дифференциальные термопары могут рассматриваться как наиболее универсальные. Они нашли широкое применение благодаря своей высокой формализованной линейности характеристик, малой инерционности и способности обеспечить высокую точность измерений при работе в широких температурных диапазонах и в различных агрессивных средах. Наиболее часто встречаются две техники работы с дифференциальными термопарами [1].

Возможно применение дополнительного резистивного или полупроводникового датчика температуры для измерения текущей температуры контрольного спая; сигнал с датчика предназначен для введения дополнительной поправки при вычислениях. Подобный подход не способен обеспечить высокую точность и используется в основном для проведения измерений в широком диапазоне температур или в агрессивных средах. Очевидно, что применение данного метода для высокоточного измерения температуры не является самым эффективным.

Для высокоточных измерений чаще производится термостатирование контрольного спая при определенном значении температуры. Для повышения удобства в вычислении измеряемого значения температуры в качестве опорной точки обычно выбирают температуру плавления льда (0 °С). Наиболее распространенной конструкцией в таком случае является ванна с тающим льдом, в которую помещают термостатируемый контрольный спай дифференциальной термопары. Однако время работы устройства ограничивается временем таяния льда, после чего необходимо производить заправку ванны. Для увеличения срока эксплуатации необходимо использовать ванны больших размеров, при этом ухудшаются весогабаритные характеристики измерительной системы.

Применение малогабаритного прецизионного нуль-термостата, в котором контрольный спай дифференциальной термопары размещается на границе раздела твердой и жидкой фазы вещества, а автоматическое термостатирование контрольных спаев дифференциальных термопар обеспечивается только за счет конструктивных решений, позволяет устранить указанные недостатки, а значит, повысить точность измерений при сниженных габаритах конструкции.

На рис. 1 представлен малогабаритный прецизионный нуль-термостат [3], который состоит из двустенной цилиндрической камеры, внутренний объем которой заполнен дистиллированной водой. Термоэлектрический модуль *2*, закрепленный холодным спаем к верхнему основанию камеры и подводящий тепло от горячего спая посредством тепловода *1* к нижнему основанию камеры *3*, используется для образования твердой и жидкой фаз воды *4* и их границы раздела *5* во внутреннем объеме. Контрольный спай дифференциальной термопары 7 крепится к поплавку *6* (рис. 2) с помощью несмачиваемых водой капроновых нитей *9* и находится на границе раздела твердой и жидкой фаз. Выводы контрольных спаев с помощью специальных кабельных вводов *8* выведены наружу камеры *3*.

При включении питания термоэлектрического модуля *2* начинается процесс замерзания воды в тонкостенной цилиндрической камере *3* и образуется граница раздела фаз *5*. Выталкивающая сила, действующая на поплавок *6*, прижимает последний к границе раздела фаз *5*, в результате чего поплавок находится в зоне замерзания (таяния) воды при 0 °С. Тепловая энергия, выделяемая на горячем спае термоэлектрического модуля *2*, через стенки внешней цилиндрической камеры *1* передается на нижнее основание тонкостенной цилиндрической камеры *3*. В результате работы термоэлектрического модуля происходит нагрев воды *4* в камере *3* с одной стороны (снизу) и охлаждение с другой стороны (сверху). Вследствие этого в камере *3* постоянно присутствует граница раздела фаз *5*, и контрольный спай *7* дифференциальной термопары постоянно находится при температуре таяния льда, т. е. 0 °С. Увеличение объема дистиллированной воды *4* в результате фазового перехода компенсируется упругими стенками камеры *3*.

При этом обеспечивается высокая точность термостатирования и надежность в эксплуатации, простота изготовления в серийном производстве за счет несложной конструкции и невысокой стоимости комплектующих материалов. Устройство может производиться серийно вместе с откалиброванными на предприятии-изготовителе дифференциальными термопарами.

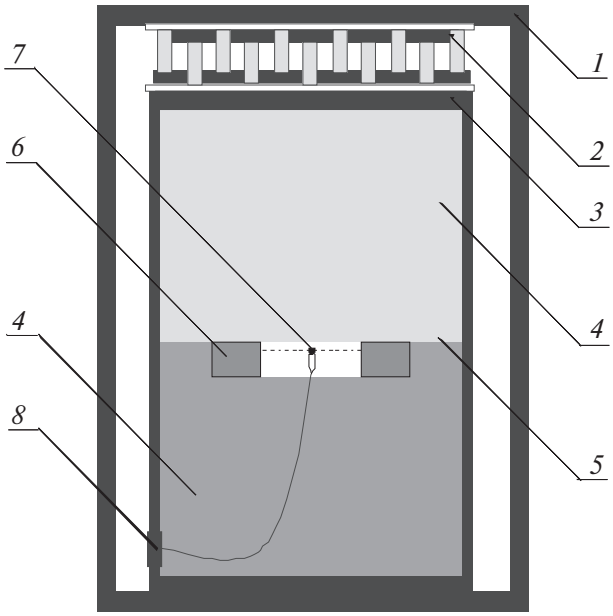


Рис. 1 Малогабаритный прецизионный нуль-термостат

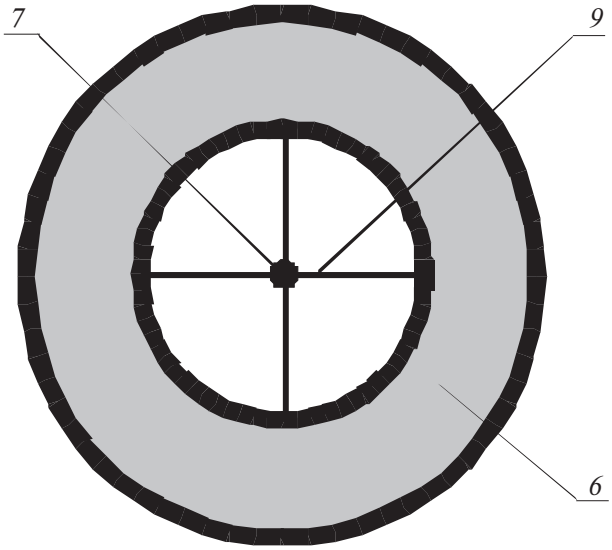


Рис. 2. Конструкция поплавка

Однако недостатком устройства [3] является негативное воздействие вертикально-направленных конвекционных потоков, образующихся при нагреве жидкости у нижнего основания внутренней камеры, на процесс термостатирования контрольного спая дифференциальной термопары. Действие конвекционных потоков, поднимающихся вертикально вверх по направлению к границе раздела твердой и жидкой фаз, вызывает неравномерное вымывание нижней кромки ледяной массы и способствует образованию неравномерной границы раздела сред, что снижает точность позиционирования подводимого контрольного спая дифференциальной термопары и приводит к дополнительным, трудно контролируемым погрешностям в измерениях. Применение свободно плавающей поплавковой конструкции при длительной эксплуатации вызывает изменения в направлении нарастания льда и приводит к появлению наклона поплавка и смещению контрольного спая от границы фазового раздела или обмерзанию поплавка с боков и снизу. Кроме того, достаточно актуальной является задача одновременного контроля температуры по нескольким измерительным каналам.

Существуют несколько вариантов конструкции, позволяющей устранить указанные недостатки. Исполнение поплавка в полный объем внутренней камеры снижает вероятность возникновения перекосов или приморaживания поплавка при увеличении объема твердой массы, а конусность в вертикальном сечении поплавковой конструкции позволит создать дополнительную устойчивость при длительной работе в режиме термостатирования. Увеличенные размеры поплавковой конструкции, в свою очередь, позволяют крепить одновременно несколько термостатируемых контрольных спаев дифференциальных термопар в узлах сетки, натянутой во внутренней полости поплавка, увеличивая тем самым число каналов измерения температуры.

Размещение мелкоячеистых сеток у верхнего и нижнего основания поплавка позволит устранить непосредственный контакт контрольных спаев с твердой массой, предотвратив тем самым их смерзание со льдом, и снизить влияние конвекционных потоков, поднимающихся вверх при нагреве воды у нижнего основания камеры. При этом во внутренней полости поплавка происходит перемешивание вертикальных и постоянно меняющих свое направление потоков, несущих более теплую воду со дна с более холодной водой, образующейся в результате таяния льда у границы раздела фаз и опускающейся вниз. В результате достигается два положительных эффекта — предотвращается неравномерное вымывание льда, образующегося у границы раздела твердой и жидкой фаз, увеличивается однородность и уменьшается скорость изменения температурного поля вблизи границы раздела, что вместе с применением системы автоматической стабилизации положения поплавка во внутренней полости повышает точность термостатирования контрольных спаев.

Для определения положения границы раздела фаз во внутреннем объеме можно использовать предположение о том, что температура во внутренней камере распределена равномерно и повышается с уменьшением высоты от своего минимального отрицательного значения у верхнего основания камеры, служащей холодильным элементом, до своего максимального положительного у нижнего основания,

являющегося нагревательным элементом. Причем в точке, соответствующей границе раздела твердой и жидкой фаз, температура всегда равна нулю. В качестве измерительных датчиков можно использовать недорогие полупроводниковые или резистивные датчики температуры, которые располагаются вблизи верхнего и нижнего оснований внутренней камеры. При этом требования к параметрам датчиков невысоки, т. к. для выработки управляющего воздействия используется разность их показаний, которая в рабочем режиме должна быть близка к нулевому значению. Возможно также и применение дифференциальной термопары, контрольный спай которой может быть размещен вблизи верхнего, а рабочий — нижнего основания. Принцип функционирования заключается в сравнении сигналов с двух датчиков и выработки управляющего воздействия в случае отклонения разности от нулевого значения, регулирующего величину тока, протекающего через термоэлектрический модуль.

Таким образом, устройство позволит одновременно термостатировать контрольные спаи нескольких термопар, что очень важно при работе в составе многоканальных измерительных комплексов, обеспечивая при этом высокую надежность и точность термостатирования при непрерывной и длительной эксплуатации за счет использования модифицированной высокоустойчивой конструкции и снижения влияния конвекционных потоков на процесс формирования льда и распределения температуры жидкости вблизи раздела границы фаз. Существенный экономический эффект от внедрения достигается за счет возможности одновременного термостатирования контрольных спаев нескольких термопар, что дает возможность использования одного подобного устройства вместо нескольких, требуемых для работы с одноканальными нуль-термостатами в устройствах многоканального измерения температуры.

Список литературы

1. *Горшков Б. Л.* Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. Перевод технического семинара фирмы ADI: Practical design techniques for sensor signal conditioning. ЗАО «Автекс», Москва.

2. *Коленко Е. А.* Термоэлектрические охлаждающие приборы. Москва-Ленинград. Издательство Академии наук СССР. 1963. С. 135.

3. Патент РФ № 2215270 «Прецизионный малогабаритный нуль-термостат».

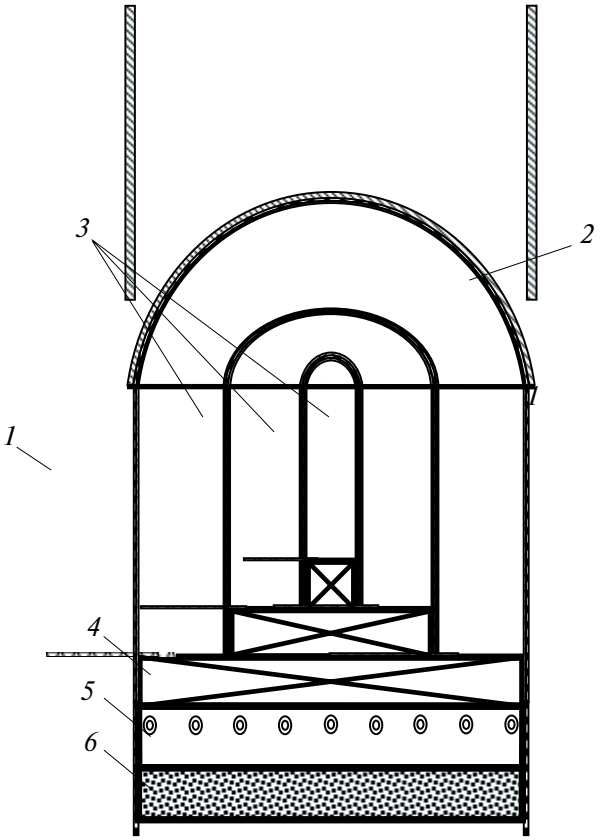
ТЕРМОСТАТ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ БИОМАТЕРИАЛОВ

И. Ш. Миспахов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала, E-mail: lgram.mispahov@mail.ru

В последние годы все большее распространение в медицинской практике получают термостатирующие устройства. В функции данных устройств также входит возможность транспортировки биологических субстанций при пониженной температуре.

Недостатком существующих термостатирующих устройств для хранения и транспортировки биологических проб и материалов является невозможность перевозки и хранения одновременно нескольких биологических проб и материалов с поддержанием для каждого из них оптимального температурного режима. На рисунке приведена конструкция термоэлектрического термостата для хранения и транспортировки биологического материала, имеющего различные температуры термостатирования.



Структурная схема термостата

Термостат содержит теплоизолированный корпус *1* с крышкой *2*. Внутри корпуса *1* находится изолированная от окружающей среды камера *3*, разделенная на теплоизолированные друг от друга отсеки, сопряженные с каскадами термоэлектрической батареи (ТЭБ) *4*. Отсеки камеры *3* в зависимости от требуемого температурного уровня приводятся в тепловой контакт с различными каскадами ТЭБ, которая обеспечивает возможность хранения и транспортировки одновременно нескольких биологических субстанций с различными температурами хранения. В стационарных условиях отвод тепла с горячих спаев ТЭБ осуществляется съемным жидкостным теплообменным аппаратом *5*, располагаемым в нижней части корпуса *1* термостата.

Во время транспортировки жидкостной теплообменный аппарат *5* заменяется наполненным радиатором с плавящимся рабочим веществом *6*. В корпус *1* термостата монтируется съемный аккумуляторный источник постоянного электрического тока.

Процесс хранения и перевозки биологических материалов в термостате осуществляется следующим образом. После помещения биологических материалов в соответствующие отсеки камеры *3* в корпусе *1* термостата и их теплоизоляции от окружающей среды путем закрытия крышки *2* на ТЭБ *4* подается питание от источника постоянного тока. При транспортировке биологического материала питание на ТЭБ поступает от встроенного в корпус *1* термостата съемного аккумуляторного источника постоянного тока, а при работе термостата в стационарных условиях — от отдельного стационарного источника электрической энергии. При подаче на ТЭБ *4* постоянного электрического тока соответствующей полярности спаи ТЭБ *4*, приведенные в тепловой контакт с отсеками камеры *3*, охлаждаются. Соответственно охлаждается и находящийся в отсеках камеры биологический материал. При этом биологический материал находящийся в отсеке камеры, сопряженной с последним (наиболее холодным) каскадом ТЭБ *4*, термостатируется при наименьшей температуре, биологический материал, находящийся в отсеке камеры, контактирующей с предпоследним каскадом ТЭБ *4*, охлаждается менее сильно и т. д. Необходимая температура в каждом отсеке камеры, необходимая для хранения конкретного вида биологического материала, может быть создана путем регулировки тока питания и подбора соответствующих стандартных ТЭБ.

УДК 621.362:537.322

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ

М. У. Агаев

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

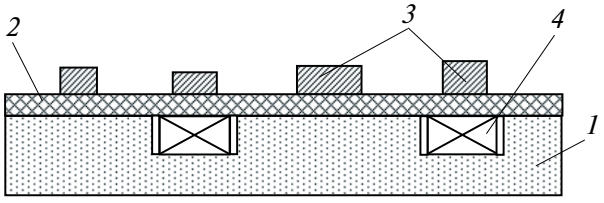
Одной из областей применения термоэлектрических преобразователей энергии является использование их для обеспечения необходимого температурного режима радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), выполненной в виде электронных плат, являющихся основными конструктивными узлами радиоэлектронных систем. В случае необходимости снижения температуры отдельных элементов электронной платы до разного уровня выгодно применение неравномерного локального охлаждения. Особенность такого метода охлаждения состоит в согласовании холодопроизводительностей ТЭБ с интенсивностью тепловыделений элементов РЭА. В [1] предложено устройство, реализующее данный метод и выполненное на базе многокаскадной термоэлектрической батареи. Охлаждение организуется таким образом, чтобы съем тепла с наиболее тепловыделяющих элементов электронной платы осуществлялся наиболее холодными каскадами ТЭБ, съем тепла с менее тепловыделяющих элементов — менее холодными каскадами и т. д. При этом наиболее тепловыделяющие элементы электронной платы помещаются на каскадах ТЭБ с более высоким уровнем охлаждения, элементы и узлы с меньшими тепловыделениями располагаются на каскадах с более низким уровнем охлаждения.

Недостатком данной схемы является необходимость использования многокаскадной ТЭБ, изготовление которой технологически сложнее, чем однокаскадных ТЭБ. Кроме того, при реализации неравномерного охлаждения указанным образом имеют место определенные трудности в согласовании режимов работы отдельных каскадов ТЭБ и соответственно питании их электрической энергией.

В настоящей работе предлагается к рассмотрению модификация указанного устройства, позволяющая устранить данный недостаток известной конструкции.

Конструкция системы охлаждения приведена на рисунке. Система содержит металлическую емкость *1*, заполненную рабочим веществом, имеющим большое значение теплоты плавления и температуру плавления в диапазоне 35–65 °С (например парафин, воск, азотнокислый никель и т. п.). Поверхность емкости *1*, на которую устанавливается электронная плата *2* с соответствующими тепловыделяющими элементами РЭА *3*, выполнена профилированной с образованием углублений в местах размещения наиболее критичных к температурному режиму функционирования или требующих существенного снижения температуры элементов РЭА *3*. В указанных углублениях установлены ТЭБ *4*, запитываемые энергией от источника постоянного электрического тока. Размеры углублений подбираются таким образом, чтобы они соответствовали размерам ТЭБ *4*.

Тепло, поступающее от элементов РЭА *3*, установленных на электронной плате *2*, передается металлической емкости *1* через поверхность соприкосновения рабочему веществу. Далее происходит прогрев рабочего вещества до температуры плавления и процесс плавления, сопровождающийся поглощением теплоты, тратящейся на изменение агрегатного состояния вещества. Теплоотвод за счет изменения агрегатного состояния рабочего вещества является базовым и может быть использован для обеспечения необходимого температурного режима функционирования элементов РЭА *3*, не требующих существенного снижения температуры, либо не критичных к существенной величине перегрева по отношению к окружающей среде. Для охлаждения элементов РЭА, особо критичных к перегревам или требующих существенного снижения температуры, используются ТЭБ *4*, которые организуют дополнительный теплосъем, причем величина холодопроизводительности каждой ТЭБ *4* определяется в соответствии с уровнем тепловыделений конкретного элемента РЭА *3*.



Конструкция системы охлаждения

При этом отвод теплоты от горячих спаев ТЭБ осуществляется также в содержащееся в емкости *1* рабочее вещество, количество которого рассчитывается исходя из длительности функционирования элементов РЭА *3*, мощности их тепловыделений, теплопроизводительности ТЭБ *4*, а также условий эксплуатации.

Список литературы

1. Патент РФ на изобретение № 2174292. Устройство для отвода тепла и термостабилизации электронных плат // Исмаилов Т. А., Евдулов О. В., Аминов Г. И., Юсуфов Ш. А.

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРОЙ

А. Т. Рашидханов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала, E-mail: chp555@mail.ru

Одним из важнейших факторов, влияющих на надежность телекоммуникационного оборудования, является тепловой режим отдельных элементов и оборудования в целом.

В настоящее время на рынке предлагается огромное количество шкафов с преобразовательной техникой и телекоммутационным оборудованием [1]. Все чаще предпочтение отдают миниатюрным шкафам для более компактного размещения в помещениях. Но все же главной задачей производителей остается разработка систем охлаждения, которые должны обеспечивать стабильную работу радиоэлектронной аппаратуры.

Одним из перспективных методов теплоотвода является термоэлектрическое охлаждение [2]. Оно является одним из важнейших направлений холодильной техники, которое имеет следующие преимущества: возможность миниатюризации, практически неограниченный ресурс работы, возможность совмещения с объектами охлаждения, отсутствие хладагентов, исключение движущихся частей и бесшумность, независимость работы от ориентации в пространстве в поле тяжести, способность перехода из режима охлаждения в режим нагрева, возможность регулирования температуры по заданной программе, высокое быстродействие и конструктивная пластичность.

В научно-исследовательской лаборатории «Полупроводниковые термоэлектрические приборы и устройства» разработано термоэлектрическое устройство для охлаждения телекоммуникационного оборудования. Устройство представляет собой шкаф с преобразовательной техникой, представленной на рис. 1, в состав которого входят: вентиляторы для обдува внутреннего объема шкафа и отвода тепла с горячих спаев ТЭБ; радиаторы, имеющие форму змеевика; насос и датчики температуры (не показаны на рисунке); ТЭБ; игольчатый радиатор и охлаждаемая жидкость.

Принцип действия шкафа заключается в следующем: установленная аппаратура в шкаф при работе выделяет тепло, которое необходимо вывести наружу для оптимальной работы; с тыльной стороны для обдува внутреннего объема шкафа установлены вентиляторы. Воздух выдувается через боковые полости (воздуховоды). Если преобладает тепловыделение, с которым не справляются вентиляторы, срабатывает датчик температуры (на рис. 1 не изображен), который сигнализирует на включение насоса (служащий для циркуляции жидкости), термоэлектрической батареи и вентилятора.

Отвод тепла с горячих спаев термомодуля осуществляется при помощи игольчатого радиатора и вентилятора. Холодная часть термомодуля охлаждает жидкость (вода), циркулирующая по радиаторам под давлением (исполненным в виде змеевика). На рис. 2 показан общий вид радиатора и размещение вентилятора в кожухе.

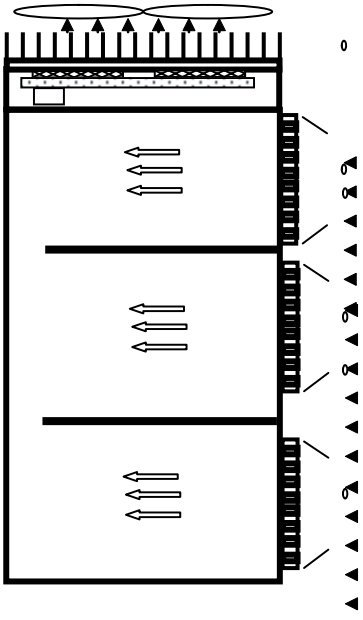


Рис. 1 Конструкция шкафа

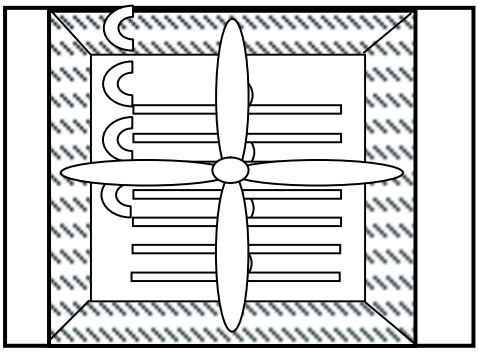


Рис. 2. Общий вид радиатора и размещение вентилятора в кожухе

Предлагаемая модель служит для охлаждения приборных и сетевых шкафов, в частности, серверных шкафов, в которой вентиляторы интегрированы в задний отсек корпуса. Корпус шкафа разделен горизонтальными перегородками на отсеки, на которых размещены съемные электрические блоки с теплонагруженными элементами. Шкаф сконструирован таким образом, что элементы, излучающие наибольшее количество тепла (например, мощные блоки, радиопередатчики, оконечные каскады), размещают в первом отсеке корпуса, а оставшиеся элементы, излучающие значительно меньшее количество тепла, размещают во втором, герметично закрытом, отсеке корпуса.

Технический результат заключается в обеспечении высокопроизводительного охлаждения для плотно упакованных шкафов, в упрощении конструкции, обеспечении доступа к монтажному пространству и повышении эффективности отвода тепла.

Список литературы

1. *Коленко Е. А.* Термоэлектрические охлаждающие приборы. М.-Л.: Академия наук СССР, 1963.
2. *Ильярской О. И., Удалов Н. П.* Термоэлектрические элементы. М.: Энергия, 1970.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПОТЕРМИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

М. А. Хазамова, Д. А. Гидуримова

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала, E-mail: Gidurimova@mail.ru

Одно из ведущих мест в практике лечения кожных болезней занимает локальная гипотермия. Дозированное тепловое воздействие обладает благотворными свойствами. Холод активизирует иммунную систему организма, мобилизует эндокринную и нейрогуморальную системы, что применяется при лечении многих заболеваний, обеспечивает устойчивость к стрессам и перегрузкам, повышает самочувствие и работоспособность. Локальная гипотермия вызывает спазм мелких сосудов и капилляров, замедляет кровоток и снижает проницаемость стенок, предотвращая возникновение отеков [1, 2].

Наиболее часто применяют эффекты локальной гипотермии — снятие боли, уменьшение воспалительного отека и ликвидация мышечного спазма. В основе механизмов изменения реактивности лежит система обратной связи, которая компенсирует отрицательное температурное воздействие за счет противоположно направленной реакции.

Эффективность локальной гипотермии зависит от параметров воздействия: вид, интенсивность, длительность, динамика воздействия, площадь охлаждаемой поверхности кожи, термодинамические характеристики носителя холода и временной интервал между воздействиями, а также от параметров ответной реакции организма.

В настоящее время существует достаточно широкий спектр устройств и средств для применения локальной гипотермии, ее сочетаний с другими физическими факторами в области медицины.

К методам локальной гипотермии с использованием умеренно низких температур относят ледяные аппликации, массаж кубиками льда, ледяные обертывания, местные холодные ванны, аппликации криопакетов, наложение обезболивающих холодных повязок и бандажей, холодные грязевые аппликации, криотерапию и криоаппликации с помощью термоэлектрических устройств, хлорэтиловые и спиртовые блокады, кримотерапию (использование «углекислого снега»). При использовании указанных методов применяют температуры в диапазоне от -20 °С до температур, позволяющих лечебному агенту отводить тепло из тканей.

В качестве источника холода для локальной гипотермии используется также жидкий азот. В таких устройствах содержат специальный сосуд для хранения жидкого хладагента, систему принудительной подачи хладагента и сменные насадки, приспособленные для патологического образования [4]. Однако, эти устройства громоздкие, сложные и зависят от хладагента.

Сейчас к локальной гипотермии относят не только традиционные гипотермические воздействия (холодные ванны, зимнее плавание, компрессы льда и т. п.), но и воздействие с помощью термоэлектрических устройств. Например, повязки для локальной гипотермии, состоящие из эластичной матрицы термоэлементов, устройство для термопунктуры, а также устройство для лечения заболеваний пальцев кисти.

Применение этих устройств позволяет использовать температурное воздействие при рефлексотерапии, лечении больных панарицием, паронихией, гнойными ранами пальцев, переломами фаланг и другими повреждениями кожи. При этом возможность точной регулировки температуры воздействия существенно улучшает результат лечения.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств при Дагестанском государственном техническом университете разработан ряд устройств для локальной гипотермии при воздействии на отдельные участки человеческого организма.

Одним из них является термоэлектрический полупроводниковый интенсификатор для локального теплового воздействия на биологические ткани. Это устройство предназначено для теплового воздействия и интенсификации теплопередачи и позволяет в зависимости от задаваемого режима низких температур снизить интенсивность местной воспалительной реакции, стимулирует процессы регенерации в очаге повреждения, притупляет боли чувствительности вплоть до полного их исчезновения.

Устройство представляет собой цилиндрический радиатор, содержащий термоэлектрические модули, первые спаи которых сопряжены с тепловыравнивающей металлической пластиной, а вторые спаи снабжены жидкостным теплообменником, имеющим штуцера для входа-выхода воды. На поверхности тепловыравнивающей пластины имеется датчик температуры. Термоэлектрические модули подключены к цепям питания. Для удобства позиционирования устройства на теле человека используется ручка.

Известно, что заживляемостъ ран улучшается, если температуру травмированного участка поддерживать на 10–15 °С ниже температуры человеческого организма. Кроме того, снижается скорость

местной воспалительной реакции в очаге повреждения, уменьшается болевое ощущение. Указанный режим обеспечивается термоэлектрическим аппаратом при его работе в режиме интенсификатора теплопередачи.

Следует отметить, что устройство может работать и в режиме нагрева, обеспечивая контрастное воздействие, что играет немаловажную роль, так как оно способствует расширению кровеносных и лимфатических сосудов, снимая сосудистые спазмы и облегчая очищение крови и лимфы, ускоряет метаболические процессы в организме, уничтожает либо подавляет активность многих возбудителей болезни.

Имеются также устройства для лечения травм и гнойно-воспалительных заболеваний пальцев кисти. Повреждения и гнойно-воспалительные заболевания пальцев кисти относятся к числу массовых, поэтому поиск путей улучшения результатов заболеваний и повреждений пальцев является актуальной задачей.

Устройство содержит насадку, приспособленную для температурного воздействия на палец, в виде цилиндрической емкости с жидкостью, систему изменения температуры емкости и жидкости в ней в виде термоэлектрических модулей, установленных с обеспечением теплового контакта на внешней поверхности емкости, и систему регулирования температурного режима воздействия, включающую регулятор температуры, выход которого связан с термоэлектрическими модулями, и установленный в емкости датчик температуры, выход которого связан со входом регулятора температуры. Теплота от вторых спаев термоэлектрических модулей отводится с помощью присоединенных к ним теплообменников. Данное устройство компактно и удобно в использовании.

Таким образом, локальная гипотермия представляет собой недорогой и клинически эффективный метод физической терапии, в основе которого лежит обезболивающее, противовоспалительное и спазмолитическое действие. А разработка новых систем и устройств на основе полупроводниковых термоэлектрических преобразователей, имеющих такие преимущества, как: точная регулировка силы и времени воздействия, простота конструкции, отсутствие холодильного агента, высокая надежность и долговечность и т. п. на сегодняшний день является актуальной задачей, так как их внедрение в терапевтическую практику значительно повысит эффективность лечения и упростит сами методы теплового воздействия.

Список литературы

1. *Кенц В. В., Сухенко А. И., Дука Т. М.* Местные холодовые воздействия в физиотерапии // Вопр. курортологии. 1983. № 2. С. 83–87.

2. *Клячкин Л. М., Виноградова М. Н.* Физиотерапия. М.: Медицина, 1995.

3. *Магазаник Г. Л.* Тепловые лечебные средства, Л.: Медгиз, 1961.

4. *Герасименко Н. И.* Местное применение низких температур в хирургии конечностей // Материалы к 3-му Всероссийскому съезду хирургов. 1967. С. 49.

5. *Исмаилов Т. А.* Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. — СПб.: Политехника, 2005. — 533 с.

УДК 621.362:537.322

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЛОИСТОЙ СИЛЬНОТОЧНОЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ С ВТОРИЧНЫМ ЖИДКОСТНЫМ КОНТУРОМ

О. В. Евдулов, М. Р. Магомедов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

Одной из тенденций развития термоэлектрической техники является переход к слаботочным термоэлектрическим батареям (ТЭБ), электрический ток питания которых не превышает 7–8 А. ТЭБ подобного типа строятся путем последовательного соединения большого количества термоэлементов (ТЭ) (до нескольких сот штук), имеющих малую площадь поперечного сечения. Наличие такого количества ТЭ в ТЭБ снижает ее надежностные характеристики при изготовлении термоэлектрических устройств достаточно высокой мощности (1 кВт и более). В этих условиях является целесообразным при проектировании холодильных установок мощностью в несколько кВт, использовать сильноточные ТЭБ.

Вместе с тем при проектировании сильноточных термоэлектрических батарей на базе ТЭ классической П-образной конструкции на первое место выходит вопрос об их термомеханической надежности. В данном конструктивном исполнении ТЭ при увеличении значения тока питания, и, соответственно, удельных тепловых потоков на его холодных и горячих спаях, резко возрастают термомеханические напряжения вследствие теплового расширения (сужения) материалов и биметаллического эффекта, что во многом сказывается на надежности функционирования ТЭБ. В этих условиях необходимо принятие определенных конструктивных мер для снижения величины термомеханических напряжений.

Одним из возможных вариантов улучшения термомеханических характеристик ТЭ является изготовление их в виде слоистой конструкции [1]. Для организации эффективного теплосъема, а также повышения коэффициента теплопередачи к объекту охлаждения, эффективным является использование вторичных жидкостных контуров на горячих и холодных спаях данной конструкции ТЭ.

На рис. 1–2 приведены варианты организации вторичных контуров в системе охлаждения, реализованной на базе слоистой ТЭБ.

ТЭБ состоит из последовательно соединенных в электрическую цепь посредством коммутационных пластин *1* и *2* чередующихся ветвей, изготовленных соответственно из полупроводника p-типа *3* и n-типа *4*. Электрическое соединение ветвей осуществляется посредством контакта ветвь p-типа *3* — коммутационная пластина *1* или *2* — ветвь n-типа *4*, где ветвь p-типа *3* контактирует торцевой поверхностью с одной из поверхностей коммутационной пластины, а ветвь n-типа *4* — с другой. Каждая ветвь в ТЭБ контактирует противоположными торцевыми поверхностями с двумя коммутационными пластинами *1* и *2*. Коммутационные пластины *1* и *2* имеют площадь несколько большую, чем площадь поперечного сечения ветвей p- и n-типа *3* и *4*, вследствие чего их концы выступают за поверхность структуры, образованной ветвями ТЭБ. Концы нечетных коммутационных пластин *1* выступают за одну поверхность структуры, а концы четных коммутационных пластин *2* — за другую.

Коммутационные пластины *1* и *2* в той части, которая выступает за поверхность структуры, образованной ветвями ТЭБ, имеют сквозные отверстия соответственно *5* и *6*, выполненные в направлении, перпендикулярном контакту коммутационных пластин и ветвей ТЭБ. Отверстия *5* всех коммутационных пластин *1* посредством трубок *7*, выполненных из высокотеплопроводного материала, соединяются в единый канал, по которому в процессе функционирования ТЭБ протекает теплоноситель. Аналогичным образом объединяются в единый канал посредством трубок *8*, также выполненных из высокотеплопроводного материала, отверстия *6* всех коммутационных пластин *2*.

На крайней торцевой поверхности ветвей, находящихся соответственно в начале и конце ТЭБ, имеются контактные площадки *9*, хорошо проводящие электрический ток, посредством которых осуществляется подвод к ТЭБ электрической энергии. ТЭБ и трубки *7* и *8* изолированы от окружающей среды за счет теплоизоляции *10*.

Рис. 2 соответствует регенеративной схеме охлаждения, когда после теплообмена с объектом охлаждения теплоноситель осуществляет теплосъем с горячих спаев ТЭБ.

Рассмотренная ТЭБ имеет следующие особенности и преимущества по сравнению с существующими аналогами:

1. Исключение механических напряжений, вызванных биметаллическим эффектом и, следовательно, повышение надежности ТЭБ.

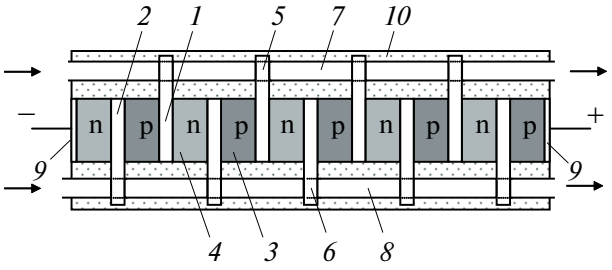


Рис. 1

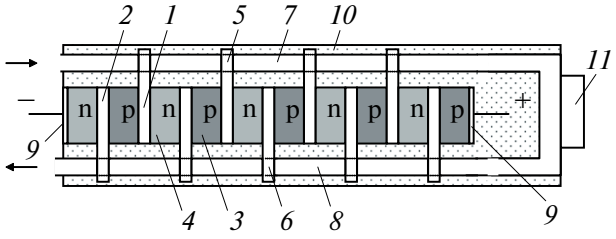


Рис. 2

2. Коммутирующие пластины вследствие специфики исполнения контактов ТЭБ имеют намного меньшую толщину по направлению электрического тока, чем в аналоге, следствием чего является значительное уменьшение их электрических и термических сопротивлений, а также позволяет уменьшить постоянную времени выхода на рабочий режим ТЭБ; кроме того, уменьшаются контактные электрические сопротивления.

3. В заявляемой конструкции могут быть использованы ветви различной длины, что дает возможность для более точного согласования таких параметров, как оптимальный ток и перепад температур для каждой пары ветвей p- и n- типа, следствием чего является повышение энергетической эффективности ТЭБ.

Список литературы

1. Патент РФ на изобретение № 2269183. Термоэлектрическая батарея / Исмаилов Т. А., Вердиев М. Г., Евдулов О. В., Меркухин Н. Е., опубл. 27.01.2006, БИ № 3.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ В ВАКУУМРЕФЛЕКСОТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

М. А. Хазамова

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

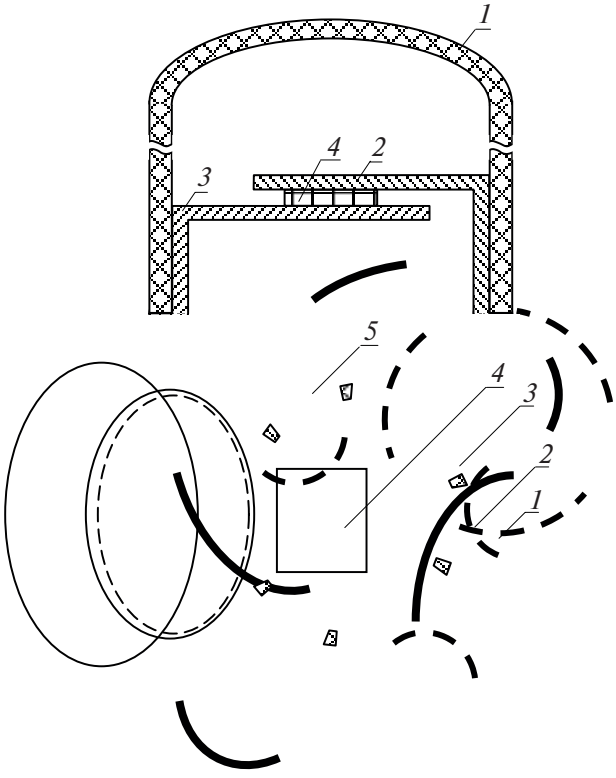
На сегодняшний день рефлексотерапия является эффективным способом лечения различных заболеваний нервной периферической системы и внутренних органов.

Само понятие рефлексотерапии включает в себя большое количество различных лечебных приемов и методов воздействия на рефлексогенные зоны тела человека и акупунктурные точки, к которым относится и вакуумный массаж, при котором производят установку вакуумных банок различной конструкции на рефлексогенные зоны тела, что используется как в косметологии в качестве лимфатического дренажа, расслабляющего массажа, ухода за лицом, так и в терапии.

Современный и эффективный вариант холодных банок сочетает в себе лечебные принципы горячих банок традиционной китайской медицины. Создание в полости банки отрицательного давления активизирует приток крови, поступление кислорода и питательных веществ к тканям и органам, что способствует ликвидации воспаления, устранению отеков и боли, препятствует простуде и проникновению влажности в организм. Вакуумная терапия ликвидирует энергетические пробки и улучшает ток энергии в меридианах.

Постановка банок на акупунктурные точки позволяет использовать их также в неврологии, хирургии, гинекологии, ортопедии, дерматологии. Недостатком существующих вакуумных банок является отсутствие температурного воздействия (тепло, холод), что в сочетании с вакуумрефлексотерапией позволяет значительно усилить лечебный эффект.

В научно-исследовательской лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств при Дагестанском государственном университете разработано простое в обслуживании и надежное устройство для рефлексогенного воздействия на активные зоны человеческого организма, сочетающее в себе вакуумный массаж и температурное воздействие на основе термоэлектрических преобразователей (см. рисунок).



Устройство представляет собой массажную банку *1*, выполненную из упругого пластика, посаженную на систему регулирования температуры воздействия, состоящую из холодного *2* и горячего *3* теплообменников и термоэлектрического модуля *4*. Теплообменники *2* и *3* выполнены в виде металлических стаканов одинакового диаметра, равного внутреннему диаметру основания массажной банки *1*. При этом из боковой стенки теплообменников на равном расстоянии друг от друга вырезано по три сегмента таким образом, что эти стаканы можно вложить один в другой, причем между основаниями теплообменников *2* и *3* останется зазор, равный высоте термоэлектрического модуля *4*. Отношение вырезанных сегментов холодного *2* и горячего *3* теплообменников составляет 3:1. Зазор по боковой стенке между холодным *2* и горячим *3* теплообменниками заполнен теплоизоляцией *5*. Края теплообменников *2* и *3*, соприкасающиеся с телом человека, закруглены для предотвращения травмирования кожи.

Принцип работы данного устройства следующий. На кожу пациента наносится массажный крем. Верхняя часть массажной банки *1* сдавливается рукой врача, после чего массажная банка *1* приводится в контакт с телом пациента.

После высвобождения верхней части массажной банки *1* под ней создается разреженная область, и массажная банка *1* прилипает к телу пациента под действием атмосферного давления. Далее включается источник постоянного тока (на рис. не указан), который питает термоэлектрический модуль *4*. В результате работы последнего теплообменник *2* охлаждается, а теплообменник *3* нагревается. При этом на небольшом участке кожи пациента наблюдается сочетанное воздействие контрастными температурами и слабым вакуумом, что существенно повышает эффективность проводимой процедуры. В процессе проведения процедуры врач проводит массажной банкой по поверхности тела человека в соответствии с назначением. По окончании процедуры источник постоянного тока выключается и массажная банка снимается.

Простота изготовления и обслуживания устройства позволяет использовать его как амбулаторно, так и в стационарных условиях.

КОНСТРУКЦИИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Ш. А. Юсуфов, А. М. Гаджиев

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала, E-mail: jysufov@mail.ru

Проблема получения чистой питьевой воды является актуальной и важной. Это связано с климатическими особенностями регионов, состоящими в жарком климате, отсутствием водоемов с пресной водой, низким среднегодовым уровнем осадков. Наиболее распространенным способом получения пресной воды является выпаривание морской воды и конденсации образовавшегося пара (процесс дистилляции). Для выпаривания используются различные системы нагрева, в частности, электрическая энергия, солнечная энергия, геотермальная энергия и т. п. В системах, использующих электрическую энергию, особое внимание следует уделить применению термоэлектрических полупроводниковых преобразователей ввиду того, что термоэлектрический преобразователь может совмещать в себе и систему испарения, и систему конденсации влаги.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств Дагестанского государственного технического университета разработан ряд термоэлектрических опреснителей. На рис. 1 приведен первый конструктивный вариант термоэлектрического опреснителя, содержащего рабочую камеру *1*, представляющую собой вытянутый в горизонтальном направлении полый прямоугольный параллелепипед из теплоизолирующего материала, у которого отсутствует одна из меньших боковых граней. Рабочая камера установки разделена на следующие зоны: зона испарения и зона конденсации. В состав рабочей камеры входят три расположенные друг над другом сообщающиеся канала для отвода концентрированного рассола *2*, подвода морской воды *3* и отвода пресной воды *4* двумя тонкими горизонтальными перегородками *5, 6* неодинаковой длины (длина нижней перегородки *6* больше длины верхней перегородки *5* и меньше длины рабочей камеры *1*), выполненными из высокотеплопроводного материала. Канал *3* заканчивается бортиком *7*. На концах перегородок *5* и *6* установлены ТЭБ *8* и *9*, тепловыделяющие спаи которых приведены в тепловой контакт с игольчатыми радиаторами, иглы в которых расположены в шахматном порядке и выведены в канал *3*, а теплопоглощающие сопряжены с двумя другими игольчатыми радиаторами, иглы которых выведены в каналы *2* и *4* соответственно. Объем ТЭБ *8* и *9* заполнен теплоизоляционным материалом, который уменьшает тепловой поток между каналами *2, 3* и *3, 4* через ТЭБ *8, 9*, а также устраняет тепловой контакт ТЭБ *8* и *9* с перегородками *5* и *6*.

К недостаткам данной установки относятся малая производительность и недостаточное использование теплоты потоков пресной воды и концентрированного рассола, поэтому для устранения вышеперечисленных недостатков может быть предложен вариант, конструкция которого приведена на рис. 2. В рабочей камере дополнительно устанавливается резистивный нагреватель *10*, теплообменник *11*, металлическая волнообразная сетка *12* и канал подачи воздуха *13*.

Нагреватель устанавливается в зоне испарения и приводится в тепловой контакт через игольчатый радиатор с тепловыделяющими спаями термоэлектрической батареи, которая перекачивает тепло из зоны конденсации в зону испарения, то есть работает в режиме теплового насоса, конструкция теплообменника выполнена таким образом, что поток морской воды направлен встречно потокам пресной воды и концентрированного рассола, отбирая, у них тепло; металлическая волнообразная сетка устанавливается в зоне конденсации под углом таким образом, что капли сконденсированной влаги стекают по ней в канал пресной воды, то есть исключается их повторное попадание в зону конденсации, канал подачи воздуха предназначен для подвода воздуха в зону конденсации, воздух смешивается с влажным паром и ускоряет его конденсацию, далее воздух попадает в теплообменник и выводится в окружающую среду вместе с пресной водой.

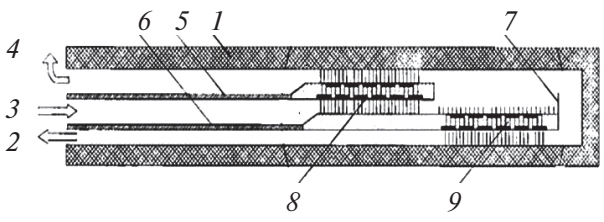


Рис. 1

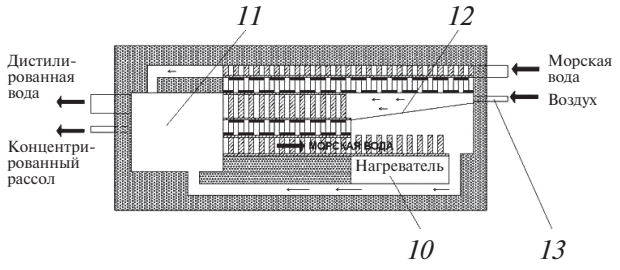


Рис. 2

Таким образом, наличие теплообменника в установке делает процесс теплопередачи между потоками пресной воды, концентрированного рассола и морской водой наиболее эффективным, а подача воздуха в зону конденсации увеличивает скорость конденсации, что увеличивает производительность установки.

Список литературы

1. Патент РФ на изобретение № 2225843. Термоэлектрический опреснитель / Исмаилов Т. А., Аминов Г. И., Евдулов О. В., Юсуфов Ш. А., Зарат Абделькадер. Опубликовано: 20.03.2004.

УДК 621.382.002

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАБОТУ КРЕМНИЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

Т. А. Исмаилов, Б. А. Шангереева

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
г. Махачкала

Современный уровень развития требует все большего насыщения различными электронными устройствами научно-исследовательских, оборонных, промышленных и др. объектов. Сегодняшний этап развития характеризуется быстро растущей степенью интеграции, уже созданы интегральные схемы, содержащие на одном полупроводниковом кристалле более 10^6 элементов [1].

Транзистор, или полупроводниковый триод, являясь управляемым элементом, нашел широкое применение в схемах усиления, а также в импульсных схемах. Отсутствие накала, малые габариты и стоимость, высокая надежность — таковы преимущества, благодаря которым транзистор вытеснил из большинства областей техники электронный лампы.

Биполярный транзистор представляет собой трехслойную полупроводниковую структуру с чередующимися типом электропроводности слоев и содержит два $p{-}n$ перехода. В зависимости от чередования слоев существуют транзисторы типов $p{-}n{-}p$ и $n{-}p{-}n$. В качестве исходного материала для получения трехслойной структуры используют германий и кремний.

Трехслойная транзисторная структура создается по сплавной или диффузионной технологии, по которой выполняется и двухслойная структура проводниковых диодов. Пластина полупроводника n-типа является основанием, базой конструкции. Два наружных p-слоя создаются в результате диффузии в них акцепторной примеси при сплавлении с соответствующим материалом. Один из слоев называется эмитерным, а другой — коллекторным . Так же называются и $p{-}n$-переходы создаваемые этими слоями со слоем базы, а также внешние выводы от этих слоев.

Особым режимом работы биполярного транзистора является инжекционный режим. Этот режим обычно реализуется для схемы ОБ (рис. 2, а). В инжекционном режиме работы на коллекторный переход транзистора не подается никакого внешнего напряжения, а эмиттерный переход смещается в прямом направлении. Носители заряда, инжектированные эмиттером и прошедшие базу, подают в коллектор. За счет избыточной концентрации носителей заряда в коллекторе возникает напряжение $U_{\text{инж.}}$, которое называется инжекционным.

Для $n{-}p{-}n$ транзистора за счет избыточного заряда электронов на коллекторе будет возникать отрицательное напряжение относительно базы. Выражение для определения $U_{\text{инж.}}$ можно получить путем применения формул Эберса–Молла:

$$U_{\text{инж.}} = \varphi_{\text{т}} \ln \left[\frac{\alpha I_{\text{б}} + I_{\text{к}}}{I_{\text{кбо}}} \right].$$

Здесь $I_{\text{к}} = U_{\text{инж.}}/R_{\text{к}}$ является током, протекающим в цепи коллекторного перехода транзистора.

Влияние температуры на работу биполярного транзистора обусловлено тремя физическими факторами: уменьшением потенциальных барьеров в переходах, увеличением тепловых токов переходов и увеличением коэффициентов передачи токов с ростом температуры. Уменьшение потенциального барьера φ К с ростом температуры также, как и в изолированном переходе, приводит к усилению инжекции, в результате чего увеличивается входной ток транзистора.

Нами были проведены экспериментальные исследования для кремниевого транзистора. Для расчетов транзисторных схем использована кусочно-линейная аппроксимация входных характеристик.

Зависимости токов $I_{\text{кбо}}$ и $I_{\text{эбо}}$ от температуры для кремниевого транзистора приведены на рис. 1.

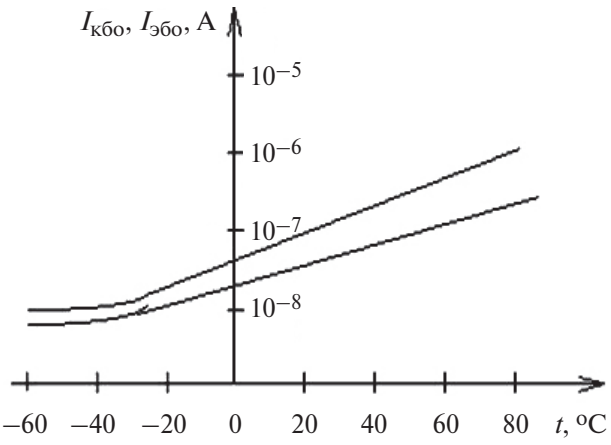


Рис. 1

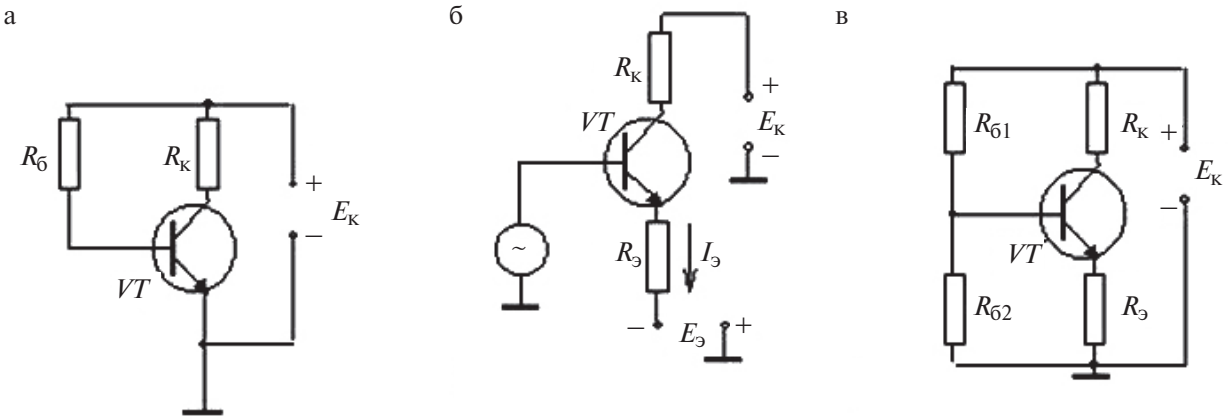


Рис. 2

Как видно из рис. 1, в рабочем интервале температур транзистора ($-60 \div +80$ °C) токи $I_{кбо}$ и $I_{эбо}$ могут изменяться на 1...2 порядка. Следует заметить, что отмеченный рост тепловых токов заметно сказывается на выходных характеристиках лишь для германиевых транзисторов, что связано с относительно большой величиной самих тепловых токов. В кремниевых транзисторах тепловые токи очень малы, поэтому их изменение с температурой не оказывает заметного влияния на характеристики.

На рис. 2 приведены три типовые схемы задания режима работы транзистора по постоянному току. Ток базы для внешних элементов будет равен:

$$I_б \approx \frac{E_к - U^*}{R_б} \qquad \text{и} \qquad I_к = \beta I_б + I_{кэо}.$$

Отсюда можно записать выражение для расчета коллекторного тока:

$$I_к = \beta \frac{E_к}{R_б} - \beta \frac{U^*}{R_б} + I_{кэб}.$$

Для оценки изменения тока $I_к$ при изменении температуры на 22 °C предположим $E_к = 10$ В, $R_б = 100$ кОм, $\beta(22\ °C) = 100$, $U^*(22\ °C) = 0{,}7$ В и $I_{кэо}(22\ °C) = 5$ мкА, откуда $I_к(22\ °C) \approx 10{,}0$ мА. Также будем считать, что изменение β при изменении температуры на 22 °C составляет 50 %, изменение U^* определяется коэффициентом $\varepsilon = -2$ мВ/град, изменение $I_{кэо}$ определяется температурой его удвоения $T^* = 5$ °C. Тогда несложно определить значения β, U^* и $I_{кэо}$ при $t = 40$ °C: $\beta(40\ °C) = 1{,}5 \cdot 100 = 150$, $U^*(40\ °C) = 0{,}7 - 20 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0{,}66$ В и $I_{кэо}(40\ °C) = 2^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 160$ мкА. Тогда ток $I_к(40\ °C) = 150 \cdot 10/10^5 - 150 \cdot 0{,}66/10^5 + 160 \cdot 10^{-6} = 14{,}17$ мА, то есть ток $I_к$ изменился на 53,6 %, и основной вклад в это изменение внес коэффициент передачи тока базы β.

Из расчета для схемы (рис. 2, а) схема обладает низкой температурной стабильностью. На рис. 2, б обеспечивается высокая температурная стабильность (как в схеме ОБ), и достигается она за счет использования дополнительного источника питания. Следует заметить, что указанная схема представляет собой по переменному току — схему ОЭ, а по постоянному току — схему ОБ. Третья схема (см. рис. 2, в) занимает промежуточное по термостабильности положение между двумя первыми схемами. В этой схеме фиксируется напряжение $u_{бэ}$ и при рациональном выборе $R_{б1}$, $R_{б2}$, $R_э$ температурная стабильность всего в 2–3 раза хуже, чем во второй схеме.

Список литературы

1. *Игумнов Д. В., Костюнина Г. П.* Основы полупроводниковой электроники. М.: Горячая линия — Телеком. 2005. — 392 с.

УДК 621.036; 621.7

ОСОБЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ СЛОЖНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. Ю. Воскресенский

Московский государственный университет технологий и управления

В аксиоматике феноменологической термодинамики выявлена неопределенность, устраняемая включением в основания термодинамики положения о флуктуации термодинамических параметров.

В изложении термодинамики сохраняются два подхода — феноменологический и статистический. В феноменологической термодинамике существование энтропии, согласно Клаузиусу-Каратеодори, опирается на второй закон. Поэтому существование энтропии ограничивают пределами действия второго закона («II начало не является всеобщим законом природы» [1]), то есть системами лабораторного масштаба [2].

II закон наделяет энтропию неотъемлемым свойством — необратимостью ее возрастания. Но необратимость несовместима с «теоремой возврата» (теорема Пуанкаре о воспроизведении исходного неравновесного состояния после достижения системой равновесного состояния). Эта теорема не вписывается в феноменологическую термодинамику (или последняя не вписывается в первую). В статистической термодинамике существование энтропии определяется исключительно законом сохранения энергии и квантовомеханическими представлениями — принципом квантования энергии [3], без привлечения II закона. Соответственно существование энтропии распространяется, вместе с существованием энергии и ее квантованием, на системы макрокосмических масштабов (Вселенная и ее части), «Теорема возврата» Пуанкаре и флуктуации совместимы с основаниями статистической термодинамики. Поэтому аксиоматика по крайней мере одного из подходов к изложению термодинамики не идеальна. Как бы ни признавалась аксиоматика феноменологической термодинамики за прошедшие полтораста лет обговоренной и продуманной, как бы ни казались авторитетными высказывания об отсутствии в этой аксиоматике «малейшей бреши» (А. Пуанкаре), такая «брешь» имеется или в феноменологической, или в статистической термодинамике (или в обеих). Целью публикации является указать на «брешь» в аксиоматике феноменологической термодинамики и устранить ее.

Рассматриваются равновесные закрытые термодинамические системы с числом независимых переменных n. Они имеют обобщенные силы X_i, $i \leq n-1$, внутреннюю энергию u, обобщенные координаты x_i, сопряженные с обобщенной силой, и температуру t. Различаются простые системы, с числом независимых переменных $n = 2$, и сложные, с $n > 2$ [4]. Элементарный тепловой поток к сложной системе определен уравнением I закона

$$\mathrm{d}\, q = \mathrm{d}\, u + SX_i \mathrm{d}\, x_i, \tag{1}$$

правая часть которого выражена в пфаффовой форме:

$$\mathrm{d}\, u + SX_i \mathrm{d}\, x_i = \mathrm{d}\, \Pi(x_1, ..., x_i, ..., x_{n-1}, t).$$

Принцип адиабатической недостижимости Каратеодори [5] накладывает на уравнение I закона ограничение: пфаффова форма $\mathrm{d}\,\Pi$ должна быть голономной (иметь интегрирующий множитель $1/T$). Но II закон, естественно, не устанавливает голономности пфаффовой формы $\mathrm{d}\,\Pi$, если $\mathrm{d}\,\Pi$ не адекватна I закону, то есть если $\mathrm{d}\,\Pi$ построена на основании придуманных уравнений состояния, не адекватных реальным свойствам данной системы. Следуя Каратеодори, для уравнений состояния выбирают поливариантную структуру:

$$X_i = X_i(x_1, ..., x_i, ..., x_{n-1}, t), \qquad u = u(x_1, ..., x_i, ..., x_{n-1}, t). \tag{2}$$

Соответствующую структуру $\mathrm{d}\,\Pi$ рассматривают как голономную, полагая, что следуют принципу адиабатической недостижимости Каратеодори. Но поливариантная структура уравнений состояния (2) не является единственно возможной версией структуры. *A priori* не исключено существование также бивариантной структуры уравнений состояния,

$$X_i = X_i(x_i, t), \qquad u_i = u_i(x_i, t), \qquad u = Su_i, \tag{3}$$

соответственно с другой структурой пфаффовой формы $\mathrm{d}\,\Pi$. Ясно, что какая-то одна из двух версий уравнений состояния и соответствующих структур пфаффовой формы придумана, не адекватна данной реально существующей системе. Поэтому она заведомо не удовлетворяет принципу Каратеодори и I закону. Произвольный выбор одной из версий (2) или (3) недопустим. Тем не менее по умолчанию в термодинамике принята версия с поливариантными уравнениями состояния (2). Таким образом, в аксиоматике феноменологической термодинамики возникает пробел, «брешь», неопределенность.

В случае простых систем пфаффова форма в уравнении I закона

$$\mathrm{d}\,q = \mathrm{d}\,u(x,t) + X(x,t)\mathrm{d}\,x$$

имеет бивариантную структуру и неопределенности не возникает. Бивариантная пфаффова форма $\mathrm{d}\,\Pi(x,t)$ заведомо голономна в силу теорем математики. Как показал М. Планк (фрагмент статьи [7]), этого достаточно, чтобы интегрирующий множитель пфаффовой формы выражался как $1/T$:

$$\mathrm{d}\,\Pi(x,t) = T\mathrm{d}\,s, \tag{4}$$

где $s = s(x,T)$ — энтропия, аддитивная функция состояния простой системы.

В случае сложных систем для устранения неопределенности необходима новая научная идея. Известно [2], что в феноменологической термодинамике общепринято исключать флуктуацию из рассмотрения. В то же время именно флуктуация является тем отличительным признаком термодинамических систем, который устраняет обозначенную выше неопределенность [8].

О п р е д е л е н и е. *Равновесное состояние флуктуирующей термодинамической системы выражается осредненной совокупностью бесконечного множества спонтанно изменяющихся промежуточных состояний, к которым система приходит и через которые система проходит при фиксированных внешних условиях, причем, спонтанные изменения разных термодинамических параметров равновесного состояния по времени и частям объема не являются взаимосвязанными.*

Известно [5] о необходимом и достаточном условии голономности пфаффовой формы, выраженным теоремой Фробениуса. Для простейшей поливариантной пфаффовой формы $\mathrm{d}\,\Pi(x_1,x_2,t)$ с тремя коэффициентами в I законе,

$$\mathrm{d}\,\Pi(x_1,x_2,t) = \mathrm{d}\,u(x_1,x_2,t) + X_1(x_1,x_2,t)\mathrm{d}\,x_1 + X_2(x_1,x_2,t)\mathrm{d}\,x_2,$$

условие голономности сводится к одному тождественному равенству:

$$\frac{\partial X_1}{\partial x_2} - \frac{\partial X_2}{\partial x_1} + X_1\frac{\partial X_2}{\partial u} - X_2\frac{\partial X_1}{\partial u} = 0.$$

Этим тождеством Фробениуса определяются требования к аналитическому описанию коэффициентов в пфаффовой форме I закона и, соответственно, обобщенных сил в уравнениях состояния. Но эти величины являются флуктуирующими по определению, причем, флуктуирующими независимо друг от друга. Хотя величина флуктуаций и зависит от размеров системы, но в любом случае она существует как конечная величина, изменяющаяся по времени и объему [1]. Поэтому левая часть тождества Фробениуса принимает временные и локальные значения, которые отклоняются вместе с флуктуирующими коэффициентами относительно своего среднего значения. Тем самым тождество Фробениуса, даже если бы оно удовлетворялось в отдельные моменты времени и в отдельных элементах объема системы, не может удовлетворяться непрерывно по времени и повсеместно по объему. Но тогда и там, где тождество не удовлетворяется, поливариантная пфаффова форма $\mathrm{d}\,\Pi(x,y,t)$ становится временно и локально неголономной. Из этого в силу принципа Каратеодори следует, что тогда и там такое описание системы временно или локально не может удовлетворять I закону. Следовательно, тогда и там система не существует. Тем самым во избежание абсурда следует признать, что системы не существует вообще. А именно, не существует флуктуирующих сложных систем, которые имели бы поливариантную структуру пфаффовой формы в уравнении I закона. Но тогда *пфаффовы формы всех уравнений I закона или имеют бивариантную структуру, или сводимы к бивариантной структуре.* Причем, голономность бивариантных структур не нарушается флуктуацией, поскольку бивариантные пфаффовы формы голономны по определению, при любых флуктуационных отклонениях от среднего значения.

Доказывается утверждение: *бивариантная структура пфаффовой формы в уравнении I закона несовместима с существованием поливариантных структур термического и калорического уравнений состояния.*

Действительно, предположим противное, а именно, что в описание сложной системы включено хотя бы одно, например, калорическое j-е поливариантное уравнение состояния

$$u_j = u_j(x_i, x_j, t). \tag{5}$$

Тогда в уравнении I закона была бы возможна пфаффова форма вида

$$\mathrm{d}\,\Pi = S[\mathrm{d}\,u_i(x_i,t) + X_i(x_i,t)\mathrm{d}\,x_i] + \mathrm{d}\,u_j(x_i,x_j,t) + X_j(x_j,t)\mathrm{d}\,x_j, \qquad i \neq j. \tag{6}$$

В сумму $\mathring{a}$ включены все бивариантные пфаффовы формы $\mathrm{d}\,\Pi(x_i,t)$ при $i \neq j$, соответствующие бивариантным уравнениях состояния (3). Согласно доказанному М. Планком равенству (4) бивариантные слагаемые этой суммы имеют одинаковый интегрирующий множитель $1/T$, а энтропия аддитивна. Поэтому сумма $\mathring{a}$ приводится к бивариантной форме $T\mathrm{d}\,s$, $s = \mathring{a}s_i(x_i,t)$, $i \neq j$. Но последние два слагаемых в правой части равенства (6) образуют поливариантную пфаффову форму $\mathrm{d}\,\Pi(x_i,x_j,t)$. В условиях флуктуации она неголономна, и в связи с отсутствием интегрирующего множителя не сводима к бивариантной структуре. Соответственно к бивариантной структуре не сводима и пфаффова форма (6) в целом. Поэтому предположение о существовании поливариантного уравнения состояния (5) неприемлемо. Аналогично доказывается невозможность существования поливариантного термического уравнения состояния. Вывод: *все существующие в природе системы описываются только бивариантными уравнениями состояния, аналогами уравнений состояния простых систем*. Соответственно уравнение I закона сложной системы (1) сводится к виду суммы бивариантных пфаффовых форм,

$$\mathrm{d}\,q = S[\mathrm{d}\,u(x_i,t) + X(x_i,t)\mathrm{d}\,x_i], \tag{7}$$

и представляет сложную систему как совокупность простых подсистем. Согласно равенству Планка (4) пфаффова форма в уравнении (7) приводится к бивариантной, заведомо голономной структуре:

$$\mathrm{d}\,q = T\mathring{a}\mathrm{d}\,s_i(x_i,t) = T\mathrm{d}\,s. \tag{8}$$

Тем самым за выводом о структуре сложных систем как совокупности простых подсистем следует вывод о существовании энтропии сложной системы вне зависимости от принципа Каратеодори и II закона термодинамики, что совпадает с выводом статистической термодинамики.

Список литературы

1. *Квасников И. А.* Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика. — М.: Едиториал УРСС, 2002.

2. *Базаров И. П.* Термодинамика. Гос.издат. физ.-мат. литературы, М.: 1961.

3. *Киттель Ч.* Статистическая термодинамика. Пер.с англ. М.: Наука, 1977.

4. *Сычев В. В.* Сложные термодинамические системы, М.: Энергия, 1970.

5. *Caratheodory C.* // Math. Annal., 1909. LXVII. № 3. S. 355–386.

6. *Пригожин И., Кондепуди Д.* Современная термодинамика. Пер. с англ. М.: Мир, 2002.

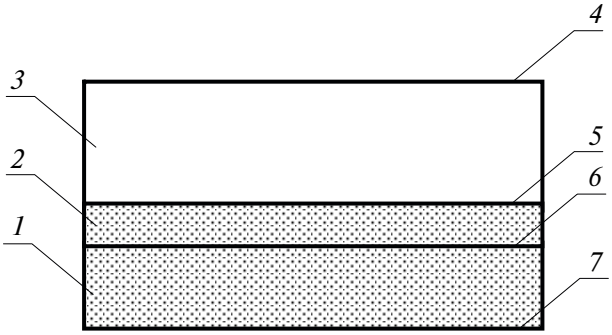
7. *Plank M.* Uber die Begrundung des zweiten Hauptsatzen der Thermodynamik // Sitzungsberichte der preuss. Acad. der Wissenschaften, Phys. — Math. Klasse. 1926. N 31. P. 453–463.

8. *Воскресенский В. Ю.* Флуктуация и структура сложных термодинамических систем. Научные труды XIV Международной научно-методической конференции. Том 3 // Тематическое приложение к журналу «Открытое образование». — М.: МГУТУ, 2008. — С. 335–344.

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Н. А. Соколов, А. Н. Соколов

ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, Санкт-Петербург



Многозначные меры теплопроводности (МТМ) в теплостате: *1, 2* — плиты нижней МТМ (заштрихована); *3* — верхняя МТМ; *5* — основной нагреватель теплостата; *6* — дополнительный нагреватель МТМ; *4, 7* — холодильники теплостата

В 2004 г. во ВНИИМ предложен принципиально новый способ воспроизведения единицы теплопроводности в любой точке заданного диапазона [1], для реализации которого потребовалось создать средства измерений нового класса [2]. Принцип их действия состоит в том, что некая система тел в определенных условиях с помощью управляющего воздействия приобретает любую заданную теплопроводность. Другими словами, впервые удалось создать многозначную меру теплопроводности (МТМ). Комплекс аппаратуры, необходимый для воспроизведения единицы с помощью МТМ, по аналогии с термостатом предложено называть теплостатом.

Принцип действия теплостата, собранного по симметричной схеме, поясняется на рис. 1. Здесь изображена нижняя МТМ (заштрихована), состоящая из плит *1* и *2* с известными тепловыми сопротивлениями соответственно nr и r, имеющими тепловой контакт между собой через дополнительный нагреватель МТМ *6*.

В теплостат также помещена верхняя МТМ *3*, идентичная нижней. Между верхней и нижней МТМ, каждая из которых имеет толщину *h*, находится основной нагреватель теплостата *5*. Грани *4* и *7* являются холодильниками теплостата, через которые организуется сток тепла; боковые грани МТМ адиабатизированы.

Холодильники имеют температуру $T = 0$ и обеспечивают выполнение граничных условий первого рода по отношению к ядру калориметрической системы, состоящей из двух МТМ. Основной нагреватель создает тепловой поток с поверхностной плотностью $q_{\text{осн}}$ и обеспечивает выполнение граничных условий второго рода. Каждый из дополнительных нагревателей МТМ создает тепловой поток с поверхностной плотностью $q_{\text{доп}}$, также обеспечивая выполнение граничных условий второго рода.

С учетом направленности векторов тепловых потоков основного и дополнительных нагревателей найдем перепад температур ΔT, создаваемый ими на границе между верхней м нижней МТМ:

$$\Delta T = \frac{r}{2} q_{\text{осн}} + nr \left(\frac{q_{\text{осн}}}{2} + \frac{2r + nr}{2r(1+n)} q_{\text{доп}} + \frac{nr}{2r(1+n)} q_{\text{доп}} \right),$$

или

$$\Delta T = q_{\text{осн}} \frac{r(1+n)}{2} \left[1 + \left(\frac{2n}{1+n} \right) \frac{q_{\text{доп}}}{q_{\text{осн}}} \right]. \qquad (1)$$

По определению [3] теплопроводность (тела, системы тел) — это отношение поверхностной плотности теплового потока, равного в данном случае $(q_{\text{осн}}/2)$, к температурному градиенту $(\Delta T/h)$, т. е. теплопроводность каждой из двух параллельно подключенных к основному нагревателю МТМ равна:

$$\lambda = \lambda_0 \left[1 + \left(\frac{2n}{1+n} \right) \frac{q_{\text{доп}}}{q_{\text{осн}}} \right]^{-1}, \qquad (2)$$

где $\lambda_0 = h/r(1+n)$ — теплопроводность каждой из МТМ в отсутствие дополнительного теплового потока.

Здесь λ характеризует не только теплофизические и геометрические параметры заштрихованного и не заштрихованного образцов, но и является функцией отношений $2n/(1+n)$ и $q_{\text{доп}}/q_{\text{осн}}$. Это значит, что теплопроводность этих образцов зависит от выбора параметра $2n/(1+n)$ и регулируется отношением $q_{\text{доп}}/q_{\text{осн}}$. Таким образом, каждый из этих образцов действительно может служить многозначной мерой теплопроводности.

В 2005 г. теплостат, получивший обозначение А-1, в комплекте с новым набором мер введен в состав действующего государственного первичного эталона (ГПЭ) с целью опытной эксплуатации. В феврале

2008 г. ГПЭ утвержден в новом составе и получил обозначение ГЭТ 59-2007. Новый ГПЭ позволяет воспроизводить единицу и передавать ее размер в диапазоне от 0,02 до 20 Вт/(м·К).

За счет применения новых технических решений ГЭТ 59-2007 имеет более высокую точность и стабильность по сравнению с национальными эталонами других стран. Эта оценка дана специалистами рабочей группы (WG9) по теплофизическим измерениям Консультативного комитета по термометрии при Международном бюро мер и весов, которые подтвердили готовность эталонной установки А-1 к международным сличениям, начавшимся в 2005 г. Кроме России, в них приняли участие США, Великобритания, Германия, Франция, Мексика и Китай. В августе 2009 г. на очередном совещании WG9 были подведены итоги сличений. Расхождения между результатами измерений, полученными на национальных эталонах США, Великобритании, Франции и России, не превысили одного процента [4], что соответствует заявленным метрологическим характеристикам ГЭТ 59-2007.

ГЭТ 59-2007 состоит из комплекса следующих средств измерений, предназначенных для воспроизведения единицы и передачи ее размера методом прямых измерений и компарирования:

— установка А-1 — в диапазоне от 0,02 до 0,2 Вт/(м·К) при температуре от 250 до 350 К;
— установка А-2 — в диапазоне от 0,1 до 5 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 350 К;
— установка А-3 — в диапазоне от 5 до 20 Вт/(м·К) при температуре от 300 до 1100 К;
— набор однозначных и многозначных мер теплопроводности.

ГПЭ воспроизводит единицу теплопроводности и передает ее размер со средним квадратическим отклонением результатов в относительной форме (S_0), не превышающим 0,2 % при пяти независимых измерениях. Неисключенная систематическая погрешность в относительной форме (Θ_0) не превышает 0,6 % для установки А-1 и 2 % для других установок. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, (u_{0A}) в относительной форме не превышает при пяти независимых измерениях 0,2 %. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, (u_{0B}) в относительной форме не превышает 0,3 % для установки А-1 и 0,9 % для других установок. ГПЭ применяют для передачи размера единицы теплопроводности рабочим эталонам методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора и рабочим средствам измерений (РСИ) методом прямых измерений.

В качестве рабочих эталонов применяют однозначные и многозначные меры теплопроводности, которые внесены в Каталог эталонных материалов ВНИИМ им. Д.И. Менделеева [5]. Доверительные границы относительных погрешностей рабочих эталонов δ_o при доверительной вероятности 0,95 составляют от 2 до 5 %. Рабочие эталоны применяют для поверки РСИ методом прямых измерений.

В качестве РСИ применяют приборы для измерений теплопроводности твердых тел в диапазоне от 0,02 до 20 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 1100 К. Пределы допускаемых основных относительных погрешностей РСИ Δ_0 составляют от 2 до 15 %.

Таким образом, с учетом изобретения теплостатов разработана новая концепция воспроизведения единицы и передачи ее размера, которая реализована в диапазоне от 0,02 до 0,2 Вт/(м·К).

Известная концепция основана на использовании нескольких однозначных мер теплопроводности, изготовленных из хорошо изученных материалов, отличающихся высокой стабильностью теплофизических свойств. Для освоения новых диапазонов она требует проведения длительных исследований свойств новых материалов с целью определения их пригодности для создания однозначных мер теплопроводности.

Согласно новой концепции воспроизведение единицы и передача ее размера осуществляется в любой точке диапазона с помощью одной многозначной меры, изготовленной из хорошо изученных материалов. Это позволяет сэкономить время и деньги. Так, для поиска новых материалов, необходимых для воспроизведения единицы и передачи ее размера в диапазоне до 0,03 Вт/(м·К), национальным метрологическим институтам других стран понадобилось более 40 лет. ВНИИМ освоил диапазон до 0,02 Вт/(м·К), где вообще нет материалов, подходящих для создания однозначных мер теплопроводности, за 4 года.

Предложенная концепция реализуется с помощью государственной поверочной схемы, которая является основой нового межгосударственного стандарта. Введение нового стандарта запланировано на 2010 г.

Список литературы

1. Патент 2276781. Способ определения теплопроводности материалов / Соколов Н. А. Опубл. в Б. И. 20 мая 2006 г.

2. *Соколов Н. А.* Новый класс приборов: многозначные меры теплопроводности // Измерительная техника, 2006. № 4. — С. 50–52.

3. МИ 2630-2000. ГСИ. Метрология. Физические величины и их единицы.

4. International Comparison on Thermal Conductivity Measurements of Insulating Materials by Guarded Hot Plate B. Hay, L. Cortes, B. Doucey, J.-R. Filtz, U. Hammerschmidt, N. Sokolov, C. Stacey, R. Zarr, J. Zhang, LNE — France, CENAM — Mexico, PTB — Germany, VNIIM — Russia, NPL — United Kingdom, NIST — USA, NIM — China. 30-th International Thermal Conductivity Conference. — Pittsburg, USA, 2009.

5. МИ 2590-2008. ГСИ. Эталонные материалы. Каталог ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 2006–2007 // Санкт-Петербург: ИК «Синтез», 2008. — 118 с.

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ВО ВРЕМЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

С. В. Мурашев, В. Г. Вержук

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
ГНУ ГНЦ РФ ВНИИР им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург
E-mail: quit.160@meil.ru

Разработана новая технология получения высококачественной растительной продукции, способной к длительному хранению при минимальных потерях в охлажденном состоянии. Она включает два основных инструмента: метод ранней диагностики состояния плодоносящих растений с целью выявления их способности к формированию высококачественной продукции и метод воздействия на растения с помощью регулятора роста, используемый в том случае, если ранняя диагностика выявила не удовлетворительное физиологическое состояние плодоносящих растений.

Существующие в настоящее время методы позволяют прогнозировать способность к длительному хранению для уже сформированной растительной продукции. Главный недостаток такого подхода заключается в отсутствие резерва времени, необходимого для воздействия на растения с целью стимуляции роста, увеличения урожайности и усиления защитных свойств растительной продукции. Поэтому необходимы методы раннего прогнозирования, позволяющие заблаговременно получать информацию о свойствах и качестве растительного сырья, которое сформируется на данных растениях, а также благодаря резерву времени осуществлять необходимую корректировку роста и развития плодоносящих частей растений в случае необходимости.

Раннее прогнозирование свойств растительной продукции может быть основано на исследовании такой функционально значимой для растений части как лист. Лист высшего растения представляет собой сложную оптическую и биохимическую систему, необходимую для преобразования солнечной энергии в энергию химических связей, и имеющую большое значение в адаптационных и защитных механизмах растения. Негативные условия окружающей среды влияют на состояние листа и содержание в нем пигментов. В тоже время растение представляет собой единый организм, и процессы, происходящие в листьях, влияют на растение в целом, формирование его плодов и их свойства, необходимые для длительного хранения. Поэтому возможно использование листьев для раннего прогнозирования свойств растительной продукции, необходимых для длительного хранения [1].

Эволюционно сложилось так, что лист — это наиболее защищенный орган, по сравнению с плодами, являющимися продуктами жизнедеятельности всего растения. Сравнительные исследования различных культур показали, что содержание антиоксидантов в листьях, на 2–3 порядка выше, чем в плодах. Именно лист является основным поставщиком защитных соединений при формировании, росте и созревании плода. Оценка антиокислительного потенциала листьев способна стать основой для раннего прогнозирования (за 2–3 месяца до сбора урожая) способности растительной продукции к длительному хранению. С антиокислительным потенциалом листьев тесно связана работа аппарата фотосинтеза, с которого берет начало образование всего комплекса веществ, необходимых для роста плодов.

В значительной степени синтетический и антиокислительный потенциал листьев связан с каротиноидами. Для оксигенных фототрофов значение каротиноидов определяется их ролью как вспомогательных светособирающих пигментов в той области спектра, в которой хлорофилл плохо поглощает излучение. Дополнительная энергия, абсорбируемая каротиноидами, может использоваться на интенсификацию синтетических и ростовых процессов, что приводит к увеличению урожайности культур.

Одновременно, не менее значима роль каротиноидов как фотопротекторных агентов. Окрашенные каротиноиды препятствуют образованию возбужденного синглетного кислорода и тем самым защищают растение от окислительного стресса, что, вероятно, является важнейшей причиной, обеспечивающей формирование высококачественной плодовой продукции способной к длительному хранению с минимальными потерями. Еще одна важная для клеток функция каротиноидов заключается в их способности стабилизировать липидную фазу мембран, что также имеет большое значение в защитных и адаптационных механизмах растений и их плодов.

В данной работе для исследований использовались семечковые культуры: яблоня (с. Белый налив), груша (с. Чижовская) и айва японская (хеномелес). Листья с растений собирались с внешней, наиболее освещаемой солнечным светом, стороны кроны. Исследования листьев осуществлялись в середине — конце июня, т. е. не позднее, чем за два месяца до сбора урожая. К этому времени успевала сформироваться завязь плодов. С листьев плодоносящих растений снимали спектры отражения в видимой области (400–750 нм).

При анализе спектров отражения листьев яблони, груши и айвы было выявлено, что наиболее значительные отличия в спектрах отражения, не зависимо от вида растения, наблюдаются в диапазоне длин волн 500–570 нм. Поглощение солнечного света листьями в этой области связано с каротиноидами.

Наряду с хлорофиллом и каротиноидами в листьях может содержаться еще один пигмент — антоцианы. Они синтезируются в стрессовых ситуациях и защищают листья от солнечного излучения в определенных областях спектра. Антоцианы, являются красными пигментами и поэтому они отражают свет в этой области видимого спектра. Поглощают излучение антоцианы в широком диапазоне видимого спектра (от оранжевого до ультрафиолета). В области видимого спектра, в которой антоцианы хорошо поглощают для каждого вида исследованных растений, установлено, что в спектрах отражения листьев наблюдается очень близкое совпадение за исключением спектрального диапазона 500–570 нм. Этот факт является доказательством того, ч отличия в спектрах отражения листьев в диапазоне длин волн 500–570 нм обусловлены каротиноидами, выполняющими светособирающую и защитные функции. На этом основании для характеристики оптических свойств листьев с целью раннего прогнозирования потерь растительной продукции при хранении использовалась длина волны 550 нм.

После сбора плодов определялась величина их естественной убыли в условиях холодильного хранения (1–3 °С). На основании полученных данных для четырех вариантов каждого из видов плодов строилась зависимость величины естественных потерь при хранении от оптической плотности листьев при длине волны 550 нм. Полученные результаты позволили выявить тенденцию, заключающуюся в том, что чем больше оптическая плотность листьев при длине волны 550 нм, а значит больше содержание в них каротиноидов, тем больше средняя масса сформировавшихся плодов и тем меньше убыль массы плодов при хранении.

Такая тенденция прослеживается для всех видов плодов, выбранных для исследований. В связи с этим, можно говорить о возможности использования данной зависимости для раннего прогнозирования лежкости плодового сырья, что подтверждено патентом на изобретение [1]. Многолетние исследования позволили выявить оптические свойства листьев необходимые для длительного хранения плодов, что и послужило основой для возможности осуществления раннего прогнозирования.

Метод прогнозирования, основанный на определении оптических свойств листьев, позволяет судить о качестве урожая еще до сбора, что является очень значительным преимуществом, так как открывает возможность коррекции развития возделываемых культур в период вегетации с помощью различных приемов, включая агротехнические и биотехнологические, с целью получения стабильно высоких урожаев высококачественный растительной продукции. Для этого необходим разнообразный, дифференцированный набор мер воздействия на растения, основанный на мониторинге физиологических и биохимических показателей растений и знании тенденций их изменения.

Одним из инструментов позволяющих корректировать развитие плодов являются регуляторы роста. Проводимые на протяжении ряда лет (регулярно начиная с 2000 г.) исследования показали, что в качестве эффективного, экологически безопасного и не дорогого регулятора роста и развития растений может использоваться глицин. Очень важным преимуществом глицина по сравнению с другими аминокислотами является отсутствие деления на D- и L-изомеры. Отсюда следует, что глицин не может быть чужеродным по отношению к биологическим объектам веществом, а также ряд других достоинств, которые отсутствуют у других аминокислот или у белковых гидролизатов. На использование глицина в качестве регулятора роста получен патент на изобретение [2].

Основная обработка плодоносящих растений с целью усиления защитных свойств растений и их плодов осуществляется в период бутонизации. Для этого определена эффективная концентрация глицина. В дальнейшем возможна дополнительная коррекция физиологического состояния плодоносящих растений проводимая на основании исследования отражательной способности листьев в видимой области спектра. Использование данной технологии позволяет минимизировать потери растительной продукции во время холодильного хранения и максимально увеличить сроки холодильного хранения.

Под действием глицина в плодовой продукции происходит усиление постоянно действующих защитных механизмов. Разработанный механизм действия глицина предполагает, что усиление защитных свойств растительного материала происходит в результате оптимизации обменных процессов в клетках. Вероятно, как показали проводимые исследования, это происходит вследствие достижения благоприятного соотношения между дихотомическим и пентозофосфатным путями дыхания.

Усиление именно постоянно действующих защитных механизмов в растительной продукции очень важно, так как в этом случае в отличие от активизации индуцируемых защитных механизмов не

происходит синтез в защитных целях высокотоксичных антимикробных веществ, которые представляют серьезную опасность и для здоровья человека. Данная технология выращивания высококачественной и лежкоспособной растительной продукции представляет также альтернативу для получения генетически модифицированной продукции, с которой связаны трудно предсказуемые риски для будущего земной биосферы.

В условиях неустойчивого климата, характерного для большей части территории России, только высокотехнологичные решения могут обеспечить прорыв в гарантированном обеспечении населения высококачественными растительными продуктами питания.

Список литературы

1. Патент России № 2338187. Мурашев С. В., Вержук В. Г., Белова А. Ю. Способ диагностики плодов для прогнозирования сроков хранения (варианты).

2. Патент России № 2283576. Мурашев С. В., Вержук В. Г., Бурмистров Л. А. Способ подготовки плодов семечковых культур к холодильному хранению.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕРЫБНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫСЛА ТИХООКЕАНСКОГО ШЕЛЬФА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИЯХ БИОЗАЩИТЫ

Т. К. Каленик, А. С. Гришин, Т. Г. Долгова, Е. С. Фищенко, Е. В. Медведева

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток
E-mail: ipttgr@rambler.ru

В последние десятилетия у большинства населения России выявлены нарушения рационального питания, обусловленные как недостаточным потреблением пищевых веществ, в первую очередь полноценных белков, так и нерациональным их соотношением.

В связи с этим Концепцией государственной политики в области здорового питания предусматривается совершенствование биотехнологических процессов переработки сырья, включая получение новых видов пищевых продуктов общего и специального назначения.

Продукты питания, их качество и безопасность являются одним из важнейших факторов, определяющих здоровье, трудоспособность и долголетие человека. Реализация Концепции государственной политики в области здорового питания населения России требует решения большого числа вопросов, один из которых — создание нового поколения отечественных пищевых продуктов — продуктов 21 века, обогащенных биологически ценными, жизненно необходимыми компонентами, обладающими защитными свойствами. Поэтому основной задачей современной технологии в области питания является разработка технологий производства качественно новых, безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения.

Перспективными источниками нетрадиционного сырья в этом отношении являются продукты переработки морских гидробионтов [1].

В России, в частности в Приморском крае, основываясь на потребностях общества, исследования по изысканию новых источников биологически ценного морского сырья для разработки технологий новых продуктов питания с каждым годом приобретают большую актуальность и популярность.

В последние годы на Дальнем востоке России ведется промысел и переработка зарывающихся двустворчатых моллюсков. Согласно мировой торговой классификации спизула относится к клемам или «жестким» ракушкам, включающим более 14 представителей двустворчатых моллюсков.

Основанием для проведения НИР, выполняемой в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», является Государственный контракт от 10 августа 2007 г. № 02.512.11.2175.

Тихоокеанский государственный экономический университет активно участвует в проблемно-ориентированных поисковых исследованиях фундаментального характера по приоритетному направлению развития науки и техники «Технологии живых систем» в соответствии с межправительственными соглашениями.

Целью научных исследований явилось получение новых знаний в области создания новых пищевых продуктов длительного срока хранения, несущих радиопротекторный, иммуностимулирующий и антистрессовый эффекты на основе морского нерыбного сырья с учетом их комплексной переработки и биохимических особенностей, путем научной кооперации ученых Института пищевых технологий и товароведения Тихоокеанского государственного экономического университета и Института пищевых технологий Северо-Восточного сельскохозяйственного университета (КНР, г. Харбин).

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

— спроектированы технохимические показатели качества и разработаны научные основы технологии биологически активных продуктов с заданными свойствами (радиопротекторным, антистрессовым, иммуностимулирующим);

— научно обоснован выбор компонентов для создания продуктов функциональной направленности;

— проведены маркетинговые исследования рынка продуктов питания массового и лечебно-профилактического назначения с целью выявления потенциальных потребителей предлагаемого ассортимента.

В последнее десятилетие претерпела изменения промысловая обстановка и сократился объем вылова традиционных объектов морского и океанического промысла. Наряду с этим возрос интерес к малоизученным и нетрадиционным видам, в том числе прибрежного рыболовства. Новыми объектами

дальневосточных морей, рекомендованными для промысла и переработки, явились ранее не используемые двустворчатые моллюски (клемы), среди которых перспективными являются анадара (*Anadara broughtoni*) и спизула (*Spisula sachalinensis*). Их общий запас в прибрежной зоне Приморья составляет около 27,0 тыс. т, что позволяет использовать объекты в промышленной переработке. Высокая адаптационная способность клем не исключает их искусственного воспроизводства [2].

Известно, что мясо спизулы характеризуется наличием комплекса минеральных веществ, витаминов, биологически активных соединений (таурин, гепарин, глицин и др.), что позволяет прогнозировать лечебно-профилактические свойства готовой продукции из них.

Технология многокомпонентных консервов предусматривает использование всех пищевых тканей двустворчатых моллюсков, исключение процесса бланширования, измельчение мяса и внесение в рецептуру дополнительных компонентов. Предварительные исследования показали, что механическое измельчение способствует разрушению решетчатой структуры белков, быстрому ослаблению жесткости мяса моллюсков и размягчению его консистенции при стерилизации без увеличения ее продолжительности. Использование всех мягких тканей и исключение бланширования при изготовлении многокомпонентных консервов обеспечило повышение выхода продукта на 7 % и сохранение пищевой ценности объектов.

Традиционная технология приготовления консервированных супов корректировалась нами с учетом выявленных особенностей химического состава, структурно-механических свойств мяса моллюсков и вышеуказанных технологических приемов.

На основании результатов проведенных экспериментов и рабочих дегустаций были предложен вариант консервов «Суп гречневый с мясом спизулы».

При изготовлении супа предварительную подготовку крупяного компонента (гречневой крупы) по традиционной технологии — бланширование в солевом растворе заменили бланшированием в кипящем растительном масле, что позволило получить после стерилизации продукт с легко отделяемыми друг от друга компонентами консервов, связать повышенный выход тканевого сока и улучшить органолептические показатели качества, повысить процент выхода мяса спизулы (табл. 1).

Подготовленную смесь направляли на фасование в банки № 6 (масса нетто 250 г) и стерилизацию по разработанным режимам стерилизации гарантирующим промышленную стерильность и высокие показатели качества готовой продукции.

В состав консервов «Суп гречневый с мясом спизулы» входят: спизула св/м, измельченная; лук пассированный; морковь пассированная; гречка, бланшированная в растительном масле; соль поваренная; перец черный; масло растительное; вода питьевая.

Таким образом, нами разработана технология консервов «Суп крупяной с двустворчатыми моллюсками».

Полнота решений поставленных задач достигнута и подтверждена с помощью разработанных в данной научно-исследовательской работе выводов: под действием высоких температур происходят изменения фракционного состава соединительно-тканных белков моллюсков; изменение содержания общих аминокислот (табл. 2);основное влияние на консистенцию мышечной ткани спизулы при термической обработке оказывают белки соединительной ткани; содержание соединительно-тканных белков в мышечной ткани спизулы (25,3 %) в два раза ниже, чем в анадаре; отмечена более высокая стабильность состава коннектина у спизулы по сравнению с анадарой; мышечные белки спизулы относятся к смешанному типу (тонические и фазные); под действием температуры и давления происходит снижение содержания коллагена на 30,9 %, небулина — до 2,3 %, что приводит к размягчению ткани спизулы; разработаны режимы стерилизации для многокомпонентных консервов из зарывающихся двустворчатых моллюсков — спизулы; разработаны рецептуры и технологические схемы производства многокомпонентных консервов из зарывающихся двустворчатых моллюсков; определена функциональная направленность, разработанных консервов.

Таблица 1. Зависимость выхода мяса спизулы и количества бульона в готовых консервах от параметров предварительного бланширования, %

Условия бланширования мяса	Время, мин	Выход мяса спизулы от целой ракушки	Количество бульона в консервах после стерилизации
Без бланширования	0	13,0±0,7	49,9±6,2
В кипящей воде, в створках	1	12,6±0,6	48,1±6,3
	3	10,6±0,5	40,2±5,1
В кипящей воде, мясо	1	9,5±0,5	35,6±4,2
	2	8,0±0,3	18,4±3,2
	3	7,2±0,4	16,7±2,8

Таблица 2. Изменение содержания общих аминокислот в мясе спизулы при тепловой обработке, мг/г белка

Аминокислота	Без обработки	Стерилизация $(5-15-40-20)/115$, 0,18 МПа
Изолейцин	27,8±0,3	23,2±0,2
Лейцин	46,0±0,4	39,0±0,4
Лизин	39,2±0,4	35,1±0,3
Метионин + цистеин	11,2±0,1	8,8±0,09
Фенилаланин + тирозин	59,8±0,6	39,5±0,4
Треонин	30,6±0,3	24,6±0,2
Триптофан	не определяли	
Валин	35,5±0,3	28,6±0,3
Аспарагиновая кислота	57,3±0,4	49,7±0,5
Серин	30,5±0,2	23,8±0,2
Глутаминовая кислота	130,1±1,0	92, 0±1,2
Глицин	119,5±0,8	58,4±0,6
Аланин	98,7±0,8	48,5±0,5
Гистидин	12,5±0,1	3,2±0,06
Аргинин	51,0±0,4	36,5±0,3
Пролин	29,1±0,3	27,5±0,3
Итого		
аминокислот	778,8±6,2	538,4±5,2
незаменимых	250,1±3,1	198,8±2,3

Таким образом, биологический потенциал морских гидробионтов — зарывающихся двустворчатых моллюсков (клем) спизулы (*Spisula sahalinensis*) является перспективным сырьем для производства специализированных продуктов питания длительного срока хранения.

Технология и рецептура консервов «Суп гречневый с мясом спизулы» награждены медалью и дипломом лауреата II Международной выставки и конгресса «Перспективные технологии XXI века».

Список литературы

1. *Гришин А. С.* Новые виды консервов из двустворчатых моллюсков (клем) / А. С. Гришин, Л. Ю. Лаженцева // Материалы Международной конференции молодых ученых «От фундаментальной науки — к новым технологиям. Химия и биотехнология биологически активных веществ, пищевых продуктов и добавок. Экологически безопасные технологии». — Тверь: ТГТУ, 2004. — С. 29–30.

2. *Давлетшина Т. А.* Новый вид консервов «Плов из двустворчатых моллюсков (клем) «Восточный» / Т. А. Давлетшина, А. С. Гришин, Л. В. Шульгина // Сборник материалов II Международного симпозиума «Пищевые биотехнологии: проблемы и перспективы в XXI веке». — Владивосток: ТГЭУ, 2004. — С. 133.

УСИЛЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ СВЕЖЕГО МЯСА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЦВЕТА И УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ

С. В. Мурашев, М. Е. Жемчужников

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: m033031@mail.ru

Пигменты, наряду с ненасыщенными жирными кислотами липидов, являются наиболее чувствительными к окислению компонентами мясного сырья. Общая причина повышенной чувствительности к окислению пигментных групп и ненасыщенных жирных кислот заключается в присутствии в их составе двойных связей. Кроме этого, гемовые группы мясных пигментов содержат ионы Fe^{+2}, способные окисляться в Fe^{+3}, что также изменяет цвет мяса. Таким образом, цвет очень изменчивое свойство свежего мяса, цветовая гамма которого легко ухудшается. Изменение естественного красного цвета мяса сопровождается ухудшением его качества и сокращением сроков хранения.

В связи с этим существует проблема более длительного сохранения естественного цвета свежего мяса. Поэтому цель данной работы заключается в увеличении продолжительности сохранения натурального цвета свежего мяса в охлажденном состоянии.

Поскольку природные механизмы, защищающие мясо от окислительных процессов, после убоя животного ослабевают, то для достижения поставленной цели необходимо было решить задачу создания новых многокомпонентных антиокислительных составов, обработка которыми позволяет сохранять миоглобин в восстановленном состоянии более длительное время.

Сырьем для проведения работы послужила охлажденная говядина. Использовалась часть тушиссек, то есть мясо срезаемое с внутренней поверхности бедра, а также само бедро. Образцы мяса с фиксированной массой погружались в раствор антиокислителя с определенной концентрацией и определенным соотношением с массой навески мяса и выдерживались в нем в течение 5 мин. Сразу после обработки и далее каждый день в течение 7 суток определялась оптическая плотность образцов мяса на спектрофотометре СФ-18 в зависимости от соотношения компонентов, входящих в антиокислительный состав, и концентрации самого состава. Все измерения проводились с трехкратной повторностью, с определением средней величины и среднего квадратичного отклонения. Контроль и обработанное мясо хранилось при температуре $2 \pm 1\ ^\circ C$.

Поток излучения в видимой области спектра, падающий в спектрофотометре на поверхность мяса, разделяется на две части: поглощенную, и отраженную. Поглощенная часть света определяется оптической плотностью. Соотношение поглощенной и отраженной частей падающего светового потока зависит от длины волны и является индивидуальным для каждого вещества. В противном случае все предметы имели бы один цвет. Красный цвет мяса определяется малой оптической плотностью и большим отражением в красной области спектра (647–740 нм) и, напротив, большим поглощением и малым отражением мяса в остальных частях видимого спектра. Поэтому влияние обработки антиокислительными составами на красный цвет мяса исследовали при длине волны — 690 нм, т. е. в середине красной области видимого спектра. Чем больше отраженная часть светового потока, падающего на поверхность мяса, при данной длине волны, то есть чем меньше величина оптической плотности, тем интенсивнее воспринимается человеческим глазом красный цвет мяса. Одновременно желательно чтобы в желтой области спектра (585 нм) поглощение возрастало. Таким образом, величину оптической плотности при длине волны 690 нм в данной работе использовали в качестве характеристики интенсивности красного цвета мяса.

Для исследования на спектрофотометре использовались образцы мяса с равной площадью. Благодаря этому все полученные значения оптической плотности прямо сопоставимы между собой.

Антиокислительные составы, используемые для усиления цвета мяса, обычно состоят из антиокислителя (аскорбиновая кислота или ее производные), синергиста антиокислителя, т. е. вещества усиливающего действие антиокислителя путем регенерации окисленных форм антиокислителя (обычно это лимонная или другая карбоновая кислота) и комплексообразователя связывающего ионы металлов с переменной валентностью, которые способны инициировать новые окислительные процессы. Поэтому если антиокислитель и регенератор антиокислителя устраняют последствия уже произошедших окислительных процессов, то комплексообразователь предотвращает возможность развития новых окислительных цепей. В результате действие компонентов антиоксидантных смесей взаимно усиливает друг друга и направлено на повышение антиокислительных свойств мяса. Это создает условия для восстановления метмиоглобина. В тоже время благодаря аэрации мяса миоглобин превращается в яркокрасный оксимиоглобин. Таким образом, происходит усиление естественного цвета мяса и сохранение его более длительное время, что приводит, в конечном счете, к увеличению покупательского спроса.

Антиокислитель и его синергист (аскорбат и карбоновая кислота, соответственно) с одной стороны и комплексообразователь с другой стороны не только усиливают действие друг друга. Сложность проблемы заключается в противоречивости процесса цветообразования мяса, который состоит в том, что кислород необходим для формирования красного цвета и в тоже время он является источником образования активных форм кислорода (супероксид анион-радикал, H_2O_2, 'OH), с которыми связаны процессы ухудшения цвета и качества мяса. Можно утверждать, что для положительного влияния на стабилизацию красного цвета мяса для антиокислителя и его синергиста обязательно необходимо дополнительное воздействие комплексообразователя. Это обусловлено тем, что супероксид анион-радикал, из которого далее образуется ферментативным путем перекись водорода, синтезируется при взаимодействии восстановленного иона металла с переменной валентностью (Cu^+ или Fe^{2+}) с кислородом. Одновременно аскорбат способен неферментативно восстанавливать не только окисленные ионы металлов с переменной валентностью, но и O_2 в H_2O_2. Перекись водорода также восстановленными ионами металлов с переменной валентностью разлагается с образованием гидроксил-радикала и гидроксил-иона:

$$Cu^+(Fe^{2+}) + H_2O_2 = Cu^{2+}(Fe^{3+}) +' OH + OH^-. \quad (1)$$

Ион меди в этой реакции значительно более эффективен, чем ион железа, а продукты этой реакции отрицательно воздействуют на цвет, качество и продолжительность хранения мяса. Гидроксил-радикал способен к инициации свободно-радикальных цепей и неферментативному гидролизу практически любых биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов). Однако в силу очень высокой реакционной способности пространственные пределы его действия ограничены зоной локализации свободных восстановленных ионов меди и железа. Гидроксил-ион способствует более быстрому смещению pH мяса в щелочную область, что препятствует активности катепсинов, и сокращает сроки хранения мяса и ухудшает его цвет, так как возникают более благоприятные условия для развития микроорганизмов. Для того чтобы воспрепятствовать протеканию этих нежелательных процессов, необходимо связать ионы металлов с переменной валентностью в окисленной или восстановленной форме и тем самым вывести их из пула реакционно способных веществ. Для этой цели и необходим комплексообразователь.

В данной работе в качестве антиокислителя использовали аскорбиновую кислоту, для регенерации антиокислителя использовали лимонную или янтарную кислоту (синергист антиокислителя), а в качестве комплексообразователя применяли ЭДТА, ортофосфат натрия, пирофосфат натрия или полифосфат натрия.

Результаты и их обсуждение

Влияние используемых в настоящее время антиокислительных смесей, состоящих из аскорбиновой кислоты, лимонной кислоты и полифосфатов на величину оптической плотности мяса в красной области видимого спектра при 690 нм представлено на рис. 1. Из представленных зависимостей следует, что минимальная величина оптической плотности для контрольного и обработанных образцов наблюдается на вторые-третьи сутки после обработки мяса. В контрольном мясе усиление окраски на вторые сутки достигается только за счет аэрации и превращения присутствующего в мясе миоглобина в оксимиоглобин. В обработанном мясе наряду с указанным процессом происходит восстановление метмиоглобина, вследствие чего количество оксимиоглобина увеличивается на большую величину. На протяжении 7 суток, в течение которых проводились исследования отражающей способности мяса при длине волны 690 нм установлено, что оптическая плотность необработанного мяса всегда была выше. Наименьшую оптическую плотность имели образцы мяса, обработанные составами 3 и 4. Как следует из рис. 1. эти составы позволяют продлить сохранение красного цвета мяса по сравнению с контролем приблизительно на 2 суток.

На рис. 2 представлено влияние на красный цвет мяса четырехкомпонентных антиокислительных составов, в которых действие антиокислителя и его синергиста усилено еще одним компонентом, вытяжкой глютатиона. Из рис. 2 следует, что новые антиокислительные составы наиболее эффективны в сравнение с ранее рассмотренными, они позволяют поддерживать оптическую плотность мяса в красной области спектра на более низком уровне наиболее продолжительное время хранения в охлажденном состоянии с момента обработки. Кроме того, как показали проведенные исследования, данный состав увеличивает поглощение мясом электромагнитного излучения в желтой области спектра, что усиливает восприятие человеческим глазом красного цвета мяса. Использование четырехкомпонентного состава поддерживает pH мяса на более низком уровне по сравнению с контрольным (необработанным) образцом, что препятствует развитию микроорганизмов и способствует увеличению сроков его хранения. В результате более низкого значения pH распад АТФ в мясе также замедляется.

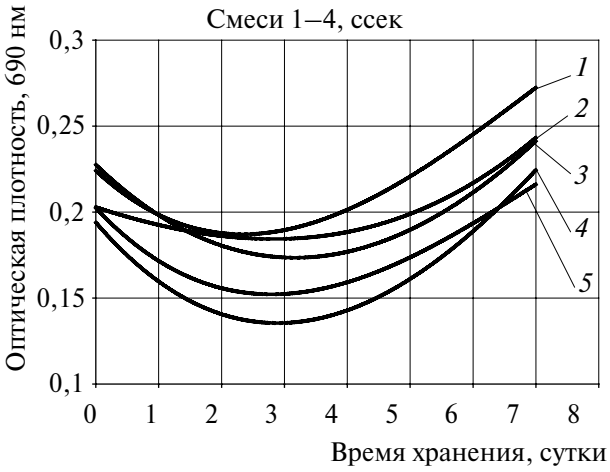


Рис. 1 Зависимость оптической плотности от времени хранения в красной области спектра (690 нм) для говяжьего ссека: *1* — контрольный образец; *2* — смесь 1; *3* — смесь 2; *4* — смесь 3; *5* — смесь 4

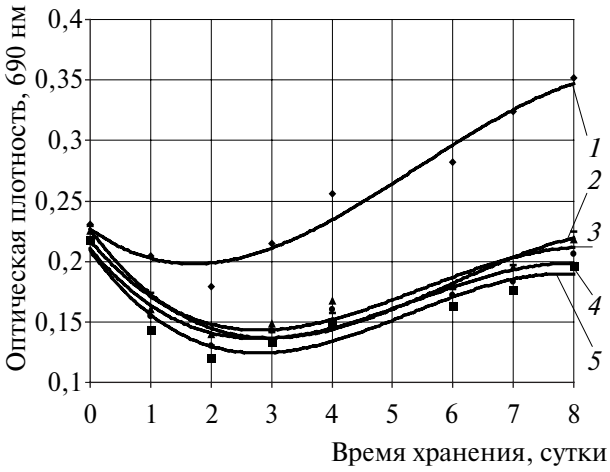


Рис. 2. Зависимость оптической плотности от времени хранения в красной области спектра (690 нм) для говяжьего ссека: *1* — сырье; *2* — смесь 13; *3* — смесь 14; *4* — смесь 15; *5* — смесь 16

Таким образом, проведенные исследования завершились разработкой нового антиокислительного состава для обработки свежего мяса, использование которого позволяет получить максимальный эффект. По продолжительности действия и по усилению красного цвета мяса новый четырехкомпонентный состав существенно превосходит традиционно используемые антиокислительные смеси для обработки мяса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ СУШКИ РИЖСКОГО ДИЕТИЧЕСКОГО СЫРА

В. А. Ермолаев, Е. Н. Расщепкин

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: tehnoholod@mail.ru

Сухие молочные продукты пользуются большим спросом в нашей стране, имеют длительные сроки годности, занимают малый объем. Консервирование пищевых продуктов сушкой, позволяет резко сократить расходы на хранение продукции, транспорт, обеспечить длительную сохранность органолептических показателей. Для десорбции влаги из пищевых продуктов известны различные способы сушки: конвективный, кондуктивный, сублимационный, вакуумный, распылительный, комбинированные и др. Технические особенности осуществления каждого из перечисленных способов сушки и применяемые при этом конструкции сушильных установок весьма разнообразны. Например, каждый способ сушки можно классифицировать по следующим признакам: характеру работы сушильной установки; виду, циркуляции, характеру движения, способу нагрева, кратности использования сушильного агента; виду высушиваемого материала и т. д.

На основании аналитического обзора способов сушки сыров и собственных исследований для сушки Рижского диетического сыра был выбран способ вакуумной сушки. Процесс сушки проводили на вакуумной сушилке периодического действия в неподвижном слое, поддержание тепловых параметров процесса осуществляли инфракрасными нагревателями (лампами), установленными внутри сушильной камеры (рис. 1).

Целью настоящих исследований является изучение процесса вакуумной сушки Рижского диетического сыра, а также определение тепловых и технологических параметров процесса. Тепловые параметры процесса: температура, тепловая нагрузка, остаточное давление в системе. Объектом исследований выбран Рижский диетический сыр, который относится к твердым сычужным сырам с низкой температурой второго нагревания пониженной жирности. Рижский диетический сыр содержит: жира в сухом веществе, не менее — 22 %; влаги, не более — 55 %; поваренной соли — 2,0–3,0 %.

Выбор тепловых и технологических параметров проводили с учетом органолептических показателей сухого сыра, количества свободного жира на поверхности частиц сухого сыра, продолжительности процесса сушки. Известно, что содержание свободного жира в сухих молочных продуктах зависит от общего содержания жира в продукте, методов и режимов сушки, режимов хранения, а также от способов подготовки и обработки продукта до и после сушки [1]. Поэтому в настоящих исследованиях уделено большое внимание подготовке (измельчению) сыра перед вакуумной сушкой. Преимуществом всех твердых сыров является то, что они относительно легко поддаются измельчению, не прилипая к поверхности режущих и измельчающих инструментов. Измельчение сыра проводили на следующие формы и размеры: соломка в виде полуцилиндров с диаметром 1–1,5 мм и длиной 10–15 мм; соломка с диаметром полуцилиндров 4–5 мм и длиной 15–20 мм; кубики с длинами граней 3–4 мм; прямоугольники размерами 3×3×30 мм и 4×4×30 мм; пластинки размерами 3×30×30 мм, 4×30×30 мм, 3×30×60 мм и 4×30×60 мм.

Исследования процесса сушки проводили при температуре на поверхности сыра от 50 до 80 °С с шагом 8–10 °С для всех видов измельченного сыра (рис. 2). Величина тепловой нагрузки и остаточного давления были постоянны и соответственно равны 3 кВт/м^2 и 2–3 кПа.

Последовательность проведения эксперимента производилась в следующем порядке. Подготовленный, измельченный сыр укладывается в поддон, который устанавливается в сушильную камеру, после чего камера герметично закрывается. По средствам автоматизированной системы управления задается требуемый режим сушки по температуре поверхности сыра, тепловой нагрузке, остаточному давлению в системе.

На основании проведенных исследований было установлено, что температуру сыра в процессе сушки не должна быть более 70 °С, так как при температуре сыра 80 °С наблюдалась дестабилизация жировой фазы, которая проявлялась в виде слоя свободного жира покрывающего практически всю поверхность сухого сыра. Необходимо отметить, что при температуре более 70 °С свободный жир на поверхности сухого сыра наблюдался при всех вариантах предварительной подготовки (измельчении). При температурах сушки 70 °С и менее была установлена следующая зависимость — чем больше относительная поверхность сыра (мельче размеры измельченного сыра) тем больше свободного жира наблюдается на поверхности сухого сыра. У сыра измельченного на мелкой терке после сушки при температуре 70 °С наблюдалось большее количество свободного жира чем у сыра измельченного на крупной терке. В свою очередь у сыра высушенного в виде кубиков, прямоугольников и пластин практически не наблюдалось дестабилизации жировой фазы при данной температуре сушки.

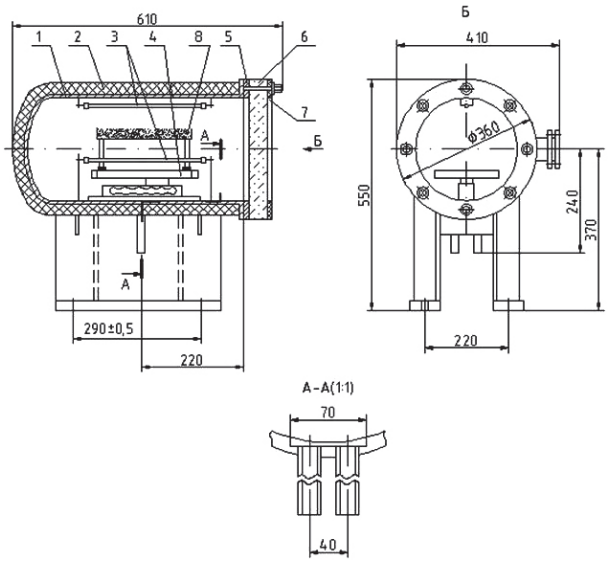


Рис. 1 Сушильная камера: *1* — корпус; *2* — теплоизоляция; *3* — ИК-лампы; *4* — весы; *5* — вакуумная резина; *6* — оргстекло; *7* — поджимающее кольцо; *8* — продукт

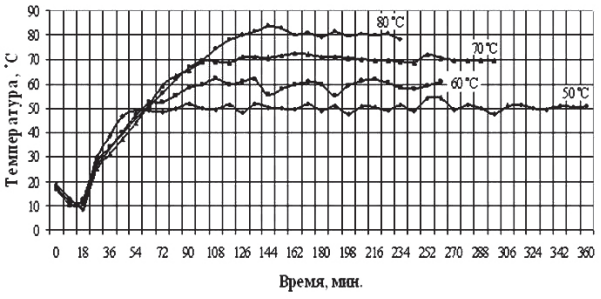


Рис. 2. Температурные кривые вакуумной сушки рижского сыра

При высушивании сыра в виде соломки как мелкой, так и крупной наблюдалась усадка приблизительно 80–90 % от первоначальных размеров. При сушке сыра измельченного на кубики, прямоугольники и пластинки с выше указанными геометрическими размерами наблюдалось аномальное увеличение объема сухого сыра на 30–40 % от первоначального. Увеличение объема сыра в процессе сушки объясняется разностью давлений водяных паров в продукте и сушильной камере.

Консистенция сухого сыра высушенного в виде кубиков, прямоугольников и пластин балы воздушной, с развитой внутренней поверхностью, легко подвергающаяся измельчению. Развитая поверхность сухого сыра удерживает жировые шарики во внутренних поверхностях сухого сыра, поэтому при сушке сыра в виде кубиков, прямоугольников и пластин не наблюдалось свободного жира на поверхности сухого сыра. Это очень важно, потому что именно количество свободного жира оказывает решающее влияние на стойкость сухого сыра к окислению, его восстановлению и, в конечном счете, определяет сроки годности продукта. При высушивании сыра в виде кубиков, прямоугольников и пластин при температурах 70 °С и менее потеря жира составляет от 2 до 5 %. С уменьшением температуры потери жира уменьшаются, однако продолжительность процесса сушки увеличивается.

Определено, что при снижении температуры сушки на 8–10 °С происходит существенное, увеличение продолжительности процесса от 60 до 90 минут в зависимости от геометрических размеров высушиваемых образцов Рижского диетического сыра. Массовая доля влаги в сухом сыре вакуумной сушки выработанного из «Рижского диетического» составляла не более 5 %. Вкус и запах выраженные сырные, за счет удаления влаги относительная концентрация соли повышается, что изменяет вкус сыра, он более солоноватый относительно нативного.

Положительными свойствами сухого сыра является его высокая калорийность, высокое содержание молочнокислой микрофлоры за счет низкой температуры сушки. Таким образом, сухой сыр вакуумной сушки представляет новый молочный продукт, и тем самым расширяет ассортимент сухих молочных продуктов. Сухой сыр может использоваться как самостоятельный продукт для непосредственного употребления в пищу (без восстановления и с восстановлением), так и в качестве компонента при составлении различных смесей, имеющих диетическое и функциональное назначение.

Список литературы

1. *Липатов Н. Н.* Сухое молоко / Н. Н. Липатов, В. Д. Харитонов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 264 с.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ТВОРОЖНЫЙ ПРОДУКТ

Соловьева М. С., Забодалова Л. А.

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Комбинирование молочного и растительного сырья хорошо известно и достаточно широко распространено в производстве продуктов питания. Кроме того, широко известно в мировой практике изготовление молочных продуктов на основе сухого сырья, что позволяет максимально обеспечить потребности различных социально-возрастных групп населения в полноценных продуктах питания.

Применение сухих молочных компонентов возможно по нескольким направлениям, например использование их в качестве исходного сырья для производства молочных продуктов. Значимость данного направления обусловлена рядом факторов, среди которых возможность обеспечения полноценными продуктами населения регионов, в которых отсутствует натуральное молоко; снижение дефицита молочного сырья, возникающего на крупных молокоперерабатывающих предприятиях в период межсезонья или на заводах, находящихся на значительном удалении от молочных ферм. При этом в качестве сырья можно использовать как сухое цельное и обезжиренное молоко, так и отдельные компоненты молока, например, молочно-белковые концентраты, концентраты сывороточных белков и их изоляты, а также отдельные фракции белков. Эти компоненты получают с применением современных методов обработки, включая их модификацию, что позволяет повысить биологическую ценность и функциональные свойства вырабатываемых продуктов.

В рациональном питании человека молочные продукты играют очень важную роль. В полной мере это относится к творогу и творожным продуктам. Поскольку производство творога — процесс весьма трудоемкий и требует значительных затрат сырья, применение сухих компонентов в данном случае можно считать целесообразным. С другой стороны, в настоящее время приоритетным направлением в производстве молочных продуктов является разработка многокомпонентных полифункциональных продуктов на молочной основе. Комбинирование молочных продуктов и в частности творога с зерновыми добавками позволяет повысить биологическую ценность продукта, а также является экономически выгодным в связи с низкой стоимостью таких компонентов. В этой связи при производстве творожных продуктов из сухих компонентов наряду с сухим молоком и молочными белковыми компонентами представляет интерес применение сухого сырья других классов, в частности, сырья растительного происхождения, например, изолятов соевых, пшеничных белков, а также различных круп (рисовой, овсяной, гречневой и др.).

В данной работе в качестве одного из зерновых компонентов использовали высокобелковый вид пшеницы — полбу, продукты первичной переработки которой (крупку, шрот, муку) применяют для приготовления биологически чистых продуктов питания — каши, супы, выпечка, а также используют для изготовления кормов для сельскохозяйственных животных и птиц. Одним из преимуществ полбы является повышенная концентрация глутаминовой кислоты, нормализующей обмен веществ в организме, а также аргинина и триптофана. При этом общая сумма макро- и микроэлементов в зерне полбы выше, чем в мягкой и твердой пшенице, особенно содержание калия, кальция и магния.

На первом этапе работы для производства творожного продукта использовали сухое обезжиренное молоко (СОМ), а для частичной замены молочного белка — изолированный соевый белок Pro-Vo 500S (ИСБ).

Одним из основных процессов при производстве продуктов из сухих компонентов является процесс их восстановления (растворения). От него во многом зависит эффективность производства, полнота использования сухих веществ, качество готового продукта. Растворимость — одно из основных функциональных свойств сухих компонентов — определяется в первую очередь и используется как первичный показатель их качества. Растворимость белкового компонента во многом обусловливает физико-химические и реологические характеристики белоксодержащих пищевых систем. К числу факторов, влияющих на полноту растворения сухих молочных продуктов и сухих белковых компонентов, относятся количественное соотношение продукта и воды, их температура, интенсивность и продолжительность механического воздействия на продукт. На основании результатов исследования влияния температуры растворения и интенсивности перемешивания, а также совместного влияния температурного фактора и механического воздействия на растворимость соевого изолята выбран наиболее рациональный режим его подготовки для составления смеси.

Продукт приготавливали по традиционной технологии творога (З. М. Цкитишвили. Творог из восстановленного молока, вырабатываемый традиционным способом. В книге — Липатов Н. Н., Тарасов К. И. Восстановленное молоко) кислотным способом при соотношении СОМ и ИСБ, равном 3:1; 1:1; 1:3 из расчета массовой доли белка в смеси 3,0 %. Контролем служил образец без добавления ИСБ. Подготовку сухих компонентов проводили раздельно. Полученную смесь пастеризовали при

температуре 78±2 °С с выдержкой 15 с, охлаждали до температуры заквашивания и вносили активированную закваску в количестве 3 % от массы смеси. Использовали закваску, приготовленную на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков (1 тип) (производитель CHR HANSEN), температура сквашивания 32 °С, и закваску МТт (производитель ГУП ВНИМИ — Сибирь РАСХН) для производства творога ускоренным способом, состоящую из мезофильных лактококков и термофильных молочнокислых стрептококков (2 тип), температура сквашивания 37 °С. Сквашивание вели до получения плотного сгустка с выделением прозрачной зеленоватой сыворотки. В серии предварительных опытов была установлена целесообразность применения отваривания сгустка, что позволило снизить потери сухих веществ с сывороткой. Массовая доля сухих веществ в сыворотке составила 2,93 % против 3,43 % при получении продукта без отваривания сгустка.

Прирост кислотности при сквашивании смесей различного состава приведен на рис. 1 и 2.

При увеличении доли ИСБ в смеси образование сгустка наблюдалось при более низких значениях титруемой кислотности, сгусток был менее прочный, мелкохлопьевидный.

Готовый сгусток подвергали обработке, проводя его подогрев до температуры 40 °С в течение 30 минут, не нарушая структуры, разрезание и выдержку в течение 30 минут для уплотнения сгустка, а затем самопрессование и прессование.

На рис. 1 видно, что максимальный прирост кислотности при использовании закваски, приготовленной на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков, наблюдается через 4 часа сквашивания смеси с соотношением СОМ и ИСБ 3:1, через 3,5 часа — смеси с соотношением СОМ и ИСБ 1:1 и через 3 часа — смеси с соотношением СОМ и ИСБ 1:3. Для контрольного образца максимальный прирост кислотности будет более чем через 5 часов сквашивания смеси.

Из графика приведенного на рис. 2 видно, что при использовании закваски МТт, нет четко выраженной зависимости уменьшения времени, когда наблюдается максимальный прирост кислотности, с увеличением массовой доли ИСБ в смеси.

Изменение интенсивности отделения сыворотки в зависимости от массовой доли ИСБ в смеси при использовании закваски, приготовленной на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков следующее: объем выделившейся сыворотки при соотношении СОМ и ИСБ в смеси 1:1 выше (76,8 %), при соотношении СОМ и ИСБ в смеси 3:1 и 1:3 — практически одинаковый — около 76 %. В контрольном образце объем выделившейся сыворотки минимальный (72,5 %).

При использовании закваски МТт максимальный объем выделившейся сыворотки наблюдается при соотношении СОМ и ИСБ в смеси 3:1 — 82,5 %, меньшее количество (78,7 %) — при соотношении СОМ и ИСБ в смеси 1:0, минимальный объем сыворотки (около 75,5 %) — при соотношении СОМ и ИСБ в смеси 1:1 и 1:3.

Закваска, приготовленная на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков, является предпочтительнее, в связи с тем, что при приготовлении творожного продукта с использованием закваски МТт наблюдается отделение сыворотки в готовом продукте через сутки хранения.

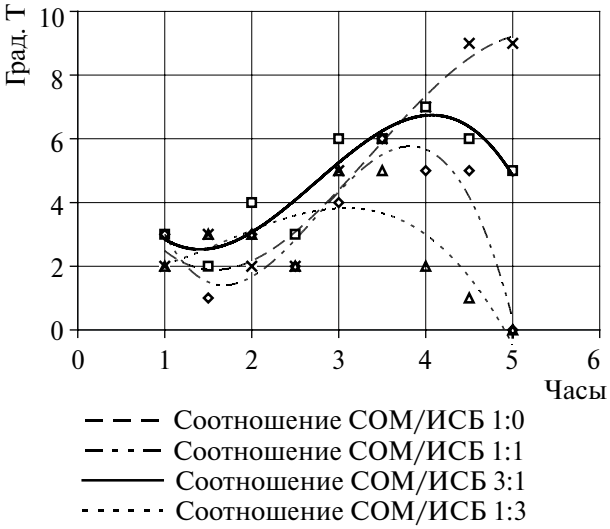


Рис. 1 Прирост кислотности при использовании закваски 1 типа

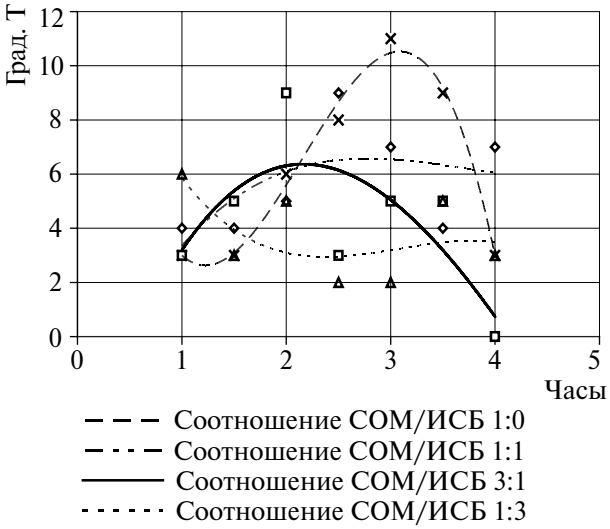


Рис. 2. Прирост кислотностипри использовании закваски 2 типа

Наиболее рациональным является соотношение СОМ и ИСБ 1:1, что позволяет получить продукт с хорошими органолептическими показателями. Увеличение массовой доли соевого компонента в смеси приводит к сильно выраженному соевому привкусу.

Показатели качества готового продукта (соотношение СОМ и ИСБ 1:1, с использованием закваски, приготовленной на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков) следующие: массовая доля влаги творожного продукта — 81,3 %, кислотность творожного продукта — 138 °Т.

Готовый продукт имел пастообразную консистенцию, кисломолочный вкус с легким привкусом соевого компонента, кремовый цвет. На следующем этапе работы для увеличения биологической ценности творожного продукта исследовали возможность применения высокобелкового вида пшеницы — полбы.

Для использования полбы в качестве составного компонента при производстве творожного продукта ее измельчали до размера частиц не более 15 мкм и вносили в смесь до пастеризации. Конечная кислотность через 5 часов сквашивания смеси (соотношение СОМ и ИСБ 1:1) с массовой долей полбы 3 % выше на 10 °Т по сравнению с смесью состоящей только из СОМ и ИСБ, при этом интенсивность отделения сыворотки ниже.

Хорошая сочетаемость творожной основы с различными вкусовыми ингредиентами, например сухими пряными травами, позволит создать ассортиментный ряд творожных продуктов для широкого круга потребителей.

К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛКОВ МОЛОКА

Л. А. Забодалова, Н. Н. Скворцова, Г. А. Панкова, И. М. Данилов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: danilov-ivan-86@mail.ru

В условиях повышенных нагрузок, стрессов, неблагоприятных антропогенных воздействий, характерных для современной жизни, значение функционального питания в здоровье человека чрезвычайно велико.

Ферментированные молочные напитки являются общепризнанными функциональными продуктами, обладающими лечебно-профилактическими свойствами благодаря содержанию различных биоактивных веществ. Особого внимания заслуживают низкомолекулярные вещества пептидной природы с молекулярной массой 500–4000 Да, образующиеся в процессе частичного протеолиза нативных белков молока. Низкомолекулярные пептиды (НМП) обладают выраженной **иммуностимулирующей активностью**, потенцируют желудочную секрецию, усиливают перистальтику кишечника, принимают участие в регуляции ритмических компонентов пищевого поведения млекопитающих.

Целью работы является получение короткоцепочных олигопептидов с молекулярной массой 500–6000 Да путем неполного протеолиза молочного сырья биотехнологическим способом.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи исследований:

• изучить возможность получения пептидов с заданной молекулярной массой путем сквашивания молочного сырья чистыми культурами молочнокислых бактерий Lactobacillus acidophilus и Streptococcus thermophilus;

• исследовать влияние условий гидролиза на ММР веществ пептидной природы;

• определить оптимальный способ очистки НМП;

• показать влияние фермент-субстратного соотношения на процесс образования НМП;исследовать влияние пастеризации гидролизата молока на ММР пептидов;

• подобрать элюент для фракционирования пептидов на аналитической колонке для последующей лиофильной сушки.

Объектами исследований служили культуры лактобактерии Lactobacillus acidophilus штамм АВ, Streptococcus thermophilus штамм YC-180 Yo-Flex прямого внесения из коллекции микроорганизмов кафедры «Технология молока и пищевой биотехнологии», ферментный препарат «Панкреатин», цельное натуральное молоко, коммерческий кисломолочный напиток «Кефир» с массовой долей жира 1 %.

Основные физико-химические, микробиологические, органолептические показатели определяли стандартными и общепринятыми в исследовательской практике методами. Определение ММР белковых гидролизатов проводили методом эксклюзионной аналитической гель-хроматографии с использованием колонок, содержащих гели Sephadex G-75 и Sephadex G-50.

На начальном этапе исследовалась возможность получения НМП путем вариации таких параметров как вид и масса вносимой закваски молочно-кислых бактерий, температура и продолжительность сквашивания. Гель-хроматографический анализ образцов показал, что на данной стадии исследований представляется нерациональным получение фракции НМП из сквашенного молока, так как пики выделения пептидных фракций сильно перекрываются в основании, что говорит об образовании относительно большого количества промежуточных фракций, которые помешают дальнейшей очистке НМП.

Хроматограммы показали наличие в каждом образце трех различных фракций белковых гидролизатов. Первая фракция — молекулярная масса 100 кДа, представляла собой не гидролизованные сывороточные белки и казеины, содержание данной фракции в образцах варьировало от 16,3 % до 29,2 %; вторая фракция — молекулярная масса от 20 до 24,5 кДа, содержание изменялось от 21,98 до 48,91 %; третья фракция — молекулярная масса 3,8–5,2 кДа, содержание 61,72–21,89 %, причем фракция НМП в процентном соотношении составляет 34,78–54,69 % от общего количества веществ пептидной природы.

Следующая серия образцов представляла собой молоко, ферментированное коммерческим препаратом «Панкреатин». Было исследовано влияние pH-статирования смеси, изменения ферментсубстратного соотношения, температуры, и продолжительности термостатирования в процессе ферментации на ММР гидролизатов белков.

Изучение влияния pH-статирования молока на ММР гидролизатов имело практический интерес потому, что в процессе протеолитического расщепления белков происходит высвобождение карбоксильных групп, которые в свою очередь снижают активную кислотность среды, тем самым ускоряя процесс ингибирования фермента. С другой стороны, ионы натрия, входящие в состав щелочи снижают биологическую и пищевую ценность продукта, кроме того ухудшают его органолептические показатели.

Хроматография этой группы образцов показала наличие двух фракций: высокомолекулярная фракция — 88–90 кДа, содержание в образцах 0,18–5,08 %; фракция НМП — 4,0–4,6 кДа, содержание 94,92–99,82 %.

Фракционирование смеси по молекулярным массам показало, что pH-статирования молока оказывает незначительное влияние на количественный и качественный состав пептидных фракций. Содержание фракции НМП в образцах, приготовленных с использованием ферментного препарата и pH-статирования, составило 99,53–99,84 %, в то время как в контрольных образцах 94,82–99,82 %.

Для предотвращения дальнейшего нежелательного протеолитического расщепления пептидов «Панкреатином» необходима инактивация фермента. Были поставлены опыты по определению влияния высокотемпературной обработки на НМП. Образцы пастеризовали при температуре 85±2 °С в течение 30 мин, за контрольный был взят образец, приготовленный тем же способом, но без пастеризации. Хроматограммы опытных и контрольных образцов отличались незначительно, что позволило использовать пастеризацию как способ инактивации фермента.

Определившись с оптимальным методом проведения протеолиза, было необходимо очистить НМП от высокомолекулярных фракций. Форма и расположение пиков фракций на хроматограммах образцов, выбранных для дальнейшего изучения, указывали на высокую эффективность и достаточную селективность использованной ранее аналитической колонки — два основных параметра хроматографического разделения веществ.

В качестве элюента чаще используют соединения аммония. Для снижения вероятности межмолекулярного взаимодействия геля с образцом, которое помешает качественному анализу, было решено использовать водный раствор соляной кислоты с $\mathrm{pH} = 3{,}5$, при котором с одной стороны наблюдается минимальное взаимодействие Sephadex с гидролизатами, с другой стороны не происходит кислотный гидролиз пептидов. Кроме того, весь процесс разделения проводился при температуре 5±2 °С, для снижения вероятности протеолиза гидролизатов микроорганизмами. Очищенную фракцию НМП лифильно высушивали.

В процессе проделанной работы определены оптимальные условия ферментации молока: pH, продолжительность, фермент-субстратное соотношение, температура. На основании экспериментальных данных можно сказать, что для получения НМП в качестве гидролизующего агента целесообразно использовать ферментный препарат панкреатин. Доведение pH вначале термостатирования незначительно сказывается на ММР гидролизатов, в то время как накопленные в гидролизате ионы натрия, входящие в состав щлочи неблагоприятным образом влияют на пищевую и биологическую ценность, а также ухудшают органолептические показатели. Пастеризация гидролизованного молока также не оказывает принципиального влияния на ММР гидролизатов. При очистке на препаративной колонке целесообразней в качестве элюента использование раствора соляной кислоты с pH 3,5.

Практический интерес имеет получение НМП путем неполного гидролиза белков молока лактобактерий с более активной протеолитической деятельностью или комбинацией ферментативной и микробиальной обработки.

ГИДРОЛИЗАТЫ МЯСОКОСТНОГО ОСТАТКА В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

В. Е. Куцакова, М. И. Кременевская, А. С. Москвичев, Е. В. Москвичева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: matateka@mail.ru

Колбасные изделия являются повседневным продуктом на столе потребителя, который живет в современном темпе жизни большого города.

Поэтому практически все мясоперерабатывающие предприятия выпускают широкий ассортимент колбас.

Традиционно технология производства колбасных изделий включает следующие стадии: измельчение мясного сырья, составление фарша, формование и термическую обработку.

Необходимо отметить, что наиболее важной стадией в технологическом процессе является составление фарша, т. е. приготовление мясной эмульсии, стабильность которой весьма значительно влияет на дальнейшую термическую обработку и качество готового продукта.

Фарш колбасных изделий — это сложная полидисперсная система, состоящая в основном из белка, жира и воды. Качество колбасных изделий определяется их соотношением, а также вязкостью фарша, определяющей стойкость получаемых при диспергировании эмульсий. Именно часть влаги и жира не образовавших стойких эмульсий при тепловой обработке определяют возможность появления бульонных или жировых отеков при последующей термической обработке.

В последнее время многие производители пытаются регулировать функционально-технологические факторы фарша за счет применения белков растительного происхождения. Наиболее распространенным является соевый белок, обладающий меньшей усвояемостью по сравнению с животным. Кроме того, натуральные соевые белки достаточно дороги, а использование генетически модифицированного белка является спорным. При этом на мясоперерабатывающих предприятиях имеется большой резерв белка животного происхождения в виде мясокостного остатка, который после ручной и механической обвалки туш крупного рогатого скота, свиней или птиц используется на кормовые цели в виде мясокостной муки, а зачастую вообще не используется.

В качестве добавок животного происхождения нами использовались три фракции сухих порошкообразных гидролизатов мясокостного остатка, получаемого при ручной и машинной обвалке туш крупного рогатого скота, свиней и птиц. Выпуск гидролизатов осуществлялся ОАО «Парнас М».

Мясокостный остаток подвергается последовательно водному и кислотному гидролизу, переводящему всю твердую фракцию в растворимое состояние.

В трех стадиях гидролиза получаются и три фракции гидролизата, отличающиеся по своим свойствам. Первая фракция гидролизата при растворимости 95–95,3 % и влажности 4,6–6,7 %, содержит сырого протеина 83,75–95,3 %. Вторая фракция при растворимости 95 % и влажности 4,6–5,5 %. содержит 61,85–75,63 % сырого протеина и 19,6–20,4 % поваренной соли. Третья фракция при растворимости 77,8 % и влажности 2,8–4,3 % содержит 24,97–26,53 % сырого протеина и 16,1–16,88 % усвояемого кальция, 20,15–22,19 % поваренной соли.

Первая и вторая фракции гидролизатов характеризуются высокими значениями влагоудерживающей (ВУС), желирующей и жироудерживающей (ЖУС) способностями, а также высокой прочностью образуемой водно-жировой эмульсии (ВЖЭ). Третья фракция обладает лишь достаточно высоким значением ЖУС, но положительным фактором является наличие в ней усвояемого кальция.

В состав гидролизата первой и второй фракции входят низкомолекулярные протеиды и протеины, способные гидратироваться и создавать пространственные структуры, а также аминокислоты, в том числе незаменимые. В третьей фракции, кроме протеинов, содержится значительное количество растворимого кальция, участвующего в комплексообразовании с белками, что препятствует созданию пространственных структур и образованию гелей.

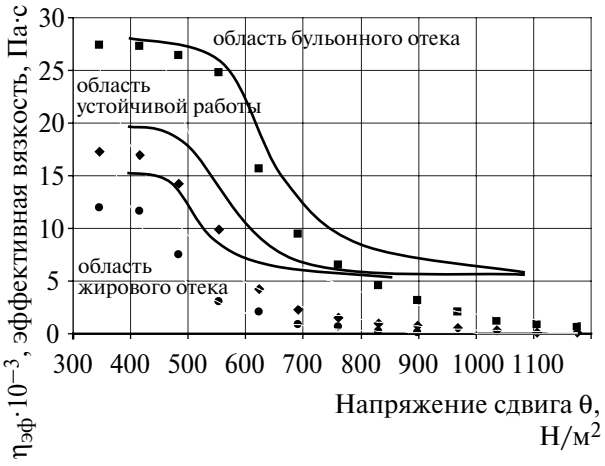
Технологические свойства гидролизованных белков мясокостного остатка выше свойств белков растительного происхождения. Практически в 2–3 раза выше влагоудерживающая способность, а прочность водно-жировых эмульсий выше в 4–8 раз. Следовательно, и внесение их в колбасные изделия предпочтительнее внесения белков растительного происхождения, а также целого ряда белков животного происхождения.

Таким образом, различные фракции гидролизатов и их смеси могут быть использованы при производстве колбасных изделий в различных сочетаниях соотношений фракций в зависимости от вида и сорта колбасных изделий.

Проведенные исследования показали, что при внесении гидролизатов в фарши колбасных изделий следует использовать следующее соотношение фракций: первая фракция 0,5...5 %, вторая фракция 0,5...3 %, третья фракция 0,3...0,5 %.

Одной из важнейших характеристик белковой добавки, используемой при производстве колбасных изделий, является прочность ВЖЭ, которая до определенного предела практически не зависит от содержания жира в смеси. Однако содержание жира в эмульсии не должно превышать 50 %, т. к. при более высоких значениях наблюдается отделение жира.

Следует отметить, что именно прочность водожировых эмульсий влияет на вязкость фаршей колбасных изделий. Прочность водо- жировых эмульсий на основе соевого изолята весьма мала (не превышает 50 г/см^2) по сравнению с первой и второй фракции гидролизатов. Поэтому внесение соевого изолята в фарш приводит к снижению его вязкости. Внесение же в фарш гидролизатов мясо — костного остатка в предложенных сочетаниях позволяет регулировать его вязкость, что говорит о предпочтительности использования гидролизатов мясокостного остатка перед белками растительного происхождения.



Зависимость $\eta_{эф}$ от θ для фаршей колбасы вареной «Докторской» высшего сорта с добавлением свинины различной жирности:
■ — низкая жирность (23 %);
● — высокая жирность (55 %);
♦ — стандартная жирность (32 %)

Высокие значения прочности полученных водно-жировых эмульсий на основе гидролизатов мясокостного остатка указывает на то, что в составе гидролизатов присутствуют молекулы низкомолекулярных протеинов, протеидов и аминокислот, которые выступают как в роли эмульгатора, так и стабилизатора, предотвращая разделение эмульсий. Это подтверждается и отсутствием бульонно-жировых отеков при термообработке колбасных изделий, в состав которых входят гидролизаты мясокостного остатка.

Таким образом, добавление трех фракций гидролизатов в различных сочетаниях позволяет корректировать вязкость фаршей.

Было рассмотрено это положение на примере фарша колбасы вареной «Докторская». Для отыскания оптимальных значений вязкости фаршей, гарантирующей отсутствие отеков в колбасных изделиях, были составлены фарши с различным содержанием жира при прочих равных условиях. Для чего в фарш вносилась свинина различной жирности. В рецептуру колбасы вареной «Докторской» высшего сорта входит полужирная свинина, жирность которой в эксперименте составляла 32 %. Нами экспериментальным путем было установлено, что ее внесение в колбасный фарш в количестве менее 23 % приводит к бульонному отеку, а свыше 55 % — к жировому. Изменения эффективной вязкости фаршей с низкой и высокой жирностью свинины в зависимости от напряжения сдвига представлены на рисунке. Из анализа рисунка следует, что снижение жирности свинины, входящей в фарш, приводит к увеличению его эффективной вязкости по сравнению со стандартными фаршами, а увеличение жирности к понижению. При высокой эффективной вязкости наблюдался бульонный отек, а при низкой жировой.

Внесение первой и второй фракций гидролизата в количестве 1–3 % приводит к увеличению вязкости, а внесение третьей фракции в количестве 0,3–2 % к ее уменьшению.

В Дании были проведены реологические испытания колбасы «Докторская» на аппарате Instron Universal Testing Machine. В опыте была произведена замена одного процента соевого изолята на равное количество первой фракции гидролизата.

Готовые колбасные изделия, изготовленные с использованием компонента, характеризуются улучшенными реологическими показателями (эластичность, прочность, жесткость) консистенцией, цветом и улучшенными органолептическими показателями.

Бальная оценка готовых колбасных изделий усредненная по показателям внешнего вида, консистенции, цвета и вкуса для контрольных изделий составила 4,3, для изделий составила 4,9.

Таким образом, при использовании технологий гидролиза пищевых мясокостных остатков и обогащения ими колбасных изделий натуральными животными белками, достигается значительное улучшение их качества за счет регулирования функционально-технологических свойств фаршевых систем, их реологических и органолептических показателей при значительном сокращении количества отходов производства.

ИСПОЛЬЗОЛЬВАНИЕ ВИТАМИНОВ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Т. К. Каленик, Л. А. Текутьева, Е. В. Буракова

Институт пищевых технологий и товароведения
Тихоокеанского государственного экономического университета, г. Владивосток

Витамины — низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, выступающие биорегуляторами процессов, протекающих в живом организме. Организм человека не синтезирует витамины или синтезирует их в недостаточном количестве поэтому должен получать их с пищей.

Витамины обладают высокой биологической активностью и требуются в очень незначительных количествах. В отличие от других незаменимых нутриентов, не являются пластическим материалом или источником энергии, но участвуют в обмене веществ как необходимые компоненты биокатализа и регуляции отдельных биохимических и физиологических процессов [6].

Витамины — антиоксиданты, к которым относятся витамины С, Е, Р, РР и провитамин А — бета-каротин, а также витамины группы В, которые участвуют в метаболизме, укрепляют иммунную систему организма, помогают предупредить такие заболевания как цинга и бери-бери, замедляют процессы окисления ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов и разрушают уже образовавшиеся перекиси липидов. Одно из важных свойств антиоксидантов — способность к синергизму, заключающаяся в том, что при смешивании нескольких антиоксидантов их антиокислительная способность увеличивается в несколько раз.

Одним из наиболее распространенных отклонений в питании населения нашей страны является недостаточное потребление витаминов. Для большинства населения во всех регионах России характерна недостаточная обеспеченность витаминами В1, В2, В6, фолиевой кислотой и витамином С. Недостаток микронутриентов в рационе обычно колеблется в пределах от 15 % до 30 % от их рекомендуемого уровня потребления [3, 7, 4, 5].

Обобщение нами данных Института питания РАМН позволяет заключить, что недостаток витамина С выявлен у 80–90 % обследуемых, а глубина его дефицита достигает 50–80 %. Нехватку витаминов В1, В2, В6, РР, фолиевой кислоты испытывают 40–80 %, а каротинов — 40–50 % людей [8, 7, 9].

Недостаточное потребление витаминов наносит существенный ущерб здоровью: снижает физическую и умственную работоспособность, сопротивляемость различным заболеваниям, усиливает отрицательное воздействие на организм неблагоприятных экологических условий, вредных факторов производства, нервно-эмоционального напряжения и стресса, повышает профессиональный травматизм, чувствительность организма к воздействию радиации, сокращает продолжительность активной трудоспособности жизни.

Дефицит витамина С, каротина и других биоантиоксидантов снижает активность иммунной системы, является одним из факторов, повышающих риск сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [6].

Многочисленные обследования больших групп населения свидетельствуют: чем меньше поступление с пищей этих витаминов, чем ниже их уровень в крови, тем больше частота атеросклероза и многих видов рака, тем выше смертность от этих заболеваний.

Дефицит витаминов у беременных и кормящих женщин, потребность в которых в этих пищевых веществах особенно велика, наносит большой ущерб здоровью матери и ребенка, увеличивает детскую смертность, является одной из причин недоношенности, нарушений физического и умственного развития детей. Особенно опасен в этом отношении дефицит фолиевой кислоты, наблюдаемый в настоящее время у 70–100 % беременных женщин [7].

Недостаточное поступление микронутриентов в детском и юношеском возрасте отрицательно сказывается на показателях физического развития, заболеваемости, успеваемости, способствует постепенному развитию обменных нарушений, хронических заболеваний и в конечном итоге препятствует формированию здорового поколения.

В ходе исследований, выполненных в 1983–1985 гг. на кафедре технологии мяса и мясных продуктов Кемеровского технологического института пищевой промышленности, был определен набор и количество вводимых для обогащения витаминов, изучена их сохранность в процессе производства традиционных и витаминизированных колбасных изделий, дана оценка влияния витаминных добавок на технологические свойства сырья и качество готовой продукции. В качестве объекта для обогащения витаминами была выбрана вареная колбаса «Кузбасская» с регламентированным содержанием белка, жира и воды.

При определении оптимального уровня учитывались рекомендации, согласно которым количество вводимых витаминов должно обеспечивать их содержание в готовом продукте в пределах 1/2–1/3 суточной потребности организма человека.

Рецептура витаминизированной вареной колбасы «Кузбасская» I сорта обеспечивала отсутствие лимитирующих незаменимых аминокислот, оптимальное соотношение белка: жира: воды, высокий выход и хорошие органолептические показатели качества готового продукта [12].

В настоящее время работы по обогащению витаминами мясных продуктов продолжаются. Разрабатываются современные витаминные препараты. ЗАО «Валетек Продимпэкс», организованное в 1993 г. ведущими специалистами НИИ питания РАМН, уже более 15 лет занимается решением проблемы обеспеченности населения России витаминами и минеральными веществами путем производства и внедрения специальных функциональных ингредиентов. Благодаря огромному научному опыту специалистам компании удалось разработать большой ассортимент витаминно-минеральных добавок, предназначенных для обогащения разнообразных пищевых продуктов.

ЗАО «Аквион» один из лидеров в производстве витаминизирующих добавок для пищевой промышленности России. Обогащающие добавки ЗАО «Аквион» являются результатом интенсивных исследований и технологических разработок, основанных на последних достижениях отечественной науки в области химического синтеза и молекулярных биотехнологий, согласованы с основными пищевыми технологиями и лишь незначительно повышают стоимость конечной продукции. Подтверждением эффективности продукции ЗАО «Аквион» является ее использование ведущими медицинскими центрами России для витаминизации диет пациентов.

Компания «АКВА-МДК», продолжает проект витаминизации массовых продуктов, разрабатываются все новые пищевые добавки, уже более восьми лет, используя оригинальный метод микрокапсулирования, выпускает водорастворимую форму бета-каротина — Веторон, давно завоевавший популярность как витаминизирующая добавка [2].

В рецептурах премиксов витамины используются в виде специальных форм, стабильность которых при некоторых видах технологической обработки максимальна. Все витамины, включенные в премиксы, полностью идентичны природным и по своей чистоте отвечают требованиям государственной фармакопеи [11].

Сотрудниками УП «БЕЛНИКТИММП» были проведены исследования по обогащению мясных продуктов фолиевой кислотой.

В качестве образца была взята вареная колбаса. Согласно справочным данным содержание фолиевой кислоты в колбасах вареных составляет от 2,00 до 6,00 мкг на 100 г продукта.

В 200 г экспериментальной колбасы содержание фолиевой кислоты составляет 52 мкг, чем обеспечивает 26 % суточной потребности организма в этом витамине. Обогащение мясных продуктов фолиевой кислотой позволяет увеличить ее содержание в 4–5 раза по сравнению с традиционными мясными продуктами [10, 1].

Специалисты ООО «Дымовское колбасное производство»г. Москва разработали и запустили в производство новую торговую марку — «Дымов Актив». В рецептурах колбасных изделий используется витаминный комплекс в составе которого содержаться наиболее дефицитные витамины — А, В1, В2, Е, РР, добавляются компоненты, богатые полезной растительной клетчаткой, биойогурты и оливковое масло. Обычная соль заменена на йодированную [13].

Специалистами института пищевых технологий и товароведения Тихоокеанского Государственного Экономического Университета разработана технология производства функциональных эмульгированных продуктов (вареные колбасы, сосиски, сардельки) обогащенные витаминами группы В и железом.

При определении оптимального уровня микронутриентов учитывались рекомендации, согласно которым количество вводимых витаминов и железа должно обеспечивать их содержание в готовом продукте в пределах 10–50 % суточной потребности организма человека.

Исследование разработанных колбасных изделий проведенные в лабораторном комплексе ветеринарно-санитарно экспертизы Тихоокеанского Государственного Экономического Университета показали, что данные продукты характеризуются повышенным содержанием белка, имеют пониженное содержание жира, поэтому могут быть рекомендованы для употребления ни только при дефиците в рационе витаминов и железа, но и как диетический продукт с пониженной калорийностью.

На данную продукцию утверждена нормативная документация: технические условия, технологическая инструкция.

Данная работа выполнена в рамках государственного контракта № 02.522.11.2013 от 21.06.2007 года.

Список литературы

1. Витаминизация мясных продуктов фолиевой кислотой / С. А. Гордынец, Л. П. Шалушкова, В. С. Ветров // Мясные технологии. — 2006. — № 6. — С. 27–29.

2. Война с витаминным голодом. Опыт участия / М. И. Лазарев // Пищевая промышленность. — 2002. — № . — С. 62–63.

3. Использование в питании человека обогащенных пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция / О. А. Вржесинская // Вопросы питания. — 2007. — № 4. — С. 41–48.

4. *Лапардин М. П., Кику П. Ф., Бондаренко Л. П.* // Вопросы питания. — 2006. — № 2. — С. 9–13.

5. *Мартинчик А. Н., Батурин А. К., Мартинчик Э. А.* // Вопросы питания. — 2005. — № 2. — С. 7–12.

6. *Нечаев А. П.* Пищевые и биологически активные добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства, 2007.

7. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения // Пищевая промышленность. — 2003. — № 3. — С. 10–16.

8. Обогащение продуктов питания пищевыми и биологически активными добавками / Е. И. Чахова, Т. В. Авдеева // Известия вузов. Пищевая технология. — 2007. — № 3 — С. 121.

9. Обогащение продуктов питания массового потребления / Д. П. Панов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2007. — № 1. — С. 30–31.

10. Пищевые добавки для обогащения мясных продуктов / С. А. Гордынец, В. С. Ветров, Л. П. Шалушкова // Мясная индустрия. — 2004. — № 11. — С. 15–16.

11. Премиксы «Валетек»для обогащения железом и витаминами пищевых продуктов / А. М. Хабахпашев // Пищевая промышленность. 2003. — № 9. — С. 74.

12. *Спиричев В. Б.* Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология [текст] / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский; под общ. ред. В. Б. Спиричев. — 2-е изд. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 548 с., ил.

13. Функциональные продукты питания: современное состояние и перспективы развития / Л. В. Капрельянц // Продукты & ингредиенты. — 2004. — № 1. — С. 16.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С ЭКСТРАКТАМИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Л. А. Силантьева, И. Б. Рябченко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Ведущей перспективой в области питания является создание ассортимента продуктов, способствующих улучшению здоровья при их ежедневном употреблении. В последние годы во всем мире широкое признание и предпочтение получило новое направление, так называемое функциональное питание, под которым подразумевается использование продуктов, оказывающих регулирующее действие на организм в целом. При обогащении традиционных продуктов функциональными ингредиентами необходимо учитывать их сочетаемость в плане химического взаимодействия в самом продукте и их биоусвояемость при попадании в пищеварительный тракт.

Давно стало аксиомой, что здоровье и долголетие зависят от того, насколько полноценно и сбалансировано питание человека. Однако зачастую мы не можем самостоятельно сформировать свой рацион по всем правилам, тогда на помощь приходят современные пищевые технологии. Кисломолочные напитки обладают широким спектром лечебно-профилактического действия. Они повышают иммунитет организма, нормализуют работу кишечника, активизируют обменные процессы, обладают высокими пищевыми, диетическими и лечебными свойствами, которые были известны еще с древних времен. При постоянном употреблении кисломолочных напитков молочная кислота, образующаяся в результате развития молочнокислых бактерий, изменяет реакцию среды в кишечнике и подавляет деятельность гнилостной микрофлоры, предохраняя организм от медленного отравления ядами. Кисломолочные продукты широко применяют для профилактики и лечения ряда заболеваний, особенно желудочно-кишечного тракта. Институт питания Академии медицинских наук рекомендует до 50 % суточного количества молока ежедневно потреблять в виде диетических кисломолочных напитков. Кисломолочные продукты не только широко доступны потребителю, они эффективны и полезны. Молочные продукты предназначены для ежедневного употребления подавляющим большинством всех групп населения нашей страны, в том числе детьми, пожилыми, ослабленными людьми.

Растения, содержащие биологически активные вещества, которые могут быть использованы с лечебной целью, называются лекарственными.

Растительные экстракты — ингредиенты, которые сочетают в себе функциональность и натуральность. В настоящее время это признанные микронутриенты, обладающие доказанной пользой. Используются именно экстракты, а не сами измельченные растения. Преимущества экстрактов для совершенствования технологии очевидны. Это прежде всего фиксированное содержание биологически активных компонентов, гораздо большее, чем в исходном растительном сырье. Использование экстрактов позволяет создавать продукты питания, обладающие ярко выраженными индивидуальными и неизменными в течение всего срока годности органолептическими и физико-химическими показателями.

Многие растения являются источниками биологически активных веществ, флавоноидов, содержат эфирные масла и органические кислоты. Так как ассортимент лекарственных растений чрезвычайно широк, химический состав разнообразен, то за счет них можно в немалой степени удовлетворить потребность организма человека в веществах, различающихся по пищевой ценности и биологической активности. Полнее удовлетворить потребность организма человека в основных пищевых веществах можно, только сочетая продукты растительного происхождения с молоком, что обогащает наш организм животными белками. Используя лекарственные и дикорастущие растения в качестве добавок к пище, можно в значительной степени повысить резервные возможности своего организма, лучше адаптироваться к окружающей среде, предупредив тем самым развитие многих заболеваний.

Лекарственные растения применяют в виде различных лекарственных форм (сборов, порошков, настоев, отваров). Из лекарственных растений получают галеновы препараты: настойки, экстракты, сиропы, полученные обработкой растительного и животного сырья. Перед синтетическими препаратами лекарственные растения имеют существенное преимущество: в них содержится естественный комплекс биологически активных веществ, макро- и микроэлементов, причем в наиболее доступной и усвояемой форме.

К биологически активным веществам принадлежит большое количество разнообразнейших соединений. Наиболее важными из них являются: алкалоиды, гликозиды, сапонины, дубильные вещества, флавоноиды, смолы, эфирные масла, жирные масла, камеди, витамины, фитонциды и др.

Алкалоиды — сложные азотсодержащие органические соединения природного, преимущественно растительного происхождения, обладающие свойствами оснований и сильным специфическим физиологическим действием.

Гликозиды — сложные органические соединения растительного происхождения, состоящие из сахаристой и несахаристой частей. Они широко распространены в растительном мире и могут содержаться во всех частях растений, легко расщепляются на сахара (глюкозу и фруктозу) и несахаристую часть (агликон) в присутствии воды и ферментов. В гликозидах характер лечебных свойств определяется преимущественно агликоном, но сахарный компонент также оказывает терапевтическое действие, влияя на их растворимость и всасываемость.

Сапонины — гликозиды сложного строения — образуют при взбалтывании с водой стойкую пену. «Сапо» по-латыни — мыло, это и дало повод к их названию. Они распадаются на сахар и агликон-сапогенин, химическое строение которого определяет лечебное действие сапонинсодержащих растений.

Дубильные вещества или танниды — содержаться почти во всех растениях в том или ином количестве и представляют собой безазотистые ароматические соединения, производные многоатомных фенолов. Дубильные вещества не ядовиты, имеют характерный вяжущий вкус, и многие из них обладают Р-витаминной активностью.

Полисахариды — сложные углеводы, многочисленная и широко распространенная группа органических соединений, наряду с белками и жирами необходимая для жизнедеятельности животных и растительных организмов. Они являются одним из основных источников энергии, образующейся в результате обмена веществ организма. Установлена многообразная биологическая активность полисахаридов растительного происхождения: антибиотическая, противовирусная, противоопухолевая. К полисахаридам относятся камеди, слизи, пектиновые вещества, инулин, клетчатка, крахмал.

Камеди — коллоидные полупрозрачные, в большинстве своем клейке вещества различного химического состава. В основе их лежат полисахариды с кальциевыми и калиевыми солями сахарокамедиевых кислот. Камеди растворяются в воде и не растворяются в спирте.

Слизи — вязкая жидкость, продуцируемая слизистыми железами растений и представляющая собой раствор гликопротеинов.

Пектины — общее название полисахаридов растительного происхождения, содержащих полигалактуроновую кислоту. Широко распространены в растительном мире. Водные растворы пектинов с сахаром в присутствии органических кислот образуют студни, обладающие адсорбирующим и противовоспалительным действием. Пектины участвуют в суммарном лечебном эффекте, проявляемом основными действующими веществами лекарственных растений.

Эфирные масла — сложные смеси летучих веществ, главным образом терпеноидов и их производных, обладающих специфическим запахом. Они имеют различный химический состав, и физиологическое воздействие их на организм человека неодинаково. Эфирные масла встречаются в различных частях растений. У одного и того же растения в отдельных органах вырабатываются различные по составу и запаху масла. Свойства и запах эфирных масел в течение жизни растений меняются. Содержание эфирных масел в растении колеблется от едва определимых следов до 20 % на сухое вещество, чаще же всего 2–3 %. У большей части растений эфирное масло находится в свободном состоянии и выделяется методом перегонки, экстракцией или другим способом. Эфирные масла растворимы в спирте, нерастворимы в воде, но перемешанная с ним вода приобретает запах и вкус масла. Эфирные масла нестойки, некоторые из них особенно чувствительны к повышению температуры. Под действием кислорода и влаги воздуха состав эфирных масел изменяется, отдельные компоненты масел окисляются, теряют запах и происходит осмоление масел.

Флавонолы — органические соединения гетероциклического ряда. Их производными являются флавоноиды (рутин, кверцетин, гесперидин). Обычно они имеют желтый цвет, плохо или совсем не растворяются в воде. Флавоноиды различаются своими физическими и химическими свойствами, поэтому им нельзя приписывать какое-то единое действие, но для них характерны некоторые общие свойства: они помогают при нарушениях проницаемости капилляров, определенных нарушениях сердечной и сосудистой системы.

Фитонциды — биологически активные сложные летучие органические соединения, образуются растениями как защитные средства. Содержатся в тканевых соединениях. С их помощью вырабатывается природный иммунитет к различным заболеваниям.

Сочетая в продукте полезные свойства кисломолочных продуктов и лекарственных растений, можно получить естественную биологическую защиту.

Создание доступного пищевого продукта на основе молочного сырья с добавлением экстракта лекарственных растений, обладающих противовирусными свойствами, с целью укрепления иммунной системы организма является перспективным направлением. Регулярное или хотя бы периодическое употребление пищевого продукта, содержащего безопасные и полезные экстракты растений с противовирусными свойствами, поможет укрепить организм и противостоять инфекциям. Это в свою очередь поможет избежать заболеваний и, как следствие, использования антибиотиков.

Список литературы

1. *Гриффит В.* Витамины, травы, минералы и пищевые добавки: Справочник / Винтер Гриффит. — пер. с англ. К. Ткаченко. — М.: ФАИР-Пресс, 2002. — 1056 с. — (Популярная медицина).

2. *Крусь Г. Н.* Технология молока и молочных продуктов. — М.: Агропромиздат, 1988. — 367 с.

3. *Лавренов В. К., Лавренова Г. В.* Энциклопедия пищевых лекарственных растений. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2001. — 480 с.

ТЕХНОЛОГИЯ МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫХ КОНСЕРВОВ ЭМУЛЬСИОННОГО ТИПА ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ВЫСОКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

И. А. Шестопалова

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: shestopalova_ira@mail.ru

Научная информация в области нутрициологии свидетельствует о том, что в условиях жизни современного человека сложно обеспечить адекватное снабжение организма всеми необходимыми макро- и микронутриентами за счет традиционного питания.

Теоретические основы создания новых видов функциональных продуктов питания, разработанные учеными И. А. Роговым, Э. С. Токаевым, Н. Н. Липатовым, Р. И. Шаззо и другими, развиваются и применяются в настоящее время многими исследователями.

Определенную нишу в питании населения занимают консервы, отличающиеся удобством в приготовлении и транспортировании, высокой энергетической ценностью, длительным сроком годности. Однако многие из них производятся без учета потребности организма человека в пищевых и особенно биологически активных веществах в зависимости от вида физической нагрузки. На основании рекомендаций ФАО/ВОЗ Институтом питания РАМН в качестве объективного критерия только энергетического соответствия предложен коэффициент физической активности (КФА), изменяющийся в пределах от 1,4 до 2,5 в зависимости от вида и тяжести труда. В этой связи перспективным направлением является создание консервов, как многокомпонентных систем (мясорастительных), с заданным химическим составом и функциональными свойствами для работников тяжелого физического труда (КФА = 2,3), составляющих значительную часть населения.

Цель исследования — разработать рецептуры и технологию мясорастительных консервов эмульсионного типа, сбалансированных по макро- и микронутриентному составу в соответствии с медико-биологическими рекомендациями, предъявляемыми к питанию людей с высокой физической активностью.

С помощью компьютерного моделирования в программной среде Delphi на основе данных о пищевой и биологической ценности основного, вспомогательного сырья и функциональных ингредиентов подобраны компоненты и их соотношения в рецептурах мясорастительных консервов эмульсионного типа [1, 2].

Объектами исследования были выбраны мясо куры II категории, мясо цыплят-бройлеров механической обвалки, свинина полужирная, шпик, морковь столовая свежая, перец сладкий, фасоль, чечевица, масло подсолнечное, эмульсии и мясорастительные консервы, приготовленные по различным рецептурам.

На стадии составления фарша вносили следующие добавки: высокофункциональный соевый изолят «Майсол», соль поваренную пищевую, воду питьевую; витамины: В1, В2 и РР, макро- микроэлементы в виде витаминно-минеральной добавки. В качестве нутрицевтика и структурообразователя использовали хитозан следующих марок: N-ТМАХАН (N-триметилаллилхитозан) со степенью кватернизации $C_к = 0{,}74$; N-ТМХАН (глутамат N-метилхитозан) с $C_к = 0{,}70$, образцы которого были предоставлены Институтом высокомолекулярных соединений РАН [3].

Компонентный состав консервов оптимизировали по содержанию незаменимых и заменимых аминокислот, насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов. В результате оптимизации и опытной выработки консервов предложены четыре рецептуры готового продукта.

На различных стадиях технологического процесса производства мясорастительных консервов эмульсионного типа с функциональными ингредиентами определяли содержание влаги, жира, pH, влагоудерживающую (ВУС) и жироудерживающую (ЖУС) способность, эффективную вязкость (η), аминокислотный и жирнокислотный состав, амино-аммиачный азот, кислотное, перекисное и тиобарбитуровое числа; витамины: В1, В2 и РР, макро- и микроэлементы, микробиологические и другие показатели безопасности, органолептические показатели готовых изделий.

С целью получения стабильной эмульсии проведены исследования по обоснованию технологических параметров куттерования выбранного основного, вспомогательного сырья и функциональных ингредиентов с использованием методов планирования многофакторного эксперимента. В качестве функции отклика выбраны ВУС, ЖУС и η. Исследовали изменение этих показателей в зависимости от скорости вращения ножей v при гомогенизации на установке Grindomix GM200 и продолжительности

куттерования τ. Значения ? изменяли в пределах от 2000 до 4000 об/мин, τ — от 30 до 70 с в зависимости от рецептуры мясорастительных консервов. При всех условиях проведения эксперимента конечная температура эмульсии не превышала 12–14 °С.

На основании анализа полученных данных для эмульсий, изготовленных по рецептурам № 1 и 3, рекомендуются значения параметров $\upsilon = 2500$ об/мин, $\tau = 60$ с и по рецептурам № 2 и 4 $\upsilon = 3000$ об/мин, $\tau = 50$ с [4].

Исследовали влияние массовой доли хитозана на показатели ВУС, ЖУС, η. Являясь высокомолекулярным веществом, хитозан стабилизирует эмульсию, что обусловливается особыми структурно-механическими свойствами адсорбционных межфазных слоев, которые образуются при ориентации полярных групп белка к воде, а неполярных — к липидам. Повышение эффективной вязкости достигается вследствие образования между молекулами электростатических взаимодействий, а также ионных и водородных связей. Не установлено существенных различий по функционально-технологическим и реологическим свойствам эмульсий, полученных с добавлением хитозана различных марок. Выявлено, что вышеперечисленные свойства эмульсии улучшаются с увеличением содержания хитозана. Однако для консервов рекомендуется массовая доля его 0,06 % в связи с появлением вяжущего вкуса при более высоких концентрациях [4].

Для обоснования режима стерилизации определяли требуемую летальность (F_{121}^{12}) расчетным путем, в качестве теста выбраны микроорганизмы Cl. sporogenes, как наиболее термоустойчивые. Расчетное значение F_{121}^{12} составило 9,23÷10,38 усл. мин.

Стерилизацию консервов с pH от 6,02 до 6,20 проводили в стеклянной банке № 3. Фактический летальный эффект (L) при режиме стерилизации $20 - 45 - 20/120$ °С составил 9,00 усл. мин. Учитывая, что $L < F_{121}^{12}$, время собственно стерилизации консервов было увеличено на 5 мин. На основании экспериментальных и расчетных данных предложена следующая формула стерилизации $20 - 50 - 20/120$ °С ($L = 10{,}70$ усл. мин.).

Были изучены изменения белковой, липидной фракций и витаминного состава консервов при стерилизации и хранении. Установлено, что потери незаменимых аминокислот при стерилизации составили от 5,7 до 21,6 % в зависимости от аминокислоты, количество заменимых аминокислот изменялось в пределах от 2 до 5 %. Уменьшение количества аминокислот, очевидно, связано с реакциями их дезаминирования и декарбоксилирования.

Жирнокислотный состав консервов при стерилизации изменился незначительно за исключением линоленовой жирной кислоты, содержание которой увеличилось до 6,2 %.

Содержание витамина B_1 при стерилизации уменьшилось на 28,3÷40,1 %, B_2 — на 29,8÷45,2 %, PP — на 18,6÷31,5 % в зависимости от рецептуры.

Для оценки глубины изменения белков при хранении определяли аминокислотный состав, содержание амино-аммиачного азота и общее количество белка.

Потеря белка в консервах составила от 4,9 до 6,4 % при $t_{\text{хр}} = (20 \pm 3)$ °С и от 3,6 до 4,8 % при $t_{\text{хр}} = (3 \pm 1)$ °С в зависимости от рецептуры и продолжительности хранения. Уменьшение массовой доли белка может быть связано с частичным его протеолизом с образованием свободных аминокислот. Более интенсивное изменение содержания амино-аммиачного азота происходит в мясорастительных консервах, изготовленных, по рецептурам № 3 и № 4, так как в их состав входит мясо птицы механической обвалки, белки которого, в отличие от мяса птицы после ручной обвалки, имеют разрушенную структуру.

Липидную фракцию консервов оценивали по изменению жирнокислотного состава, кислотного, перекисного и тиобарбитурового чисел. Установлено, что гидролитические процессы в консервах, изготовленных по рецептурам № 3 и № 4, протекают интенсивнее, чем по рецептурам № 1 и № 2. Это можно объяснить тем, что липиды мяса птицы механической обвалки содержат больше ненасыщенных жирных кислот, обусловливающих не только высокую пищевую ценность, но и химическую нестабильность продукта при хранении. Потеря жира в консервах составила от 2,5 до 4,5 % при $t_{\text{хр}} = (20 \pm 3)$ °С и до 1,6 % при $t_{\text{хр}} = (3 \pm 1)$ °С. Тиобарбитуровое число изменялось незначительно.

В консервах при $t_{\text{хр}} = (20 \pm 3)$ °С потеря витамина B_1 составила от 18,3 до 21,6 %, B_2 — от 19,3 до 26,1 %, PP — от 18,9 до 26,8 %; при $t_{\text{хр}} = (3 \pm 1)$ °С потеря витамина B_1 составила от 5,1 до 12,3 %, B_2 — от 7,6 до 12,4 %, PP — от 5,3 до 8,5 %.

Значения коэффициента рациональности $R_{\text{с}}$ аминокислотного состава изменялись от 0,85 до 0,89; показателя сопоставимой избыточности σ от 4,54 до 6,46; значения коэффициента жирнокислотной сбалансированности R_{Li} ($i = 1...3$) — от 0,47 до 0,58 в зависимости от состава мясорастительных консервов, продолжительности и температуры хранения. Энергетическая ценность разработанных консервов 707÷778 кДж.

По результатам закрытой органолептической экспертизы по пятибалльной шкале мясорастительные консервы, изготовленные по рецептурам № 1–4, получили средний балл 4,7÷5,0.

Установлено, что по содержанию токсичных элементов, нитратов, пестицидов и радионуклидов консервы соответствуют нормативам, предусмотренным в СанПиН 2.3.2.1078-01; по микробиологическим показателям — требованиям промышленной стерильности группы «А».

Таким образом на основании анализа экспериментальных данных и оценки сбалансированности макро- и микронутриентного состава консервов установлены следующие сроки годности с учетом коэффициента резерва: консервы на основе мяса птицы ручной обвалки (рецептуры № 1, № 2) 24 мес — при $t_{\text{хр}} = (3 \pm 1)$ °С; 21 мес — при $t_{\text{хр}} = (20 \pm 3)$ °С; консервы на основе мяса птицы механической обвалки (рецептуры № 3, № 4) — 18 мес при $t_{\text{хр}} = (3 \pm 1)$ °С, 12 мес при $t_{\text{хр}} = (20 \pm 1)$ °С.

Список литературы

1. *Шестопалова И. А.* Обоснование выбора рецептуры мясорастительных консервов для спецконтингента [Текст] / И. А. Шестопалова // Сборник трудов молодых ученых.- СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. — С. 86–87.

2. *Шестопалова И. А.* Проектирование рецептур мясорастительных консервов для спецконтингента [Текст] / И. А. Шестопалова, В. С. Колодязная // Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации. Сборник докладов IV межд. конф.-выставки. — М.: МГУПП, 2006. — С. 230–232.

3. *Шестопалова И. А.* Перспективы применения хитозана для производства эмульгированных мясорастительных продуктов [Текст] / И. А. Шестопалова // Научное обеспечение и тенденции развития производства пищевых добавок в России. Мат. Межд. конф. — СПб.: Россельхозакадемия, ГУ ВНИИПАКК, 2005. — С. 122–123.

4. *Шестопалова И. А.* Влияние режимов гомогенизации и хитозана на качество мясорастительных консервов [Текст] / И. А. Шестопалова, В. С. Колодязная // Мясная индустрия. — 2008. — № 11. — С. 50–53.

ИЗУЧЕНИЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАМЕНИТЕЛЯ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА ДЛЯ ТЕЛЯТ

М. В. Целовальникова, Т. А. Кудрявцева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: mtselov@mail.ru

Сохранение здоровья и получение высоких привесов молодняка — одна из важнейших задач современного животноводства. Одной из основных проблем при выращивания молодняка сельскохозяйственных животных, является высокий падеж вызванный желудочно-кишечными заболеваниями [1].

Целью настоящего исследования является разработка состава и технологии обогащенного пробиотического продукта для телят с выраженным лечебно-профилактическим действием на основе творожной сыворотки.

Лечебные-профилактические свойства кисломолочных продуктов и ЗЦМ зависят от количества и качества антибиотических веществ, образующихся в продукте в процессе его приготовления и во многом определяется их видовым составом и активностью используемой закваски. В качестве пробиотика в состав ЗЦМ вводился «Концентрат бифидобактерий жидкий» [2]. Концентрат бифидобактерий жидкий, обладает рядом пробиотических свойств, которые позволили широко использовать его как при производстве кисломолочных продуктов, так и в качестве эффективного лечебно-профилактического средства при лечении и профилактики дизбиозов в медицинских учреждениях. Однако мы считали целесообразным выявить антибактериальную активность при использовании среды культивирования нового состава, какой является жидкая основа для ЗЦМ.

Для усиления функциональных свойств ЗЦМ, и поддержания активности бифидобактерий на высоком уровне, было принято решение ввести в его состав ростостимулирующий комплекс, обладающий пребиотическим эффектом [3]. В данной работе мы использовали водный экстракт корня солодки. С целью определения антибактериальной активности микрофлоры препарата проводили специальные исследования. В качестве тест-культур использовались штаммы кишечной палочки и золотистого стафилококка.

Образцы инфицировали *E. coli* и *Staph. aureus* в дозах, представляющих опасность для здоровья человека и животных, составляющих 10^5 или 10^7 в 1 мл. и термостатировали при 37 °С в течении 48 часов. Пробы на анализ отбирались сразу после инфицирования, а затем через 24 и 48 часов культивирования в термостате.

Далее определяли количество микроорганизмов. Контролем служил образец основы ЗЦМ без внесения концентрата бифидобактерий. По результатам исследования получены следующие результаты: количество *E. coli* в контрольном образце без добавления пробиотика возросло через сутки на 2, через 48 часов на три логарифмических порядка. Иная динамика развития культуры наблюдалась в образцах, содержащих закваску. В этих вариантах количество БГКП через 24 часа культивирования оставалось прежним, а через 48 часов снизилось на порядок до 10^4 КОЕ/г в образце с дозой 10^5 и до 10^6 КОЕ/г в образце с дозой 10^7 соответственно. Что говорит о бактерицидном действии заквасочной микрофлоры и, возможно, синбиотическом эффекте препарата, благодаря введению экстракта корня солодки.

Далее также была изучена антибактериальная активность концентрата бифидобактерий и основы (контроля) по отношению к золотистому стафилококку (*Staph. aureus*). Изначально образцы были инфицированы патогенной культурой в количестве 10^5 КОЕ/г и 10^7 КОЕ/г. В контрольном образце *Staph. aureus* развивался довольно интенсивно: через 24 ч. его количество составило 10^6 КОЕ/г и 10^8 КОЕ/г соответственно, а через 48 ч. 10^8 КОЕ/г и 10^9 КОЕ/г, что на 3 и 2 логарифмических порядка выше, по сравнению с первоначальным. В вариантах, содержащих бифидобактерии, уровень *Staph. aureus* оставался стабильным — 10^5 КОЕ/г и 10^7 КОЕ/г, что позволяет сделать выводы о бактериостатическом действии, полученного препарата, по отношению к золотистому стафилококку.

Антагонистическая активность бифидобактерий объясняется действием неспецифических и специфических факторов. К неспецифическим факторам относят: образование молочной, уксусной, янтарной и других кислот, создания низкого окислительно-восстановительного потенциала за счет утилизации кислорода; конкуренцию за питательные вещества. К специфическим — образование антибиотиков, бактериоцинов, жирных кислот с короткой цепью.

После употребления животными продуктов, содержащих антибиотически активные микроорганизмы, в рубце жвачных вырабатываются антибиотические вещества, посредством размножения живых

клеток бифидобактерий. Этот процесс повторяется многократно, что позволяет определенный период времени обеспечить стандартное пищеварение и работу иммунитета животного. Таким образом, в результате исследований была определена антибиотическая активность обогащенного препарата, которую проявляет заквасочная микрофлора в отношении использованных тест-культур микроорганизмов, что позволяет использовать их при производстве лечебно-профилактического заменителя цельного молока для выращивания молодняка крупного рогатого скота.

Список литературы

1. *Захаров П. Г.* Основные причины заболеваемости и падежа телят // Зооиндустрия. — 2001. — № 3.

2. ТУ 9229-001-02069473-98 Концентрат бифидобактерий жидкий (КБЖ). Улан-Удэ.

3. *Вахрушкина А. Г., Болошинов А. Б., Тармакова С. С. и др.* Перспективы применения фитопрепаратов в сочетании с бифидосодержащим продуктом в санаторно-курортных условиях // Научно-практическая конференция «Медицинские технологии. Стандарты, качество». — Санкт-Петербург, 1998.

УДК 664.66.016

МЕТОДИКА ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В. А. Балюбаш, В. В. Назарова, И. Б. Лаврищев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Для разработки технических средств оперативной информации технологических параметров продуктов пищевой промышленности, отличающихся, как правило, сложным физико-химическим составом необходимо выбрать метод преобразования. Одним из наиболее распространенных методов, обеспечивающих возможности оперативного контроля является метод измерения на основе электрофизических характеристик продукта. В этой связи исследование электрофизических характеристик продуктов является важной основой для выбора метода и разработки приборной структуры экспрессного контроля и управления технологических параметров продуктов.

Методика экспериментальных исследований электрофизических характеристик сыпучих пищевых продуктов, в частности, муки включает определение диэлектрических характеристик в диапазоне 20–60 °С и частоте порядка 1 МГц в зависимости от содержания влаги крахмала, белка, клейковины.

Анализ параметров образцов проб продукта проводился с использованием стандартных лабораторных методов. Так, например, содержание влаги определялось термогравиметрическим методом, а для подготовки образцов проб различной влажности использовалось «искусственное» увлажнение [1].

При заполнение датчика пробой продукта, обеспечивалось постоянство объемной плотности материала в его рабочем объеме. С учетом принятой методики была сформирована экспериментальная установка (см. рисунок), которая включает: измеритель емкости, емкостной коаксиальный датчик, термоэлектрический датчик температуры с микроконтроллером, термогравиметрический анализатор влажности и сушильный шкаф.

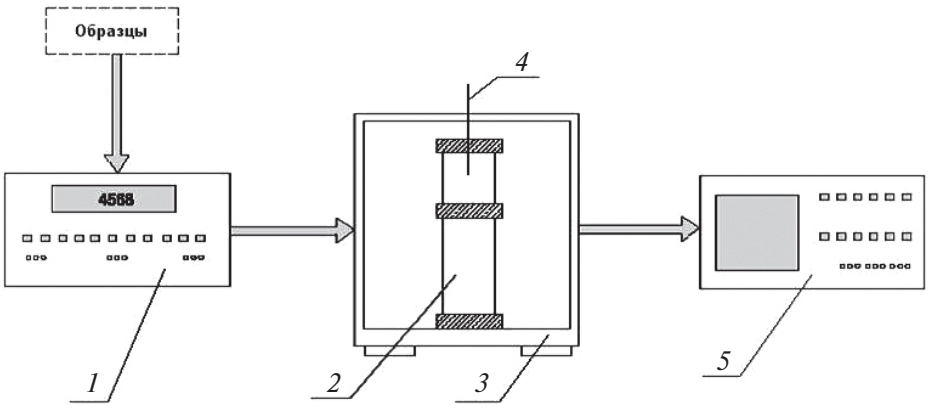
Полученное значение емкости пробы в зависимости от исследуемого параметра пересчитывается в величину диэлектрической проницаемости. Для этой цели определяется величина емкости незаполненного датчика и заполненного эталонной жидкостью.

Для пересчета полученных значений емкости пробы используется формула

$$\varepsilon = \frac{C_{\text{м}} + C_{\text{р}}}{C_{\text{р}}},$$

где $C_{\text{м}}$ — общая емкость датчика с материалом; $C_{\text{р}}$ — рабочая емкость датчика.

Предлагаемая методика обеспечивает возможность исследований электрофизических характеристик сыпучих пищевых продуктов в зависимости от изменения температуры, плотности, влажности крахмала, белка и клейковины в широком диапазоне частот.



Экспериментальная установка: *1* — анализатор влажности; *2* — коаксиальный емкостной датчик; *3* — сушильный шкаф; *4* — датчик температуры с микроконтроллером; *5* — измеритель емкости

Список литературы

1. *Балюбаш В. А., Лапшин А. А., Назимов Н. П.* Влияние искусственного увлажнения сухих молочных продуктов на их электрофизические характеристики, Известия высших учебных заведений. № 1. 1974.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ КОМПОНЕНТОВ КОПТИЛЬНОГО ДЫМА ПРИ ГОРЯЧЕМ КОПЧЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

А. Н. Остриков, А. П. Зотов, Н. Ю. Черноусова

ГОУВПО «Воронежская государственная технологическая академия»
E-mail: oan@vgta.vrn.ru

Копчение рыбы весьма продолжительный процесс, оказывающий значительное влияние на производительность коптильных установок. Одним из перспективных направлений интенсификации диффузии компонентов коптильного дыма в толщу рыб является использование ультразвуковых колебаний, оказывающих специфическое действие на состояние кожного покрова и тканей рыбы, течение физико-химических процессов в них. Ультразвуковая обработка способствует ускорению диффузионных явлений при горячем копчении рыб.

Целью работы являлось определение коэффициента диффузии компонентов коптильного дыма в глубь рыбы.

Ультразвук — это упругие колебания в материальных средах, способствующие перемещению компонентов коптильного дыма в том же направлении, что и звуковая волна, вызывая деформацию среды. Попеременное разряжение и сжатие вызывают интенсивные колебания кожного покрова рыбы, что ведет к расширению капилляров и более эффективному проникновению компонентов коптильного дыма через кожный покров. Компоненты коптильного дыма, участвующие в передаче энергии волны, колеблются около положения своего равновесия. Это дает возможность формировать более узкое и направленное излучение, что позволяет повысить эффективность процесса горячего копчения рыбы.

Так как в большинстве случаев процессы протекают на поверхности раздела фаз, где молекулы той и другой фазы соприкасаются друг с другом, скорость процесса зависит от величины поверхности соприкосновения реагирующих компонентов. Увеличение удельной межфазной поверхности обеспечивает увеличение скорости процессов. Вблизи поверхности рыбы образуется диффузионный пограничный слой (диффузионная зона), в котором сосредотачивается основное сопротивление переносу компонентов коптильного дыма к межфазной границе. Следовательно, скорость процессов можно увеличить за счет уменьшения толщины диффузионного слоя. При этом основное сопротивление оказывает диффузионный слой (диффузионная пленка), непосредственно прилегающий к рыбе. В той области перенос осуществляется молекулярной диффузией. При прохождении ультразвука возникают мощные потоки звуковых давлений. Они воздействуют на пограничный слой и «смывают» его, интенсифицируя процесс.

Диффузия компонентов коптильного дыма с поверхности рыбы внутрь ее мышечной ткани, в результате чего рыба приобретает характерный привкус копчености, является важной и актуальной задачей.

Для определения коэффициента диффузии компонентов коптильного дыма была решена классическая задача нестационарной молекулярной диффузии. в результате которой была получена формула,

$$D_{\text{т}} = \left(\frac{2\delta}{\pi}\right)^2 \frac{1}{\tau} \ln\left(\frac{1}{\theta_{x=0}} \frac{4}{\pi}\right),$$

где δ — толщина рыбы, м; τ — время, с; θ — безразмерная температура. позволяющая, определить численные значения коэффициента диффузии, используя для этого время и концентрацию фенолов на поверхности рыбы $c^*_{\text{т.п}}$ и $c_{x=1}$ на середине толщины тела рыбы ($x = \delta$) $c_{x=0} = c$.

На основании, полученных экспериментальных значений концентрации фенолов на различной глубине для процесса копчения по традиционной технологии мы получили значения коэффициента диффузии фенолов $D_T = 4{,}95 \cdot^{-4}$ м^2/с, а с применением импульсной ультразвуковой обработки наблюдается повышение до значения $D_T = 6{,}504 \cdot^{-4}$ м^2/с (рис. 2), которое приняли как постоянное и с их помощью, определили профиль распределения расчетных значений концентраций фенолов по толщине тела рыбы (леща) и сравним их с экспериментально полученными значениями (рис. 1). Сравнение расчетных кривых и экспериментальных точек на рис. 1 показывает хорошую сходимость: среднеквадратичное отклонение не превышало 4 %.

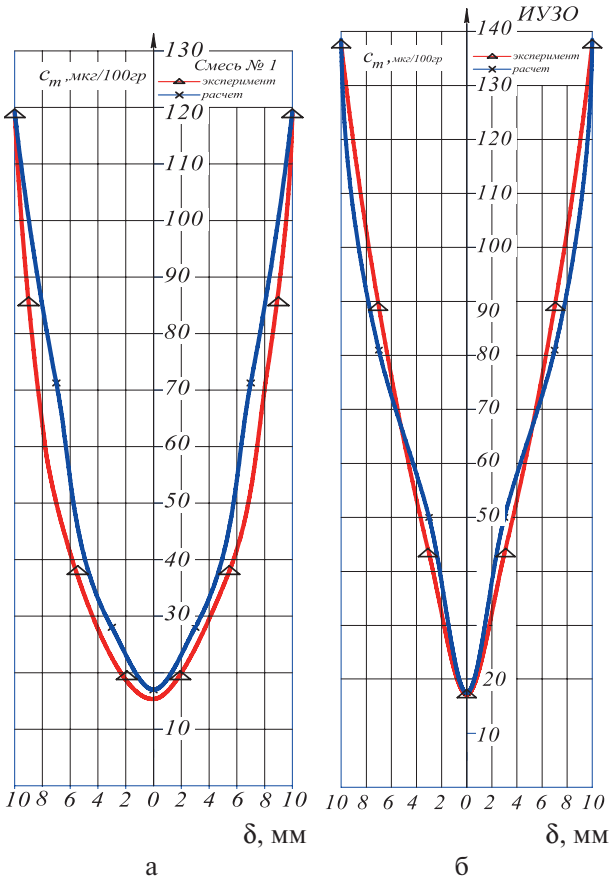


Рис. 1 График зависимости концентрации фенолов от глубины проникновения для различных смесей древесных пород: а — смесь № 1; б — смесь № 1 (с ИУЗО)

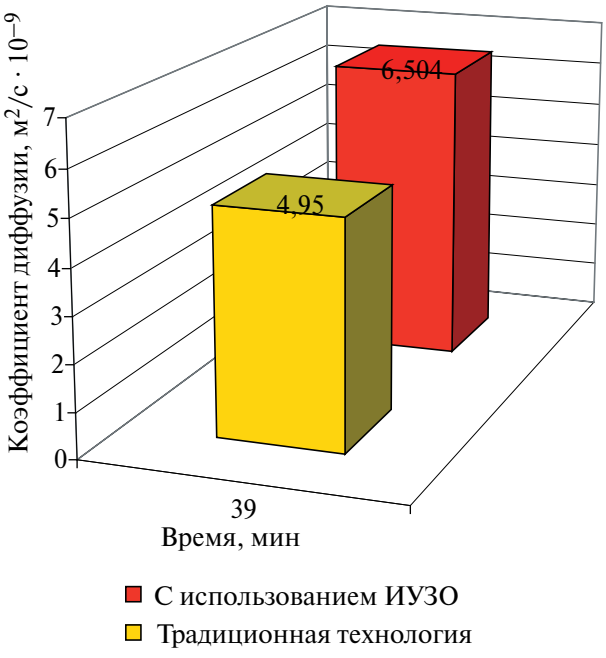


Рис. 2. Значения коэффициента диффузии

Таким образом, использование импульсной ультразвуковой обработки (ИУЗО) рыб при горячем копчении позволяет не только увеличить на 30–35 % коэффициент диффузии, но и добиться более равномерного распределения компонентов коптильного дыма по толщине рыбы.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАФАРМАЦЕВТИКОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Н. Ю. Ключко, О. Я. Мезенова

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»
E-mail: mezenova@klgtu.ru

Парафармацевтиками (ПФЦ-мии) или минорными биологически активными компонентами пищи называют биологически активные вещества, применяемые для профилактики, вспомогательной терапии и поддержания в физиологических границах функциональной активности органов и систем.

В настоящее время к минорным компонентам пищи относят ферменты (растительного происхождения или полученные биотехнологическими методами на основе микробного синтеза), полифенольные соединения, в том числе с выраженным антиоксидантным действием (биофлаваноиды, антоцианидины, катехины и др.), естественные метаболиты (янтарная, лимонная, винная кислоты, орнитин, индолы, изотиоцианаты, хлорофилл, терпеноиды, иридоиды и др.).

Наибольшее количество ПФЦ-ков содержится в лекарственном растительном сырье (ЛРС), которое в последнее время все шире используется при производстве различных пищевых продуктов и придает им не только специфические органолептические свойства, но и повышает биологическую ценность.

На кафедре «Пищевая биотехнология» КГТУ авторами ведутся исследования по разработке технологий пищевых продуктов, обогащенных ПФЦ-ми растительного происхождения.

Одна из таких разработок направлена на совершенствование технологии получения и применения жидких коптильных сред (ЖКС) нового поколения. Сущность технологии ЖКС заключается в настаивании системы «коптильный препарат «ВНИРО» — высушенное растительное сырье» при температуре 20–25 °С при периодическом перемешивании в течение 12–24 ч в зависимости от вида фитодобавки. Жидкая фракция после фильтрования представляет собой обогащенную ПФЦ-ми ЖКС, предназначенную для приготовления копченых рыбных и мясных изделий, пресервов, консервов и других продуктов.

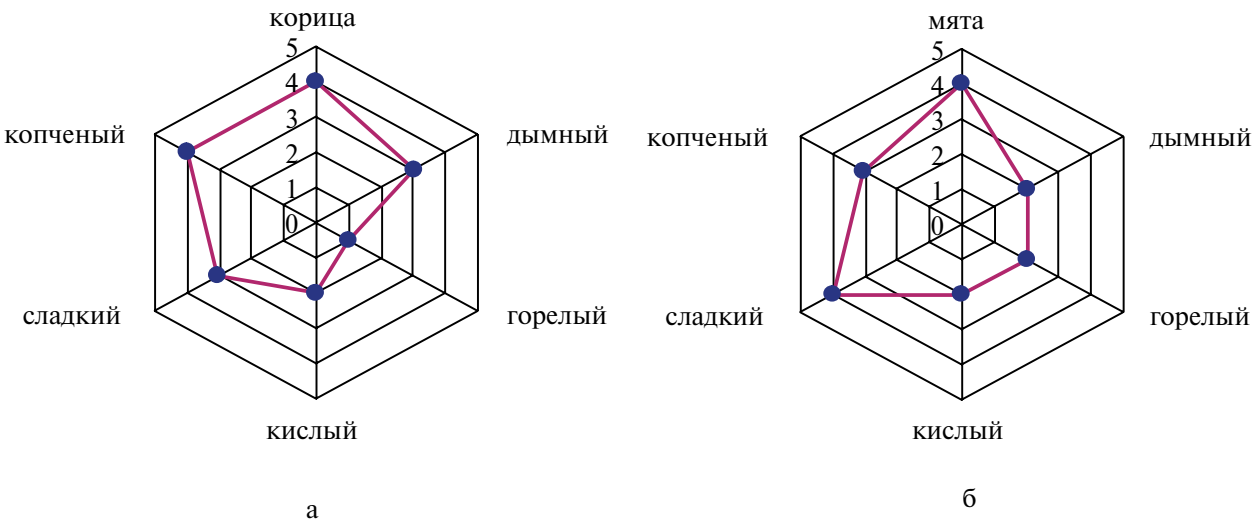
Итоговые коптильные композиции, в зависимости от вида фитодобавки (плоды можжевельника, цветы ромашки, липы и др.), представляют собой прозрачные или слегка мутноватые жидкости, окрашенные в различные тона коричневого цвета и обладающие приятными, специфическими ароматами (цветочными, травянистыми, хвойными и т. д.), которые сбалансированы с основным характерным запахом копчености. Авторами доказана безопасность обогащенных ЖКС по содержанию канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), а также отмечено количественное редуцирование всех потенциально опасных веществ данного типа, что обусловлено десорбцией высокомолекулярных ПАУ развитой активной поверхность измельченного фитосырья.

В настоящее время исследования по разработке обогащенных ПФЦ-ми ЖКС продолжаются студенткой-дипломницей кафедры «Пищевая биотехнологии» Сосновской О. А. (под руководством авторов). Так, с целью расширения ассортимента коптильных сред в качестве экстрагента использовали коптильный препарат «Жидкий дым». Источниками ПФЦ-ков служили новые виды фитосырья — семена горчицы белой (*Sinapis alba*), листья мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis L.*), петрушки огородной (*Petraselinum sativum*), укропа огородного (*Anethum graveolens L.*), плоды перца душистого (*Pimenta officinalis L.*), кора корицы (*Cinnamomum verum*), плоды перца красного сладкого (болгарский) (*Capsicum annuum var. grossum*), плоды свеклы столовой (*Beta vulgaris L.*).

Органолептический анализ новых обогащенных ЖКС показал, что все они представляли собой прозрачные жидкости от светло-желтого до коричневого цвета и обладали специфическими растительными оттенками запаха, большинство из которых приятно сочетались с базовым коптильным ароматом. Однако дегустаторами было отмечено, что наиболее предпочтительными ароматами обладают образцы ЖКС, обогащенные корицей и мелиссой. Результаты анализа ароматов данных сред, полученные профильным методом, представлены графически в виде профилей на рисунке.

Из профилей аромата экспериментальных образцов ЖКС следует, что компоненты корицы смягчили запах копчености, обогатив препарат насыщенным ароматом корицы со специфическим сладковатым оттенком (рисунок , а). Компоненты мелиссы также смягчили запах копчености, добавив в препарат ароматы ментола и сладости (рисунок , б).

Студентами-дипломниками кафедры Хохловой Е. Н. и Сиверовой А. Ю. были проведены исследования по совершенствованию способа приготовления обогащенных ЖКС путем модификикации базового способа (контроль) следующими вариантами. В первом случае при настаивании измельченных плодов шиповника коричного (*Rosa fruktus*) вместо коптильного препарата «ВНИРО» использовали воду. Полученный настой отфильтровывали и добавляли к коптильному препарату до содержания фенолов в нем 0,1–0,3 % (эксперимент 1). Во втором случае готовили отвар плодов шиповника по общепринятой технологии с его последующим добавлением в коптильный препарат до такой же концентрации по фенолам (эксперимент 2).



Профилограммы запаха образцов ЖКС, обогащенных ПФЦ-ми:
а — коры корицы; б — листьев и цветков мелиссы лекарственной

Заключение об эффективности предложенных способов приготовления коптильных жидкостей принималось после оценки качества экспериментальных ЖКС по комплексу технологических, органолептических и физико-химических показателей.

В результате было установлено, что между всеми обогащенными ЖКС особых отличий не наблюдалось, все образцы по совокупности характеристик имели максимальную органолептическую оценку. При изучении физико-химических характеристик ЖКС оказалось, что массовые доли фенольных веществ и аскорбиновой кислоты были максимальными в контрольном образце — соответственно 0,26 и 70,4 мг на 100 г продукта.

При сравнении экспериментальных образцов ЖКС установлено, что наиболее высокое содержание фенолов и аскорбиновой кислоты, как и общих кислот, приходится на образец «эксперимент 2» — соответственно 0,25; 55 и 2 мг на 100 г продукта против 0,22; 46,2 и 1,95 мг на 100 г продукта в первом экспериментальном образце. Это подтверждает факт интенсификации перехода ПФЦ-ков при повышении температуры системы.

Анализ достоинств и недостатков трех способов приготовления обогащенных ПФЦ-ми ЖКС позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным с точки зрения суммарного биопотенциала является базовый способ; наиболее технологичным — «эксперимент 2», основанный на предварительном приготовлении отвара из растительного сырья.

На разработанный базовый способ приготовления обогащенных ЖКС получен Патент РФ № 2156071. Готовые фитокоптильные композиции должны соответствовать требованиям ТУ 2455-033-00038155-03 «Жидкость коптильная «ФИТО», технологический процесс их получения регламентирован ВНИРО и КГТУ в соответствующей ТИ по изготовлению жидкости коптильной «ФИТО». Данные обогащенные коптильные среды биологически безопасны по заключению ГУ НИИ питания РАМН (№ 72/э-12176/и-2003 от 25.09.2003 г.) и гигиенически безупречны (санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.914.Т.001189.10.03 от 22.10.2003 г.).

Разработанные обогащенные ЖКС серии «ФИТО» нашли применение в технологии бездымного холодного и полугорячего копчения рыбы, пресервов, копчено-вареных мясопродуктов, производстве плавленых сыров, поликомпонентных паштетов из печени трески.

Другим перспективным направлением работы кафедры «Пищевая биотехнология» является совершенствование технологий кондитерских и хлебобулочных изделий путем обогащения ПФЦ-ми.

Студентом-дипломником Шмаровым В. А. была проведена работа по обогащению желейного мармелада биологически активными веществами листьев мяты перечной (*Mentha piperita L.*) и хитозана. Сущность технологического решения заключается в следующем. К растворенному в горячей воде агару приливают отвар листьев мяты перечной, добавляют сахар, хитозан, измельченный до 9–27 мкм. Смесь уваривают до содержания сухих веществ 72–74 % и вносят патоку. Полученный сироп охлаждают до 55–60 °С, вносят в него лимонную кислоту и разливают в формочки. По окончании студнеобразования мармелад выбивают из форм и направляют на выстойку при температуре 40 °С в течение 45–60 мин с целью подсушивания наружной поверхности.

Полученный по усовершенствованной технологии мармелад обладает приятным вкусом, специфическим ментоловым ароматом, повышенной биологической ценностью, не содержит искусственных ароматизаторов, красителей и консервантов.

Студенткой-дипломницей Калининой С. Г. были проведены исследования по совершенствованию рецептуры батона из пшеничной муки высшего сорта путем обогащения йодсодержащим лекарственным растительным сырьем. В качестве последнего был выбран фитосбор, состоящий из цветков ромашки (*Flores Chamomilla recutita L.*), цветков липы (*Flores Tilia cordata Mill.*), травы зверобоя (*Herba Hypericum perforatum L.*), плодов шиповника (*Fructus rosae*) в соотношении фитодобавок 1:1:1:1.

Определение массовой доли йода в выбранных источниках (йодированая соль, ламинария, фитосбор) показало, что содержание этого микроэлемента находится на уровне 0,004–0,005 % во всех образцах. Эти данные позволили рассчитать количество вносимой в рецептуру добавки. Для йодированной соли количество внесения составляет 1,5 кг на 100 кг муки (на основании ТУ 9115-335-05747152-00). Для порошка ламинарии и фитосбора количество внесения рекомендованы на уровне 2,7 и 2,3 кг на 100 кг муки соответственно.

Определение содержания йода в выпеченных хлебо-булочных изделиях показало, что содержание этого микроэлемента составляет соответственно (в мкг/кг) 30, 40 и 40 для батонов йодированного, обогащенного порошком ламинарии и обогащенного фитосбором. Это позволяет удовлетворить на 30–50 % суточную потребность в йоде при употреблении 250 г продукта.

Для органолептического анализа готовой продукции была разработана балльная шкала, на основании которой обогащенные выпеченные изделия получили высокую оценку дегустаторов (13,5; 13,8; 13,9 баллов из 15, соответственно). Согласно дифференцированному уровню качества изделия относятся к категории «отличный продукт».

На основании результатов комплексного анализа качества готовой продукции, обогащенной ПФЦ-ми растительного происхождения, включающего определение органолептических и физико-химических показателей, а также аналитических данных о биологически активных компонентах-парафармацевтиках можно говорить о высоком биологическом качестве разработанной продукции и о перспективности ej внедрения в производство.

К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА БЫСТРОЗАМОРОЖЕННЫХ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Л. С. Байдалинова, Я. И. Шарыгина

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»
E-mail: mezenova@klgtu.ru

Обеспечение населения белковыми продуктами высокого качества — одна из главных и актуальных проблем перерабатывающей промышленности. Разработка технологий качественно новых безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения является основной задачей науки и практики. В пищевом производстве в настоящее время установилась тенденция к изготовлению продукции, не требующей длительного приготовления. Часто это требует использования пищевых добавок, позволяющих расширить ассортимент или обогатить свойства уже имеющихся продуктов. При этом требуется тщательный подбор рецептурных композиций и использование пищевых добавок, позволяющих добиться необходимых потребительских свойств продуктов, оставляя их при этом «натуральными» и безопасными. Основу композиций обычно составляют белки (животные и растительные), гидроколлоиды, эмульгаторы, антиоксиданты, ароматизаторы, овощи, клетчатка, специи, пряности и др.

Одним из основных критериев выбора пищевых добавок и ингредиентов рецептур мясных продуктов является использование веществ природного происхождения, влияющих не только на функционально-технологические свойства сырья, но и обладающих высокой биологической и физиологической активностью в организме человека.

Мясная промышленность — одна из ведущих отраслей, а мясо и мясопродукты — один из основных в рационе человека продуктов животного происхождения — незаменимый источник полноценного белка, жиров, витаминов, минеральных веществ, других жизненно важных нутриентов.

Производство мясных полуфабрикатов представляет в настоящее время крупную, динамично развивающуюся отрасль. Причин для прогноза ее роста много — развитие фаст-фуда, фуд-сервиса, розничных сетей в регионах.

Основой полуфабрикатов являются говядина, свинина и шпик свиной, мясо птицы. Кроме того, в состав рецептур входят белок соевый изолированный и текстурированный, соль поваренная пищевая, лук репчатый, вода питьевая, сухари панировочные и др. компоненты.

По способу обработки различают полуфабрикаты натуральные, панированные, рубленые, пельмени, мясной фарш и другие, а по термическому состоянию — охлажденные и замороженные. Эти изделия максимально подготовлены для термической обработки, являются продуктами «высокой степени готовности», что в современных условиях делает их весьма привлекательными для потребителя.

В настоящее время ассортимент мясопродуктов, в том числе полуфабрикатов, расширяется за счет производства комбинированных изделий, вырабатываемых предприятиями по собственным техническим условиям, с использованием в рецептуре ингредиентов из сырьевых источников различного происхождения — мяса говядины, свинины, баранины, мяса птицы механической обвалки, коллагенсодержащего сырья, значительных количеств соевых белковых препаратов, а также широкого спектра пищевых добавок и пряностей.

В связи с этим возникает необходимость классификации полуфабрикатов по сырьевому составу и по качеству используемых мясных ингредиентов, чтобы исключить причины фальсификации названий видов и подвидов полуфабрикатов, т. е. так называемой «формальной фальсификации».

Мясные полуфабрикаты в соответствии с Национальным стандартом Российской федерации ГОСТ Р 52675-2006 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие» классифицируют в зависимости от массовой доли мясных ингредиентов — на группы мясные (содержание мясных ингредиентов более 60 %) и мясосодержащие (содержание мясных ингредиентов от 5 до 60 % включительно);

При маркировке наименований полуфабриката должны приводиться не только их товарные (фантазийные) наименования, но и указаны принадлежность к группе, виду, подвиду, категории и термическое состояние (охлажденные, подмороженные, замороженные).

Использование технологий интенсивной шоковой заморозки разнообразных полуфабрикатов на предприятиях мясной отрасли позволяет сохранять их качество в течение длительного времени. Введение дополнительной технологической операции — глазирования позволяет защитить поверхность продукта от проникновения кислорода воздуха. Глазирование может проводиться с помощью глейзера, при этом происходит распыление влаги на поверхность натурального или формованного продукта для образования тонкого слоя льда в процессе замораживания. Тонкий слой льда на поверхности продукта надежно препятствует контакту тканей с атмосферным воздухом и испарению с его поверхности влаги, предотвращая продукт от ожога холодом морозильной камеры. Вымерзание влаги из поверхностных

слоев продукта приводит к обезвоживанию и, как следствие, к ухудшению органолептических показателей: текстуры и вкуса продукта. Кристаллы льда, разрушая клеточную мембрану мышечного волокна, способствуют потере тканевого сока и содержащихся в нем водорастворимых белков и витаминов. Глазирование существенно замедляет скорость окисления липидов в продукте, улучшает водосвязывающую и водоудерживающую способность белков, уменьшает потери при термообработке.

Анализ обширной научно-исследовательской литературы свидетельствует, что качество готовых продуктов подвержено воздействию многочисленных факторов. Из всего множества факторов целесообразно выбирать и оптимизировать такие, которые оказывают доминирующее влияние.

Лимитирующим фактором при хранении замороженных мясных продуктов, в том числе полуфабрикатов, является накопление продуктов окисления липидов, придающих неприятный, прогорклый вкус и запах готовым изделиями и снижающим их пищевую ценность. Изыскание способов продления сроков годности быстрозамороженных полуфабрикатов является фактически задачей стабилизации липидной составляющей продуктов.

Окислительная порча липидов развивается и активизируется под действием собственных ферментов или ферментов микроорганизмов.

Окисление жиров — сложный процесс, протекающий по радикально-цепному механизму. Начальными продуктами окисления являются пероксиды и гидропероксиды, из которых затем образуются вторичные продукты: спирты, альдегиды, кетоны и кислоты с различной длиной углеродной цепи, а также их разнообразные производные.

Порог восприятия (минимальная ощущаемая органами чувств человека концентрация) у них достаточно низкий.

На скорость окислительной порчи жиров влияют свет, особенно в ультрафиолетовой области, температура, давление кислорода, металлы переменной валентности — железо, медь и др. Сильными катализаторами окисления являются миоглобин и гемоглобин, ферменты микроорганизмов.

Задача сохранения качества мясных продуктов — очень актуальная проблема, так как при окислении липидной составляющей образуются вещества не только ухудшающие качественные характеристики продукта, но и способные причинить вред здоровью человека.

Предотвращать окисление жиров в мясных продуктах можно путем применения антиокислителей, механизм действия которых заключается в обрыве реакционных молекулярных цепей. При этом антиокислители не только защищают жировой компонент пищевого продукта, но и ингибируют действие свободных радикалов на организм человека. Добавление антиокислителей в мясо и мясные изделия в процессе их производства защищает от окисления не только жиры, но и миоглобин, стабилизируя тем самым цветовые характеристики изделий. Антиокислители не могут возвратить утраченное качество продукта. Если концентрация пероксидов или свободных кислот в продукте выше нормы, а тем более если изменились запах, вкус или цвет продукта, то антиоксиданты уже бессильны и бесполезны.

Практический интерес в технологии переработки мяса представляют антиоксиданты на основе аскорбиновой кислоты Е 300-305, токоферолы Е 306-309, лецитины Е 322. Наибольшее распространение среди пищевых искусственных антиокислителей получили производные фенолов (Е 310-313, Е 319-321), а также изоаскорбиновая кислота Е 315 и изоаскорбат натрия Е 316, галлаты Е 310-312 (Сарафанова Л. А., 2007). Однако в последние годы все большую популярность приобретают натуральные антиоксиданты, поскольку они не только удовлетворяют требованиям безопасности, но и обладают биологической активностью и хорошо сочетаются с другими компонентами пищевых продуктов. Для торможения окислительной порчи липидсодержащих продуктов все больше применяют растительные экстракты с различными индивидуальными антиоксидантами — эфирные масла, флавоноиды (кверцетин, кемпферол, мирицитин), катехины или фенолы (карнозол, розманол, розамиридифенол) и фенольные кислоты (карнозиновая, розмариновая). Многие соединения биотехнологического сырья обладают антиокислительной активностью и эффективны при торможении окислительной порчи мясного сырья (Лисицин А. Б., 2006).

Наличие у этих веществ биологического и одновременно функционально-технологического действия обеспечивает не только требуемый технологический эффект, но и оказывает профилактическое и общеукрепляющее действие на здоровье потребителей. Торможения окислительных изменений жира при одновременном повышении биологической ценности продуктов можно достигнуть, вводя в них растительные экстракты с высоким содержанием фенольных и полифенольных соединений, а также витаминов А, Е, К и С.

Нами при изготовлении быстрозамороженных рубленых мясных полуфабрикатов испытаны с положительными результатами в качестве антиоксидантов экстракты розмарина (*Rosmarinus officinalis*) и зеленого чая (*Camellia sinensis*).

По свидетельствам английских специалистов (Р. Стеле, 2006) антиоксидантные свойства розмарина обусловлены фенольными соединениями, утилизирующими гидрокси- и пероксильные радикалы липидов, и способностью образовывать хелатные комплексы с ионами металлов, например с Fe^{2+}. Это

вызвано в основном фенольными дитерпенами, карнозолом и карнозойной кислотой. Экстракт розмарина обладает каскадной способностью обновлять витамин Е, а также участвует в каскаде карнозиновой кислоты. Как только антиоксидантная молекула карнозиновой кислоты «уловила» свободный радикал, она меняет свою структуру и превращается в карнозол. Карнозол также «улавливает» свободный радикал и меняется снова, преобразуясь в розманол. Розманол продолжает «улавливать» радикалы, из него получается галдозол, реализуется каскадный непрерывный процесс.

Катехины зеленого чая также обладают значительной способностью утилизировать свободные радикалы, проявляя более высокую активность, чем витамин Е и аскорбиновая кислота, и также могут образовывать хелатные комплексы с металлами. Катехины чая эффективно всасываются в плазму крови. Кроме того, катехины чая (в частности, эпигаллокатехингаллат и эпикатехингаллат) способны проникать сквозь липидный бислой клеточных мембран.

При проведении наших исследований образцы замороженных полуфабрикатов (котлеты) в течение 90 суток хранения при температуре не выше минус 18 °С получали высокие оценки по органолептическим показателям: внешнему виду, запаху, вкусу и консистенции. Дальнейшее хранение образцов сопровождалось интенсивным ростом негативных показателей: появление прогорклого вкуса и запаха. Добавление экстрактов розмарина и зеленого чая оказалось весьма эффективным. Даже после 90 суток мороженые образцы получали высокие оценки вследствие торможения окислительной порчи их липидов. Эффективность экстрактов отмечается и по химическим показателям — по динамике изменения кислотных, пероксидных, тиобарбитуровых чисел и содержания летучих жирных кислот [Байдалинова Л. С., Шарыгина И. И., 2008].

Таким образом, внесение в мясные полуфабрикаты натуральных растительных антиоксидантов позволяет замедлить в них окисление липидов и появление признаков окислительной порчи. Органолептическая оценка обжаренных образцов не выявила порочащих признаков в течение 180 суток хранения. Это может позволить увеличить сроки годности быстрозамороженных мясных полуфабрикатов при использовании экстрактов розмарина и зеленого чая.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52675-2006 Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2007. — 24 с.

2. *Байдалинова Л. С.* Растительные экстракты для стабилизации липидов быстрозамороженных мясных полуфабрикатов / Л. С. Байдалинова, Я. И. Шарыгина // Инновации в науке и образовании — 2008: труды VI Юбилейной Международной научной конференции, посвященной 50-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле 21–23 октября 2008 г. / КГТУ. — Калининград, 2008. — С. 281–283.

3. *Лисицын А. Б.* Исследование антиокислительных свойств сверхкритических CO_2-экстрактов / А. Б. Лисицын, А. А. Семенова, М. И. Гундырева и др. // Мясная индустрия. — 2006. — № 3. — С. 12–13.

4. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / Под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Широкова под общ. ред. Ю. Г. Базарновой. — СПб.: Профессия, 2006. — 480 с.

5. *Сарафанова Л. А.* Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. — СПб.: Профессия, 2007. — 256 с.

6. *Шепелев А. Ф.* Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров / А. Ф. Шепелев, О. И. Кожухова, А. С. Туров. — Ростов-на-Дону: Март, 2001. — 192 с.

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯБЛОК ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Л. А. Нудьга*, В. С. Колодязная, Е. И. Кипрушкина**, Т. А.Задворнова**, П. А. Данилов****

*Институт высокомолекулярных соединений РАН
**Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: tzadvornova@gmail.com

В пищевой промышленности особое внимание направлено на создание съедобных пленок и покрытий на основе хитозана — полисахарида, получаемого из панциря морских и пресноводных ракообразных. Пленки из хитозана, нанесенные на поверхность плодов и овощей — яблок, апельсинов, томатов, перца и т. д., имеют высокие барьерные свойства. Однородные, гибкие, не дающие трещин, хитозановые пленки обладают избирательной проницаемостью, играют роль микробного фильтра на поверхности плодов и овощей и регулируют состав газов у поверхности и в толще тканей, влияя тем самым на активность и тип дыхания, что в целом способствует продлению сроков хранения растительного сырья.

Цель работы — изучить влияние обработки различных сортов яблок препаратами на основе хитозана на физиолого-биохимические процессы и качество при их холодильном хранении.

Объектами исследования выбраны 4 сорта яблок — Китайка-мать, Башкирский Красавец, гибрид Жукова 10-62-2 и Сыстрарооса, выращенные по схеме 4×5 в коллекционном саду Павловской опытной станции ВИР им. Н. И. Вавилова, собранные в сентябре 2008 года.

Яблоки после сбора урожая обрабатывали препаратом «АгроХит», разработанном в инженерном центре «Биопрогресс» и 1 % раствором хитозана в 2 % растворе янтарной кислоты.

Контрольные и опытные партии яблок хранили в холодильной камере при температуре (3±1) °С. На хранение закладывались яблоки в технической степени зрелости. В яблоках до и после обработки, а также в процессе хранения определяли интенсивность дыхания по выделению диоксида углерода, активность терминальных оксидаз — каталазы — методом А. Н. Баха и А. И. Опарина, фенолоксидазы — микрометодом Д. М. Михлина и З. С. Броновицкой, пероксидазы — фотоколориметрическим методом, содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты — методом Тильманса, моно- и дисахаридов — рефрактометрическим методом, органических кислот в пересчете на яблочную кислоту — титрометрическим методом.

Эксперимент проводился в трехкратной повторности, данные обработаны методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95 с использованием компьютерных программ.

Установлена зависимость изменения интенсивности дыхания (I) и активности окислительно-восстановительных ферментов различных сортов яблок, обработанных препаратами, от продолжительности хранения. Показано, что в ответ на обработку повышается активность пероксидазы и фенолоксидазы и, как следствие, увеличивается I, затем, по мере хранения значение I уменьшается и в течение 4–6 мес в зависимости от сорта остается на одном уровне. Наименьший подъем I наблюдается у сортов г-д Жукова 10-62-2 и Башкирский Красавец, обработанных препаратом «АгроХит».

В процессе хранения яблок отмечается увеличение количества моносахаридов, что связано с гидролизом дисахаридов и полисахаридов в процессе дозревания плодов. Скорость окисления моносахаридов значительно меньше, чем скорость гидролиза полисахаридов, особенно для сортов г-д Жукова 10-62-2 и Башкирский Красавец.

Выявлено, что обработка яблок препаратами замедляет превращение восстановленной формы аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую и инертную форму дикетогулоновую кислоту. Скорость окисления аскорбиновой кислоты зависит как от сорта яблок, так и вида препарата. Показано, что минимальные изменения содержания аскорбиновой кислоты характерны для яблок сортов Башкирский Красавец и Сыстрарооса, обработанных биопрепаратом «АгроХит», максимальное — для яблок сорта Китайка-мать.

Установлено, что обработка исследуемых сортов яблок препаратами не оказывает существенного влияния на динамику органических кислот. В процессе хранения общее количество этих соединений уменьшается, особенно в весенний период независимо от сорта и изучаемых препаратов. Однако, наибольшим изменениям подвергается яблочная кислота, содержание которой существенно снижается в яблоках сорта Китайка-мать, что связано с реакциями декарбоксилирования в постклимактерический период.

Фенольные соединения играют важную роль в защитных механизмах растений. Отмечается также синергизм действия Р-активных веществ и аскорбиновой кислоты в процессах биологического окисления, так основной флавон яблок — кверцетин является стабилизатором аскорбиновой кислоты.

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в плодах яблони

Образец	Флавонолы, мг/100 г сырого веса	Фенолкарбоновые кислоты, мг/100 г сырого веса	Флаваны, мг/100 г сырого веса
1	2	3	4
Г-д Жукова	3,41	17,44	121,77
Башкирский красавец	4,37	46,74	347,11
Китайка-мать	5,84	26,08	249,38
Сыстрарооса	0,94	63,96	240,88

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в плодах яблони в пересчете на кожицу и мякоть

Образец		Флавонолы, мг/100 г сырого веса			Фенолкарбоновые кислоты, мг/100 г сырого веса			Флаваны, мг/100 г сырого веса		
		авикулярин	гиперин	кверцетин	Хлорогеновая кислота	Р-кумароилхинная кислота	Производное кофейной кислоты	Свободные катехины	Проантоцианидины	Кондесированные катехины
Г-д Жукова	кожица	9,23	8,98	6,13	31,30	17,91	2,89	34,79	170,44	143,37
	мякоть	—	—	—	8,63	2,05	1,11	8,83	38,701	37,31
Башкирский красавец	кожица	11,82	9,48	2,96	64,19	18,87	8,78	47,81	253,76	225,44
	мякоть	—	—	—	30,94	4,93	0,98	33,26	98,95	175,40
Китайка-мать	кожица	14,26	21,31	9,35	6,48	6,50	4,43	30,53	119,66	85,97
	мякоть	—	—	—	17,52	9,85	—	27,69	135,69	87,97
Сыстрарооса	кожица	18,80	10,05	5,51	59,75	17,82	—	43,48	208,87	185,96
	мякоть	—	—	—	47,91	13,25	—	20,75	122,00	57,70

Получены кинетические уравнения, характеризующие зависимость изменения исследуемых показателей качества от продолжительности хранения различных сортов яблок, обработанных биопрепаратами. Рассчитаны константы скорости реакций окисления аскорбиновой кислоты, моно- и дисахаридов и органических кислот.

Таким образом, по результатам фитопатологических и товароведных анализов, а также физико-химических и биохимических показателей качества для длительного хранения рекомендуются сорта г-д Жукова 10-62-2 и Башкирский Красавец, обработанные биопреаратом «АгроХит».

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МУКИ ВТОРОГО СОРТА МАКАРОННОГО ПОМОЛА НА КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Е. С. Сергачева, Е. В. Соболева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

При макаронном помоле твердой пшеницы в качестве побочного продукта образуется мука 2-го сорта. Данная мука не нашла широкого применения в промышленности, и вопрос о ее использовании полностью не решен.

Известно, что твердая пшеница (*Triticum durum Defs*) используется для производства макаронной муки и манной крупы, в то время как хлебопекарную муку получают из мягкой пшеницы. Зерно твердой и мягкой пшеницы отличается по составу и технологическим свойствам.

В твердой пшенице содержится больше белка, сырой клейковины, аминокислот (в т. ч. незаменимых), каротиноидных пигментов и минеральных веществ, отмечается меньшее содержание крахмала [1].

Зерно твердой пшеницы более крупное и вытянутое по длине, имеет более высокую стекловидность и прочность, чем зерно мягкой пшеницы.

Наружные оболочки зерна твердой пшеницы менее связаны с эндоспермом, хорошо вымалываются; алейроновый слой более хрупок, легко дробится при измельчении и засоряет мелкие фракции промежуточных по крупности продуктов, увеличивая их зольность [2]. У такого зерна стенки клеток эндосперма толстые, содержат гемицеллюлозу, способную впитывать большое количество влаги. Этим объясняется более высокая водопоглотительная способность муки из твердой пшеницы по сравнению с мягкой. Твердость зерна возникает благодаря силе связи между белком и крахмалом в эндосперме. У твердой пшеницы белок не просто окружает гранулы крахмала, а прочно прикрепляется к их поверхности. Наглядным подтверждением этого является отличие границы разлома при дроблении зерна твердой и мягкой пшеницы. У зерен твердой пшеницы разлом проходит по стенкам клеток, а не в местах соприкосновения крахмала с белком; также разрушаются некоторые гранулы крахмала. Напротив, у эндосперма мягкой пшеницы разлом проходит непосредственно через клетки, связь между белком и крахмалом слабая, поэтому и зерно дробится под воздействием меньшей силы [3].

Основная продукция специальных макаронных помолов — крупка (мука высшего сорта) и полукрупка (мука 1 сорта); в качестве нежелательного продукта получается 15–25 % муки 2 сорта [4].

Специфика помолов в макаронную муку состоит в том, что основная продукция представляет собой муку в виде крупок и дунстов, т. е. имеет крупитчатую структуру. В связи с этим мягкая мелкая мука является сопутствующим нежелательным компонентом готовой продукции. В технологии макаронных помолов получают сходовые продукты с незначительным содержанием эндосперма. Из таких продуктов невозможно извлечь крупки и дунсты, пригодные для формирования макаронной муки, вследствие чего их направляют в размольный процесс для извлечения некоторого количества тонкодисперсной муки второго сорта [2].

В муке второго сорта содержится большое количество периферийных частей зерна, богатых гетероциклическими аминокислотами (тирозином, триптофаном, фенилаланином). В результате ферментативного окисления аминокислот образуются темноокрашенные вещества, придавая коричневый оттенок макаронным изделиям. Повышенное содержание тонкоизмельченных оболочек обуславливает довольно темный цвет макарон и наличие на поверхности изделий большого количества темных точек — крапинок. Повышенная кислотность муки может привести к увеличению кислотности макаронных изделий и снизить их срок хранения. Вследствие указанных причин мука 2 сорта из твердой пшеницы в чистом виде не применяется для производства макаронных изделий, поэтому проблема ее использования является актуальной

На кафедре пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья СПбГУНиПТ изучали возможность применения муки 2 сорта макаронного помола в производстве хлебобулочных изделий.

Целью работы явилось исследование качественных показателей муки 2 сорта из твердой пшеницы и их влияния на качество хлеба. В эксперименте использовали муку, хранившуюся 1 месяц после помола. В качестве контроля использовали муку 2 сорта из мягкой пшеницы (хлебопекарную). Полученные результаты анализа муки приведены в таблице.

Из таблицы видно, что мука 2 сорта из твердой пшеницы по ряду важных показателей существенно отличается от муки 2 сорта из мягкой пшеницы. Так, образцы муки из твердой пшеницы обладают более высокой кислотностью, газообразующей способностью, меньшей крупностью помола. Из этой муки отмывается на 12 % больше сырой клейковины, содержание сухой клейковины — на 4 % больше, при этом отмечается меньшая упругость и большая растяжимость клейковины, расплываемость шарика теста из этой муки выше.

Показатели качества муки

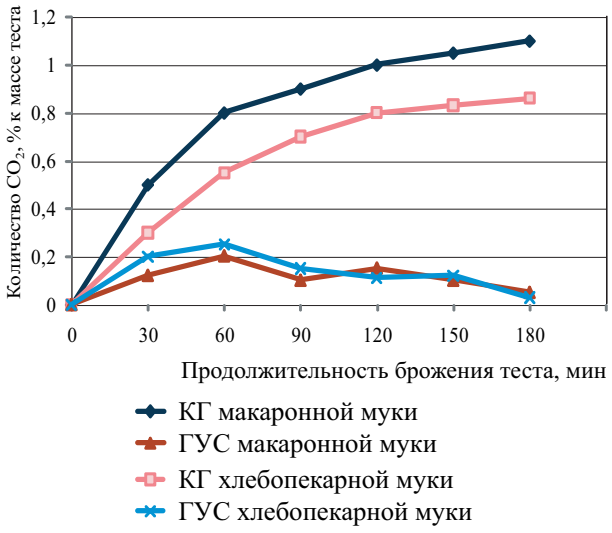
Показатели	Мука второго сорта	
	из мягкой пшеницы	из твердой пшеницы
Массовая доля влаги, %	13,5	14,0
Массовая доля золы, %	1,59	1,69
Крупность помола: — остаток на сите № 27, % — проход через сито № 38, %	 0,8 75	 0,5 82
Титруемая кислотность, град	3,6	4,6
Газообразующая способность, см^3 CO_2	1300	1600
Количество и качество клейковины		
Содержание сырой клейковины, %	26,5	38,0
Содержание сухой клейковины, %	10,1	14,4
Растяжимость, см	14,0	15,5
Упругость, ед. прибора ИДК-3М	80	85
Гидратационная способность, %	163	164
Расплываемость теста по шарику, %	24,5	27
Результаты пробной лабораторной выпечки		
Удельный объем, см^3/100 г	220	235
Формоустойчивость подового хлеба	0,50	0,44

Кроме этого, определяли контрольное газообразование и газоудерживающую способность (КГ и ГУС). На рисунке показана динамика КГ и ГУС в тесте.

За счет большего содержания сбраживаемых сахаров в муке макаронного помола наблюдается более интенсивное газообразование в тесте. Однако газоудерживающая способность в тесте с данной мукой несколько ниже.

Для оценки хлебопекарных свойств муки были проведены пробные лабораторные выпечки. Изделия из твердой пшеницы имеют больший удельный объем, сильнее расплываются, корочка обладает более яркой окраской. Использование муки макаронного помола не ухудшает вкусовые характеристики хлеба.

Таким образом, можно сделать вывод, что при небольшом сроке хранения мука 2 сорта из твердой пшеницы по хлебопекарным свойствам не уступает муке 2 сорта хлебопекарной. Более того, по таким показателям, как газообразующая способность, содержание сырой и сухой клейковины, она превосходит муку из мягкой пшеницы.



Контрольное газообразование
и газоудерживающая способность в тесте
при использовании муки 2 сорта разного типа

Однако было установлено, что в процессе хранения мука 2 сорта из твердой пшеницы быстрее теряет хлебопекарное качество по сравнению с мукой из мягкой пшеницы. При длительном хранении муки происходит изменение ряда ее свойств: резко возрастает титруемая кислотность, появляется прогорклый запах и горький вкус, снижается выход сырой клейковины, ухудшатся качество клейковины — она становится менее связной и растяжимой.

Изменение свойств муки при хранении приводит к уменьшению удельного объема хлеба и увеличению формоустойчивости подового хлеба. Изделия из муки, хранившейся длительное время, получаются излишне округлыми, плотными, обжимистыми, со слаборазвитой структурой пористости и разрывами на поверхности. Повышенная кислотность муки приводит к увеличению кислотности хлеба. Горький привкус муки отрицательно сказывается на вкусе готовых изделий.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что срок хранения муки второго сорта из твердой пшеницы не должен превышать 4-х месяцев для получения изделий удовлетворительного качества.

Таким образом, муку 2 сорта макаронного помола возможно использовать для производства хлеба. Это позволяет реализовать побочный продукт мукомольного производства и повысить эффективность использования зерна твердой пшеницы. Наряду с этим достигается обогащение хлебобулочных изделий балластными веществами, витаминами, микро- и макроэлементами.

Список литературы

1. Химический состав российских пищевых продуктов / Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 235 с.

2. *Чеботарев О. Н., Шаззо А. Ю., Мартыненко Я. Ф.* Технология муки, крупы и комбикормов. — Москва: ИКЦ «МарТ», 2004. — 688 с.

3. *Хосни Р. К.* Зерно и зернопродукты / Пер. с англ. под общ. ред. Н. П. Черняева. — СПб: Профессия, 2006. — 336 с., ил.

4. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. — М.: ВНПО «Зернопродукт», ВНИИЗ, 1991.

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЖИДКОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЫ НА ЕЕ КАЧЕСТВО

Л. А. Забодалова, Л. В. Гапонова, Ю. А. Яковлева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: salamandra.j@mail.ru

Питание является одним из основных факторов, влияющих на здоровье нации. Наиболее незащищенными в отношении продовольственной безопасности оказались дети, беременные женщины, люди пожилого и преклонного возраста, а также люди с алиментарнозависимыми заболеваниями. Адекватное питание женщины в период беременности и лактации является одним из важнейших условий появления на свет здорового ребенка и его дальнейшего успешного роста и развития.

В настоящее время одним из популярных направлений является создание комбинированных продуктов с частичной и полной заменой животного сырья на растительное.

Из всех белков растительного происхождения только соевый наиболее адекватен по аминокислотному составу потребностям человеческого организма, т. к. содержит все незаменимые аминокислоты в достаточных количествах. Он легко переваривается в ЖКТ и достаточно полно усваивается. Содержание жира в сырых соевых бобах порядка 18 %. Липидный состав на 50 % представлен линолевой кислотой, примерно 8 % составляет линоленовая кислота и около 15 % составляют насыщенные жирные кислоты. Соевые продукты богаты витаминами группы В: ниацином и биотином, а также минеральными элементами. Ряд компонентов соевых бобов обладает выраженными антиоксидантными свойствами. Современные эпидемиологические исследования подтверждают существование отрицательной корреляции между употреблением соевых продуктов и уровнем холестерина в крови. Белки животного происхождения оказывают противоположный эффект [1].

Другим важным объектом внимания являются орехи — древнейшие растения на земле, которые человек использует в питании и при лечении различных заболеваний. Все орехи — это семена, богатые жиром и белком, содержащие многочисленные витамины, минеральные вещества, микроэлементы, а также богатые балластными веществами [2].

Кедр в природной аптеке — самый совершенный могучий целитель, незнающий себе равных. Кедровые орехи имеют обширный спектр полезных веществ. Ядра кедровых орехов содержат все незаменимые аминокислоты, сбалансированность которых близка к идеальной. Кедровый орех превосходит другие орехи по содержанию жира, содержит достаточное количество белка, крахмал, сахар, лимонную кислоту, дубильные вещества, минеральные соли, витамины Е и F, является богатым источником йода [2, 3, 4].

По результатам анализа технологических схем получения жидких растительных основ, представленных в информационно-патентной литературе, сделали вывод, что во всех представленных технологиях можно выделить базовую операционную схему. В то же время дополнительные этапы обработки, встречающиеся в отдельных технологиях, могут способствовать повышению качества жидкой пищевой основы [5–12].

Цель данного исследования — проверить целесообразность дополнительных этапов обработки при получении жидкой растительной основы.

На рисунке представлена базовая схема, курсивом выделены 2 выбранные дополнительные операции — замачивание и выдержка — необходимо проверить их целесообразность.

Технология получения жидкой основы

Подготовленные ядра кедровых орехов замачивают в выбранном экстрагенте в соотношении ядра : жидкость = 1 : (7 – 10) на определенное время, далее проводится механическое измельчение ядер в жидкой среде. Полученная суспензия выдерживается в течение нескольких часов. Температурные режимы для первых трех операций приняты одинаковыми. Далее суспензия фильтруется, пастеризуется и охлаждается до температуры хранения.

В качестве жидкой среды взяли питьевую воду и приготовили 3 образца с ядрами кедрового ореха в соотношении ядра : вода — 1 : 7. Образец № 1 — базовая схема, включающая стадию замачивания ядер перед измельчением; образец № 2 — базовая схема; образец № 3 — базовая схема, включающая стадию выдержки после измельчения.

Органолептический анализ показал, что образцы отличаются по интенсивности вкуса. В образцах № 1 и № 3 с дополнительными операциями выявлен более насыщенный кедровый вкус. Все образцы обладают кедровым ароматом, молочно-белым цветом и однородной жидкой консистенцией, близкой к коровьему молоку.

Подготовка компонентов

↓

Замачивание ядер орехов орехи : жидкость = 1 : (7–10)

$t = 70 \pm 5$ °С, $\tau = 2{,}5$ ч

↓

Измельчение ореховых ядер в жидкости

$t = 70 \pm 5$ °С

↓

Выдержка

$t = 70 \pm 5$ °С, $\tau = 2$ ч

↓

Фильтрование

↓

Пастеризация

$t = 76 \pm 2$ °С, $\tau = 20$ с

↓

Охлаждение до температуры хранения

$t = 4 \pm 2$ °С

↓

Хранение

$t = 4 \pm 2$ °С

Операционная схема получения жидкой растительной основы

Физико-химическая характеристика образцов

№ образца	Показатель		
	Сухие вещества, %	Белок, г/100 г	Жир, г/100 г
Образец № 1	8,8	0,96	7,4
Образец № 2	7,2	0,96	6,1
Образец № 3	8,9	0,96	7,4

В полученных образцах определяли содержание белка, жира и сухих веществ (табл. 1). Анализ показал, что содержание белка не зависит от способа получения, одинаково во всех образцах и составляет 0,96 %, в то же время содержание жира и сухих веществ в образцах с дополнительными операциями выше на 1,3 % и 1,7 % соответственно. Значения этих показателей для базового образца составляют 6,1 % и 7,2 %.

Полученные жидкие основы подвергли сквашиванию ацидофильной закваской. Сквашивание проводили в течение 5 часов. При сквашивании образцов, приготовленных по трем различным схемам, влияние технологии получения на данный процесс не обнаружено. Отличие наблюдается только по вкусовым характеристикам, образцы № 1 и № 3 обладают мягким, более насыщенным кедровым вкусом, по сравнению с образцом № 2, как и в случае жидких образцов. Все образцы образуют однородные сгустки с достаточно густой консистенцией.

Выводы

1. Дополнительные операции при получении жидкой растительной основы, такие как замачивание орехов и выдержка суспензии после измельчения, способствуют повышению ej качества, а именно:

1) повышается интенсивность вкуса;

2) повышается количественный выход сухих веществ, в том числе жира.

2. Рассмотренные дополнительные этапы обработки не оказывают влияние на количественный выход белка и на процесс сквашивания полученных жидких основ.

Список литературы

1. *Бородин Е. А., Меньшикова И. Г.* Применение соевых напитков в качестве средств диетотерапии при лечении и профилактике ишемической болезни сердца: Методическое пособие для врачей-диетологов,

кардиологов и терапевтов. — Благовещенск, Амурская государственная медицинская академия, 2002 . — 25 с.

2. *Артемова Т. З.* Орехи исцеляющие и омолаживающие. — М.; СПб: Диля, 2000. 124 с.

3. *Трепаков М. Р.* Исследовавние физико-химических свойств ореха кедра сибирского и совершенствование способов их переработки. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. т. н. — М., 1981.

4. *Богатырев А. Н., Княжев В. И.* Новый элитный продукт — масло «Кедровый промысел». Пищевая промышленность, 1999, № 1. С. 29.

5. *Жукова Л. П.* Молоко «Ореховое» Молочная промышленность , 2006, № 10. С. 62.

6. $_{(19)}$SU$_{(11)}$1750594 A1 (51) 5 A23C11/10, A23L1/20 (54). Способ приготовления растительного молока.

7. $_{(19)}$RU$_{(11)}$2004137760$_{(13)}$ A1 (51) A23C9/12 (54). Способ получения кисломолочного продукта.

8. $_{(19)}$RU$_{(11)}$92011538$_{(13)}$ A1 (51) 6 A23C9/13, A23L1/36. Способ производства сквашенного продукта на основе суспензии из растительного сырья.

9. $_{(19)}$RU$_{(11)}$2005141344$_{(13)}$ A1 (51) A23C11/00 (54). Способ получения растительного молока из семян зерновых и/или зернобобовых культур и кедровых орехов.

10. $_{(19)}$RU$_{(11)}$2004137189$_{(13)}$ A1 (51) A23C11/00. Способ получения кедрового молока.

11. $_{(19)}$RU$_{(11)}$2284118$_{(13)}$ C2 (51) A23C9/12. Способ получения кисломолочного продукта.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИВОВАРЕННОГО СОЛОДА

М. Ф. Ростовская*, А. Г. Клыков, Ю. В. Приходько***

*Институт пищевых технологий и товароведения
Тихоокеанского государственного экономического университета, г. Владивосток
**Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Уссурийск
E-mail: rost-mf@mail.ru

В Приморском крае яровой ячмень является одной из основных зерновых культур. Из него получают ценное для фуражных целей зерно и солому, вырабатывают крупы (перловую, ячневую и др.). Но, несмотря на то, что самое важное экономическое использование ячменя — производство солода, который используется для получения пива [1], в крае пивоваренные предприятия закупают импортное (Китай, Австралия) и поставляемое из других регионов России сырье. При этом ближайшие отечественные производители находятся на Алтае и в Сибири. В то же время почвенно-климатические условия Приморского края благоприятны для выращивания пивоваренного ячменя [2].

В Приморском крае возделываются в основном три сорта ярового ячменя: Приморский 44, Приморский 89 и Приморский 98. В качестве пивоваренного в Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию по Дальневосточному региону включен сорт Приморский 89.

В Приморском НИИСХ проводится селекционная работа с яровым ячменем в направлении выведения пластичного сорта с потенциальной урожайностью 4,5–5,0 т/га, вегетационным периодом 85–100 суток, устойчивого к полеганию, болезням и прорастанию зерна в колосе.

В настоящее время получены новые сорта ячменя, среди которых могут быть пригодные к использованию в пивоварении. В связи с этим исследования в этом направлении являются, несомненно, актуальными.

Цель настоящей работы — проанализировать 3 районированных и 14 новых сортов ярового ячменя селекции Приморского НИИСХ по технологическим и химическим показателям на пригодность к солодоращению, получить пробные партии солода и исследовать его качество.

Исследования проводились общепринятыми методами [3]. В качестве стандарта использовали сорт ярового ячменя Приморский 89. Характеристика приморских сортов ячменя представлена в табл. 1.

Пивоваренные сорта ячменя согласно ГОСТу [2] должны иметь крупное зерно, способность прорастания выше 95 %, содержание белка ниже 12 %. Не нормируются ГОСТом, но учитываются при солодоращении такие показатели ячменя как пленчатость, экстрактивность зерна и содержание крахмала [4]. Пленчатость для пивоваренных ячменей не должна превышать 10 %. Пленка содержит дубильные и горькие вещества, понижающие качество пива, а экстрактивность толстопленчатых ячменей ниже, чем тонкопленчатых. Экстрактивность пивоваренных ячменей должна находиться в пределах 70–82 %, содержание крахмала — 50–65 %.

Таблица 1. Технологические показатели сортов ярового ячменя

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Способность прорастания, %	Водочувствительность, %	Пленчатость, %	Влажность, %	Содержание белка, %
Приморский 44	42,87	98,5	1	11,0	9,06	11,86
Приморский 89	40,79	98,1	3	7,6	9,23	9,25
Приморский 98	45,74	97,0	8	8,0	10,8	8,89
Приморский 123	49,29	98,2	5	8,7	8,25	9,98
Приморский 128	42,07	99,6	1	8,4	7,60	9,65
Приморский 137	45,84	99,6	2	9,7	7,75	11,56
Приморский 145	47,25	97,5	3	10,4	8,23	9,97
Приморский 146	39,69	99,9	1	10,3	8,05	11,65
Приморский 148	46,42	97,0	1	12,1	7,84	11,43
Приморский 150	39,00	99,2	1	11,0	8,02	11,02
Приморский 152	43,39	98,0	1	10,7	7,92	15,01
Приморский 153	40,56	97,0	1	9,6	7,12	11,77
Приморский 154	40,32	99,6	3	8,8	8,31	12,94
Приморский 156	43,70	99,0	1	11,2	6,65	11,77
Приморский 157	44,35	98,1	4	6,9	7,83	10,87
Приморский 158	47,29	95,5	1	10,9	8,65	14,73
Приморский 160	51,60	98,5	1	9,4	6,80	11,26

Установлено, что кроме пивоваренного сорта ячменя Приморский 89 для солодоращения можно использовать сорт Приморский 98. А из 14 новых сортов интерес для солодоращения по технологическим и химическим показателям представляют сорта Приморский 123, Приморский 128, Приморский 145, Приморский 160 (табл. 1). В остальных сортах содержание белков в пересчете на сухое вещество превышает 12 %. С возрастанием белка в ячмене возрастают трудности по его переработке в солод, и падает качество солода.

Сорта ячменя Приморский 98, 123, 128, 145, 160 имели высокую энергию прорастания 96,5–99,6 % и способность прорастания 97,0–99,9 %. Разница между этими показателями составляла менее 1 %, что благоприятно для равномерного растворения веществ эндосперма и одновременной активацией ферментов во время проращивания. Масса 1000 зерен на сухое вещество составляла 39,0–51,6 г. Пленчатость находилась в пределах 6,9–10,4 %. Все сорта показали низкую водочувствительность.

Из сортов ячменя Приморский 89 и Приморский 98 нами получен светлый солод методом микросоложения. Проращивание ячменя осуществляли при постоянной температуре 15 °С: 1-е замачивание продолжалось 6 ч, затем следовала воздушная пауза 18 ч, 2-е замачивание 4 ч, воздушная пауза 20 ч, 3-е замачивание 2 ч после которого осуществляли проращивание в течение 3 суток, 1 раз в сутки зерно орошали. Во время соложения постоянно контролировали влажность зерна. К концу солодоращения влажность достигала 45,6 %. После проращивания зерно подвяливали в том же термостате, постепенно повышая температуру до 55 °С. Высушивали в другом термостате, доводя температуру до 85 °С.

Полученный солод проанализировали. Показатели качества солода: экстрактивность солода тонкого помола составила 77,6 % (Прим 89), 78,1 % (Прим 98); массовая доля белковых веществ — 9,1 % (Прим 89), 8,6 % (Прим 98); число Кольбаха — 38,5 % (Прим 89), 40,1 % (Прим 98); продолжительность осахаривания — 13 мин (Прим 89), 16 мин (Прим 98). По этим показателям солод, полученный из ячменя сортов Приморский 89 и Приморский 98, относится к солоду 1 класса.

Новые сорта ярового ячменя Приморский 145 и Приморский 160 кроме хорошего качества зерна имели высокую урожайность и другие, ценные селекционно-хозяйственные признаки (табл. 2).

Наибольшая урожайность в сравнении со стандартом Приморский 98 отмечена у сортов Приморский 137–6,0 т/га и Приморский 145–5,7 т/га.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что районированные сорта ячменя Приморский 89, Приморский 98 могут использоваться для получения солода, а новые сорта ярового ячменя Приморский 123, Приморский 128, Приморский 145, Приморский 160 имеют высокие технологические и химические показатели, а также хозяйственно ценные признаки и могут быть рекомендованы для изучения в государственном сортоиспытании как сорта пивоваренного направления.

Таблица 2. Характеристика сортов ярового ячменя конкурсного сортоиспытания по селекционно-хозяйственным признакам

Сорт	Урожайность, т/га	Масса зерна, г		Число зерен в колосе, шт.	Продуктивная кустистость, шт.
		с колоса	с растения		
Приморский 89	4,1	0,9	1,1	18,0	1,4
Приморский 98	5,1	0,6	0,8	16,2	2,0
Приморский 44	4,9	0,8	1,4	19,4	2,0
Приморский 123	4,9	1,0	1,9	20,3	1,9
Приморский 128	4,9	0,9	1,6	21,5	1,8
Приморский 137	6,0	1,0	2,4	20,5	2,4
Приморский 145	5,7	0,9	1,9	19,8	2,6
Приморский 146	5,1	0,6	1,2	16,5	2,0
Приморский 148	5,6	0,6	1,3	19,3	1,9
Приморский 150	5,6	0,7	1,8	18,8	2,7
Приморский 152	5,3	0,9	1,5	21,2	1,9
Приморский 153	5,4	0,6	0,9	18,0	1,9
Приморский 154	5,0	0,7	1,2	18,5	2,1
Приморский 156	4,4	0,8	1,1	21,5	1,4
Приморский 157	5,1	0,8	0,9	20,0	1,5
Приморский 158	5,5	1,0	2,0	20,5	2,4
Приморский 160	5,4	0,5	1,0	19,6	1,0
$НСР_{0,5}$	0,4	0,3	0,5	2,0	0,2

Список литературы

1. *Филиппов Е. Г.* О селекции пивоваренных сортов ячменя для Южного Федерального округа // Селекция и семеноводство. — 2006. — № 1. — С. 9–10.

2. ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный.

3. *Ермолаева Г. А.* Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. СПб.: Профессия. 2004.

4. *Меледина Т. В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. — СПб.: Профессия, 2003.

5. ГОСТ 29294-92.Солод пивоваренный ячменный.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОСИНТЕЗА ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

Н. Ю. Шарова*, Н. В. Каменькова*, Ю. А. Пилькина*, Н. В. Баракова**

*ГУ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых ароматизаторов, кислот, красителей
E-mail: vniipakk@peterlink.ru
**Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: refr@safrt.spb.ru

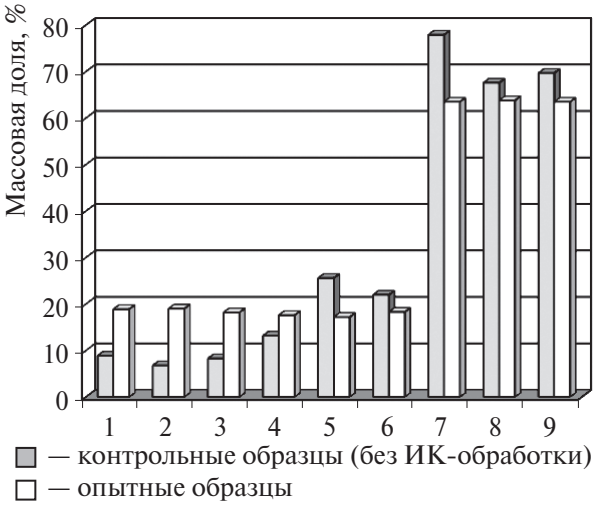
Для активного синтеза лимонной кислоты в питательной среде должны содержаться: углеводы, азот, фосфор, калий, магний, цинк и другие элементы. Источниками получения питательной среды с указанными компонентами могут служить гидролизаты крахмалсодержащего сырья. Все действующие и предлагаемые технологии получения гидролизатов крахмалсодержащего сырья предусматривают решение задачи перевода крахмала зерна в растворимое состояние. На практике это достигается механической и водно-тепловой обработкой зерна, включающей его очистку, измельчение, приготовление замеса и его тепловую обработку, которая предусматривает разваривание крахмалсодержащего сырья при высоких температурах (130–140 °С). Более перспективным, ресурсосберегающим способом получения гидролизатов является способ механико-ферментативной обработки измельченного сырья, при котором разваривание измельченного сырья осуществляется при температуре ниже 100 °С.При таком режиме процесс теплового растворения, безусловно, не является значимым, и должен быть восполнен любыми другими альтернативными способами деструкции веществ зерна. Одним из таких способов изменения технологических свойств сырья является ИК-нагрев, который изменяет биохимические показатели, прочностные свойства и капиллярно-пористую структуру зерновки.

Источник ИК-излучения создает электромагнитное поле, служащее носителем электроэнергии: тепловая энергия передается с помощью этого поля и поглощается предметами окружающей среды, т.е. атомами облучаемого вещества. Особенностью передачи тепла материалам, нагреваемым инфракрасным излучением, по сравнению с конвективной передачей является возможность создания во много раз большей плотности потока тепла. Это позволяет достичь значительно больших скоростей прогрева материала. Используя быстрый нагрев до высоких температур, возможно изменять технологические свойства сырья.

В процессе ИК-обработки зерновое сырье вспучивается, увеличивается в объеме и растрескивается вследствие воздействия повышенной температуры (110–150 °С). Влага, равномерно распределенная по объему зерновки, начинает по капиллярам, порам, трещинам двигаться к центру зерновки (по направлению теплового потока). Так как плотность потока ИК-излучения выбирается достаточно большой, то капиллярные соединения оболочки зерна быстро разрушаются, и влага, перемещенная в начале процесса в центр зерновки, не имеет выхода наружу. При повышении температуры происходит ее испарение, давление водяных паров резко увеличивается, происходит «взрыв» зерновки изнутри, в результате чего разрушается структурный каркас зерна, что способствует снижению энергозатрат при его дальнейшей обработке (помоле, плющении и т. д.). Кроме того, ИК-излучение приводит к интенсификации биохимических процессов в обрабатываемом продукте вследствие резонансного поглощения энергии излучения молекулами белков и полисахаридов. При нагревании зерна ИК-излучением до 20 % крахмала, содержащегося в зерне, переходит в декстрины, разрушаются токсичные вещества, происходит легкая денатурация белка. Таким образом, можно достичь деструкции зернового сырья до уровня, удовлетворяющего потребности того или иного технологического процесса.

Целью данной работы являлось исследование целесообразности использования ИК-излучения для интенсификации процесса получения гидролизатов зерновых культур для их ферментации в лимонную кислоту продуцентом-микромицетом Aspergillus niger штамм Л-4.

Применительно к производству лимонной кислоты ИК-излучение может быть эффективно использовано для деструкции перспективного крахмалсодержащего сырья: пшеницы, ржи и ячменя. При получении гидролизатов крахмалсодержащего сырья по «мягкой» схеме разваривания очень важно получение мелкого и равномерного помола зернового сырья. С использованием ИК-обработки возможно достигнуть подобного помола с максимальным разупрочнением зерновки, деструкции крахмала и некрахмальных полисахаридов. Для максимального использования биохимического потенциала продуцента лимонной кислоты при его культивировании глубинным способом растительные полисахариды необходимо перевести в более доступную форму, а именно, в моно-, ди- и олигосахариды, для этого необходимо провести их ферментативный гидролиз.



Углеводный состав гидролизатов муки после ИК-обработки: 1–3 — глюкоза; 4–6 — мальтоза; 7–9 — декстрины; 1, 5, 7 — рожь; 2, 5, 8 — ячмень;3, 6, 9 — пшеница

В рамках выполнения данной исследовательской работы зерновые культуры: пшеницу, ячмень, рожь обрабатывали ИК-нагревом мощностью воздействия 2 Вт/см^2 течение 2 мин. Зерновые помолы получали методом механического истирания, степень измельчения составляла 100 %-ый проход через сито диаметром 1 мм. Ферментативный гидролиз растительных полимеров проводили с использованием препаратов фирмы «Эрбсле Гайзенхайм»: термостабильной кислотоустойчивой α-амилазы Bacillus licheniformis stearothermophilus (АС=950 ед./см^3) — *Дистицима БА-Т Специал*; термостабильной β-глюканазы (β-ГкС=2200 ед./см^3) и ксиланазы (КС = 1000 ед./см^3), синтезируемых *Trichoderma longibrachiatum* — *Дистицима XL*; глюкоамилазы (ГлА = 6500 ед./см^3) и α-амилазы (АС = 250 ед./см^3), синтезируемых Aspergillus niger — *Дистицима АГ*, а также кислой протеиназы Aspergillus niger (ПС = 320 ед./см^3) — *Дистицима Простацида Экстра*.

Конверсия сахаров в лимонную кислоту осуществлялась глубинным культивированием штамма Aspergillus niger Л-4 на встряхивающем аппарате АВУ–50Р по технологии концентрированных сред. Количественный анализ углеводного состава гидролизатов проводили методом Зихерда–Блейера в модификации Смирнова, определяя их содержание по глюкозе, мальтозе и декстринам. В процессе работы определяли: массовые концентрации редуцирующих веществ, неферментируемых сахаров — эбулиостатическим методом; ВСБ (воздушно-сухая биомасса) — высушиванием при температуре (105±1) °С до постоянного веса; органических кислот — титрометрическим методом; лимонной, глюконовой и щавелевой кислот — методом разделения кальциевых солей.

В результате исследований установлено, что при воздействии нагревом ИК-лучами при температуре 120 °С в течение 2 мин в сочетании с гидролизом ферментными препаратами, в условиях, приближенных к оптимальным достигается углеводный состав, отвечающий потребностям продуцента (см. рисунок). Конверсия сахаров в лимонную кислоту при глубинном культивировании штамма Aspergillus niger Л-4 на встряхивающем аппарате АВУ-50Р по технологии концентрированных сред в сравнении с контролем (без ИК-обработки) и традиционным сырьем — мелассой увеличилась на 10–13 % (см. таблицу).

Показатели процесса ферментации гидролизатов и центрифугатов зерновых помолов из ИК-обработанных зерновых культур

Наименование сырья	Массовая доля лимонной кислоты, %	Конверсия сахаров в лимонную кислоту, %	Интенсивность биоконверсии лимонной кислоты г/дм^{3}сут	ВСБ г/дм^3
Меласса	88	67,9	14,1	17,5
Зерно без ИК-обработки				
Пшеница	90,0	68,1	21,5	18,7
Ячмень	87,9	66,8	17,0	16,2
Рожь	87,8	64,8	15,6	16,3
Зерно с ИК-обработкой при 120° в течении 2 мин				
Пшеница	90,2	77,3	22,8	17,8
Ячмень	89,2	76,3	15,8	16
Рожь	88,2	75,3	15,6	16,3
Гидролизаты ржи, не обработанной ИК-нагревом, полученные без применения глюкоамилазы				
Гидролизат	79,3	60,3	15,1	16,2
Центрифугат	88,6	65,8	16,1	13,6
Гидролизаты ржи, обработанной ИК-нагревом при 120° в течении 2 мин, полученные без применения глюкоамилазы				
Гидролизат	83,2	64,3	15,6	16,2
Центрифугат	92	70	16,8	12,8

Поскольку продуцент лимонной кислоты — микромицет Aspergilllus niger при биотрансформации крахмалсодержащего сырья синтезирует амилолитические ферменты, из которых ключевым на стадии осахаривания является глюкоамилаза, то интерес представляло также изучить биосинтез лимонной кислоты при ферментации гидролизатов зерновых помолов и их центрифугатов, полученных без использования препарата с глюкоамилазной активностью (*Дистицим АГ*). Результаты культивирования лимонной кислоты на полученных гидролизатах и их центрифугатах приведены в таблице.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что достигнуто увеличение массовой доли моно- и олигосахаридов (в пересчете на глюкозу и мальтозу) в гидролизатах на 5–8 %, лимонной кислоты в ферментированном растворе на 13 % и конверсии сахаров в лимонную кислоту до 82–83 %, что на 20 % выше по сравнению с контрольным вариантом (без ИК-обработки). В сравнении с традиционным сырьем — мелассой показатели процесса увеличились соответственно на 6 % и 15 %. Таким образом, использование ИК-излучения при подготовке зернового сырья к ферментации в лимонную кислоту эффективно для увеличения доступности растительных субстратов при последующем проведении гидролиза ферментными препаратами и ферментной системой самого продуцента. Уровень показателей процесса ферментации свидетельствуют о возможности расширения сырьевой базы для микробиологического производства лимонной кислоты за счет использования потенциала природных источников, не требующих в отличие от мелассы реагентной обработки экологически опасными веществами.

СОХРАНЕНИЕ ЙОДА В ЛИСТАХ ИЗ ЛАМИНАРИИ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

О. Н. Быканова

Дальрыбвтуз, г. Владивосток

В последнее время общемировые тенденции развития пищевой отрасли сводятся к созданию продуктов, обладающих функциональными свойствами, потребление которых снижает риск развития различных заболеваний [1]. Под функциональными продуктами понимают пищевые продукты, предназначенные для систематического ежедневного употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающие риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющие и улучающие здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов [2].

Рост заболеваний населения, связанных с дефицитом йода в организме, предопределяет использование морских бурых водорослей для конструирования новых пищевых продуктов с заданными составом и свойствами, с высокими органолептическими и биологическими показателями.

Использование нерыбных объектов промысла перспективно, т. к. при малой жирности они являются источников полноценных белков, а по содержанию микроэлементов и биологически активны веществ они намного превосходят другие виды продуктов.

Лидирующее положение по данному показателю занимают морские водоросли, содержание йода в которых составляет 0,1–0,8 % (бурые) и 0,1–0,15 % (красные) [3]. В настоящее время имеются данные о видах водорослей с более низким его содержанием — в цистозире, например, 0,015, хондрусе — 0,025 % массы сухого вещества [4]. Отмечено наличие сезонных изменений в накоплении йода в морских водорослях [5].

Несмотря на невысокую энергоценность, морская капуста отличается большим содержанием йода, минеральных веществ, пищевых волокон, а также витаминов группы В. При этом особенно важным представляется то, что эти природные «обогатительные фабрики» преобразуют находящиеся в морской воде неорганические соединения йода в органические, которые максимально приемлемы и полезны для организма человека [6].

Известно, что йод необходим для нормальной жизнедеятельности человека. Его основная биологическая функция состоит в поддержании функции щитовидной железы и выработке ею гормона — тироксина. Физиологическая роль которого очень велика — это контроль за интенсивностью основного обмена, влияние на водно-солевой, жировой и углеводный обмены. Он активно воздействует на физическое и психическое развитие человека, участвует в регуляции деятельности центральной нервной системы, влияет на эмоциональный тонус человека, на деятельность сердечно-сосудистой системы и печени.

Современными медико-биологическими исследованиями также доказано, что ламинариевые препараты могут активно воздействовать на холестерин, повышают уровень гемоглобина и эритроцитов в крови, улучшают перистальтику желудочно-кишечного тракта, обладают бактерицидными свойствами, оказывают положительное влияние на нервную систему [7].

Уменьшение влияния радионуклидов на организм возможно путем употребления пищевых продуктов с использованием ламинарии, а также полифункциональных препаратов из бурых водорослей, так как полисахариды бурых водорослей — альгиновая кислота и ее соли обладают высокой селективной сорбционной активностью по отношению к радиоактивным и тяжелым металлам.

Альгинатсодержащие продукты действуют как стабилизаторы и эмульгаторы в пищевых системах. При введении в состав пищевых продуктов альгинаты не теряют своих функциональных свойств, что предопределяет их использование в составе продукции лечебно-профилактического назначения. Получение из водорослей продуктов с различными реологическими свойствами можно регулировать путем подбора соответствующих технологических режимов.

В широко используемых технологиях получения готовых изделий из ламинарии предусмотрены замачивание и варка водоросли, при которых в раствор переходит значительная часть минеральных элементов, аминокислот, углеводов, а это негативно сказывается на ее биологической ценности, в том числе на наличие в ней йода.

В тканях извлеченных из воды водорослей нарушаются обменные процессы в первую очередь под действием ферментов и микроорганизмов, влияющих на углеводные составляющие. При этом

разрушаются ценные компоненты: альгиновая кислота, маннит, агар, белки, образуются аминокислоты, органические кислоты, спирты и альдегиды. На глубоких стадиях образуются аммиак и сероводород.

У ламинарий изменяется вид поверхности — тускнеет эпидермис, появляется слизь, при глубоко зашедших процессах могут разрушаться ткани.

При складировании сырой ламинарии в ней под действием ферментов и микроорганизмов образуется аммиак и сероводород, за счет обесцвечивания ксантофилла изменяется его желирующая способность [8].

Для предотвращения описанных процессов сырые водоросли предохраняют от порчи охлаждением или высушиванием на солнце до содержания воды 18–20 % (естественная или солнечная сушка), нагретым воздухом (искусственная сушка) или комбинируя солнечную и искусственную сушку. Режим высушивания должен обеспечить сохранность всех ценных природных веществ, ради которых водоросли добывают. Сушеные водоросли обладают малой прочностью, что обуславливает нарушение целостности слоевищ в процессе хранения [9]. Можно предположить, что недостатки могут быть устранены путем добавления к морской капусте полисахарида животного происхождению — хитозана.

Его способность образовывать полиэлектролитные комплексы с некрахмальными полисахаридами, в том числе составляющими компонентами морской капусты, является разработка технологии сушеного продукта из ламинарии функциональной направленности.

В ламинарии йод содержится главным образом в виде йодных солей, меньшая доля его приходится на йодаминокислотные комплексы и очень небольшая часть находится в свободном состоянии. Эксперименты показали, что содержание йода в высушенной морской капусте (0,6) меньше чем в сырой (1,2). По всей вероятности, это можно объяснить неустойчивостью йодаминокислотных комплексов и удалением свободного йода в процессе сушки [10].

Содержание йода также зависит от температуры сушки. В технологии производства медицинской крупки и порошка используется электрическая сушка при 40 °С или 95 °С. В технологии Кинтаро-Кимуро [11] также помимо сушки на воздухе (20–35 °С) предлагается электрическая сушка. Экспериментально было установлено, что при повышении температуры сушки выше 40 °С йод полностью удаляется из продукта, то же происходит при большем повышении температуры сушки (до 95 °С).

Цель работы состояла в разработке технологии сушеных листов из ламинарии с добавлением хитозана и сохранением ценного элемента — йода.

При создании готового продукта необходимо сохранить полезные свойства сырья, применяя щадящие режимы переработки.

Сырьем для производства листов морской капусты служили шинкованные и не шинкованные слоевища морской капусты (ламинарии) (ТУ 15-01 213-95).

Определение массовой доли йода осуществляли титриметрическим методом по МУК 4.1.1106-02.

Была разработана технологическая схема, которая включала следующие процессы: измельчение сырья, приготовление суспензии оптимального состава и ее гомогенизацию, формование, совмещенное с фильтрацией и сушкой.

Измельчение осуществляли в случае использования не шинкованных слоевищ ламинарии, гомогенизацию — до достижения размеров частиц морской капусты 2×2 мм^2.

По разработанной технологии формовали сушеные листы морской капусты размером 20×20 см.

Результаты исследований показали, что оптимальной обработкой сокращающей потери йода является естественная сушка листов морской капусты, при комнатной температуре, или искусственная — в диапазоне температур 20–35 °С.

Оптимальный режим формования листов ламинарии позволил получить качественные однородные целостные листы, обладающие прогнозируемыми органолептическими свойствами.

В результате применения реализованной технологии получили продукт прочной структуры, хорошо поддающийся деформации, светло-зеленого цвета, однородный по всей площади с одинаковой толщиной. Продукт обладает слабовыраженным гармоничным запахом морской капусты, без примесей запаха хитозана и уксусной кислоты.

Результаты исследований показали, что содержание йода в формованных сушеных листах морской капусты составляет 0,55 % массы листа. Для сравнения был использован импортный образец сушеного листа морской капусты (Корея, завод Дэрюк Мульсан). При определении содержания йода в котором был получен отрицательный результат.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что использование хитозана позволило повысить уровень йода, который в значительной степени теряется при традиционной технологии.

Формованные сушеные листы из ламинарии с хитозаном, могут быть использованы в популярной японской кухни для приготовления суши и рекомендованы для профилактики сердечно — сосудистых заболеваний и ожирения, для производства медицинской крупки и порошка.

Список литературы

1. *Доронин А. Ф., Шендеров Б. А.* Функциональное питание. — М.: ГРАНТЪ, 2002. — 26 с.

2. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения.

3. *Кизеветтер И. В.* Технология обработки водного сырья. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 698 с.

4. *Аминина Н. М., Подкорытова А. В., Вишневская Т. И.., Крупнова Т. Н.* Химический состав морских водорослей залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 2–8.

5. *Аминина Н. М., Подкорытова А. В.* Сезонная динамика химического состава *Laminaria japonica*, культивируемой у берегов Приморья // Раст. ресурсы. — 1992. — Т. 28. Вып. 3. — С. 137–140.

6. *Злобин В. С., Федоров А. Ф.* Использование ламинариевых водорослей в антирадиационных, лечебно-профилактических и косметологических целях. «Рыбное хозяйство», 2004. № 3. С. 54–57.

7. *Злобин В. С., Федоров А. Ф.* Использование ламинариевых водорослей в антирадиационных, лечебно-профилактических и косметологических целях. «Рыбное хозяйство», 2004. № 3. С. 54–57.

8. *Сафронова Т. М., Дацун В. Д.* Сырье и материалы рыбной промышленности. М.: Мир, 2004.

9. *Кизеветтер.* Промысел и обработка морских растений в Приморье. — Владивосток, 1960. — 122 с.

10. *Супрунова.* ХДТ 300/78-79, гос. № 78050682 Интенсификация процесса сушки морской капусты.

11. *Кинтаро-Кимура.* Обработка рыбы и других водных промысловых. Часть I. — М.:Пищепромиздат, 1939.

АМИЛОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ ГРИБА Aspergillus niger

А. В. Кабанов, Н. Ю. Шарова, Т. А. Никифорова

ГУ Всероссийский НИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей, Санкт-Петербург
E-mail: vniipakk@peterlink.ru

В последние десятилетия в хлебопекарной промышленности наряду с классическими солодовыми ферментами активно используются амилолитические ферменты грибного и бактериального происхождения. По данным литературы грибные амилазы обладают определенным преимуществом перед бактериальными, позволяя получать продукцию более высокого качества. Промышленностью востребованы амилолитические ферменты продуцируемые аспергиллами благодаря ряду технологических качеств и дешевизне.

В ГУ ВНИИПАКК разработана технология лимонной кислоты при ферментации гидролизатов крахмала промышленным штаммом микромицета Aspergillus niger Л-4, позволяющая в одном технологическом процессе получать лимонную кислоту и комплекс кислотостабильных гидролитических ферментов, востребованных в пищевой промышленности. В основном они представлены альфа- и глюкоамилазой, гидролизующими крахмал.

Выделение амилаз из культуральной жидкости проводили методами мембранной технологии. Очистку глюкоамилазы — путем гель-хроматографии или препаративного электрофореза. Для тонкой очистки альфа-амилазы использовали аффинную хромотографию.

Результаты исследования аминокислотного состава и молекулярной гетерогенности амилолитических ферментов полученных в результате культивирования промышленного штамма показали, что они существенно отличаются от таковых для природных аспергиллов. Сделано предположение, что различия возникли в результате мутаций, сопровождавших процесс создания промышленного штамма-продуцента, и затрагивают не только общее количество аминокислотных остатков, но также полярность и характер гликозилирования (в случае глюкоамилазы).

Исследования количественных параметров метаболизма ферментов по методу Ариас и Шимке показали, что константа секреции ($K_{\text{секр.}}$) глюкоамилазы составляет 36,1 мкг/(мл·сут), константа деградации ($K_{\text{д}}$) — 0,43 сут$^{-1}$, период полусуществования ($T_{1/2}$) — 1,6 сут.; для альфа-амилазы эти величины составили: $K_{\text{секр.}} = 104{,}35$ мкг/(мл·сут), $K_{\text{д}} = 0{,}341$ сут$^{-1}$, $T_{1/2} = 2{,}03$ сут. На основании полученных данных сделано заключение, что амилолитические ферменты секретируются со сравнительно умеренной скоростью и быстро распадаются, по-видимому, под влиянием секреторной протеиназы. Альфа-амилаза секретируется несколько активнее и функционирует дольше, чем глюкоамилаза.

Показано, что амилаза и глюкоамилаза, синтезируемые Aspergillus niger — это индуцибельные ферменты, так как добавление в культуральную среду основного субстрата — гидролизованного крахмала вызывало почти стократное увеличение их биосинтеза, что косвенно определено по уровню ферментативной активности в культуральной жидкости.

Результаты исследования кинетики показали, что значение константы Михаэлиса для исследованной глюкоамилазы при гидролизе крахмала составляет $2{,}8 \cdot 10^{-4}$ моль, для альфа-амилазы — $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ моль; максимальная скорость реакции для глюкоамилазы — 0,13 ммоль/мин, для альфа-амилазы — 50 ммоль/мин. В целом альфа-амилаза является более активным ферментом. Оптимальными условиями для проявления ферментативной активности изучаемых альфа- и глюкоамилазы являются температура около 50 °С и диапазон pH 4,5–5,0 ед. В целом амилазы промышленного штамма Aspergillus niger — продуцента лимонной кислоты можно охарактеризовать как сравнительно термостабильные, высокоактивные и проявляющие биокаталитические свойства в слабокислой среде ферменты.

Выявленные свойства создали перспективу применения глюкоамилазы и альфа-амилазы, синтезируемых продуцентом лимонной кислоты — микромицетом Aspergillus niger, в пищевой промышленности, в технологиях, требующих проведение процесса при низких значениях pH. В частности, возможно их использование для интенсификации процесса брожения при приготовлении хлебобулочных изделий. Результаты испытаний комплексного ферментного препарата, содержащего альфа- и глюкоамилазу, в приготовлении батона нарезного из муки пшеничной высшего сорта (совместно с сотрудниками СПбФ ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии) позволили рекомендовать его в качестве вспомогательного технологического средства для хлебопечения. Так, наблюдалось улучшение подъемной силы теста опытных вариантов до 5–3 мин против 11 мин в контрольном тесте. Это, очевидно, связано с высокой глюкоамилазной и осахаривающей способностью комплексного препарата, то есть образуется достаточное

количество простых сахаров, которые являются питанием для дрожжей. Полученные после выпекания опытные образцы хлеба характеризовались лучшими физико-химическими показателями: увеличение удельного объема составило от 6 % до 12 %, а пористости — от 4 % до 15 % против контрольного образца. При хранении опытных образцов изделий в течение 24 ч и 48 ч наблюдали замедление процесса черствения. В сравнении с контрольными образцы хлеба, приготовленные с применением комплексного препарата, характеризовались несколько осветленным и нежным мякишем. Пористость хлеба была тонкостенная.

Таким образом, микромицет — кислотообразователь Aspergillus niger в определенных условиях культивирования способен продуктивно синтезировать наряду с основным продуктом микробного синтеза — лимонной кислотой и дополнительные метаболиты — ферменты альфа- и глюкоамилазу — естественные биокатализаторы гидролиза высокомолекулярных полисахаридов (крахмал). Их введение в состав мультиэнзимных композиций, комплексных препаратов и пищевых добавок позволит расширить ассортимент продукции профильных предприятий.

ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Е. С. Сергачева*, М. Ю. Кукин**

*ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
http//www.gunipt.spb.ru
*ГУ ВНИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей РАСХН
E-mail: vniipakk@peterlink.ru

Недостаточное поступление микронутриентов с пищей — общая проблема всех цивилизованных стран. Как показывает мировой и отечественный опыт, наиболее эффективным и доступным путем улучшения обеспеченности микронутриентами является дополнительное обогащение ими продуктов питания до уровня, соответствующего физиологическим потребностям человека.

Железо играет важную роль в поддержании нормальной жизнедеятельности человека. Этот элемент входит в состав гемоглобина и ферментов, участвует в процессах кроветворения, дыхания и биологического окисления. Проблема сочетания дефицита витаминов и железа имеет особое значение для детей и женщин детородного возраста, в том числе беременных, потребность которых в железе не может быть удовлетворена за счет его поступления с обычным рационом. В то же время дефицит железа не является проблемой для мужчин, потребность которых в этом элементе существенно ниже. Эффективным путем решения этой проблемы является включение в рацион пищевых продуктов, обогащенных необходимыми нутриентами.

В России для обогащения пищевых продуктов железом в основном используется сульфат двухвалентного железа и восстановленное железо в виде порошка. Ионы железа являются катализаторами процессов свободнорадикального окисления, поэтому хорошо растворимый сульфат железа вызывает нежелательные изменения в обогащаемом продукте (прогоркание липидов, разрушение витаминов и др.). Нерастворимое в воде восстановленное железо лишено этого недостатка, но при его использовании очень трудно добиться равномерного распределения железа по всему объему продукта. Кроме того, восстановленное железо имеет низкую биодоступность. Для обогащения пищевых продуктов нами предложено использовать комплексные соединения железа, обладающие хорошей растворимостью в воде — цитраты аммония-железа — пищевую добавку Е381. Благодаря прочной связи железа в комплексе эти соединения, в отличие от других хорошо растворимых в воде соединений железа, оказывают минимальное негативное воздействие на обогащаемый продукт. Разработана технология и необходимая документация для производства пищевой добавки Е381.

На кафедре пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья СПбГУНиПТ было проведено исследование влияния различных железосодержащих добавок на свойства теста в процессе созревания и на качество хлеба из пшеничной муки. Основной целью этой работы являлось изучение возможности обогащения хлеба физиологическими количествами железа.

В работе изучали 3 образца теста из пшеничной муки высшего сорта:

I образец (контроль) — без внесения железа;

II образец — с внесением сульфата железа (II) $FeSO_4$;

III образец — с внесением цитрата аммония-железа (ЦАЖ).

Соединения железа вносились в количествах, соответствующих 30 % от рекомендуемой нормы потребления железа (15 мг/сут) в 400 г готового хлеба. Перед внесением в тесто указанные добавки растворяли в воде.

Тесто готовилось однофазным ускоренным способом с применением инстантных дрожжей. Тесто замешивали на тестомесильной машине в течение 3-х мин на первой скорости и 5-ти мин на второй. После 30-ти минутной отлежки тесто разделывали, сформованные тестовые заготовки помещали в расстойный шкаф с температурой 35–37 °С и относительной влажностью воздуха 75–85 %. Расстойку вели до готовности образцов, затем заготовки выпекали с пароувлажнением пекарной камеры при температуре 210 °С.

Тесто анализировали сразу после замеса, после отлежки и после расстойки. Определяли массовую долю влаги, кислотность, количество и качество клейковины в тесте, реологические свойства теста на пенетрометре, оценивали органолептические показатели.

В ходе эксперимента установлено, что внесение добавок не оказало существенного влияния на продолжительность окончательной расстойки, массовую долю влаги и титруемую кислотность теста. Между тем, в образцах 2 и 3 увеличивалось количество отмываемой из теста клейковины соответственно на 24 и 21 % по сравнению с контролем. Наряду с этим, клейковина обладала большей упругостью (ИДК меньше соответственно на 6 и 14 %). Это привело к изменению реологических свойств теста и качества хлеба, что подтверждается результатами определения структурно-механических свойств на пенетрометре. Сразу после замеса реологические свойства различных образцов теста существенно не различались, а в конце созревания тесто с добавлением железа характеризовалось более высоким напряжением сдвига по сравнению с контролем (рис. 1).

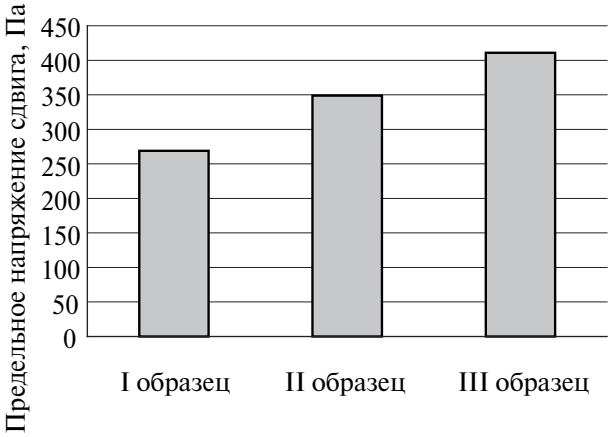


Рис. 1 Изменение реологических характеристик теста при добавлении различных препаратов железа

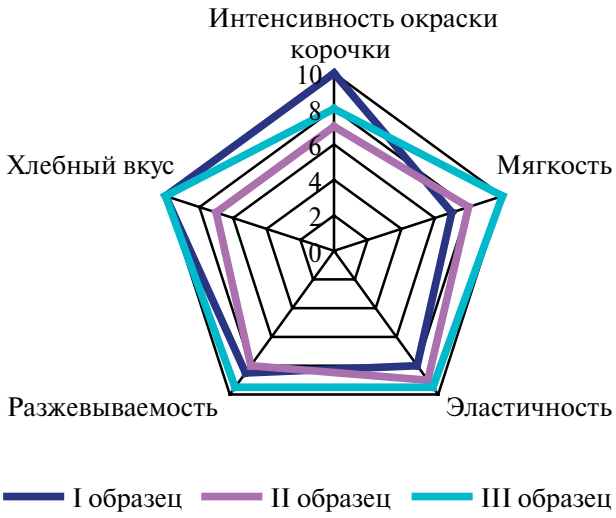


Рис. 2. Органолептические характеристики хлеба

Готовые изделия анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям через 16 ч после выпечки. Определяли удельный объем, формоустойчивость подового хлеба, массовую долю влаги, кислотность, пористость, структурно-механические свойства мякиша, органолептические характеристики.

Анализ готовых изделий показал, что добавление препарата $FeSO_4$ увеличивает удельный объем хлеба на 2 %, а ЦАЖ — на 10 % по сравнению с контрольным образцом. Формоустойчивость подовых изделий с железом несколько лучше контроля. Общая деформация сжатия мякиша хлеба у образцов 2 и 3 выше, чем у контрольного, соответственно на 10 и 17 %. Массовая доля влаги и кислотность у различных образцов хлеба существенно не отличается и соответствует требованиям ГОСТ.

Цвет мякиша образцов хлеба белый, причем с добавлением железа немного светлее контроля. Пористость неравномерная, стенки пор средней толщины. Хлеб имел свойственный пшеничному хлебу вкус и аромат, однако у хлеба с сульфатом железа присутствовал слабый посторонний привкус и запах. Диаграмма органолептических характеристик готовых изделий представлена на рис. 2.

Железосодержащие добавки оказали влияние на изменение свойств теста, а вследствие этого — и на качество готовой продукции. Добавление цитратов аммония-железа не изменило вкусовые характеристики хлеба, кроме этого наблюдалось улучшение некоторых показателей качества готовых изделий (объем, пористость, сжимаемость).

Благодаря этому использование ЦАЖ перспективно для обогащения железом широкого ассортимента хлебобулочных изделий.

ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ИНГИБИТОРА ГЛИКОЗИДАЗ

О. А. Ходкевич, Н. Ю. Шарова

ГУ Всероссийский НИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей
Российской академии сельскохозяйственных наук, Санкт-Петербург
E-mail: vniipakk@peterlink.ru

В настоящее время возрос интерес к ингибиторам гликозидаз, обусловленный их возможностью эффективно тормозить процессы усвоения пищевых поли- и олигосахаридов с целью снижения уровня сахара в крови при патологиях, связанных с нарушениями углеводного обмена. Накоплены данные, убедительно свидетельствующие о том, что одной из основных причин развития диабета и вызванных им побочных явлений — это несбалансированное по углеводным компонентам питание. Одним из подходов для предотвращения таких нежелательных последствий является создание функциональных пищевых добавок на основе ингибиторов гликозидаз.

В рамках НТП Россельхозакадемии в ГУ ВНИИПАКК проведены исследования по созданию новой пищевой добавки функционального назначения на основе ингибитора α-гликозидаз.

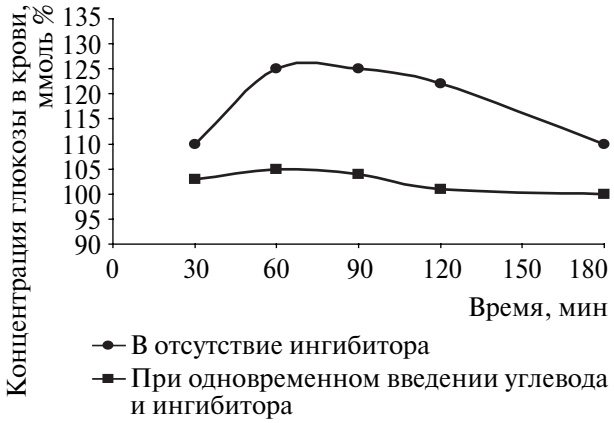
В результате скрининга актиномицетов из коллекционного генофонда института получен штамм *Streptomyces lucensis* (S 665), способный синтезировать ингибитор α-гликозидаз, который был принят на национальное патентное депонирование во Всероссийскую Коллекцию Промышленных микроорганизмов под коллекционным номером ВКПМ Ac-1743.

Разработаны условия продуктивного биосинтеза ингибитора селекционированным продуцентом при ферментации сред, содержащих гидролизаты кукурузного крахмала. Из культуральной жидкости с использованием методов баромембранной технологии (ультрафильтрация через полые волокна) получен препарат ингибитора α-гликозида, не содержащий клетки продуцента, с активностью (700000±1000) ИЕ/г.

Принципиальная технологическая схема получения ингибитора α-гликозидз включает приготовление питательной среды для выращивания посевного мицелия; выращивание посевного мицелия; ферментацию среды, содержащей гидролизат кукурузного крахмала; отделение мицелия от культуральной жидкости; выделение ингибитора α-гликозидаз из ферментированного раствора.

Установлено, что актиномицет продуцирует две формы ингибитора с относительной молекулярной массой (1100±100) и (2100±100). Определены константы ингибирования (Ki) при действии выделенного комплекса ингибиторов на панкреатическую α-амилазу, грибную α-амилазу *Aspergillus niger* и α-амилазу сыворотки человеческой крови. Значение Ki ингибитора по отношению к грибной α-амилазе составило $1{,}4 \cdot 10^{-4}$ моль, к панкреатической α-амилазе — $6{,}5 \cdot 10^{-5}$ моль, а к α-амилазе сыворотки человеческой крови — $1{,}7 \cdot 10^{-6}$ моль. Таким образом, полученный ингибитор проявляет высокое сродство к амилазам различного происхождения, т. е. обладает широким спектром действия.

Выделенный ингибитор обратимо и по конкурентному типу действует на α-амилазы животного происхождения, а именно, из панкреаса свиньи и из крови человека. Данные подтверждены результатами испытаний in vivo, проведенными совместно с сотрудниками ВМА им. С. М. Кирова. Установлено, что пероральное введение ингибитора гликозидаз в дозе 0,5 г/(кг массы крысы) на фоне углеводной нагрузки крахмалом в дозе 3,0 г/(кг массы крысы) вызывает снижение активности ферментов желудочно-кишечного тракта, участвующих в переваривании полисахаридов. Вследствие этого колебания уровня глюкозы в крови животных были незначительны в отличие от таковых при нагрузке крахмалом без ингибитора (см. рисунок).



Зависимость содержания глюкозы в крови из хвостовой вены крыс от времени в условиях углеводной нагрузки растворимым крахмалом в концентрации 3 г/кг веса крысы

Установлена углеводная природа и оценена термо- и pH-стабильность синтезированного ингибитора α-гликозидаз.

Выявлено, что он сохраняет практически 100 %-ую активность при термостатировании в течение 60...180 мин при температуре от 20 °С до 200 °С и pH от 3 до 9 ед., т. е. является термо- и pH-стабильным.

Сохранение ингибиторной активности после термообработки позволило предположить возможность использования нового ингибитора α-гликозидаз в технологиях пищевых продуктов функционального назначения, требующих высокотемпературной обработки (например, в хлебопечении).

Высказанное предположение нашло подтверждение в результатах исследований по влиянию ингибитора α-гликозидаз на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки. Разработаны 5 рецептур комплексных пищевых добавок с добавлением ингибитора α-гликозидаз, включающие цитрат калия и мальтодекстрин, которые были испытаны в хлебобулочных изделиях из пшеничной муки совместно с СПбФИХП Россельхозакадемии. Результаты исследований показали, что при брожении теста и выпечке хлеба ингибиторная активность сохраняется практически полностью без изменения органолептических показателей продукта.

Выявлено, что углеводный состав хлебобулочных изделий с добавлением комплексной пищевой добавки изменяется: количество глюкозы уменьшается на 20...30 %, что создает возможность получить хлебобулочный продукт с низким гликемическим индексом, тогда как традиционные хлебобулочные изделия отличаются высоким значением этого показателя. Таким образом, существует перспектива получения диетического продукта для лиц с нарушениями углеводного обмена.

Полученные результаты исследований обосновывают целесообразность введения ингибитора α-гликозидаз в составы комплексных пищевых добавок для получения функциональных пищевых продуктов специального назначения (например, антидиабетических).

ОБОГАЩЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НУТРИЕНТАМИ НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ ПИЩЕВЫХ КИСЛОТ

Л. В. Новинюк[*], **Т. А. Кудрявцева**[**], **Н. Н. Пискова**[**], **Е. Н. Роговая**[**]

[*] ГУ ВНИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей РАСХН, г. Санкт-Петербург
E-mail: vniipakk@peteulink.ru
[**] Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Важнейшей проблемой в области здорового питания, не решенной в настоящее время в достаточной степени, является низкая обеспеченность населения жизненно необходимыми нутриентами, такими как кальций, магний, калий, железо, цинк, недостаточное потребление которых может быть причиной серьезных заболеваний.

По данным Института питания РАМН суточное потребление населением эссенциальных микронутриентов в России на сегодня составляет в среднем лишь 50 % от рекомендуемой нормы. По мнению специалистов наиболее эффективный и доступный путь улучшения обеспеченности населения минеральными веществами — это дополнительное обогащение ими продуктов питания до уровня соответствующего физиологическим потребностям человека, в первую очередь, продуктов широкого потребления, таких как молоко и кисломолочные продукты, различные напитки на их основе [1].

Первоочередная задача при создании пищевых продуктов заключается в необходимости использования для обогащения биодоступных источников минеральных веществ предпочтительно в органической легкоусвояемой форме. В этом отношении, наиболее полно удовлетворяют требованиям пищевой технологии соли пищевых кислот — цитраты и лактаты, отличающиеся от хлоридов, нитратов, фосфатов и карбонатов безвредностью и высокой биодоступностью. Цитраты не представляют опасности для здоровья и разрешены к применению в пищевых продуктах, в том числе детского питания [2].

В ГУ ВНИИПАКК разработаны прогрессивные технологии пищевых цитратов и лактатов калия, натрия, кальция, магния, цитратов аммония-железа и рецептуры комплексных пищевых добавок на их основе с ценным минеральным составом. Разработанные технологии позволяют получать соли лимонной и молочной кислот пищевого качества, конкурентоспособные на мировом рынке, по показателям качества и безопасности соответствующие международным требованиям. На основе солей пищевых кислот созданы композиционные составы комплексных пищевых добавок [3]. Состав комплексных пищевых добавок и дозировка внесения их в продукцию разработаны исходя из суточной потребности организма в соответствующих нутриентах, а также с учетом влияния добавок на технологические параметры производства и качество готовых продуктов.

На кафедре «Технологии молока и пищевой биотехнологии» СПбГУНиПТ проведены исследования по изучению возможности использования полученных в ГУ ВНИИПАКК цитрат- и лактатсодержащих добавок для обогащения кисломолочных продуктов ценными минеральными компонентами. Изучено влияние композиционного состава, дозы и стадии внесения минеральных добавок на процесс сквашивания, технологические свойства и показатели качества обогащенных продуктов.

При получении обогащенных кисломолочных продуктов в качестве сырья использовали обезжиренное сухое молоко, при получении молочных напитков — с добавлением сухих сывороточных белков. При получении йогурта и творога использовали закваски на основе чистых культур молочнокислых бактерий. Пищевые нутриенты вносили в молоко до пастеризации. При этом содержание минеральных веществ при тепловой обработке не изменялось. При получении обогащенного творога, чтобы исключить потери минерального компонента с сывороткой, внесение пищевых добавок осуществляли на конечном этапе после сквашивания и отделения сыворотки.

В ходе проведенных исследований технологических свойств обогащенных молочных сгустков не выявлено негативного влияния пищевых добавок на процесс сквашивания и свойства сгустков. Изучение динамики кислотонакопления в образцах с разной дозой обогащающей добавки в количестве 20 %, 30 % и 40 % от суточной потребности в минеральных веществах показало, что по интенсивности кислотонакопления все образцы с добавкой практически не отличались от контрольного образца без добавки. При проведении процесса сквашивания при температуре (40–41) °С образование сгустка и достижение необходимой кислотности (90 °Т) во всех образцах происходило примерно через одинаковое время, которое составляло от 4,0 до 4,5 ч.

При внесении как индивидуальных, так и комплексных пищевых добавок на основе цитратов Ca, Mg, Fe, Zn и лактатов Ca и Mg в количестве, обеспечивающем до 30 % суточной потребности организма человека в этих минеральных веществах, не выявлено негативного влияния на биохимические процессы получения и качество обогащенной кисломолочной продукции.

В исследованиях особое внимание уделено обогащению молочных продуктов железом, так как использование этого микронутриента представляет определенную трудность для обеспечения необходимой усвояемости и получения продукта с хорошими органолептическими свойствами. Так, при

обогащении сульфатом железа ухудшается вкус и изменяется цвет продукта. В отличие от других железосодержащих соединений внесение хорошо растворимого цитрата аммония-железа — соединения, в котором железо устойчиво связано в комплексном хелатном ионе и устойчиво к окислению не приводит к изменению вкусоароматического профиля продукта. В этом отношении пищевая добавка — цитраты аммония-железа представляют собой эффективные источники биодоступного железа.

В результате отработаны технологические приемы обогащения цитратом аммония-железа, цитратом цинка и лактатом магния — йогурта и творога — кисломолочных продуктов, занимающих важное место в питании детского и взрослого населения, и рекомендовано использовать их в профилактическом питании детей и женщин, испытывающих недостаток железа. На основе творожной и подсырной сыворотки созданы функциональные напитки, обогащенные минеральной добавкой, состоящей из цитрата аммония-железа и лактата кальция в комплексе с витаминным премиксом, предназначенные для беременных и кормящих женщин. Для улучшения потребительских свойств напитков использовали вкусовой наполнитель в виде натуральных соков.

На основании комплексных исследований органолептических, физико-химических и микробиологических свойств установлено, что при обогащении кисломолочных продуктов минеральными нутриентами на основе пищевых кислот обеспечивается безопасность и сохранность качественных и гигиенических показателей продукции. Срок хранения такой обогащенной продукции составил не менее 5 суток в условиях холодильной камеры при температуре 4±2 °С.

В результате проведенных исследований установлены нормы внесения пищевых добавок в кисломолочные продукты, обеспечивающие 30 % от суточной потребности в минеральных нутриентах при употреблении около 400 г продукта в сутки.

Список литературы

1. *Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н., Позняковский В. М.* Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. — Новисибирск: Изд-во Сиб. унив., 2004.

2. Гигиенические требования по применению пищевых добавок: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1293-03. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.

3. *Новинюк Л. В., Новицкая И. Б., Кулев Д. Х.* Получение комплексных цитрат и лактатсодержащих добавок для обогащения пищевых продуктов минеральными веществами // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2007, № 2.

РАЗВИТИЕ И НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В РОССИИ

Т. А. Никифорова

ГУ ВНИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей РАСХН, г. Санкт-Петербург
E-mail: vniipakk@peterlink.ru

Важнейшим фактором формирования ассортимента, качества и конкурентоспособности пищевой продукции является наличие развитой индустрии пищевых ингредиентов: пищевых и биологически активных добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. В России отрасль пищевых ингредиентов находится в стадии становления. Ее значимость и важность для пищевой индустрии, в частности вопросы, связанные с применением пищевых добавок и ароматизаторов еще не получили должного понимания со стороны государственных структур и вызывают неприятие со стороны потребителей, что во многом связано с недостаточной информированностью в этой области знаний.

Не учитывается тот факт, что именно пищевые добавки и ароматизаторы дают возможность совершенствования технологий подготовки и переработки животного и растительного сырья, увеличения сроков годности продукции, сохранения ее структуры, органолептики и внешнего вида, что весьма важно в условиях конкуренции. Достаточно широкое разнообразие технологических функций пищевых добавок во многом способствует развитию рынка ингредиентов, как за рубежом, так и в России.

Не менее важным при этом является обеспечение безопасности и качества выпускаемых в России пищевых добавок и ароматизаторов и грамотное их использование. Основным подходом к их применению должен быть тезис: пищевые добавки и ароматизаторы — это эффективные компоненты, поведение которых в пищевых системах хорошо изучено и предсказуемо.

Таким образом, научное сопровождение отрасли, ее адресная государственная поддержка приобретают исключительно важное значение как для развития производства непосредственно пищевых ингредиентов, так и всей пищевой индустрии в целом.

Получение пищевых ингредиентов относится к наукоемким производствам и требует глубоких теоретических исследований в комплексе с решением вопросов их применения в составе пищевых продуктов.

Развитие отечественного производства пищевых добавок и ароматизаторов и его научное обеспечение в последнее десятилетие осуществляется в нескольких направлениях:

1. Создание новых технологий, направленных на получение индивидуальных пищевых добавок на основе отечественного и/или импортного сырья.

2. Разработка комплексных пищевых добавок многофункционального действия.

3. Формирование нормативной базы для производства пищевых добавок и ароматизаторов гармонизированной с международными требованиями с учетом регламентации по применению.

4. Разработка методик идентификации и количественного определения пищевых ингредиентов в составе рецептур продуктов.

Разработка технологий индивидуальных пищевых добавок во многом определяется наличием сырьевой базы, которая исторически в России крайне ограничена. В лучшем положении находятся технологии, основанные на микробном синтезе целевых продуктов (органические кислоты, ферменты и др.)

В институте испытаны и обосновано рекомендованы в качестве сырья для производства лимонной кислоты сахар-сырец, гидролизаты кукурузного, картофельного, соргового, ржаного крахмалов, а также после соответствующей подготовки (вибрационная дезинтеграция, обработка ультразвуком и др.) ржаная, сорговая и рисовая мука. Эти виды сырья решают вопросы экологизации производства лимонной кислоты, так как исключают для обработки питательных сред ряд традиционно применяемых химических реагентов. По технико-экономическим показателям технологии с использованием рекомендованных видов сырья не только не уступают достигнутым в производстве при переработке свекловичных мелясс, но и превосходят их (~12–17 %).

Отсутствие синтеза побочных кислот при переработке новых видов сырья позволяет перейти в производстве лимонной кислоты на бесцитратный, экологичный способ выделения конечного продукта. При этом товарные формы лимонной кислоты (безводная, моногидрат) по показателям безопасности полностью соответствуют международным требованиям.

Соли лимонной кислоты (цитраты натрия, калия, кальция, магния, аммония-железа) как технологические пищевые добавки используются промышленностью не достаточно широко. Не учитывается такой факт, что они являются и источниками макро- и микроэлементов, необходимых для нормального функционирования организма. Разработанные в институте технологии солей лимонной кислоты и исследования по их влиянию на основные функционально-технологические свойства полупродуктов

и готовых изделий, выявили перспективность применения солей лимонной кислоты в производстве практически всех пищевых продуктов.

Особое значение приобретают соли лимонной и молочной кислот, используемые в составе комплексных пищевых добавок. Работы института последних лет убедительно показали целесообразность применения комплексных пищевых добавок на основе органических кислот в производстве широкого спектра пищевой продукции, так как в этих случаях проявляется уникальное сочетание их безвредности, биодоступности с технологической многофункциональностью и эффективностью. Примером таких комплексных пищевых добавок является серия добавок, объединенных общим названием «Дилактины», предназначенных для применения в производстве мясных, рыбных, хлебобулочных, кондитерских изделиях, жидкого яичного меланжа и для обработки тушек птицы.

Дилактины, обладая антимикробным, бактериостатическим и антиокислительным действием повышают сроки хранения пищевых продуктов (рыбных изделий в 2 раза, мясо- и хлебопродуктов на 80 % и 50 % соответственно), снижают потери влаги, обеспечивают сохранение цвета и товарного вида продукции.

Для формирования структурно-реологических свойств пищевых изделий разработан ряд комплексных добавок на основе натуральных гидроколлоидов для алкогольных, слабоалкогольных напитков и кондитерских пищевых систем, в том числе и для органических продуктов в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.2364-08.

Поскольку вероятность поступления на продовольственный рынок России фальсифицированной, некачественной продукции остается достаточно высокой, одним из направлений исследований института является разработка методик идентификации пищевых добавок и их количественное определение в различной пищевой продукции. Основное внимание уделяется пищевым красителям.

Необходимость этих исследований связана, в первую очередь, с расхождениями в нормативной и законодательной базе применения красителей в России и за рубежом и фальсификацией натуральных ингредиентов искусственными.

Так, довольно часто объектами фальсификации становятся натуральные красители и пряности.

Мониторинг коммерческих образцов выявил, что около 10 % поступивших на российский рынок пряностей не соответствует составу, заявленному поставщиками и содержат синтетические красители, в то время как в соответствии с СанПиН 2.3.2.1293-03 добавление красителей в пряности не допускается.

Из натуральных красителей наиболее часто фальсифицируют дорогостоящие кармин и аннато, заменяя их синтетическими красителями.

На текущий момент в институте разработаны и внедрены методики идентификации и количественного определения пищевых красителей в алкогольных и слабоалкогольных напитках, карамели, пряностях, плодово-ягодной продукции.

С развитием в России отрасли пищевых ингредиентов начала формироваться и нормативная база для их производства.

В качестве первоочередных задач в области стандартизации стоит задача создания доказательной базы для Технического регламента «О безопасности пищевых добавок и ароматизаторов». В настоящее время усилиями ТК 154, функционирующего на базе института, сформирован минимальный терминологический (8 национальных стандартов) и нормативный (28 национальных стандартов вида общие технические условия) блок документов, необходимый для развивающейся отрасли пищевых добавок и ароматизаторов.

Необходимо признать, что значительная часть номенклатуры пищевых добавок и ароматизаторов все еще выпускается по техническим условиям предприятий, что затрудняет контроль за их качеством.

Существует объективная необходимость в дальнейшем формировании национальной нормативной базы производства пищевых ингредиентов, так как большинство их в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами в пищевых продуктах строго нормируется.

Разработанная в институте «Концепция развития национальной системы стандартизации пищевых добавок и ароматизаторов» направлена на поддержку государственной социально-экономической политики и будет способствовать развитию добросовестной конкуренции, обеспечению охраны интересов потребителей и снижению технических барьеров в торговле.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Н. Ю. Шарова, Н. В. Каменькова, Т. В. Выборнова, Т. А. Никифорова

ГУ Всероссийский НИИ пищевых ароматизаторов, кислот и красителей
Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: vniipakk@peterlink.ru

До настоящего времени основным сырьем в производстве пищевой лимонной кислоты остается меласса, несмотря на ряд существенных факторов, осложняющих проведение технологического процесса. Основными из них являются непостоянный состав данного сырья, сравнительно невысокое содержание ферментируемых углеводов, использование токсичных химических реагентов для удаления из мелассы примесей, отрицательно влияющих на биосинтетическую способность продуцента лимонной кислоты.

В связи с актуальностью проблемы экологизации пищевых производств и получаемых продуктов, а также повышенными требованиями к охране окружающей среды необходим поиск доступных и безопасных источников сырья для микробиологического синтеза целевых продуктов, в том числе и лимонной кислоты.

Сотрудниками ГУ ВНИИПАКК исследована возможность использования для биосинтеза лимонной кислоты природных полисахаридов, входящих в состав зерна различных злаковых, а именно ржи, овса, ячменя, сорго, пшеницы, риса, кукурузы, а также клубней картофеля. В качестве сырья изучали помолы зерна и муку.

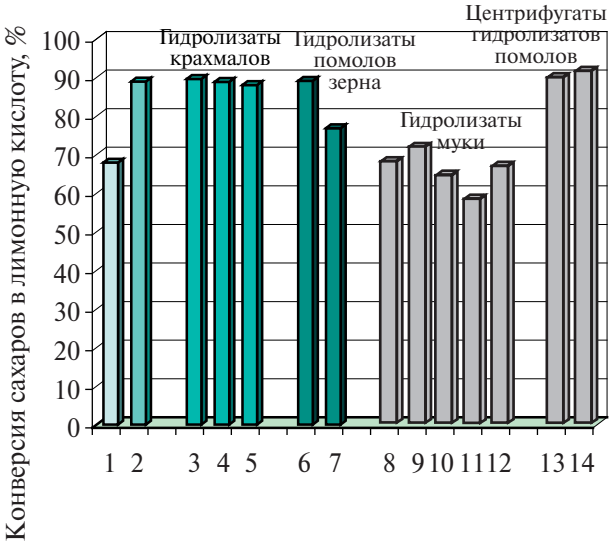
Проведены исследования по оценке микробиологической обсемененности различных образцов новых видов сырья, в результате которых установлено, что количество МАиФА микроорганизмов, представленных в основном кокковой и бактериальной микрофлорой, соответствует требованиям для производства лимонной кислоты.

Изучение компонентного состава сырья выявило необходимость его перевода в форму, доступную для продуцентов лимонной кислоты — штаммов Aspergillus niger Л-4 и В-3. С этой целью исследовали следующие варианты обработки сырья: механическую деструкцию зерна, термостатирование водных суспензий помола зерна и муки, ферментативный гидролиз.

В результате механического разрушения зерна ржи, овса, ячменя, сорго и пшеницы получены помолы, в которых 90 % составляет фракция частиц с размером 660–743 мкм или 270–303 мкм. Для зерна ржи исследован и вариант более глубокой деструкции, а именно, до размера частиц 90–110 мкм. В результате экспериментов для изучаемого сырья установлен оптимальный гидромодуль, а именно, 1:3, который позволяет получать суспензию с реологическими свойствами, удовлетворительными для дальнейшего ферментативного гидролиза. Гидролиз углеводных полимеров деструктурированного зерна проводили с использованием ферментных препаратов, обладающих α-амилазной, целлюлазной, ксиланазной, β-целлюлазной активностями.

В опытах с использованием зерна независимо от его источника лучшие показатели процесса получены при ферментации в условиях встряхивающего аппарата АВУ-50Р гидролизатов помола с размером частиц 270–303 мкм. Зависимость продуктивности биосинтеза лимонной кислоты от размера частиц сырья, используемого для приготовления питательных сред, прослежена и на примере ржаной муки обдирной, гидролизованный помол которой является более предпочтительным источником углерода и азота при биосинтезе лимонной кислоты. Известно, что зерно ржи содержит сахара, связывающиеся в гликопептидные комплексы со слизеобразующими свойствами, которые снижают биосинтетическую способность гриба Aspergillus niger. Для удаления этих веществ был исследован такой прием, как центрифугирование гидролизатов ржаной муки, позволяющей практически полностью удалить нерастворимую фракцию. Результаты исследований показали, что использование в питательной среде центрифугата гидролизата ржаной муки приводит к снижению биомассы продуцента в 1,5 раза и увеличению конверсии сахаров в лимонную кислоту на 20–22 %. Аналогичный результат был получен и при ферментации центрифугата гидролизата помола зерна сорго (образцы Донского зонального НИИСХ МСХ РСФСР, опытное хозяйство), которое в сравнении с зерном ржи содержит в 2 раза больше веществ липидной природы и клетчатки.

Наиболее высокие технологические показатели процесса ферментации получены при использовании в качестве источника углерода гидролизатов рисовой муки и крахмалов (кукурузный, картофельный, ржаной, сорговый — опытная партия ГНУ ВНИИ крахмалопродуктов), составы которых близки по содержанию углеводов, усвояемых продуцентом лимонной кислоты, и белковых соединений.



Конверсия сахаров в лимонную кислоту при ферментации различного углеводсодержащего сырья: *1* — меласса; *2* — сахар-песок; *3–5* — крахмалы: кукурузный и картофельный (3), сорговый (4), ржаной (5); *6, 7* — мука: рисовая (6), ржаная обдирная (7); *8–12* — зерно: рожь (8), сорго (9), ячмень (10), овес (11) с размером частиц 270–303 мкм, пшеница с размером частиц 660–743 мкм (12); *13, 14* — центрифугаты гидролизатов помолов: муки ржаной обдирной (13), зерна сорго (14)

В отличие от гидролизатов помолов зерна ржи, ячменя, пшеницы, сорго и ржаной муки, в которых соотношение углерода и азота сбалансировано естественным образом для направленного биосинтеза лимонной кислоты (C : N = 14–16), состав питательных сред на основе гидролизатов рисовой муки и крахмалов требует корректировку неорганическим источником азота. В итоге значение C : N, обеспечивающее активный биосинтез целевого метаболита, составило: для кукурузного и картофельного крахмала — 75, ржаного крахмала — 50, соргового крахмала — 70, рисовой муки — 20.

По совокупности полученных результатов, а именно, по уровню таких показателей процесса ферментации, как конверсия сахаров в лимонную кислоту, массовая доля лимонной кислоты в сумме органических кислот, а также по расходному коэффициенту сырья сделан вывод о том, что по значимости и перспективности в биотехнологическом аспекте и с экономической точки зрения исследуемые виды сырья можно расположить в следующем порядке: крахмалы — кукурузный, картофельный, сорговый, ржаной; мука — рисовая, ржаная; зерно — сорго, пшеница, рожь, ячмень, овес.

Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о том, что достигнутые показатели процесса выше, чем для мелассы, традиционно используемой в производстве лимонной кислоты, за исключением зерна овса и ячменя (см. рисунок).

Следует отметить, что изучаемые виды сырья имеют ряд преимуществ перед мелассой и вследствие их химического состава. Поскольку зерно и продукты его переработки не содержат примеси, которые составляют значительный процент в составе мелассы — отходе производства сахара, то исключается необходимость использования токсичных химических реагентов (гексоцианоферрат калия и оксалат аммония) для их подготовки к ферментации. Кроме того, появляется возможность снижения отходов производства и сточных вод. Так с использованием гидролизатов различных видов крахмала, ржаной и рисовой муки в ГУ ВНИИПАКК разработаны новые технологии лимонной кислоты (ТИ 085-00334557-2004, ТИ 104-00334557-2007, ТИ 105-00334557-2007), позволяющие получать кристаллическую лимонную кислоту по мембранной технологии. Отсутствие побочных кислот в составе культуральных жидкостей, полученных при ферментации гидролизатов крахмалов, создает перспективу выделения целевого продукта бесцитратным способом, что исключает проблему утилизации таких отходов классического производства лимонной кислоты, как фильтрата цитрата кальция и гипсового шлама. В итоге значительно снизится экологическая нагрузка, а потенциальным отходом производства станет только мицелий гриба-продуцента, который может быть применен в качестве белковой добавки к корму для животных или источника получения хитинглюканового комплекса. Кроме того, сопутствующими метаболитами биосинтеза лимонной кислоты при ферментации крахмалсодержащего сырья являются амилолитические ферменты, востребованные в хлебопечении, пивоварении, крахмалопаточной отраслях пищевой промышленности и присутствующие на отечественном рынке в основном в составе импортных ферментных препаратов и мультиэнзимных композиций. Корректировка состава питательной среды и условий культивирования продуцентов при использовании гидролизатов крахмалов и муки позволили получить препараты амилолитических ферментов с активностью на уровне известных препаратов аналогичного спектра действия (α-амилаза — 700–900 ед./г, глюкоамилаза — 10000–15000 ед./г). На основе ферментных препаратов созданы комплексные пищевые добавки, испытание которых в хлебопечении и пивоварении показало возможность их применения в технологиях, требующих проведения процесса при низких значениях pH.

Таким образом, проведенные исследования позволили расширить сырьевую базу для профильных предприятий по производству лимонной кислоты, востребованной в пищевой промышленности и др. отраслях АПК России, и обеспечить возможность выбора экологически безопасного сырья в условиях колебания цен на продовольственном рынке. Научно обоснована актуальность разработки «совмещенных» технологий, позволяющих в одном технологическом процессе получать несколько продуктов микробного синтеза, являющихся пищевыми добавками и вспомогательными технологическими средствами, востребованными на отечественном рынке.

УДК 637.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОДОВ ГРЕЦКОГО ОРЕХА МОЛОЧНО-ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

О. Ю. Орлова, В. И. Гиссин

Ростовский государственный экономический университет, г. Ростов-на-Дону

В России и за рубежом продолжают вести разработки композиционных продуктов, проявляющих выраженные лечебные и профилактические свойства. Разработка продуктов в большей степени идет в направлении комбинирования сырья животного и растительного происхождения. Выпуск продуктов, обогащенных биологически активными добавками растительного происхождения одновременно расширяет ассортимент конкурентоспособных функциональных продуктов и повышает их пищевую ценность.

Руководители многих предприятий пищевой индустрии выделяют функциональные продукты в отдельное перспективное направление. Одним из таких предприятий является ЗАО «Волгодонский молочный комбинат», на котором была проведена выработка опытных партий творожных продуктов с добавкой из плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости с медом, а затем внедрена в производство. Рецептура и технология добавки из плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости и творожных продуктов с добавкой разработаны кафедрой экспертизы потребительских товаров Санкт-Петербургского торгово-экономического института и кафедрой товароведения и экспертизы товаров Ростовского государственного экономического университета совместно с коллективом комбината. Уникальный состав грецкого ореха молочно-восковой спелости позволил получить творожные продукты с повышенной пищевой ценностью и удлиненным сроком хранения.

В процессе дальнейших исследований по возможности использования плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости в производстве функциональных продуктов в качестве молочного сырья была выделена молочная сыворотка. Актуальность переработки молочной сыворотки не утратила своего значения, и такая проблема стоит перед многими молокоперерабатывающими предприятиями во всем мире. В настоящее время в результате производственной деятельности предприятий молочной промышленности объемы молочной сыворотки в России составляют около 3 млн. тонн в год, лишь 30 % от этого объема идет на переработку, а остальная ее часть возвращается в хозяйства и сбрасывается в сточные воды. Так, на ЗАО «Волгодонский молочный комбинат» из полученной в процессе производства сыворотки было реализовано в торговлю 25 %, а оставшаяся сыворотка (75 %) была утилизирована. В целом молочная сыворотка является продуктом с естественным набором жизненно важных минеральных соединений. На основе молочной сыворотки можно производить множество биологически полноценных продуктов и напитков. Ее можно использовать как компонент в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, мясных продуктов, мороженого и т. д., повышая их биологические и потребительские свойства.

Молочная сыворотка в процессе производства основного продукта значительно обсеменяется молочнокислыми бактериями, а в процессе сбора, хранения и дальнейшей обработки — различной посторонней микрофлорой. К тому же из основного производства сыворотка поступает с температурой 30 °С, что соответствует оптимальному режиму жизнедеятельности микроорганизмов, вследствие развития микроорганизмов во время сбора и хранения молочной сыворотки состав и свойства ее могут изменяться, качественные показатели ухудшаться. Срок хранения сыворотки небольшой.

С целью увеличения срока хранения сыворотки и дальнейшего ее использования для производства других продуктов были проведены исследования с сырой и пастеризованной сывороткой с добавлением листьев и плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости. Было установлено, что сыворотка, настоянная на листьях грецкого ореха и сыворотка с добавлением ранее разработанной добавкой, сохраняет свои свойства на протяжении 30 суток. На основе сыворотки с листьями и плодами грецкого ореха молочно-восковой спелости были разработаны рецептуры и технологии десертов. В качестве дополнительного сырья, позволяющего улучшить потребительские свойства десертов было использовано плодово-ягодное сырье — яблоки, груши, малина, виноград, сливы.

Технологический процесс производства десертов осуществляется в следующей последовательности: молодые листья и плоды грецкого ореха молочно-восковой спелости сортируются, моются, обсушиваются, измельчаются и смешиваются с сывороткой в соотношении 1 : 1. В производстве десертов можно

использовать как сырую сыворотку, так и пастеризованную. Далее смесь настаивается в течение 3 дней. Затем сыворотка фильтруется с последующим добавлением желатина. Фрукты и ягоды предварительно сортируются, моются, обсушиваются, протираются через сито, вносится мед и перемешивается до полного его растворения. Затем вводится профильтрованная сыворотка с желатином.

Полученная смесь тщательно перемешивается и при температуре не выше 35 °С направляется на фасовку. Фасованный продукт помещается в холодильную камеру с температурой 4±2 °С для охлаждения и желирования.

Добавка на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости рекомендуется к использованию в производстве продуктов массового потребления с профилактическими свойствами — йогуртах, молочных десертах, напитках, кондитерских изделиях и др. Ее действие основано на укреплении иммунной системы организма витаминами, входящими в состав добавки, восполнение организма дефицитом йода, витамина С и других витаминов и минеральных веществ. Также введение добавки позволяет добиться гарантированного срока хранения продукта без введения консервантов, благодаря природному химическому соединению — юглону, входящему в состав плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости.

УДК 637.146

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА, ПОЛУЧАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

В. А. Грунская, Н. Ю. Тюрин

ФГОУ ВПО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина»

На данном этапе развития пищевой промышленности одним из актуальных направлений является производство продуктов функционального назначения. В связи с этим представляют интерес кисломолочные продукты с повышенным содержанием сухих веществ, в том числе белка, а также обогащенные пробиотической микрофлорой, играющей основную роль в поддержании и нормализации микробиоценоза кишечника, повышении неспецифической резистентности организма человека.

В качестве пробиотической микрофлоры для обогащения молочных продуктов используются чистые культуры бифидобактерий, лактобациллы, пропионовокислые бактерии, а также их комбинации. Включение в состав закваски пропионовокислых бактерий в дополнение к бифидобактериям и молочнокислым бактериям позволяет повысить пробиотические свойства продукта. Положительная роль пропионовокислых бактерий обусловлена образованием ими пропионовой кислоты, минорных органических кислот, ферментов, витаминов группы В и других соединений.

В качестве молочной основы для производства функциональных продуктов целесообразно использовать вторичное молочное сырье, характеризующееся высокой пищевой и биологической ценностью. В связи с этим проведены исследования по разработке технологии кисломолочных продуктов, обогащенных пробиотической микрофлорой, вырабатываемых с использованием концентратов обезжиренного молока, полученных путем обратноосмотического и ультрафильтрационного концентрирования. Данные методы позволяют концентрировать белок молока без изменения его нативных свойств. Использование таких концентратов обезжиренного молока, характеризующихся высокой биологической ценностью при пониженной калорийности, позволят не только расширить ассортимент продуктов, но и рационально использовать молочное сырье.

В работе изучали влияние закваски и массовой доли сухих веществ в молочной основе на активность развития заквасочной микрофлоры и структурно-механические свойства кислотных сгустков, вырабатываемых на основе обратноосмотического (ОО-концентрат) и ультрафильтрационного (УФ-концентрат) концентратов обезжиренного молока.

В качестве заквасочной микрофлоры использовали бифидобактерии (*B. bifidum, B. longum*), молочнокислые и пропионовокислые (*Propionibakterium schemanii*) микроорганизмы. Подбор культур в состав закваски осуществляли с учетом активности роста и кислотообразования в УФ-концентрате и ОО-концентрате обезжиренного молока, стабильности сохранения свойств и жизнеспособности в процессе хранения продукта, сочетаемости видов и штаммов между собой.

Исследование ферментации ОО-концентрата и УФ-концентрата обезжиренного молока показало, что на активность развития заквасочной микрофлоры и скорость кислотообразования существенное влияние оказывает содержание сухих веществ в концентрате. С повышением массовой доли сухих веществ в концентратах (интервал варьирования массовой доли сухих веществ — 10–14 %) активность развития заквасочной микрофлоры увеличивается (рис. 1.). Следует отметить, что при одинаковой массовой доле сухих веществ скорость роста заквасочной микрофлоры в УФ-концентрате была выше.

Установлен состав комбинированной закваски, содержащей бифидобактерии, пропионовокислые бактерии, мезофильные и термофильные молочнокислые стрептококки, и определены наиболее благоприятные режимы ферментации концентрата обезжиренного молока, обеспечивающие достаточно высокое содержание жизнеспособных клеток бифидобактерий, пропионовокислых бактерий ($8{,}1 \pm 0{,}3$ lg КОЕ/см^3) и молочнокислых бактерий ($8{,}8 \pm 0{,}2$ lg КОЕ/см^3) при сравнительно быстром нарастании кислотности среды в процессе сквашивания.

На формирование структуры кисломолочных продуктов существенное влияние оказывают свойства кислотных сгустков. Выявлены зависимости структурно-механических показателей (вязкости, прочности, синеретической способности) сгустка и продукта от видового состава, соотношения между культурами в закваске, свойств используемых штаммов, массовой доли белка и сухих веществ в УФ-концентрате и ОО-концентрате. Для упрочнения структуры, придания продукту однородной консистенции целесообразно включение в состав закваски дополнительно к бифидобактериям, пропионокислым микроорганизмам и лактококкам «вязких» штаммов термофильных молочнокислых стрептококков.

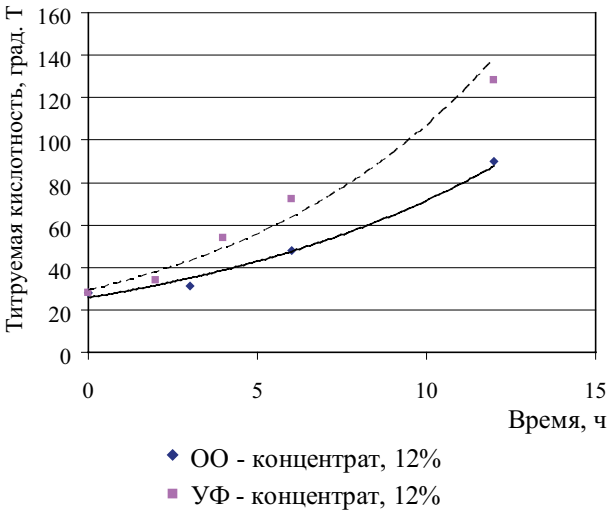


Рис. 1 Изменение титруемой кислотности ОО-концентрата и УФ-концентрата в процессе сквашивания

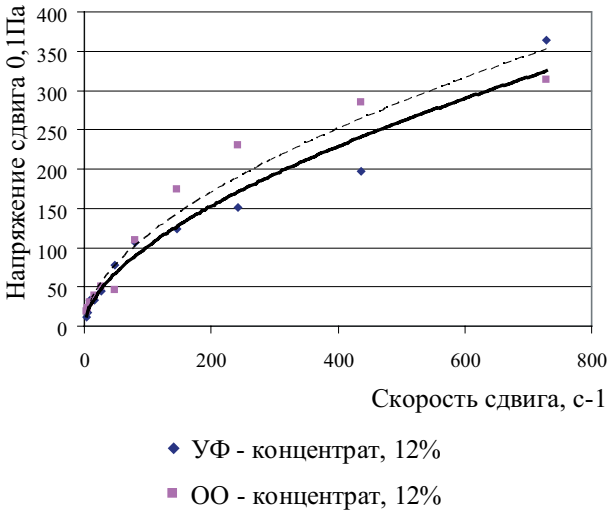


Рис. 2. Изменение напряжения сдвига кислотных сгустков полученных путем сквашивания УФ-концентрата и ОО-концентрата обезжиренного молока от скорости сдвига

Сравнение реологических характеристик сгустков, полученных путем сквашивания УФ-концентрата и ОО-концентрата обезжиренного, молока показало большую прочность и устойчивость к механическому воздействию сгустка на основе ОО-концентрата обезжиренного молока (рис. 2).

Полученные результаты подтверждают перспективность дальнейших исследований, направленных на получение функциональных кисломолочных продуктов с использованием мембранных методов обработки обезжиренного молока.

УДК 664.8.037.1

КИНЕТИКА РОСТА МИКРОФЛОРЫ ТЕЛЯТИНЫ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

В. С. Колодязная, Д. А. Бараненко, Н. А. Забелина

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: denis@baranenko.com

Контроль безопасности мясных продуктов является неотъемлемой частью современного производства. Согласно литературным данным 90 % пищевых отравлений после употребления недоброкачественных продуктов обусловлены микробиологическим фактором.

Микрофлора свежего мяса формируется во время убоя и первичной обработки в результате контакта с предметами инвентаря и оборудования, одеждой и руками рабочих, оседания из воздуха пыли, капелек воды, загрязнения содержимым кишечника при порезах и т. д.

Длительный процесс созревания мяса благоприятствует размножению микроорганизмов, а температуры холодильного хранения недостаточны для полного подавления их жизнедеятельности. В связи с этим, сырое мясо является потенциально опасным для потребителей и относится к продуктам особого риска.

Микрофлора поверхности мяса при первичной обработке обычно представлена большим количеством родов бактерий, плесневых грибов, дрожжей и актиномицетов. В зависимости от состава микрофлоры и условий окружающей среды, а также от состояния продукта скорость и характер превращений компонентов тканей мяса могут быть весьма различными. Наиболее часто встречаются неспоровые грамотрицательные палочки родов Pseudomonas, Aeromonas, Moraxella, Achromobacter, Flavobacterium, Escherichia, Proteus; грамположительные неспоровые палочки родов Lactobacillus, Brochothrix, спорообразующие аэробы рода Bacillus и анаэробы рода Clostridium. Также там часто обнаруживаются грамположительные кокковые формы родов Micrococcus и Staphylococcus; иногда бактерии, вызывающие инфекционные заболевания. Из плесневых грибов на мясе главным образом встречаются семейство мукоровых (Mucor, Rhizopus, Thamnidium) и группа несовершенных грибов (многие виды Penicillium, Sporotrichum, Cladosporium, Trichoderma, Aspergillus и др.). Дрожжи представлены родами Torulopsis, Rhodotolura, актиномицеты и родственные организмы в основном родами Corynebacterium, Arthrobacter, Actinomyces.

Известно, что если мясные туши после первичной обработки не охлаждать, то на их поверхности могут быстро развиваться мезофильные и психрофильные бактерии. Совместное развитие мезофильной и психрофильной микрофлоры приводит к очень быстрой порче мяса, особенно если преобладают психрофильные бактерии рода Pseudomonas или мезофильные рода Proteus. При хранении мяса в охлажденном состоянии постепенно происходит изменение состава его микрофлоры. Мезофильные микроорганизмы прекращают размножаться и частично отмирают. Психрофилы, наоборот, продолжают активно размножаться, и микрофлора становится более однородной по составу. Из психрофильных бактерий увеличивается количество главным образом группы Pseudomonas и Achromobacter.

Цель работы — исследовать влияние условий холодильной обработки и хранения на микрофлору телятины.

Объектом исследования выбрано мясо телят в возрасте до 30 сут, откормленных на территории Ленинградской области. Мясо охлаждали одностадийным ($t_{\text{возд}} = 0 \pm 1$ °C; $\upsilon = 0$ м/с) и двухстадийным ($t_{\text{возд1}} = -7 \pm 1$ °C; $t_{\text{возд2}} = 0 \pm 1$ °C; $\upsilon = 0$ м/с) способами и хранили при $t_{\text{хр}} = 2 \pm 1$ °C, подмораживали и хранили при $t_{\text{хр}} = -3 \pm 1$ °C.

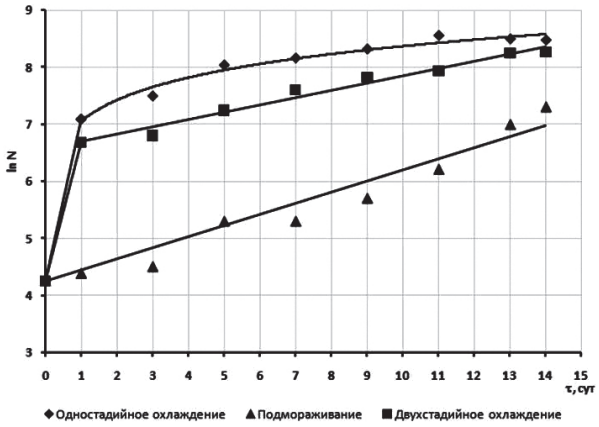
Перед охлаждением (через 2 ч после убоя) и в процессе хранения мяса определяли количество микроорганизмов на поверхности мяса стандартным методом.

На рисунке показаны кинетические кривые роста микрофлоры в зависимости от продолжительности хранения мяса и условий холодильной обработки.

Процесс роста клеток при допущении, что концентрация субстрата и других компонентов, необходимых для роста микрофлоры, постоянна, а увеличение числа клеток носит автокаталитический характер при $0 \le \tau \le 14$ сут можно описать дифференциальным уравнением:

$$\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}\tau} = \mu N,$$

где N — число клеток; μ — удельная скорость роста, ч^{-1}.



Кинетические кривые роста микрофлоры охлажденного мяса при холодильном хранении телятины

Решением этого уравнения с разделяющимися переменными является:

$$N = N_0 e^{\mu\tau},$$

где N_0 — начальное число клеток.

На основании анализа экспериментальных данных по исследованию кинетики роста клеточной популяции определены значения μ, сут$^{-1}$. В первые сутки $\mu_{1\text{стд }1}$ одностадийного охлаждения составила 2,841 сут$^{-1}$, $\mu_{2\text{стд }1}$ двухстадийного охлаждения — 2,436 сут$^{-1}$. Затем интенсивность развития микроорганизмов уменьшилась и на отрезке $1 \le \tau \le 14$ сут установлена удельная скорость роста $\mu_{1\text{стд }2} = 0{,}136$ сут$^{-1}$ и $\mu_{2\text{стд }2} = 0{,}108$ сут$^{-1}$.

Удельная скорость роста при хранении в подмороженном состоянии $0 \le \tau \le 14$ сут составила $\mu_{\text{подмор}} = 0{,}167$ сут$^{-1}$.

Таким образом, максимальная скорость роста клеточной популяции наблюдается в первые сутки хранения при медленном режиме охлаждения $\mu_{1\text{стд }1} = 2{,}841$ сут$^{-1}$. Двухстадийный способ охлаждения несколько замедляет развитие микрофлоры, и удельная скорость роста с первые стуки хранения при этом методе охлаждения на 0,405 сут$^{-1}$ меньше $\mu_{1\text{стд }1}$. За первые сутки хранения в охлажденном состоянии отмечается значительное увеличение количества микроорганизмов. Количество микроорганизмов после первых суток хранения в охлажденном состоянии достигается при хранении в подмороженном состоянии с удельной скоростью роста $\mu_{\text{подмор}} = 0{,}167$ сут$^{-1}$ через 14 сут хранения.

УДК 664.8.037.1

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕЛЯТИНЫ

В. С. Колодязная, Д. А. Бараненко, Ю. В. Бройко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: denis@baranenko.com

Телятина по своему химическому составу является перспективным сырьем, как для использования в повседневном рационе, так и для производства диетических и функциональных пищевых продуктов. В связи с этим, изучение мяса телят представляет особый интерес.

Химическому составу мяса молочных телят уделено мало внимания в научной литературе. Недостаточно исследованы физико-химические, функционально-технологические, микроструктурные, микробиологические и органолептические показатели качества телятины в зависимости от различных режимов холодильной обработки и хранения. Отсутствие исследований по мясу молочных телят приводит к затруднениям при его заготовке, холодильном хранении, переработке, товароведческо-санитарной экспертизе и реализации.

В связи с этим, подробное изучение химического состава и биохимических изменений, обоснование сроков годности телятины при разных способах холодильной обработки и хранения, а также продление сроков хранения и создание функциональных пищевых продуктов на его основе, является актуальным и имеет существенное социально-экономическое значение.

Цель работы — исследование влияния режимов холодильной обработки на показатели качества молочной телятины.

Объектом исследования служило мясо молочного теленка в возрасте 30 сут. Откорм проводился на территории Ленинградской области. Исследование показателей качества телятины проводили в парном состоянии (через 2 ч после убоя), в процессе автолиза, а также при холодильной обработке:

— в охлажденном состоянии ($t_{\text{хр}} = 2 \pm 1$ °С, $\tau_{\text{хр}} = 13$ сут) (два способа холодильной обработки: одностадийное ($t_{\text{воз}} = 0 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 0$ м/с) и двухстадийное ($t_{\text{воз}\,1} = -7 \pm 1$ °С; $t_{\text{воз}\,2} = 0 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 0$ м/с) охлаждение;

— в замороженном состоянии ($t_{\text{хр}} = -18 \pm 1$ °С, $\tau_{\text{хр}} = 10$ сут) (до и после разрешения посмертного окоченения различными способами холодильной обработки: медленное ($t_{\text{воз}} = -18 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 0$ м/с), быстрое ($t_{\text{воз}} = -40 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 4$ м/с) и криогенное (погружением в жидкий азот) замораживание;

— в размороженном состоянии (каждый вид замороженного сырья, размороженный двумя способами: медленным ($t_{\text{воз}\,1} = 20 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 0$ м/с) и быстрым (в СВЧ).

Кроме того, проводилось повторное медленное замораживание в морозильной камере ($t_{\text{воз}} = -18 \pm 1$ °С; $v_{\text{воз}} = 0$ м/с) предварительно размороженного до $t_{\text{ц}} = 2 \pm 1$ °С и $t_{\text{ц}} = -8$ °С мяса с целью исследования изменений функционально-технологических, микробиологических, гистологических и органолептических показателей при несоблюдении режима хранения.

Через 2 часа после убоя была проведена физико-химическая и органолептическая оценка телятины. Мясо розово-молочного цвета с небольшими отложениями жира, мышцы на разрезе слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, консистенция на разрезе плотная, упругая, образующаяся при надавливании шпателем ямка быстро выравнивается, запах специфический, свойственный данному виду мяса. Величина pH составила 6,5, содержание влаги — 80 %.

Определено содержание аминокислот и жирных кислот в телятине. Белок мяса имеет лимитирующие аминокислоты — лейцин и треонин.

Содержание жирных кислот: 3,6 % — полиненасыщенных жирных кислот, 45 % — мононенасыщенных жирных кислот, 51,2 % — насыщенных жирных кислот.

В процессе хранения телятины охлажденной одностадийным способом величина pH уменьшилась до значения 5,9, что соответствует нормальному развитию автолиза.

При хранении телятины охлажденной двустадийным способом уровень pH достиг значения 5,5, что может быть связано с замедлением ферментативной активности на первой стадии охлаждения при $t_{\text{воз}\,1} = -7 \pm 1$ °С и частичной инактивацией ферментов, что приводит к замедлению процесса восстановления pH при разрешении посмертного окоченения.

Содержание влаги в мясе при хранении уменьшилось до значения 75 % при хранении в охлажденном состоянии. Исследование химического состава телятины показало, что содержание белка составляет 19,2±0,9 %, жира — 5,1±0,7 %.

Величина ВУС на протяжении 13 суток хранения оставалась на высоком уровне и была выше 90 % при всех режимах холодильной обработки, то есть телятина может применяться для производства широкого ассортимента мясопродуктов.

К морфологическим особенностям охлажденного мяса следует отнести появление поперечных, рваных трещин, которые в парном мясе почти не встречаются. В телятине, подвергнутой одностадийному охлаждению, через 2 сут хранения хорошо выражены мышечные волокна, на продольном разрезе видна поперечная исчерченность, отмечены начальные признаки автолитических изменений. Отличий в микроструктуре телятины, подвергнутой двухстадийному охлаждению не обнаружено, что объясняется отсутствием существенных воздействий низких температур с образованием кристаллов льда. Уже на вторые сутки хранения мышечные волокна теряют свою гофрированность. В результате автолиза сокращенные волокна несколько расслабляются и выпрямляются.

Внешние изменения, происходящие при хранении мяса, оценивались органолептическим методом. Отмечено что, средний балл органолептической оценки телятины охлажденной двустадийным способом в сравнении с одностадийным способом охлаждения выше на протяжении всего срока хранения.

Оценку изменений в замороженной телятине проводили в размороженном состоянии. Проведена сравнительная оценка между каждым из способов замораживания и размораживания в мясе до и после разрешения посмертного окоченения. Установлено, что способы замораживания телятины как в парном состоянии, так и после разрешения посмертного окоченения не влияют на значение pH. Замораживание замедляет автолитические процессы. При краткосрочном хранении величина pH изменяется незначительно и составляет 5,5–5,6. То есть показатель pH не может быть использован для идентификации способов предварительной холодильной обработки.

По результатам измерения содержания влаги отмечено снижение этого показателя при каждом способе замораживания, что связано с потерями мясного сока при размораживании. Наибольшее содержание влаги 79 % отмечено при СВЧ размораживании быстрозамороженной телятины. При быстром замораживании образуются более мелкие кристаллы льда и при размораживании наблюдаются незначительные потери мясного сока.

Отмечено, что замораживание телятины в парном состоянии быстрым способом позволяет достич наибольших значений ВУС 92 %. Самое низкое значение влагоудерживающей способности 85 % наблюдалось при медленном размораживании парного мяса телятины, замороженного криогенным способом, что связано с изменением состояния белковой фракции.

В ходе гистологического исследования установлено, что морфологическая структура мышечной ткани в замороженном мясе телятины находится в пределах нормы и имеет начальные признаки созревания мяса. Наблюдается некоторая разрозненность мышечных клеток в замороженных образцах вследствие образования кристаллов льда в межклеточном пространстве. После криогенного замораживания парного мяса отмечается увеличение расстояния между волокнами. В процессе хранения телятины в микроструктуре приобретают отчетливую форму пучки мышечных волокон. Такие пучки наблюдаются и после медленного замораживания. В микроструктуре телятины, замороженной после разрешения посмертного окоченения, криогенным способом, волокна располагаются довольно тесно. Между ними хорошо выявляются тонкие прослойки эндомизия. Это говорит о том, что образующиеся мелкие кристаллы вызывают меньшие повреждения.

В результате органолептической оценки установлено, что замороженное мясо после размораживания имело все признаки свежего мяса. Наилучшими свойствами обладает телятина, замороженная быстрым способом, размороженная медленно. Мясо, замороженное криогенным способом, отличается рыхлой и менее упругой консистенцией, что связано со структурными изменениями в поверхностных слоях мяса.

Наиболее эффективным способом охлаждения телятины признан двухстадийный способ замораживания — быстрое замораживание ($t_{\text{воз}} = -40 \pm 1$ °C; $v_{\text{воз}} = 4$ м/с), размораживания — с помощью СВЧ. Биохимические изменения при хранении в замороженном состоянии происходят очень медленно, поэтому изменения химического состава необходимо изучать в процессе всего срока хранения. Телятина обладает значительным потенциалом использования в качестве диетического сырья, в том числе, в составе функциональных продуктов. Требуется дальнейшее изучение показателей качества и безопасности этого перспективного вида мяса.

УДК 664.952

ТЕХНОЛОГИЯ РЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ РЫБНЫХ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

К. М. Олейникова, В. Д. Богданов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
E-mail: oleinikova85@mail.ru

Рыбные колбасные изделия часто употребляют в качестве диетических, лечебно-профилактических продуктов, а также в детском и школьном питании. В связи с изменением сырьевой базы, необходимостью обновления ассортимента, новых требований, предъявляемых потребителями, развитием науки и техники, созданием диетических и профилактических продуктов питания, комплексного использованием сырья современные тенденции в технологии производства пищевых продуктов направлены на создание новых изделий из гидробионтов.

Большинство проведенных исследований в области колбасного производства из рыбного сырья направлено на получение изделий с тонкоизмельченной структурой. Применение крупнокускового сырья (разрозненные куски мышечной ткани массой 5–35 г) для создания рыбных формованных изделий ветчинного типа, а также использование способности кускового сырья к формованию при посоле и дальнейшем выдерживании до формования поможет создать высококачественный продукт с единой монолитной структурой, обладающий натуральными свойствами, сохраняя природную структуру гидробионтов.

Производство таких продуктов из рыбного сырья позволит получать изделия высокого качества за счет сохранения природной структуры рыбного сырья, способности его к созреванию и создания особых вкусо-ароматических свойств и расширить ассортимент колбасных рыбных изделий.

Таким образом, разработка технологии, обеспечивающей производство реструктурированных формованных изделий из гидробионтов, характеризующихся ветчинным вкусом и ароматом, является актуальным направлением исследования.

Целью проводимых исследований является разработка технологии реструктурированных формованных изделий из гидробионтов. В соответствии с поставленной целью исследований решались следующие задачи: получение рыбных колбасных изделий ветчинного типа с монолитной структурой высокого качества, обладающих ветчинным вкусом, предложенная технологическая схема (рис. 1), а также обоснование параметров реструктурирования рыбных формованных изделий.

В соответствии с поставленной целью исследования решалась задача структурирования разрозненных кусков рыбной мышечной ткани в единый монолит, за счет увеличения их адгезионных свойств путем внесения поваренной соли и создания соответствующих температурных режимов в период хранения до формования.

При изучении параметров реструктурирования в качестве объектов исследования использовали свежевыловленного, мороженого палтуса белокорого (*Hippoglossus stenolepis*).

А также объектом исследования являлись реструктурированные формованные изделия из гидробионтов, а именно из мяса минтая, белокорого палтуса, палтуса черного.

Прием сырья осуществляют по ГОСТ 7631 и в соответствии с требованиями нормативных документов на сырье. В качестве основного сырья, применяемого для изготовления формованных изделий, используют свежее, охлажденное или мороженое филе белокорого палтуса, черного палтуса, трески, минтая.

Мороженое филе быстро размораживают в воде температурой не выше 15 °С при соотношении рыбы и воды 1 : 2 до максимально возможной низкой температуры. Размораживают только необходимое количество сырья, не допуская повторного его замораживания. Размораживание сырья завершают непосредственно перед его использованием и быстро направляют в обработку. При необходимости температура хранения размороженного сырья не должна превышать 5 °С. При возможности использования сырья без проведения размораживания его направляют в обработку в мороженом состоянии. Затем филе моют в воде при температуре не выше 15 °С, обесшкуривают, удаляют кости и снова промывают.

Свежее и охлажденное филе моют в воде при температуре не выше 15 °С, обесшкуривают, удаляют кости, после чего снова промывают.

Филе палтуса белокорого измельчают вручную на кусочки массой 5–35 г.

Измельченное на кусочки мясо перемешивают с сухой поваренной солью высшего сорта помола № 1. Расход соли 1,5–2 % от массы мяса рыбы. Посоленные кусочки выдерживают при температуре минус 1 — минус 2 °С в течение 14–18 часов.

В зависимости от рецептуры применяют филе палтуса белокорого, палтуса черного, минтая, измельченное на волчке с диаметром решетки 6–8 мм. Ближе к окончанию процесса посола в приготовленный таким образом фарш вносят поваренную соль в количестве 2 % от его массы, перемешивают в течение 3 мин при температуре 0 °С.

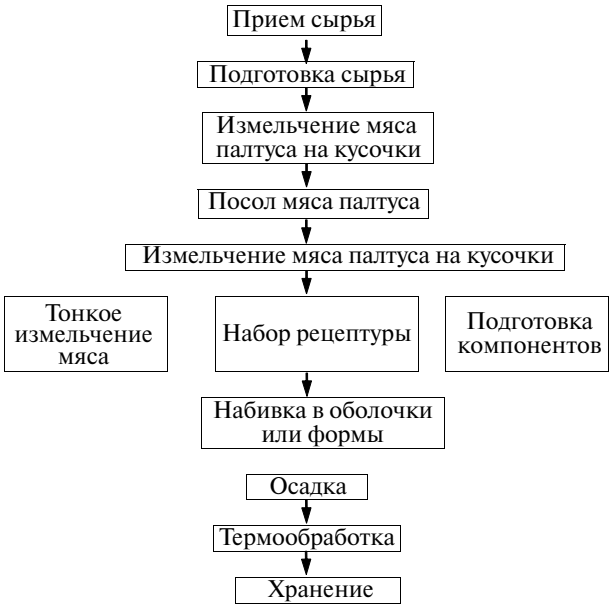


Рис. 1 Технологическая схема производства реструктурированных формованных изделий из гидробионтов

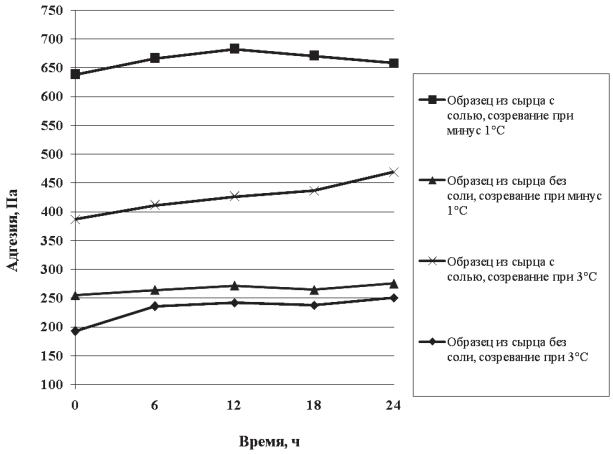


Рис. 2. Адгезионные свойства образцов из палтуса белокорого

Кусковое сырье и фарш берут в зависимости от рецептуры в соотношении 7 : 3–8 : 2, тщательно перемешивают в течение 3–5 мин, добавляя пряности для придания ярко выраженного вкуса и аромата. Готовую колбасную массу набивают в искусственные колбасные оболочки. Возможно использование форм (круглых, прямоугольных и др.).

Для уплотнения и созревания колбасной массы батоны направляют на осадку. Для этого батоны навешивают на реи и оставляют в подвешенном состоянии при температуре 5–7 °С в течение 4–6 ч.

После осадки полуфабрикаты направляют на термообработку. Варку батонов колбасы проводят при температуре 80–82 °С в течение 50–60 мин. Колбасные батоны охлаждают в питьевой воде при температуре не выше 10 °С в течение 30 мин. Готовые реструктурированные изделия хранят при температуре 5–7 °С в течение 72 ч.

Известно, что липкость поверхностных белков увеличивается за счет введения хлорида натрия, что способствует росту эмульгирующей емкости как миофибриллярных, так и саркоплазматических белков. Применение электролитов, в данном случае хлорида натрия, обеспечивает разрушение актомиозинового комплекса и повышение растворимости мышечных белков (Богданов, 2005; Богданов и др., 1993; Измайлова и др., 1974).

Данные, приведенные на графике (рис. 2), указывают на то, что липкость несоленых образцов медленно возрастает, при этом, склеивание несоленых кусков мышечной ткани происходит лучше при температуре минус 1 °С (255,2–275,4 Па). При температуре выдерживания 3 °С значение липкости невысокое (192,7–250,6 Па), процесс склеивания идет неудовлетворительно.

При внесении поваренной соли и дальнейшем перемешивании кускового сырья в течение 3 мин фиксируется увеличение липкости на поверхности мышечной ткани палтуса белокорого. Внесение поваренной соли дает положительный эффект, при выдерживании образцов с солью, то есть температура влияет аналогично тому, как при хранении образцов без соли, но эффективнее в 1,7–2 раза у образцов при температуре выдерживания 3 °С, адгезионные свойства соленого образца при выдерживании при минус 1 °С увеличиваются в 2,5 раза.

Использование крупнокускового сырья, его способности к формованию при посоле и дальнейшем созревании обеспечит создание высококачественного продукта, обладающего натуральными свойствами, сохраняя при этом природную структуру гидробионтов. Экспериментально обоснованы режимы реструктурирования кускового сырья, при котором формируется целостная структура разрозненных кусков мышечной ткани рыбы, обеспечивая высокое качество готового продукта.

Список литературы

1. *Богданов В. Д.* Рыбные продукты с регулируемой структурой. — М.: Мир, 2005. — 310 с.

2. *Богданов В. Д., Сафронова Т. М.* Структурообразователи и рыбные композиции. — М.: ВНИРО, 1993. — 172 с.

3. *Измайлова В. Н., Ребиндер П. А.* Структурообразование в белковых системах. — М.: Наука, 1974. — 268 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ВИН ИЗ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

А. А. Салмин[*], **В. В. Логачев**[**]

[*]Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток
[**]Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: Agro-log@mail.ru

Изучением аминокислот технических сортов винограда и вин занимаются давно и по этим исследованиям опубликовано много работ. Это связано с биохимическими процессами, которые протекают в ягоде винограда при ее разрушении, и активном участии аминокислот. Известно, что некоторые аминокислоты являются антиоксидантами, обладают геропротекторными свойствами, предупреждают отрицательное влияние стрессов. Обладая фармакологическими свойствами, аминокислоты усиливают действия микроэлементов, придавая им безвредную и усвояемую форму. В данной статье приводятся результаты качественного и количественного состава свободных аминокислот в винах из сортов винограда местной селекции.

В процессе брожения вина наряду со спиртом и углекислым газом из сахара образуются небольшие количества вторичных метаболитов: глицерин, органические кислоты, сложные эфиры, альдегиды, высшие спирты, а также аминокислоты. Для виноделия образование вторичных продуктов брожения имеет большое значение. «Букет вина», качественные его особенности во многом зависят от соотношения этих продуктов. Органолептические показатели вина также зависят от продуктов брожения, которые образуются в результате взаимодействия дрожжей и органических частей сусла, находящихся в сбраживаемых субстратах. Аминокислотный состав вина формируется за счет аминокислот сусла и аминокислот, выделяемых дрожжевыми клетками в результате жизнедеятельности и при автолизе в процессе брожения и особенно после его окончания [3, 5, 6]. Суммарное содержание аминокислот в соке винограда колеблется в пределах 246–2442 мг/дм3, что составляет 20 % от их общего количества в грозди; остальные аминокислоты сосредоточены в гребнях (до 30 %), семенах (30 %) и кожице (20 %). В начале созревания винограда образуются аргинин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, серин, составляющие 80 % всех аминокислот. В процессе дальнейшего созревания появляются валин, гистидин, треонин и др. алифатические аминокислоты, и на заключительной стадии — пролин, фенилаланин, тирозин, триптофан. Количественный и качественный состав аминокислот в отдельных сортах винограда варьирует в широких пределах и зависит от почвенно-климатических условий, вносимых удобрений, агротехники, а в сусле он определяется также технологией переработки винограда, длительностью контакта его с твердыми элементами грозди и кислородом воздуха. Общее количество аминокислот в натуральных винах составляет 50–60 % от содержащихся в сусле. Более высокое качество вина формируется в условиях медленного брожения, при котором уменьшаются потери в атмосферу ценных ароматических и вкусовых летучих веществ, лучше сохраняется сортовой аромат [1, 4].

Однако, сведенья об аминокислотном составе винограда, произрастающего на Дальнем Востоке и продуктах его переработки почти отсутствуют.

В данной статье приводятся результаты качественного и количественного состава свободных аминокислот в винах из сортов винограда местной селекции.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: виноград (*Vitis amurensis Rupr*) сортов Васьковский-5 (образец № 1), Васьковский-41 (образец № 2), Хасанский Боуса (образец № 3) — произрастающие на Дальнем Востоке. Для сбраживания нами были использованы культурные дрожжи «Оеноферм Фреддо» расы Saccharomyces cerevisiae LW317-30 (Германия, «ERBSLOEH»).

Анализ аминокислот был проведен на аминокислотном анализаторе Biochrom 30 с колонкой 200 × 4,6 мм ULTROPAC 8 мкм.

Аликвоты вина объемом 50 мл экстрагировали хлороформом дважды порциями по 10 мл для удаления липидов. Органический слой удаляли. Водную фазу центрифугировали и упаривали досуха с добавлением бутанола для предотвращения вспенивания. Растворяли в 10 мл буфера pH 2,2 с 0,5 мл 10 % сульфосалициловой кислоты (для удаления белка) затем центрифугировали и вводили в прибор.

Разделение аминокислот проводили 5 цитратными (соли лимонной кислоты) литиевыми буферами pH 2,8–3,5 и ионов лития от 0,2–1,6, которые обеспечивают разделение аминокислот на колонке.

Количественное (шт.) и качественное (мг/дм^3) содержание аминокислот вин из местных сортов винограда

№ п/п	Наименование аминокислот	Наименование винограда		
		Васьковский-5	Васьковский-41	Хасанский Боуса
Содержание незаменимых аминокислот, мг/дм^3				
1	Валин	2,14	8,73	2,55
2	Изолейцин	1,62	6,99	1,94
3	Лейцин	4,98	20,59	5,33
4	Лизин	8,88	29,94	9,28
5	Метионин	1,29	2,32	2,16
6	Треонин	3,94	12,65	2,61
7	Триптофан	1,67	3,12	—
8	Фенилаланин	3,87	12,65	3,73
Сумма незаменимых кислот		22,57	96,99	21,25
Содержание заменимых аминокислот, мг/дм^3				
1	Аланин	20,41	35,57	12,82
2	Аспарагин	27,63	33,54	4,54
3	β-Аланин	1,07	5,87	0,29
4	Аргинин	10,27	58,06	7,58
5	α-Аминоизомасляная	0,45	1,88	0,22
6	γ-Аминомасляная	14,65	23,96	3,59
7	α-Аминомасляная	3,16	5,65	1,16
8	Аспарагиновая кислота	12,88	31,92	7,16
9	Гистидин	3,59	8,45	1,88
10	Гемоцистин	0,58	7,31	—
11	Глутаминовая кислота	16,92	48,55	18,73
12	Глутамин	1,83	5,23	184
13	Глицин	8,87	17,70	6,72
14	Мочевина	4,77	14,47	7,29
15	Орнитин	1,86	24,41	0,48
16	Оксипролин	—	4,64	3,30
17	Пролин	660,71	1041,72	4,72
18	Серин	3,69	12,57	9,21
19	Тирозин	3,06	10,08	2,93
20	Цистатионин	1,27	0,46	1,29
21	Цистеиновая кислота	10,97	18,37	7,57
22	Цитруллин	0,14	0,39	
23	Этаноамин	15,27	20,06	
Сумма заменимых кислот		829,87	1430,86	116,79
Всего		852,44	1527,85	138,04

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований изучаемых виноматериалов местной селекции в 2007 году обнаружено от 31 до 29 аминокислот (см. таблицу). У всех исследуемых вин аминокислоты были и по количеству и по качеству разные: Васьковский-5 их найдено — 30, Васьковсковский-41 — 31, в вине Хасанский Боуса — 29. Суммарное содержание выявленных аминокислот варьировалось по сортам от 138,04 (Хасанский Боуса) до 1527,85 мг/дм^3 (Васьковский-41).

Один из основных показателей питательной ценности в вине является наличие незаменимых аминокислот. Незаменимые аминокислоты представлены: ароматическими (фенилаланин, триптофан), алифатическими (лейцин, валин, изолейцин, лицин) а также содержащими серу (метионин) и гидрооксильную группу (треонин) (см. таблицу). Они относятся к жизненно необходимым веществам. Недостаточное содержание или отсутствие в пище незаменимых аминокислот вызывает изменения функциональной деятельности организма и нарушения процессов активного транспорта жизненно

важных веществ на клеточном уровне [2]. Полный набор их обнаружен в винах сортов из винограда Васьковский-41 и Васьковский-5 (в суммарном отношении). В весовом отношении сумма незаменимых аминокислот в вине составила 149,21 мг/дм^3, по винам из сортов винограда Васьковский-5, Васьковский-41 и Хасанский Боуса — соответственно: 22,57–96,99–21,25 мг/дм^3. В вине из сорта Васьковский-41 и Хасанский Боуса содержание метионина (критическая аминокислота, по которой балансируется аминокислотное питание) составило соответственно 2,32 и 2,16 мг/дм^3, а по сорту Васьковский-5 только 1,29 мг/дм^3. Метионин необходим в организме для синтеза белка и холина.

Фенилаланин был идентифицирован во всех образцах вин. Наибольшее его количество представлено в вине из винограда сорта Васьковского-41 (12,66 мг/дм^3). Здесь же больше всех (29,94 мг/дм^3) содержалось дефицитной аминокислоты лизина, которая регулирует калиевый обмен, оказывает влияние на синтез гемоглобина и на процесс пигментации.

Из заменимых аминокислот в виноматериале сорта Васьковский-41 обнаружено наибольшее количество пролина (1041,72 мг/дм^3), содержание которого заметно выше по сравнению с исследуемыми образцами. Эта аминокислота улучшает структуру кожи, способствуя производству коллагена и уменьшая его потерю в процессе старения организма. Являясь главным составным компонентом коллагена, он помогает при лечении хрящей, укрепляет суставные соединения, связки и сердечную мышцу. Его воздействие в сочетании с витамином «С» поддерживает в нормальном состоянии соединительную ткань. В вине сорта Васьковский-41 в большем количестве (10,08 мг/дм^3) обнаружена аминокислота тирозин, биогенный предшественник меланина и адреналина, а также аспарагин, аланин, аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Таким образом, исследования показали, что при изучении вин из тех сортов винограда местной селекции, культивируемых в Приморском крае, формируется различный состав аминокислот, их количество зависит от сортовых особенностей. В изучаемых сортах Васьковский-5 и Васьковский-41 идентифицирован полный набор аминокислот, в сорте Хсанский Боуса отсутствует триптофан. В вине из винограда Васьковский-41 самое высокое содержание лизина и пролина. Приготовленные виноматериалы, являются полноценными напитками и отвечают требованиям ГОСТ Р 51157-98.

Список литературы

1. *Гугучкин А. А.* Вина из перспективных сортов винограда / А. А. Гугучкин, Н. М. Агеева, Т. И. Гугучкина // Виноградарство и виноделие. 2001. № 3 С. 12–15.

2. *Даудова Т. И.* Влияние вертикальной климатической поясности на аминокислотный состав винограда / Т. И. Даудова, Ш. А. Абрамов, М. А. Халалмогомедов // Виноградарство и виноделие. 2007. № 4. С. 38–39.

3. *Исламов М. Н.* Изменение химического состава виноградного вина при электродиализной обработке / М. Н. Исламов, Т. А. Исмаилов, З. Н. Кишковский // Виноградарство и виноделие. 2008. № 1. С. 17.

4. *Кисель М. Ф.* Экологические аспекты качественных показателей ягоды виноград / М. Ф. Кисель // Виноградарство и виноделие. 2007. № 2. С. 36–37.

5. *Оганесянц Л. А.* Влияние функционального активных метаболитов дрожжей на качество винодельческой продукции / Л. А. Оганесянц, В. П. Бакулин, Б. Б. Рейтблат, Н. К. Кардаш, А. Д. Дурнев, А. В. Кулакова // Виноградарство и виноделие. 2008. № 1. С. 18–19.

6. *Степанов Н. А.* Применение иммобилизованных клеток дрожжей для производства спиртосодержащих напитков // Пищевая технология. Известия вузов: Научно-технический журнал / Министерство образования и науки Российской Федерации. — Краснодар. 2006. № 6. С. 45–47.

РАЗРАБОТКА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПЮРЕОБРАЗНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

С. К. Сейтпаева, Ю. Б. Курпелянская

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

На сегодняшний день остро стоит проблема питания детей. Питание оказывает большое влияние на развитие и рост детского организма. Для выполнения организмом различных функций, для построения тела ребенку требуются разнообразные полезные вещества такие как, витамины, минеральные компоненты, пектиновые вещества и др. Поэтому ежедневно рацион каждого ребенка должен быть разнообразен и богат полезными нутриентами.

Здоровое питание является залогом продления жизни, повышения устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, обеспечивает нормальный рост и развитие детей, является в конечном итоге ключевым условием прогресса и качества жизни [1].

На протяжении последних лет отмечаются устойчивые нарушения в структуре питания детей, наблюдается так называемый «скрытый голод» вследствие дефицита в рационах питания витаминов, макро- и микроэлементов.

Микронутриенты относятся к незаменимым пищевым веществам, так как организм человека их не синтезирует. Минеральные вещества выполняют в организме жизненно важные функции: входят в состав протоплазмы клеток, в активные группы ферментов, участвуют в построении костной и зубной ткани, обеспечивают работу желез внутренней секреции, необходимы для нормальной работы нервной, мышечной и других систем организма.

Витамины обладают исключительно высокой биологической ценностью. Витамины называют регуляторами жизненных процессов. Они участвуют в обмене веществ, являются необходимыми компонентами биокатализа и регуляции одельных биохимических и физиологических процессов. Витамины повышают сопротивляемость детского организма к инфекционным и другим заболеваниям [2, 3].

Нами разработаны технология и рецептура новых видов поликомпонентных пюреобразных консервов для детского питания.

На основании ранее проведенных исследований для расширения ассортимента детских консервов рецептура подбиралась с привлечением новых видов сырья, богатых биологически активными веществами, таких как шиповник, облепиха, ежевика, тыква, яблоки.

Основной целью при разработке рецептуры поликомпонентных консервов, является создание продукта, обогащенного витаминами, макро- и микроэлементами.

Облепиха является одним из лучших натуральных витаминоносителей. Состав плодов облепихи отличается редким среды плодовых и ягодных культур богатством и разнообразием биологически активных веществ. В плодах содержится витамина С — в среднем 200–300 мг % и каротина — 10 мг %, а также 0,7 % минеральных веществ и т. д.

Ежевика обладает жаропонижающим действием, ягоды действуют и как потогонное средство, полезна для сердечнососудистой системы за счет большого содержания калия.

Шиповник является природным витаминным концентратом. По количественному содержанию и разнообразию витаминов шиповник превосходит другие растения. Шиповник повышает сопротивляемость организма при инфекционных заболеваниях, обладает общеукрепляющим и тонизирующим действием, уменьшает проницаемость и хрупкость сосудов, обладает легким послабляющим действием [4].

Нами разработаны два вида образцов консервов (образец № 1 и № 2).

Технология производства консервов традиционна. Рецептура разработанных консервов представлена в табл. 1.

В разработанных консервах были определены физико-химические и органолептические показатели. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Разработанные продукты для детского питания обладают высокой пищевой и биологической ценностью, являются источником витамина С, β-каротина. Содержание витамина С составляет в образце № 1 — 89,7 мг %, в образце № 2 — 56,3 мг %. Полифенольные вещества 26,0 и 20,0 мг % — соответственно, β-каротина 1,31–0,94 мг %.

Органические кислоты и полифенольные соединения обуславливают вкус плодов. Данные вещества действуют возбуждающе на пищеварительную систему, улучшают циркуляцию крови и лимфе, стимулируют кровообращение, способствуют удалению вредных веществ, а также угнетают развитие бактерий, несвойственных пищеварительной системе.

Витамин С укрепляет иммунную систему, β-каротин обладает высокой антиокислительной и антимутационной активностью, благотворно влияет на состояние кожных покровов и слизистых оболочек.

Таблица 1

Физико-химические и органолептические показатели

Показатели	Содержание, %		Органолептические показатели			Суточная доза от 0,5–1 года от 0,5–1 года
	Образец № 1	Образец № 2	Показатели	Образец № 1	Образец № 2	
Витамин С	89,7	56,3	Цвет	Оранжево-желтый	Бордово-коричневый	20,0 мг/сут
β-каротин	1,31	0,94	Запах	Запах облепихи	Тыквенно-ежевичный	0,45 мг/сут
Полифенолы	26,0	20,0	Вкус	Свойственный данному продукту	Свойственный данному продукту	30 мг/сут 30 мг/сут
pH	4,1	4,2	Консистенция	Пюреобразная	Пюреобразная	
Сухие вещества	16,0	15,0				

Таблица 2

Изменения витаминов в динамике

Образец	Содержание, в мг %			
	Витамин С		β-каротин	
	первоначальное	через 6 месяцев	первоначальное	через 6 месяцев
№ 1	89,7	80,0	1,31	1,25
№ 2	56,3	49,5	0,94	0,88

Как видно из табл. 2 при употреблении 100 г пюре образца № 1 суточная потребность в витамине С покрывается в 4,5 раза, а образца № 2 — в 2,8 раза. Оба образца удовлетворяют потребность в β-каротине — в 2,9 и 2,1 раза соответственно. Потребность в полифенольных веществах удовлетворяется на 87 % и на 67 %.

Динамика изменения витамина С и β-каротина проводилась в течение 6 месяцев. Результаты представлены в табл. 3.

В образце № 1 содержание витамина С уменьшилось по сравнению с первоначальным на 10,8 %, β-каротина на 4,6 %.

В образце № 2 содержание витамина С уменьшилась по сравнению с первоначальным на 12,1 %, β-каротина на 6,3 %.

Разработанные пюреобразные поликомпонентные консервы для детского питания имеют хорошие органолептические показатели — приятный вкус, цвет, запах плодов и ягод из которых они изготовлены, консистенцию, свойственную пюреобразным продуктам. Новые продукты также обладают высокой пищевой ценностью за счет содержания в своем составе витаминов, минеральных веществ, органических кислот, пектиновых и полифенольных веществ.

Изучив динамику изменения витаминного состава при хранении следует отметить, что потери β-каротина в обоих образцах не велики 4,6–6,3 %. Потери витамина С составили 10,8–12,1 %. При хранении в течение 12 месяцев потери витаминов могут увеличится в 2 раза и более.

На сохранность витаминов оказывают влияние множества факторов: правильное ведение технологического процесса, качество сырья, температура и продолжительность хранения.

Рекомендуем гарантийный срок хранения детских пюреобразных консервов 12 месяцев и температуру хранения не более 15–20 °С.

Список литературы

1. *Касьянов Г. И., Овчарова Г. П., Ильина И. А.* К вопросу о концепции региональной политики в области здорового питания детского населения Кубани // Пищевая промышленность. 2000, № 3.

2. *Филиппова Л. Ю., Сергеева Л. П.* Продукты питания лечебно-профилактического назначения для детей // Пищевая промышленность. 2004, № 6.

3. *Кудряшева А. А.* Влияние питания на здоровье человека // Пищевая промышленность. 2004, № 2.

4. *Тимофеева В. Н. и др.* Новые виды консервов для детского питания // Пищевая промышленность. 2006, № 3.

РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА СЛАБОАЛКАГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

К. К. Кожобекова, О. В. Гудова, Г. Ш. Белекова

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

В последние годы наблюдается тенденция увеличения потребления слабоалкогольных напитков, которые благодаря своим вкусовым качествам и незначительному содержанию спирта привлекают современного потребителя, стремящегося не только к разнообразию вкусовых ощущений, но и к здоровому образу жизни.

Как правило, слабоалкогольные винные напитки, представляют собой смесь сухого вина с водой, а также с сахаром, эссенциями, настоями, соками цитрусовых и других видов плодов. Однако в последние годы все чаще винные напитки приготавливают имитацией качественных показателей, без какой либо натуральной основы.

Представленная работа направлена на расширение ассортимента слабоалкогольных винных напитков на основе натурального сырья. Несомненно, такие напитки являются более полезными и безопасными для организма человека, так как натуральные компоненты позволяют обогатить их различными биологически активными веществами.

Кыргызстан богат самыми разными плодово-ягодными культурами и имеет практически неограниченную сырьевую базу для производства данного вида слабоалкогольной продукции.

В нашей работе разработана технология получения основных компонентов слабоалкогольных винных напитков и подобраны дополнительные компоненты купажа.

Для обогащения биологически активными веществами и повышения экстрактивности будущих напитков нами предложено изготавливать основной компонент купажа смешиванием виноматериалов, изготовленных из винограда и нескольких видов плодово-ягодного сырья.

Нами выбрано плодово-ягодное сырье достаточно распространенное на территории Кыргызстана, традиционно применяемое в плодово-ягодном виноделии, с учетом его органолептических показателей, химического состава и технологических особенностей.

Из данных видов сырья были приготовлены сухие высоко-экстрактивные некрепленые виноматериалы, приготовленные смешанным «брожением на мезге» виноградного сока и соков из плодово-ягодного сырья.

Были приготовлены виноградно-черносмородиновый и виноградно-малиново-сливовый виноматериалы.

В качестве дополнительных компонентов использовали винно-спиртовые настои трав для ароматизации напитков и сахарный сироп для их подслащивания.

Для приготовления настоев использовались различные сочетания листьев мяты перечной, зеленого чая, цветков василька, чабреца, календулы, ромашки, а также корица, карамелизованный сахар и цедра лимона.

В процессе подбора рецептуры был приготовлен ряд опытных образцов с различным содержанием подготовленных виноматериалов, настоев для ароматизации и сахарного сиропа.

Подготовленные образцы были оставлены на хранение при комнатной температуре для ассимиляции компонентов купажа и затем были продегустированы по основным органолептическим показателям. Результаты дегустации показали, что лучшим по вкусу и аромату является образец приготовленной по рецептуре, приведенной в табл. 1.

Данный образец имел приятную темно-красную с гранатовым оттенком окраску, в аромате — карамельно-цветочный оттенок и слабый малиновый тон приятно сочетался с более выраженными тонами черной смородины и чернослива.

Во вкусе напитка дегустаторы отметили гармоничное сочетание сладости, кислотности, терпкости и приятной горчинки в послевкусии.

Полученный напиток был проанализирован по нескольким физико-химическим показателям (см. табл. 2).

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- предложенная технология производства виноматериалов, предназначенных для приготовления слабоалкогольных винных напитков, позволяет получать напитки заданной крепости без введения повышенных количеств разбавителей, что значительно улучшает их органолептические показатели;
- введение в купажи напитков, настоев трав, зеленого чая в сочетании с карамелизованным сахаром обусловливает появление специфического карамельно-цветочного оттенка в аромате, придает им приятную терпкость во вкусе и слабую горчинку в послевкусии.

Таблица 1

Рецептура разработанного слабоалкогольного винного напитка

№ п/п	Наименование компонентов купажа напитка	Рецептура	
		мл	дал/1000 дал
1.	Виноматериалы:		
	виноградно-черносмородиновый	100	200
	виноградно-малиново-чернослив овый	300	600
2.	Настои для ароматизации:		
	№ 1	10	20
	№ 2	10	20
	№ 3	20	40
3.	Сахарный сироп	60	120
	Итого:	500	1000

Таблица 2

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Содержание фенольных соединений, г/дм^3	11,6
2.	Содержание общего экстракта, г/дм^3	62,1
3.	Содержание спирта, % об.	4,2
4.	Тируемая кислотность, г/дм^3	5,2

• использование натурального сырья позволяет обогатить напитки биологически активными компонентами (в частности фенольными соединениями), что является несомненным преимуществом для потребителя, по сравнению с напитками, приготавливаемыми путем смешивания воды, спирта, сахара, лимонной кислоты и ароматических эссенций.

Проведенные исследования могут представлять интерес для винодельческих предприятий, так как расширение ассортимента слабоалкогольных винных напитков на основе натурального сырья является перспективным направлением развития алкогольной отрасли, отвечает основным тенденциям потребления алкогольной продукции в развитых странах и способствует проведению политики здорового образа жизни.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ НАЦИОНАЛЬНЫХ БЛЮД ДРЕВНИХ КЫРГЫЗОВ

К. К. Кожобекова, И. Б. Барелко, Н. Б. Алымкулова

Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

При создании любого функционального продукта основным этапом является выбор и обоснование ингредиентов, которые обуславливают новые целебные свойства продукта и оказывают целенаправленное воздействие на организм.

Продукты питания должны не только удовлетворять физиологические потребности человека в пищевых веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные функции, что зачастую и наблюдаются в традиции кыргызской кухни.

Для кыргызской национальной кухни характерны разнообразные мясные, молочные и мучные блюда, обусловленные хозяйственным укладом скотоводов-кочевников. Питаются кыргызы три-четыре раза в день. По сложившейся традиции самая обильная пища подается вечером. Очевидно, это было связано со спецификой хозяйствования: скотовод целый день проводил вдали от жилья, возвращался домой только вечером. Позднее это вошло в привычку, затем превратилось в традицию. Из молока и молочных продуктов готовят айран, каймак, кумыс, сюзме, курут. Гордостью кыргызов является знаменитый кумыс, который готовится из кобыльего, коровьего, верблюжьего молока. Целебное воздействие кумыса на организм человека огромное: способствует улучшению пищеварения, кровообращения, укрепляет иммунитет, устраняет дисбактериоз кишечника, служит эффективным средством при комплексном лечении туберкулеза.

Кочевой образ жизни кыргызов способствовал тому, что они неосознанно, но научились сохранять пищу для удобства транспортировки и длительного хранения. На современном языке это различные биотехнологические приемы консервирования.

Сушке подвергали мясо животных и птиц, кисломолочные продукты, дикорастущие травы, которые в нутриентологии теперь относят к биологически-активным пищевым, вкусовым добавкам. Известно, что дикорастущие ягоды и плоды содержат биологически активных веществ горазда больше чем, в культивируемых. У древних кыргызов дикоросы, как вкусовые добавки, широко использовались к мясным блюдам и в свежем виде и в виде сушья, готовили различные напитки.

Из продуктов растительного происхождения в приготовлении пищи использовали ячмень, пшеницу, рис, просо. Среди них традиционными и наиболее употребляемыми были кушанья из проса. Из него готовили каши, добавляли в муку для получения хлеба а также ферментированные напитки. В технологии их приготовления нет таких технологических приемов, как шлифование или перемол, во время которых могут быть снижены связанные формы минералов и часть витаминов, а при ферментации получаются продукты, обогащенные биологически-активными веществами, приобретают лечебные свойства и не содержат консервантов.

В народной медицине кыргызов напиток «Максым» традиционно применяют при некоторых заболеваниях кишечника. Из-за высокого содержания клеток дрожжей и молочнокислых бактерий он характеризуется повышенным содержанием живых ферментов, оказывающих благотворное влияние на организм. Наличие в напитке пищевых волокон положительно влияет на перистальтику кишечника.

Зерна и продукты их переработки один из важных источников поступления минеральных элементов с пищей в организм человека, прежде всего фосфора (P), калия (K), магния (Mg), кальция (Ca), серы (S) и железа (Fe).Функциональное действие злаковых на организм человека обусловлено присутствием в них, прежде всего пищевых волокон и комплексом витаминов, особенно группы B.

Получаемое в результате переработки проса пшено обладает высокой питательностью. Значительное содержание жира повышает калорийность крупы и ее вкусовые качества. Липиды характеризуются высоким содержанием непредельных жирных кислот, составляющих 90–93 % от общего их количества

В настоящее время для населения в Кыргызстане налажено производство напитков «Максым» и «Бозо» на промышленном уровне и пользуются широким спросом. Одним из основных видов сырья в них является просо.

На развитие материальной культуры кыргызов и, в частности, на их питание, большое влияние оказали культуры других народов, а также глубокие социально-экономические преобразования в годы Советской власти.

Начиная со второй половины XIX века, в рацион кыргызов стали входить национальные блюда русских и украинцев, дунган и уйгуров. А с развитием земледелия, птицеводства и пчеловодства в повседневный обиход кыргызов вошли многие овощи, фрукты, мед, кондитерские изделия. В связи с этим, можно отметить, что сейчас кыргызские блюда по составу наиболее полно отвечают требованиям

времени, рецепты многих блюд находятся в соответствии с современными понятиями о функциональном питании.

Современная кыргызская кухня продолжает сохранять свои особенности и национальные традиции приготовления многих блюд. Кроме того, восстанавливаются рецепты приготовления различных блюд длительного хранения (консервы), используемых в периоды кочевья. Но промышленное производство таких блюд отсутствует, т. к. технологические режимы не разработаны.

Ингредиенты национальных кыргызских блюд находятся в самых разнообразных видах сырья, как животного, так и растительного происхождения, немало среди них дичи и дикоросов. Из них составляются многочисления комбинации, как для мясных горячих блюд, так и для десертов к напиткам. Название таких «консервов» «Гул-Азык», что в переводе означает «цветы продуктов», этим кыргызы придавали продуктам особое значение. Готовили их воинам, путешественникам. Они удобны для длительного хранения и транспортировки, обладают высокой калорийностью. Особенностью «Гул-Азык» является то, что они почти готовы к употреблению, требуется только 10–15 минутная выдержка в кипятке. В отличие от современных технологий, данной продукт не подвергается жестким режимам воздействия и поэтому сохраняет в достаточной степени пищевую и биологическую ценность, а состав ингредиентов придает многофункциональную направленность.

В состав таких блюд входит мясо разных животных и птиц, различные добавки растительного происхождения, они содержат также пряности.

По составу ингредиентов соответствуют принципам рационального и сбалансированного питания; в настоящее время могут быть предназначены для различных групп населения, особенно для туристов и армии.

Цель данного исследования детальное изучение традиционных кыргызских блюд, известных под названием «Гул-Азык»: их многочисленных рецептур, химического состава самых разнообразных компонентов, технологических приемов их изготовления, пищевой и биологической ценности, сравнительной оценки с так называемыми «продуктами нового поколения» продуктами XXI века. Выявлено, что модификация рецептур и технологических приемов «Гул-Азык», в которых воплотился тысячелетний опыт кыргызского народа, позволили интуитивно создавать композиции, способные не только удовлетворять потребности человека в основных алиментарных веществах и в энергии, но и оказывать профилактическое и лечебное воздействие на многие физиологические функции организма. Эти продукты в полной мере соответствуют всем требованиям, предъявляемым к современным функциональным продуктам.

В настоящее время в Кыргызстане налажено промышленное производство многих традиционных напитков древних кыргызов («Максым», «Бозо», «Шоро», «Тан» и др.). Они пользуются широким спросом не только в нашей республике, но и зарубежом, являясь продуктом на экспорт.

Считаем целесообразным, возродить и производство продуктов линии Гул-Азык с определенной функциональной направленностью для разных групп населения в промышленном масштабе. Кроме того, эти продукты являются своеобразным концентратом, полуфабрикатом, т. е. пищей быстрого приготовления, которая сейчас пользуется большим спросом. С этой целью были изготовлены опытные образцы многообразных продуктов (в виде порошков, паст, пюре и т. д.) по разработанным рецептурам и технологическим режимам с последующей разработкой нормативной документации для внедрения в производство.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д. А. Коджегулова, Н. Б. Алымкулова

Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

К наиболее распространенным напиткам, потребляемым всеми группами детского и взрослого населения Кыргызской Республики, относятся национальные напитки «Максым», «Жарма» и «Бозо», приготовленные на основе злаковых культур.

На кыргызском рынке производство напитков присутствует сегодня общеевропейская тенденция, направленная на улучшение качества продукции нового уровня, удовлетворяющей потребительский спрос. При этом актуальной задачей является расширение ассортимента продукции повышенной биологической ценности, что соответствует современным требованиям науки о функциональном питании.

Напитки являются самым технологичным продуктом для создания новых видов функционального питания, поскольку введение в них функциональных ингредиентов не представляет большой сложности.

Особенностью технологии приготовления напитка «Максым» является отсутствие фильтрации сваренной и сброженной зерновой смеси от жидкой части, и это позволяет обогащать продукта всеми полезными веществами (витамины, минералы, пищевые волокна, а также дрожжи и молочнокислые бактерии).

Следовательно, данный напиток можно отнести к группе функциональных продуктов, как источник минералов и пищевых волокон, а также эубиотиков, к классу которых относятся живые микроорганизмы, способствующие восстановлению и нормализации функций естественной кишечной микрофлоры. Однако технология его производства основана на традиционном способе приготовления, где используемые зерна подвергаются обжарке и шелушению, сопровождаемых существенными потерями витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон.

Одним из эффективных путей повышения функциональной направленности напитка является освоение технологии, предусматривающей при переработке зерновых культур с частичным применением их с оболочкой и без обжарки. Такой подход в технологии приготовления позволит повысить в готовом продукте содержание пищевых волокон и обогатить его минералами и другими полезными для организма человека веществами, которые так же положительно действуют и на жизнедеятельность микроорганизмов, вызывающие брожения, в результате чего способствуют интенсификацию процесса в целом.

Следовательно, нами предложено применить в составе основного сырья в рецептуре напитка, просо с оболочкой и без обжарки.

О целебных свойствах проса упоминается в библии, как о «хлебе долголетия». В составе проса, по сравнению с другими злаками, высокое содержание кремния, марганца, цинка, рибофлавина и никотиновой кислоты.

Самый авторитетный пропагандист Системы здоровья Ниши, Майя Гогулан, перечисляет функции кремния в организме человека следующим образом: «Самое важное, что мы знаем о микроэлементе кремния — это то, что он помогает «строить» кости независимо от витамина D. Поэтому он необходим и детям, и старикам, и взрослым — здоровым и больным, так как оказывает благоприятное воздействие на работу сердца, состояние зубов, костей, волос, ногтей». Просо дает силу, укрепляет тело, быстро насыщает, хорошо действует на желудок, селезенку, поджелудочную железу, лечит болезни печени, укрепляет ее, оказывает мочегонное и потогонное действие, используется при лечении водянки.

Целью научных исследований явилось изучение влияния проса с оболочкой и без обжарки на качество готового напитка.

Для изучения качественных показателей напитка, нами были приготовлены на лабораторных условиях образцы напитков — контрольный и опытный. Контролем служил напиток, выпускаемый на производственном уровне по следующей рецептуре: смесь талкана (шелушенный, обжаренный и дробленный зерновой п/ф) из злаковых культур следующего состава — ячмень (60 %), кукуруза (30 %), овес (10 %); обжаренная на жиру пшеничная мука; вода; закваска из пекарской дрожжи. Опытный образец приготовили по измененной рецептуре: смесь талкана из злаковых культур — ячмень (60 %), кукуруза (10 %); измельченное просо (30 %) без шелушения и обжарки; обжаренная пшеничная мука; вода; закваска.

Способ приготовления напитка заключается в следующем: в кипящую воду с одновременным просеиванием и помешиванием добавляют талкан и предварительно обжаренную на жире пшеничную муку. Смесь варят с периодическим перемешиванием не менее 45 мин на умеренном огне. После охлаждения, добавляют дрожжевую закваску и ставят на брожение до 16 ч при комнатной температуре.

Таблица 1

Органолептические показатели напитков

Наименование показателя	Контрольный	Опытный
Внешний вид и консистенция	Непрозрачная жидкость с наличием частиц талкана	Непрозрачная жидкость с наличием частиц талкана
Цвет	От желтого до светло-коричневого	От бежево-желтого до коричневого
Вкус и запах	Солоновато-кислый вкус и аромат поджаренного зерна	Освежающий кисломолочный вкус, аромат поджаренного зерна

Таблица 2

Физико-химические показатели напитков

Наименование показателя	Контрольный	Опытный
Сухие вещества, %	4,20	4,84
Кислотность, 1 моль/дм^3 NaOH на 100 см^3	4,48	3,6
Пищевые волокна, %	0,19	0,64
Диоксид углерода, %	0,33	0,35
Кремний, мг %	20,04	37,4
Продолжительность брожения, ч	12–16	12–14

Приготовленные пробные образцы напитков исследовали по органолептическим и физико-химическим показателям. Результаты этих исследований приведены в табл. 1 и 2.

По результатам сравнений органолептических показателей установлено, что опытный напиток, изготовленный в предлагаемом варианте лучше. По результатам сравнений органолептических показателей установлено, что опытный напиток, изготовленный в предлагаемом варианте лучше.

По результатам физико-химических показателей: опытный образец по всем параметрам намного превосходит контрольный образец, особенно содержание в готовом продукте кремния и пищевых волокон.

Такому преимуществу, способствовало применение проса с оболочкой и без обжарки, повышающий минеральный состав напитка, а также создающее благоприятные условия для микроорганизмов, вызывающих процесс брожения. В результате, продолжительность брожения опытного образца сократилось на 2 ч.

Таким образом, проведенные нами исследования свидетельствуют о целесообразности применения проса в приготовлении напитка с оболочкой и без обжарки, что в значительной мере удовлетворяет ежедневную потребность человека в пищевых волокнах и минеральных веществах, а также интенсифицирует процесс брожения. О целебных свойствах кремния в составе напитка сказано выше, а хорошая сорбционная способность балластных веществ позволяет снизить содержание в пищеварительном тракте ионов тяжелых металлов, в том числе свинца и кадмия, что особенно важно при неблагоприятной экологической ситуации.

Список литературы

1. Пищевая химия под редакцией д. т. н., профессора А. П. Нечаева. СПб.: ГИОРД, 2004. 628 с.

2. *Гогулан М. Ф.* Обретение здоровья по системе профессора Кацудзо Ниши: Полная энциклопедия. — СПб.: Вектор, 2008. — 416 с.

3. Пат. 940094.1 KG. Безалкогольный тонизирующий напиток / Эгембердиев Т. Б., Эгембердиев Д. Б.; опубл. 01. 04.97. Бюл. № 4. — 2 с.

4. Пат. 1022 Кыргызская Республика. Состав безалкогольного напитка / Коджегулова Д. А., Дейдиев А. У.; опубл. 30.03.08. Бюл. № 3. — 2 с.

УДК 633:1:637Ю146.2

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ НАЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА «СЕРГЕК»

А. И. Изтаев[*], **А. Б. Мынбаева**[**], **А. К. Садибаев**[**], **М. Д. Кенжеходжаев**[**]

[*]Алматинский технологический университет, г. Алматы
[**]Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Республика Казахстан

Перспективным направлением создания отечественных продуктов питания и обеспечение ими населения Республики Казахстан является разработка национальных продуктов сбалансированными показателями по пищевой ценности и длительным сроком хранения.

Одним из традиционных видов национальных блюд РК является «Куриш-коже», который готовят по следующему рецепту: рисовую крупу отваривают в воде до готовности, затем охлаждают и добавляют айран (кефир).

Технология приготовления этого напитка по традиционной технологии ориентирована на получение ее в жидком виде, которая хранится в течение небольшого времени.

В связи с этим для увеличения сроков хранения и расширения ассортимента национальных продуктов разработана новая технология национального напитка «Сергек» (по аналогии «Куриш-коже»), которая основана на использовании следующих сухих компонентов:

I — полуфабриката из рисовой крупы;

II — сухого кисломолочного продукта.

Согласно технологической схеме полуфабрикат из рисовой крупы получают следующим образом: крупу подвергают увлажнению, отволаживанию, варке насыщенным водяным паром, просеиванию, сушке, измельчению, окончательной сушке, контрольному просеиванию, магнитному контролю, расфасовке и упаковке.

Технологический процесс производства сухого кисломолочного продукта включает следующие операции: приемка и фильтрование обезжиренного молока, пастеризацию, охлаждение, внесение закваски, сквашивание, отделение сгустка, добавление в сгусток поваренной соли, сушку, измельчение, просеивание и упаковку.

Полуфабрикат из рисовой крупы восстанавливают питьевой водой при температуре 98–100 °С, после чего добавляют сухой кисломолочный продукт при температуре смеси 30–40 °С, в качестве вкусовой добавки применяют соль по вкусу и напиток готов к употреблению.

Для составления рецептуры напитка «Сергек» заданного качества со сбалансированными показателями по пищевой ценности составили задачу оптимизации рецепта и приняли условные обозначения:

— i-вид компонентов и набор в них j питательных веществ;

— a_{ij} — количество питательного вещества j, содержащегося в единице данного компонента;

— x_i — количество компонента i, численно равное процентному содержанию его в смеси;

— N_i — количество питательного вещества j, которое содержится в 100 г смеси.

При разработке рецептуры напитка «Сергек» большое значение имеет расчет содержания компонентов рецептуры относительно заданной целевой функции.

Целевая функция была составлена для определения максимального количества белка при установленных ограничений по жиру и углеводу:

$$y = \sum c_i x_i \to \max,$$

где c_i — количество белка в единице компонента.

Для определения области допустимых решений задачи ограничения запишем математическими выражениями:

— ограничения по максимальному и минимальному процентному содержанию компонента одного вида в смеси в виде неравенства:

$$N_i^{\min} \le x_i \le N_i^{\max};$$

— содержание питательного вещества при данном наборе компонентов неравенством вида:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \ge N_j \qquad \text{или} \qquad \sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \le N_j;$$

— ограничения по сумме компонентов в смеси:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 100.$$

Для расчета рецептуры напитка «Сергек» необходимо знать содержание белков, жиров и углеводов состава компонентов [1]. Ограничения по пищевой ценности напитка «Сергек» были приняты в результате изучения рецептуры и пищевой ценности национального напитка «Куриш-коже», полученного по традиционной технологии (табл. 1).

Введем следующие обозначения:

x_1 — полуфабрикат из рисовой крупы;

x_2 — сухой кисломолочный продукт;

x_3 — вода.

Используя числовые данные, получим следующую математическую модель рецептуры напитка «Сергек»:

Найти $\{x_1; x_2; x_3\}$ при которых целевая функция:

$$y = 6{,}32x_1 + 63{,}25x_2 \to \max.$$

Ограничения по жиру:

$$1{,}66x_1 + 8{,}22x_2 \le 1{,}03.$$

Ограничения по углеводу:

$$81{,}17x_1 + 16{,}01x_2 \le 6{,}08.$$

Ограничения по компоненту приняты в результате проведенных экспериментов по изучению органолептических показателей:

— полуфабрикат из рисовой крупы: $5 \le x_1 \le 15$;

— сухой кисломолочный продукт: $5 \le x_2 \le 10$;

— вода: $75 \le x_3 \le 90$.

Ограничения по сумме компонентов напитка «Сергек»: $x_1 + x_2 + x_3 = 100$.

Решив задачу с помощью пакета прикладных программ FinPlus 2.0 [2], получим оптимальное решение: $x_1 = 6$ %; $x_2 = 8$ %; $x_3 = 86$ %.

Количество белка в напитке «Сергек» при таком соотношении компонентов составит $y_{\max} = 5{,}43$ % (или 5,43 г/100 г напитка).

Для разработанной рецептуры национального напитка «Сергек» рассчитали пищевую и энергетическую ценность на основании фактического содержания в компонентах белков, жиров, углеводов (табл. 2).

Анализ табл. 2 показывает, что при употреблении 100 г национального напитка «Сергек» обеспечивается 51,75 ккал, тем самым напиток относится к низкокалорийному продукту питания.

Таблица 1

Химический состав компонентов и ограничения
по пищевой ценности национального напитка «Сергек»

№	Наименование компонентов	Содержание, г		
		белки	жиры	углеводы
1	Полуфабрикат из рисовой крупы	6,32	1,66	81,17
2	Сухой кисломолочный продукт	63,25	8,22	16,01
3	Поваренная соль	—	—	—
4	Вода	—	—	—
Ограничения по ценности готового напитка «Сергек»		не менее 1,3	не более 1,03	не более 6,08

Таблица 2

Пищевая и энергетическая ценность национального напитка «Сергек»
(г на 100 г продукта)

№	Показатели	Напиток «Сергек»
Пищевая ценность		
1	Белки, г	5,43
3	Углеводы, г	6,15
3	Жиры, г	0,75
Энергетическая ценность		
	Ккал	51,75

Таким образом, получен оптимальный вариант рецептуры национального напитка «Сергек» полноценный по химическому составу и максимальному содержанию белка в готовом продукте.

Список литературы

1. *Байхожаева Б. У., Мынбаева А. Б.* Исследование пищевой и биологической ценности концентрата для кисломолочного напитка // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана, 2001. С. 19–21.

2. *Бухвалова В. В., Ковальчук А. В.* Пакет прикладных программ FinPlus 2.0. Руководство пользователя. Электронная книга, 2007. — 27 с.

ИНГИБИРОВАНИЕ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ШАМПИНЬОНОВ

Л. Т. Серпунина, В. С. Логашина

Калининградский государственный технический университет
E-mail: serpunina@mail.ru

На этапе первичной обработки шампиньонов происходит нарушение нативных тканей грибов. Особенно это касается операций чистки и резания (измельчения). В результате этих процессов происходит разрушение клеток, высвобождение ферментных систем, аэрация разорванной ткани. Как следствие этого текстура и цвет сырья заметно изменяются. При этом изменения цвета полуфабриката являются нежелательными, вследствие образования нерастворимых темных пигментов, не удаляющихся и не разрушающихся при последующей технологической обработке.

Потребители придают большое значение оценке цвета, потому что 80–90 % пищевых продуктов покупают лишь на основании цветового восприятия.

Изменение цвета грибного сырья может быть результатом ферментативных и не ферментативных процессов происходящих в его тканях. Основные типы реакций, вызывающих потемнение сырья при его первичной обработке включают: окислительные ферментативные и не ферментативные превращения полифенольного комплекса соединений; полимеризация продуктов окисления полифенолов, образование комплексов с тяжелыми металлами и т. д.; распад органических кислот, в особенности аскорбиновой и др.

Как правило, при обработке растительного сырья при температуре до 50 °С значительные изменения органолептических показателей (в первую очередь цвета) проходят за счет ферментативных процессов. Однако процессы окисления некоторых веществ могут происходить без участия ферментов, под действием кислорода воздуха и др. Поэтому для выявления истинных причин изменения цвета шампиньонов при их первичной обработке следует провести комплексный анализ факторов их вызывающих.

Процесс предварительной обработки шампиньонов включает операции чистки (резки), мойки и тепловой обработки полуфабриката. При нарушении наружных покровов грибов при их чистке происходит быстрое потемнение срезов, что приводит к получению некондиционной продукции. Для предотвращения этого явления отрабатывались рациональные приемы их обработки.

Для исследования использовались шампиньоны суточного хранения. Активность каталазы оценивали титрометрически по методу А. Н. Баха и А. И. Опарина, основанному на способности данного фермента разлагать перекись водорода.

Определение активности окислительно-восстановительных ферментов проводили колориметрически по методу А. Н. Бояркина, основанному на измерении активности фермента по скорости окисления диметил-п-фенилендиамина с образованием соединения, окрашенного в сине-фиолетовый цвет. При изучении процесса ингибирования полифенолоксидазы вместо воды (для разбавления ферментной вытяжки) в опытную кювету добавляли 2 мл ингибитора соответствующей концентрации.

Качество экспериментальных партии полуфабрикатов после тепловой обработки шампиньонов оценивали по органолептическим показателям по пятибалльной шкале.

На первом этапе определена исходная активность полифенолоксидаз в тканях шампиньонов. Основным фактором, влияющим на изменение полифенольного комплекса шампиньонов при их нетермической первичной обработке, являются полифенолоксидазы.

Количественная оценка активности полифенолоксидазы в тканях шампиньонов довольно высокая (табл. 1). Это приводит к интенсивному их потемнению в процессе обработки. Отмечена тенденция снижения активности фермента от нижней части гриба к шляпке, что подтверждается визуальными наблюдениями за потемнением тканей грибов.

Таблица 1

Активность окислительно-восстановительных ферментов в тканях шампиньонов

Образцы	Активность полифенолоксидазы, ед./1 г сырой ткани	Активность каталазы, Е в 1 г сырой ткани
Шляпка	0,019094	31,46
Верхняя часть ножки	0,046082	32,08
Нижняя часть ножки (без мицелия)	0,067111	33,75

Активность каталазы также высокая, что может объясняться высокой скоростью метаболизма грибных клеток. Причем нижняя часть плодового тела шампиньона, расположенная ближе к мицелию, характеризуется более высокой активностью каталазы и, следовательно, более быстрым обменом веществ, чем верхняя часть.

Для предотвращения потемнения мякоти грибов при их чистке было решено использовать метод разобщения компонентов реакции окисления с помощью растворов веществ, влияющих на активность фермента. Выдержка грибов в растворе проводилась на этапе между операциями чистки до тепловой обработки.

Для ингибирования ферментативного потемнения использовались растворы солей, кислот и их бинарных смесей:

— бисульфит натрия (в качестве контроля) концентрацией 0,1; 0,25 и 0,5 %;
— тиосульфат натрия (в качестве контроля) концентрацией 0,25; 1 и 1,5 %;
— хлористый натрий в концентрации 2,0; 3,0; 5,0 и 10,0 %;
— пирофосфат натрия в концентрации 0,5; 1,0; 1,5 и 3,0 %;
— растворы кислот: соляной (0,01 Н), уксусной (0,5 Н и 0,05 Н) и щавелевой (0,1 Н).

Все применяемые вещества допущены к использованию в качестве пищевых добавок при производстве продуктов питания.

Ингибирование активности грибной полифенолоксидазы различными солями и кислотами, а также их смесями показало, что значение активности фермента зависит не только от концентрации вещества, но и от природы аниона. Так, активно ингибирующий полифенолоксидазу сернистый ангидрид в виде бисульфита, совершенно теряет свою активность при использовании тиосульфата.

Ингибирующие свойства используемых растворов кислот также зависели от природы аниона. Слабые в химическом отношении органические кислоты щавелевая (0,1 Н) и уксусная (0,05 Н) снижали активность фермента более чем на 50 %, а в случае 0,5 Н уксусной кислоты фермент инактивировал полностью. Во многом это объясняется не только влиянием на белковую часть полифенолоксидазы шампиньонов, но и способностью ацетат- и оксалат-ионов образовывать с медью нерастворимые довольно стойкие комплексные соединения.

Наиболее активным ингибитором полифенолоксидазы шампиньонов по результатам исследования оказалась синергическая смесь (1 : 1) 5 % раствора хлористого натрия и 1,5 % раствора пирофосфата натрия.

Компоненты смеси безопасны для организма человека и активно предотвращают потемнение мякоти грибов. Дальнейшие технологические испытания проводились с использованием этого раствора.

При использовании ингибирующего раствора ткани шампиньонов поглощают практически в 2 раза меньше воды, чем при выдерживании их в дистиллированной воде или в 1,5 % растворе пирофосфата натрия. Что касается 5 % раствора хлористого натрия, то его использование приводит к некоторому обезвоживанию тканей грибов, что является нежелательным с точки зрения влияния на консистенцию продукта.

Очищенные грибы для временного хранения следует погружать в раствор ингибиторов, состоящий из 5 % раствора хлористого натрия и 1,5 % раствора пирофосфата натрия (1 : 1), для предотвращения их потемнения. Выдерживание грибов в ингибирующем растворе не должно превышать 45–60 мин, во избежание их чрезмерного набухания.

В процессе предварительной обработки шампиньонов активность ферментативных реакций потемнения также ингибируется. С учетом этого были определены температурные параметры активности полифенолоксидазы (в модельных условиях). Ферментная вытяжка из свежих грибов выдерживалась при повышенных температурах в течение 5 минут. Уровень сохранения биохимической активности в водных растворах обобщен в табл. 2.

Таблица 2

Изменение активности (%) полифенолоксидазы шампиньонов при различной температуре нагревания

Температура, °С	Изменение активности	Температура, °С	Изменение активности
20	0	70	−76,8
30	+15,0	80	−87,0
40	+66,1	90	−92,5
50	+114,0	98	−100

Установлено, что полная инактивация полифенолоксидазы происходит при 98 °С. При более низких температурах термостатирования в исследуемых образцах активность фермента сохраняется, хотя и находится на очень низком уровне. С учетом этого, на этапах предварительной тепловой обработки шампиньонов температура внутри тела гриба при бланшировании или обжаривании должна быть не ниже 95–98 °С.

Тепловая обработка полуфабриката грибов является одним из основных технологических процессов, назначение которого заключается в предварительной подготовке сырья для консервирования. Одновременно на этом этапе идет и инактивация ферментов, с целью предотвращения потемнения мякоти, максимальное удаление воздуха из межклеточного пространства, изменение структуры ткани для улучшения осмотически-диффузионных процессов и др. В технологии приготовления продукции из шампиньонов процессы тепловой обработки полуфабрикатов вносят определенный вклад в ингибирование реакций потемнения грибов.

Однако при приготовлении опытных образцов отварного полуфабриката замечено, что после охлаждения в продукте обнаруживается остаточная активность полифенолоксидазы. При последующем хранении цвет полуфабриката становится темным. Это, очевидно, объясняется деятельностью сохранившихся ферментов.

С учетом проведенных исследований предлагается в качестве жидкой фазы для бланширования использовать ингибирующую смесь (1 : 1) 5 % раствора хлористого натрия и 1,5 % раствора пирофосфата натрия. Результаты органолептической оценки и определения остаточной активности полифенолоксидазы доказали предпочтительность выдержки грибов после чистки в ингибирующей смеси и последующего бланширования в этом же кипящем растворе в течение 5 минут. Соленость указанного образца составила 1,32 %.

Наряду с бланшированием в качестве предварительной обработки можно использовать более высокотемпературный процесс — обжаривание. Правильность выбора режима предварительной тепловой обработки дополнительно оценивается содержанием сухих веществ в продукте.

УДК 664.3

ВЛИЯНИЕ КИЗЕЛЬГУРА НА КОЛЛОИДНУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ ПИВА В ПРОЦЕССЕ ФИЛЬТРАЦИИ

А. Г. Казарян

ЗАО «Ереванское пиво», г. Ереван, Республика Армения
E-mail: kiliko@arminco.com

Целью фильтрации является удаление частиц мути, достижение необходимой прозрачности и повышение биологической и коллоидной стабильности пива. На результат фильтрации влияют в основном три фактора — безупречное функционирование оборудования, постоянное качество и соответствующий подбор фильтрующего материала, правильность ведения технологического процесса. Для обеспечения длительного срока хранения и возможности его экспорта, пиво должен иметь высокую биологическую и физико-химическую стойкость. В пивоварении в основном применяют фильтрование через намывной слой вспомогательного фильтрующего материала (кизельгура, перлит и т. д.), иногда в сочетании с осветляющим и обеспложивающим фильтрованием. Обычно считается, что основное требование к используемому фильтрующему средству это его инертность к пиву. Однако абсолютно инертного материала не существует. Перлит в этом отношении считается более инертным, чем кизельгур, так как содержит меньше растворимых ионов в пиве, таких, как ионы железа, кальция и др.

В кизельгуре первоочередное значение имеет содержание аморфного кремнезема, являющегося основным компонентом диатомитовых панцирей. Структура и химический состав кизельгуров может меняться в зависимости от месторождения, условий добычи и последующей обработки. Кизельгур содержит определенную долю выщелачиваемых веществ, к которым относятся прежде всего ионы металлов, уровень которых в кизельгуре определяется маркой кизельгура. В готовом пиве они могут отрицательно повлиять на стабильность пива и его сенсорные качества. Так концентрация железа в пиве не должна превышать 0,2 мг/л а пиво с содержанием более 0,4 мг/л имеет нежелательный металлический привкус. Окись железа влияет и на цвет продукта. Превышение массовой доли окися железа в кизельгуре более 2 % отрицательно влияет на вкус и цвет пива. Наличие магния также может быть причиной окрашивания фильтрующего материала. Силикаты алюминия являются нежелательным балластом, который снижает фильтрационные свойства материала, их содержание в пересчете на диоксид алюминия не должно превышать 4–5 %. В состав коллоидных осадков входят ионы металлов, в том числе алюминия, бария, кальция, хрома, магния и т. д. Однако обычно обращают внимание на ионы меди (Cu^{+1}), железа (Fe^{+2}), алюминия (Al^{+2}), олова (Sn^{+2}) и цинка (Zn^{+2}), так как они катализируют окислительные процессы. Зола типичной коллоидной мути содержит довольно значительные количества алюминия, бария, кальция, хрома, меди, железа, свинца, магния, марганца, молибдена, никеля, фосфора, кремния, серебра, стронция, олова, ванандия и цинка [1].

Роль металлов в образовании мути может быть разнообразной. Некоторые металлы (медь, железо, цинк и др.) могут катализировать реакции окисления различных соединений. Эти ионы образуют комплексы с белками (металло-белковое помутнение). Кроме того, медь катализирует реакции распада сахаридов при нагревании, в частности мальтозы, с образованием редуктонов с восстановительной способностью и радикалов с окислительной способностью [2, 3].

При решении проблемы повышения коллоидной стойкости пива имеет значение выбор марки кизельгура и соотношение между фракциями кизельгура. Для этого необходимо: произвести фильтрование пива кизельгуром в котором содержание веществ экстрагируемых водой не превыщает 1 % и оптимизацировать режим фильтровании (оптимизацировать соотношения между отдельными фракциями кизельгуров и адсорбентов при намыве).

Кизельгур, имеющий широкий диапазон размер частиц, позволяет решить многие задачи: грубые и средние марки применяются для основной фильтрации пива после дображивания; тонкие и очень тонкие (полирующие) марки используются для удаления тонкой мути в пиве, которая может появиться в нем после обработки пива различными стабилизирующими материалами.

Залежи диатомитовой земли находятся во многих странах, однако разработка месторождений не везде экономически выгодна. В настоящее время диатомит добывают в США, Мексике, Испании, Франции, Китае, Чили и др. В 60-е годы 20-го века были разведаны крупные залежи диатомитов в Армении.

Начиная с 2004 года и по настоящее время НП ЗАО «Диатомит» разрабатывает Джрадзорское месторождение диатомитов (Армения), которое по критериям физико-химических показателей (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO и т. д.) считается высококачественным сырьем.

Химический состав диатомита Джрадзорского (Армения) месторождения
(порошок фильтровальный диатомитовый «Масис»)

Показатели	Масис	Масис-А	Масис-В	Масис-С	Масис-С1
Проницаемость ЕВС, Дарси	0,025	0,8–1,5	0,12–0,45	0,06–0,11	0,05–0,03
Водорастворимые вещества, %	—	<0,15	<0,10	<0,20	<0,20
Потери при прокаливаниия, %	4,4	0,1	0,1	0,1	0,1
Fe (растворимое в пиве) мг/100 кг	—	<100	<100	<100	<100
Ca (растворимый в пиве) мг/100 кг	—	<500	<500	<500	<500
pH (10 % водный раствор)	<8,0	8,5–10,5	<8,0	<8,0	<8,0
Химический состав: %					
SiO_2	90,9	91,1	94,6	95,5	95,6
Al_2O_3	2,14	2,59	2,36	1,96	1,93
CaO	0,65	1,00	0,68	0,55	0,53
MgO	0,34	0,33	0,33	0,30	0,30
Na_2O	0,21	2,97	0,37	0,33	0,32
K_2O	0,20	0,28	0,25	0,23	0,23
Fe_2O_3	0,97	1,27	0,99	0,75	0,73
MnO	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
TiO_2	0,10	0,13	0,10	0,08	0,08
P_2O_5	0,06	0,08	0,06	0,05	0,05
Cr_2O_3	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00

Кизельгуры марки «Масис» химический инертные и чистые, имеют одинаковый состав частиц, не оказывают влияния на вкус, аромат, цвет и состав пива. Пивоваренные, металлургические, лакокрасочные предприятия ряда стран (РФ, Армения, Чехия, Казахстан, Иран, Беларусь, Грузия, Болгария, Украина и т. д.) используют диатомитовые порошки марки «Масис». Поэтому с уверенностью можно сказать, что кизельгуры марки «Масис» служат альтернативой импортным кизельгуром.

Список литературы

1. *Покровская Н. В., Каданер Я. Д.* Биологическая и коллоидная стойкость пива. М.: Пищевая промышленность. 1978. С. 272.

2. *Хюттинен И.* Образование мути при охлаждении пива // Пиво и жизнь. 2004. № 1 (42). С. 33–37.

3. *Шавел Ян.* Аэробное и анаэробное старение пива. Пиво и жизнь. 2003. № 5 (40). С. 17–22.

УДК 641.524.6: 664.85

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТОВ

С. Н. Кравченко*, Е. С. Каган, А. А. Столетова****

*Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: k-sn@yandex.ru
**Кемеровский государственный университет
E-mail: kaganes@mail.ru

Производственные технологии на современных предприятиях представляют собой сложные процессы с большим количеством стадий и широким спектром взаимосвязей показателей, что является причиной возникновения ряда трудностей при оценке качества подобных технологических систем.

Цель работы — оценка качества технологической системы производства экстрактов различных форм из плодово-ягодного сырья

Управление качеством достигается через управление процессами, что требует исследований и анализа технологического потока производства как системы на разных иерархических уровнях — от предприятия до технологической операции.

Однако технологический поток переработки плодово-ягодного сырья в экстракты, нельзя рассматривать как сумму отдельных технологических процессов. Очевидно, что каждый отдельный агрегат, работающий в составе линии, влияет как непосредственно, так и косвенно на работу других машин и аппаратов. Поэтому для совершенствования технологического потока необходим его анализ как системы [1].

Модель технологической системы производства экстрактов в соответствии с методологическими принципами системного анализа была организована по блочно-модульному типу [2].

Качественное исследование подсистем разработанной модели предполагает выбор показателей, которые отражают систематическую оценку качества, устойчивости и управляемости технологических процессов на выходе из этих подсистем и отдельных операторов, а также эффективность переработки плодово-ягодного сырья в полуфабрикаты, готовую продукцию и необходимы при оценке стабильности технологии в целом.

Не все входящие в систему показатели оказывают на ее качество одинаковое влияние. Поэтому определение приоритетов составляющих рассматриваемой системы является первой проблемой решения поставленной задачи. При оценке качества сложной технологической системы используется ряд разнородных показателей, которые могут оцениваться с помощью различных методик и шкал измерении, что так же существенно затрудняет процесс оценки.

Как правило, при анализе рассматриваемой структуры число элементов и их взаимосвязей велико. Система делится на подсистемы и может быть представлена в виде иерархии.

Для определения влияния составляющих нижнего уровня иерархии на ее фокус (в нашем случае, качество технологической системы) нами был использован метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати [3]. Данный метод основан на обработке экспертной информации и представлении ее в виде матриц парных сравнений. Метод состоит из двух этапов. На первом этапе исследуемый процесс представляют в виде иерархической структуры и определяют приоритеты составляющих каждого уровня, путем обработки соответствующих матриц парных сравнений. На втором этапе осуществляется иерархический синтез, после проведения которого получают приоритеты влияния составляющих на фокус иерархии.

Процесс оценки качества технологической системы производства экстрактов был представлен в виде иерархии, состоящей из четырех уровней. Фокус иерархии — качество технологической системы. Составляющими первого уровня являются: «Организация системы», «Полезность системы», «Качество функционирования», «Экономическая эффективность», «Развитие системы». Составляющие четвертого уровня — это показатели, непосредственно подлежащие измерению. С помощью МАИ были получены весовые коэффициенты влияния на качество системы этих показателей.

При оценке уровня качества системы удобно, чтобы значение этого показателя было нормировано, т. е. измерялось в пределах от 0 до 1 (0 — низкое качество, 1 — высокое качество). Для этого необходимо, чтобы все показатели нижнего уровня измерялись в таком же диапазоне. Показатели четвертого уровня разнородны. Имеется группа показателей, значения которых оцениваются через процентное содержание. Другая группа показателей представляет собой экспертную оценку, измеряемую в баллах. Третья группа показателей, значение которых можно оценить только через дихотомическую переменную: 1 — значение показателя в норме, 0 — значение показателя не в норме (выше, ниже) и т. д. По соответствующим алгоритмам осуществляется перевод всех групп показателей в заданный диапазон. После

чего с учетом весовых коэффициентов рассчитывается интегральный показатель оценки уровня качества технологической системы.

В результате была разработана методика получения количественной оценки качества технологической системы производства экстрактов различных форм из плодово-ягодного сырья.

Список литературы

1. *Панфилов В. А.* Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). — М.: Колос, 1993. — 288 с.

2. *Кравченко С. Н., Павлов С. С.* Производство обогащенных пищевых продуктов с использованием экстрактов и их товароведческая оценка. — М.; Кемерово: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат — АСТШ, 2006. — 151 с.

3. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: «Радио и связь», 1993. — 320 с.

УДК 635:613.287.58

МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г. В. Горшенина

Научно-исследовательский химико-технологический институт
при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, г. Бишкек
E-mail: ggalina76@mail.ru

Для сохранения здоровья людей продукты питания должны обеспечивать улучшение обмена веществ, повышение сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды [1].

Поэтому при создании новых продуктов необходимо учитывать такие факторы, как повышение биологической ценности и придание лечебно-профилактических свойств за счет введения в рецептуру дополнительных компонентов. В частности, комбинирование сырья животного и растительного происхождения может дать широкую гамму продуктов питания целевого назначения.

Исследованы возможности использования в составе молочных продуктов сухих плодоовощных добавок в виде порошков [1, 2], в которых содержатся все необходимые компоненты: белки, углеводы, аминокислоты, пищевые волокна, витамины, микро-, макроэлементы. Углеводы представлены в виде фруктозы и глюкозы, хорошо усваиваются и являются источником энергии. Пектиновые вещества в сочетании с витамином С дают синергический эффект в отношении холестерина сыворотки крови, печени, легких и сердечных мышц. Наличие в пектиновых веществах свободных кислотных групп галактуроновой кислоты способствует связыванию в кишечнике ионов металлов, образуя стойкие, малодиссоциирующие соединения — хелаты, которые не всасываются и выводятся из организма. Эти свойства позволяют использовать пектиновые вещества для профилактического и лечебного питания в условиях радиоактивного загрязнения. Что особенно актуально в данный момент для жителей регионов Кыргызстана, где расположены хвостохранилища, представляющие угрозу здоровью населения.

Установлено, что сухие порошки на основе манной крупы с тыквенным наполнителем способны связывать ионы металлов [3].

На основании вышеизложенного, нами разработан новый вид молочной продукции — свежий сыр с использованием тыквы. Внесение тыквы позволит обогатить и придать лечебно-профилактические свойства молочным продуктам, а также расширить ассортимент выпускаемой продукции и снизить себестоимость готового продукта (см. сообщение 1 [4]).

За основу была взята технология производства свежих сыров [5].

Технология свежего сыра «Тыквинка»

Технологический процесс состоит из следующих операций: приемка молока; очистка молока; резервирование и созревание; нормализация (при необходимости); пастеризация; охлаждение до температуры свертывания; подготовка молока к свертыванию; внесение наполнителя; свертывание молока; обработка сгустка; формование; самопрессование; упаковка и хранение.

Приемка и подготовка сырья

Сырье для выработки свежего сыра: обезжиренное молоко, закваска, приготовленная на чистых культурах лактобактерий, сахар, тыква как наполнитель в различных вариантах: осветленный сок, сок с мякотью, очищенные и измельченные семена, пюре, медок.

Подготовка тыквы как наполнителя осуществляется в соответствии с технологией, приведенной в сообщении 1 [4].

Очистку молока проводят при $t = 30 \div 40$ °С.

Резервирование и созревание: молоко созревает 10–12 ч при $t = 8 \div 10$ °С до кислотности 23–25 °Т.

Нормализация: при необходимости нормализация осуществляется по массовой доле жира с учетом массовой доли белка.

Пастеризация: $t = 74 \div 76$ °С (78 °С если бактериально загрязненное молоко) с выдержкой 20–25 сек.

Охлаждение до температуры свертывания: $t = 35 \div 38$ °С.

Подготовка молока к свертыванию: в нормализованное молоко вносят $CaCl_2$ из расчета 1,5 мл (водного раствора) на 1 л молока; закваску в количестве 30–50 мл на 1 л молока; сычужный фермент (2-х %-й раствор) 1 мл на 1 л молока; тыкву в различных вариантах. Вид наполнителя и соотношение молочной основы к растительной представлены в таблице.

Влияние вида наполнителя на качественные показатели свежего сыра

№	Вид тыквенного наполнителя	Наполнитель, г/500 г молока	Органолептические показатели
1	Осветленный сок	50	Вкус и запах — чистые, кисломолочные, вкус сладкий со слабым, едва уловимым привкусом и запахом внесенного наполнителя. Внешний вид и консистенция — мягкая, нежная сырная масса зернистой структуры. Цвет теста — от белого до слегка желтоватого с кремовым оттенком.
2	Сок с мякотью	50	Вкус и запах: явно выражен вкус наполнителя. Внешний вид и консистенция — мягкая, нежная сырная масса зернистой структуры. Цвет: белый с оранжевыми вкраплениями, расположенными равномерно по всей массе готового продукта.
3	Очищенные и измельченные семена тыквы	25	Вкус и запах: ореховый. Внешний вид: в виде мраморной крошки, расположенной равномерно по всей массе готового продукта. Цвет: введенного наполнителя.
4	Пюре	100	Вкус и запах: явно выражен вкус наполнителя. Внешний вид и консистенция — мягкая, нежная сырная масса зернистой структуры. Цвет: белый с оранжевыми вкраплениями, расположенными равномерно по всей массе готового продукта.
5	Медок	50	Вкус и запах — чистый, кисломолочный, сладкий. Внешний вид и консистенция — мягкая, нежная сырная масса зернистой структуры. Цвет теста — от белого до слегка желтоватого с кремовым оттенком.
6	—	Контрольный образец	Вкус и запах — чистый, кисломолочный, сладкий. Внешний вид и консистенция — мягкая, нежная сырная масса зернистой структуры. Цвет теста — белый.

Свертывание молока: 60–90 минут.

Обработка сгустка и постановка зерна: готовность сгустка определяют пробой на излом.

Режут готовый сгусток на зерна с диаметром от 3 см до 5 см и оставляют для отделения сыворотки, которую затем сливают. Вымешивают сырное зерно 2–3 мин деревянным веслом.

Второе нагревание не производят, так как температура второго нагревания совпадает с температурой свертывания.

Формование: формируют сырную массу в формы-сетки по 200 гр и оставляют в покое на самопрессование.

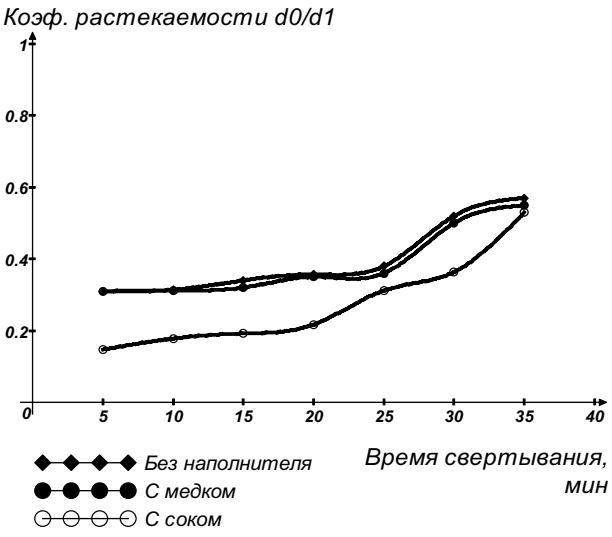
Самопрессовани протекает при $t = 16 \div 20$ °С в течение 1,5–2 ч, при периодическом переворачивании сыра.

Упаковка и хранение. Хранят готовый сыр при $t = 6$ °С в течение 36 ч с момента выработки.

Готовые продукты подвергались органолептической оценке, данные которой приведены в таблице.

Дегустационная оценка показала, что образцы № 1 и № 5, характеризуются хорошими органолептическими показателями.

Для выбранных оптимальных образцов было исследовано изменение структурно-реологического показателя — коэффициента растекаемости при формировании сгустка (см. рисунок).



Исследование изменения структурно-реологического показателя — коэффициента растекаемости при формировании сгустка

Коэффициент растекаемости представляет собой отношение начального диаметра трубки (22 мм) к среднему диаметру пятна, образующегося при растекании исследуемой пробы на гладкой поверхности.

Из полученных данных видно, что у исследуемого образца с соком коэффициент растекаемости ниже, чем у контрольного образца и исследуемого образца с медком, но к концу процесса кривые параллельны, а это значит, что введенный наполнитель не препятствует образованию сгустка. За счет тыквы продукт обогатился пектином, клетчаткой, растительным жиром, фосфором, хлором, калием, витаминами С и бета — каротином, В6, В1, железом, медью и цинком, то есть компонентами, играющими в организме человека важную физиологическую роль.

Список литературы

1. *Архипова А. Н., Красникова Л. В.* Использование нетрадиционных добавок при производстве кисломолочных продуктов лечебно-профилактического назначения // Молочная промышленность. — 1994. — № 8. — С. 14.

2. *Ильина И. А., Земскова З. Г., Овчарова Г. П.* Способность сухих зерномолочных продуктов с овощами выводить из организма тяжелые металлы // Молочная промышленность. — 1999. — № 11. — С. 29.

3. *Красненко Г. А., Ильина И. А., Земскова З. Г., Овчарова Г. П.* Сухие зерномолочные продукты с овощами // Молочная промышленность. — 1999. — № 9. — С. 13.

4. *Горшенина Г. В., Мусульманова М. М., Баткибекова М. Б.* Тыква — источник функциональных ингредиентов для молочных продуктов (сообщение № 1). — Статья в сборнике научных трудов. 2007. — С. 286–90.

5. *Степанова Л. И.* Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептура. Том № 1. Цельномолочные продукты. — 2-е изд. — СПб.: ГИОРД, 2003. — 384 с.

УДК 641.85

ДЕСЕРТНЫЕ КРЕМЫ ЭМУЛЬСИОННОЙ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

З. В. Василенко, П. А. Ромашихин, Т. Н. Болашенко

Могилевский государственный университет продовольствия, Беларусь
E-mail: mti@mogilev.tut.bu

При разработке новых видов масложировых продуктов актуальным является создание продуктов функционального назначения, которые определяются как продукты с пониженной жирностью и повышенной пищевой и биологической ценностью.

Технология производства продуктов питания эмульсионной структуры, в частности десертных кремов и соусов, позволяет разрабатывать широкий ассортимент продукции направленного действия с заданными структурно-механическими и органолептическими характеристиками благодаря использованию современных ингредиентов — эмульгаторов, структуро- и гелеобразователей. Наличие в пищевых эмульсиях и водной и жировой фаз позволяет эффективно обогащать их как водорастворимыми, так и жирорастворимыми веществами, которые придают продуктам функциональные свойства. С другой стороны, растительное масло, которое является основным рецептурным ингредиентом эмульсионного крема или десерта можно уже рассматривать как продукт функционального назначения благодаря наличию в нем полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, стеринов и токоферолов.

Работа проводилась в несколько последовательных этапов:

— исследование возможности исключить из рецептуры десертного крема традиционных эмульгатора (яичного порошка или меланжа) и стабилизатора (сухого обезжиренного молока), которые не способны стабилизировать эмульсию с содержанием жировой фазы 20 % и менее;

— подбор ингредиентов с адекватными технологическими характеристиками, которые способны стабилизировать пищевую эмульсию с низким содержанием жировой фазы и при этом, способных формировать структуру и текстуру нового продукта на уровне традиционного аналога, определение их оптимальных количеств в рецептуре и технологических параметров производства;

— научно-обоснованный выбор функционального ингредиента для обогащения нового продукта, установление его оптимальных количеств, стадии и способа введения в рецептуру;

— разработка технологии и рецептуры нового десертного крема и характеристика показателей качества — органолептических, реологических и физико-химических в процессе производства и при хранении.

На первом этапе работы была исследована возможность использования модифицированных крахмалов восковой кукурузы (далее МК) в качестве эмульгатора и стабилизатора эмульсии, определены их технологические свойства (растворимость, водосвязывающая и эмульсионная способности), а также оптимальные количества МК в рецептуре десертного крема с содержанием жировой фазы 15 %. Было установлено, что в рецептуру необходимо вводить 0,3–0,5 % МК с эмульгирующими свойствами и 4,5–4,8 % МК, способного удерживать значительное количество водной фазы в структурированном состоянии, обеспечивая тем самым стойкость образованных систем. Было установлено влияние МК на вязкость низкожирной эмульсии, которая повышалась с увеличением концентраций МК в рецептуре. Реологические характеристики разработанных десертных эмульсий определяли на ротационном вискозиметре «Реотест 2» при температуре 20 °С и на основании экспериментальных данных строили реологические кривые зависимости динамической вязкости от скорости сдвига. Было установлено, что десертные эмульсии, приготовленные на МК являются более структурированными и обладают улучшенными структурно-механическими характеристиками в сравнении с контрольным образцом, при этом повышалась эффективная вязкость образованных систем как в области разрушенных, так и неразрушенных структур.

Для придания функциональных свойств десертному крему в его рецептуру была введена коньюгированная линолевая кислота (КЛК), которая является эссенциальным фактором питания, способствует обмену веществ на уровне клеточных мембран, увеличивает гормон-индуцированную активность липазы и участвует во многих обменных процессах в организме человека.

В рецептуру десертного крема КЛК вводилась в составе пищевой добавки Тоналин TG 80, которая состоит из глицеридов, содержащих КЛК в количестве 80 % от массы добавки. Поскольку Тоналин TG 80 представляет собой чистую, прозрачную, бесцветную с немного желтым оттенком маслянистую жидкость, ее вводили в рецептуру, предварительно смешав с растительным маслом. Было установлено, что введение КЛК в рецептуру не оказывало влияние на стойкость майонезов. Поскольку Тоналин TG 80 обладает достаточно специфическим вкусом и ароматом, количество его в рецептуре было определено на основании органолептической оценки и составило 1,0–1,2 г на 100 г продукта.

Для расширения ассортимента десертных кремов, повышения их пищевой ценности и улучшения вкусовых достоинств продукта были использованы фруктово-ягодные наполнители промышленного производства с кусочками ягод и фруктов — «Лесная ягода», «Дыня», «Груша» и «Тирамиссу» оптимальные количества которых были определены на основании органолептической оценки и составили 15–20 % от массы крема в зависимости от вида наполнителя. Было изучено влияние введения наполнителей на стойкость десертных кремов, структурно-механические характеристики и физико-химические показатели качества. Установлено, что введение наполнителя в рецептуру десертного крема не оказывало влияния на стойкость эмульсии как в статическом состоянии, так и при дополнительных механических нагрузках. Также десертные кремы характеризовались высокой устойчивостью к действию высоких температур и к режимам замораживания–оттаивания, при этом не наблюдалось отделения фаз, что характеризует образованные структуры как достаточно прочные с технологической точки зрения, а также обеспечивают потребительскую привлекательность готового продукта.

На основании проведенных исследований разработана технология и рецептуры десертных кремов функционального назначения пониженной жирности с высокими вкусовыми характеристиками и пищевой ценностью, которые можно рекомендовать для ежедневного использования широким слоями населения как в самостоятельном виде, так и в качестве десертных соусов к широкому ассортименту сладких и десертных блюд и изделий, мороженному как в домашних условиях, так и в системе общественного питания.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ

Т. И. Шингарева, М. А. Глушаков

Могилеский государственный университет продовольствия, Республика Бларусь
E-mail: gluschakov_m_a@mail.ru

В процессе ТКК БМ в роли факторов, снижающих устойчивость белковой коллоидной фазы и, приводящих к коагуляции белковых мицелл, как принято считать, выступают кислотность и температура среды коагуляции (молока). В то же время, известно, что устойчивость белковой фазы снижается также под действием некоторых других факторов, роль которых зачастую не принимается во внимание.

Известно, что на устойчивость коллоидных частиц, к которым относятся белковые мицеллы, оказывают влияние все противоионы. В молоке основным противоионом для белковых мицелл выступает Ca^{2+}. В связи с этим целесообразно определить, какова роль кальция молока в процессе ТКК БМ. Известно, что процессу ТКК БМ предшествует пастеризация молока, во время которой под действием высоких температур протекают физико-химические, в том числе агрегативные процессы составных частей молока.

Проведенные исследования показали, что при температурной обработке молока, например, при температуре 75 °С в течение 10 мин количество растворимого кальция снижается на 25 %, а при температуре 95 °С — на 50 % от его исходного содержания в молоке. В то же время средний диаметр казеиновых мицелл увеличивается на 6÷8 %. Последнее объясняется их агрегацией с сывороточными белками. При этом кальций может также выполнять роль связующего звена. Из этого следует, что в технологиях, использующих термокислотную коагуляцию молочных белков, значимая роль ионов кальция заключается в участии в процессах агрегации белковых мицелл еще на этапе пастеризации молока.

В работе изучали степень участия солей кальция и фазы молочных белков в процессе ТКК БМ обезжиренного молока. Исследования проводили при температурах термокоагуляции от 75 до 95 °С с пошаговым изменением температуры 10 °С. В качестве коагулянта использовали водный раствор молочной кислоты титруемой кислотностью 60 °Т (что соответствовало в пересчете на молочную кислоту — 540 мг %), который вносили в образцы молока в течение 27±3 с.

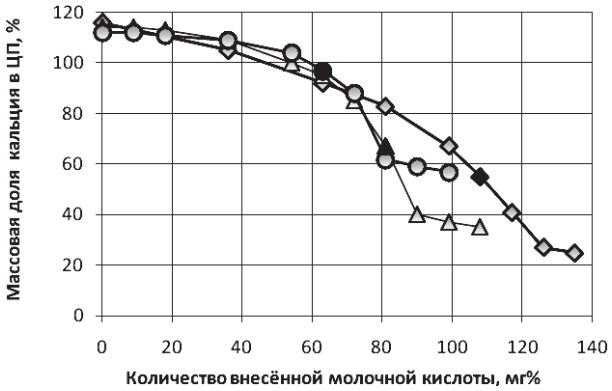
В ходе исследований подготовленные образцы обезжиренного молока (ОБМ) пастеризовали в течение 3 минут при температуре, равной температуре термокоагуляции, и в пастеризованное ОБМ вносили в заданном количестве коагулянт. Смесь выдерживали в течение 5 минут при температуре коагуляции. После этого охлаждали смесь до 20 °С. Из охлажденной смеси отбирали пробы с последующим их центрифугированием в течение 5 минут. Полученные образцы представляли собой центрифугированную молочную плазму (ЦП), из которой удалены крупные конгломераты белковых частиц размерами более 5 мкм, образовавшиеся в результате коагуляции.

Известно, что в состав молочных белков входит около 22 % кальция (органический кальций) от его общего содержания в молоке. В связи с этим, при отсутствии у кальция коагуляционной активности в процессе ТКК БМ его содержание в ЦП будет определяться только степенью использования молочных белков и составит 75÷80 % от исходного содержания в молоке. Полученные экспериментальные данные показали, что при внесении коагулянта в молоко в количествах, вызывающих явную коагуляцию молочных белков, содержание кальция в ЦП значительно снижается и составляет, по сравнению с исходным ОБМ, от 21 % (ТКК БМ при 75 °С) до 48 % (ТКК БМ при 95 °С). Таким образом, при ТКК БМ в белковый сгусток переходит 52÷79 % всего кальция исходного ОБМ, или за вычетом органического кальция — 30÷47 % (см. рисунок). Фактически эти цифры отражают количество кальция, агрегирующего с белковыми частицами и между собой при формировании термокислотного белкового сгустка, что подтверждает выдвинутое ранее предположение о проявлении кальцием коагуляционной активности в процессе ТКК БМ. При этом на основании экспериментальных данных можно предположить, что коагуляционная активность кальция обусловлена не только и не столько свободным кальцием (в пастеризованном молоке на него приходится 5÷6 % от общего кальция), оставшимся после пастеризации, сколько кальцием, высвободившимся в процессе ТКК БМ в результате подкисления среды.

При изучении влияния режимов ТКК БМ на устойчивость белковой фазы проводили анализ изменения активной кислотности ЦП, определяли остаточное содержание в ней молочных белков и рассчитывали степень коагуляции последних. С учетом изменения содержания сухого вещества (прежде всего белков) в ЦП представляло интерес исследовать ее вязкость, в значительной степени оказывающей влияние на скорость диффузионных процессов, а значит, и кинетику ТКК БМ.

Типы термокислотной коагуляции молочных белков
в зависимости от количества внесенной молочной кислоты и температуры

Температура коагуляции, °С	Тип коагуляции	Количество внесенной молочной кислоты (диапазон коагуляции), мг % от массы ОБМ
75	Избирательная	0–76
	Массовая	76–90
	Остаточная	>90
85	Избирательная	0–55
	Массовая	55–70
	Остаточная	>70
95	Избирательная	0–47
	Массовая	47–64
	Остаточная	>64



Зависимость содержания кальция в ЦП
от количества внесенной молочной кислоты
при различных температурах коагуляции:
● — 95 °С; ▲ — 85 °С; ♦ — 75 °С

Установлено, что с увеличением количества вносимой молочной кислоты уровень pH в ЦП снижается для всех исследуемых температур, причем более интенсивно — для 95 °С. При этом скорость изменения pH в ЦП значительно повышается при внесении в ОБМ коагулянта в количестве, близком к необходимому для явной коагуляции молочных белков. Последнее связано со снижением степени дисперсности белковой фазы, что приводит к снижению ее буферных свойств и появлению избытка свободной молочной кислоты, интенсифицирующего процесс снижения pH в ЦП.

Степень коагуляции молочных белков является важным показателем, характеризующим эффективность использования сухих веществ молока.

Полученные данные указывают на проявление агрегативной активности молочных белков даже при отсутствии коагулянта, что должно быть вызвано частичной тепловой коагуляцией молочных белков, а также их взаимодействием с ионизированным кальцием.

Установлено, что коллоидная устойчивость белковой фазы нарушается уже при внесении небольших количеств коагулянта, что свидетельствует о факте агрегативных и коагуляционных процессов молочных белков, протекающих в молоке при концентрации коагулянта, не вызывающей явную коагуляцию белковых мицелл. Степень коагуляции молочных белков при внесении коагулянта в количестве, обеспечивающем их явную коагуляцию, при температуре 75 °С достигает 82,0 %, 85 °С — 89,1 %, 95 °С — 90,2 %. Из полученных экспериментальных данных следует наличие трех диапазонов, характеризующихся различной интенсивностью коагуляции молочных белков. Последнее позволяет выделить три типа ТКК БМ (см. таблицу).

Первый диапазон характеризуется умеренным ростом степени коагуляции и соответствует избирательной агрегации, вероятно, менее стабильных белковых мицелл, которые при данных значениях pH и температуры теряют устойчивость, а также белков поверхностного слоя, в первую очередь контактирующего с коагулянтом. Протекающий при этом процесс может быть назван «избирательной коагуляцией».

Следующий диапазон изменения кислотности соответствует быстрой «массовой коагуляции» мицелл казеина и связанных с ними сывороточных белков. Левая граница этого диапазона определяется дозой внесенной кислоты, после увеличения которой наблюдается резкое повышение степени коагуляции. Правой границей служит минимальное значение концентрации кислотообразующего агента, соответствующее явной коагуляции белков.

Внесение коагулянта в количествах больших, чем необходимо для явной коагуляции, приводит к относительно медленной «остаточной коагуляции» молочных белков.

Анализ показателя динамической вязкости ЦП выявил сложный характер изменения данного параметра. Так при использовании коагулянта в количествах, не обеспечивающих протекан:ия явной коагуляции молочных белков, изменение показателя динамической вязкости характеризуется тенденцией

роста, притом, что содержание белков в ЦП постоянно снижается. Последнее, на наш взгляд, обусловлено снижением общей стабильности белковой фазы и усилением сил межмицеллярного притяжения. Такая тенденция остается вплоть до внесения коагулянта в количествах, при которых значительно снижается содержание СВ в ЦП из-за массовой коагуляции молочных белков, что сопровождается резким снижением динамической вязкости ЦП. После завершения массовой коагуляции белков динамическая вязкость при дальнейшем добавлении водного раствора молочной кислоты меняется незначительно.

Краткие выводы

Исследования процесса ТКК БМ показали, что ионы кальция молока принимают активное участие в данном процессе, то есть обладают коагуляционной активностью, уровень которой имеет обратно пропорциональную связь с температурой ТКК БМ.

При ТКК БМ частичная коагуляция молочных белков протекает даже при внесении небольших количеств коагулянта, еще не достаточных для протекания явной коагуляции.

Установлено наличие трех типов ТКК БМ: избирательная, массовая, остаточная, которые отличаются между собой интенсивностью, и зависят от соотношения температуры и количества внесенного в молоко коагулянта.

УДК 6644.8.036:62

НОВЫЙ СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ КОНСЕРВОВ В СТЕКЛЯННОЙ ТАРЕ

Т. А. Исмаилов, М. Э. Ахмедов, И. М. Исабеков, Н. М. Ахмедов

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Все консервируемые в герметически укупоренной таре продукты после тепловой стерилизации подвергаются охлаждению. Процесс охлаждения консервов осуществляется по определенным режимам. Сущность известного способа охлаждения компотов в стеклянной таре после тепловой стерилизации, осуществляемый в автоклавах, заключается в том, что консервы в банках, стерилизуемые по режимам действующей технологической инструкции [1] охлаждаются водой, температура которой в течение определенного времени (согласно формуле стерилизации) снижается от температуры стерилизации, которая для компотов в основном составляет 85–100 °С, до конечной температуры воды в автоклаве равной 35–40 °С. При этом, в течение всего процесса тепловой обработки в автоклаве поддерживается определенное давление, обеспечивающее предотвращение срыва крышек с тары, величину которой снижают до «0» только к концу завершения процесса стерилизации и после этого можно открывать автоклав.

Основным недостатком этого способа является большой расход тепловой энергии, обусловленный тем, что согласно режимам стерилизации, в зависимости от температуры стерилизации компотов (85–100 °С), ее в течение определенного времени, в соответствии с режимом стерилизации, снижают до 35–40 °С, постепенно разбавляя холодной водой, и отработанная вода, имеющая сравнительно большое теплосодержание, сбрасывается в канализацию. И при повторной загрузке автоклава другой партией компотов, воду в автоклаве предварительно снова нагревают от 40 °С до 65–70 °С, что естественно связанно с большими неэффективными затратами тепловой энергии.

В принципе, компоты можно охладить первоначально в автоклаве (под давлением) до такой температуры, чтобы величина давления в банках снизилась до значений не вызывающих срыва крышек внутренним давлением в банках, которая во многом определяется температурой продукта в момент герметизации [2]. Поэтому для охлаждения консервов, стерилизацию которых осуществляют по новой технологии с предварительным подогревом плодов в таре перед заливкой сиропом [3, 4], способствующим повышению начальной температуры продукта перед герметизацией и тем самым обеспечивающим снижение величины давления в таре в процессе тепловой стерилизации [2], нами разработан новый способ охлаждения.

Сущность способа заключается в том, что по предлагаемому способу компоты, стерилизуемые в автоклаве по заданному режиму, охлаждаются до температуры воды в автоклаве 45–55 °С под давлением, далее банки переносятся в другой автоклав или емкость с водой температурой 30–40 °С на 5–15 минут с последующим переносом в третий автоклав или емкость с температурой воды 20–30 °С, в которых подвергаются окончательному охлаждению, которое осуществляется уже без противодавления.

Такой режим охлаждения позволяет экономить тепловую энергию за счет того, что в первом автоклаве, где осуществлялась стерилизация консервов, конечная температура воды, составляя 45–55 °С на 5–15 °С больше, чем предусмотрено по режиму стерилизации предусмотренной технологической инструкцией, что существенно снизить расход тепла для подогрева этой воды для стерилизации следующей партии консервов.

Во вторых, при переносе банок во второй автоклав (емкость) за счет охлаждения консервов температура воды в этом автоклаве, используя тепло охлаждаемых банок, повысится, что также потребует меньшей затраты тепловой энергии при загрузке следующей партии консервов, так как количество воды в автоклаве в зависимости от марки (2-х сетчатый или 4-х сетчатый) составляет от 700 до 1000 кг, и соответственно, чтобы нагреть такое количество воды даже на 1 °С расходуется теплоты от 2800 до 4000 кДж. Использование этого способа существенно снизить расход тепловой энергии и охлаждающей воды при стерилизации консервов. Предлагаемый способ можно использовать при производстве компотов с предварительным повышением начальной температуры продукта в банках различными способами, обеспечивающими снижение величины давления в банках при стерилизации [3, 4].

Список литературы

1. Сборник технологических инструкций по производству консервов, Т. 2. М.: Пищевая промышленность. 1977.

2. *Флауменбаум Б. Л.* Основы консервирования пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982.

3. Патент РФ № 2340257. Способ консервирования компота из айвы и груш в банках СКО 1-82-500 / Исмаилов Т. А., Ахмедов М. Э. 2008. Б. И. № 34.

4. Патент РФ № 2318389. Способ консервирования компота из яблок / Ахмедов М. Э., Исмаилов Т. А. 2008. Б. И. № 7.

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ СОУСНЫХ БЛЮД ДЛЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ БЛИЗКРИОСКОПИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

С. Л. Масанский, Т. М. Рыбакова

УО «Могилевский государственный университет продовольствия», Республика Беларусь
E-mail: rad_s_t@mail.ru

Актуальной остается проблема организации рационального питания школьников. Очевидна необходимость создания современной системы организации школьного питания с четким централизованным управлением на основе новейших разработок в области технологии и организации производства.

Приоритетным направлением в современной практике организации школьного питания является централизованное производство готовых блюд и кулинарной продукции для школьников и снабжение ими сети школьных столовых. Схема подразумевает наличие базового предприятия и сети столовых в учреждениях образования. Очевидны преимущества централизованного производства кулинарной продукции для школьного питания: полная загрузка мощностей технологического и холодильного оборудования; снижение себестоимости производства продукции при сохранении высокого качества; тщательный контроль соблюдения санитарно-гигиенических и технологических требований приготовления.

Централизованное производство продукции школьного питания предполагает разделение в пространстве и времени технологической цепочки (т. е. процессов производства и реализации продукции). Следовательно, возникает необходимость в консервации продукции. В связи с тем, что для продукции школьного питания возможно применение только физических методов, то одним из наиболее перспективных и эффективных методов является консервация холодом (в режиме охлаждения, а не замораживания) — «приготовь & охлади».

Соответствующая схема организации школьного питания предполагает:

— осуществление комбинатом школьного питания функций снабжения, приготовления и комплектации готовой обеденной и буфетной продукции, термоконсервации и хранения;

— доставку готовой обеденной и буфетной продукции специализированным транспортом в школьные столовые;

— в школьных столовых осуществляется регенерация, порционирование (при необходимости) и реализация готовой обеденной и буфетной продукции хранение.

Реализация такого метода производства требует решения проблемы повышения сохраняемости и безопасности пищи. Нами предложено использование метода близкриоскопического охлаждения в технологии централизованного производства продукции для школьного питания [2]. Выдвинута гипотеза, что применение близкриоскопических температур при хранении кулинарной продукции может позволить увеличить продолжительность хранения готовой продукции и повысить ее безопасность.

Возможность применения температуры, близкой к криоскопической, для сохранения свежих продуктов животного и растительного происхождения отмечалась различными учеными. Под близкриоскопической понимается температура на 1–2 °С ниже криоскопической (т. е. начала замерзания клеточных соков, содержащихся в продуктах). Этот способ известен как метод переохлаждения, глубокого охлаждения или подмораживания.

Исследования по сохранности кулинарной продукции в условиях близкриоскопического охлаждения иными авторами не проводились. С целью обоснования целесообразности использования близкриоскопических температур в технологии централизованного производства кулинарной продукции для школьного питания был проведен ряд исследований.

В качестве одного из объектов исследования были выбраны соусные блюда, в частности тефтели, приготовленные по традиционной рецептуре. Нами были определены криоскопические температуры для ряда кулинарных соусов. Для дальнейшего исследования остановились на температуре $(-1{,}5 \ldots -2{,}5)$ °С, т. к. данный температурный диапазон не оказывает негативного воздействия на консистенцию соусов и блюда в целом.

Готовые изделия хранили при трех режимах холодильного хранения: близкриоскопическом — при температуре $(-2 \pm 0{,}5)$ °С, при температуре $(0 \ldots +4)$ °С и при температуре $(+4 \ldots +8)$ °С (два последних температурных режима наиболее часто встречаются в ТНПА и использовались для сравнения). Исследуемый временной интервал составлял 30 суток, целью являлось изучение динамики изменения качественных показателей при различных режимах холодильного хранения и подтверждение резерва безопасности продукции, хранящейся при близкриоскопической температуре. Для контроля качества применяли общепринятые методы анализа.

Изменение качественных характеристик липидов

Перекисное число, % J	Срок хранения, сутки						
	0	5	10	15	20	25	30
Температура $(-2 \pm 0{,}5)$ °C	0,00026 / 0,00011	0,00031 / 0,00066	0,00053 / 0,00102	0,00066 / 0,00116	0,00068 / 0,00109	0,00124 / 0,00102	0,00140 / 0,00094
Температура $(0... + 4)$ °C	0,00026 / 0,00011	0,00036 / 0,00039	0,00054 / 0,00120	0,00085 / 0,00126	0,00112 / 0,00132	0,00139 / 0,00129	0,00143 / 0,00099
Температура $(+4... + 8)$ °C	0,00026 / 0,00011	0,00035 / 0,00033	0,00068 / 0,00124	0,00094 / 0,00132	0,00102 / 0,00138	0,00116 / 0,00149	0,00149 / 0,00102
Кислотное число, мг KOH	Срок хранения, сутки						
	0	5	10	15	20	25	30
Температура $(-2 \pm 0{,}5)$ °C	2,21 / 1,15	1,91 / 2,80	1,97 / 2,86	2,03 / 2,84	2,52 / 2,87	2,84 / 3,74	2,92 / 3,98
Температура $(0... + 4)$ °C	2,21 / 1,15	2,32 / 2,80	2,58 / 2,91	2,59 / **3,86**	2,61 / 4,12	2,94 / 4,26	3,26 / 4,84
Температура $(+4... + 8)$ °C	2,21 / 1,15	2,51 / 1,29	2,61 / 2,96	2,61 / **4,60**	2,62 / 4,42	3,42 / 4,88	3,68 / 4,98

П р и м е ч а н и е: в числителе приведены данные для соуса, в знаменателе — для тефтелей.

Изменение содержания азотистых веществ, летучих жирных кислот и общей кислотности показало, что протеолитические процессы распада белков были незначительны у изделий, хранившихся при близкриоскопических температурах. При температурах $(0... + 4)$ °C и $(+4... + 8)$ °C уже на 7 и 12 дней хранения соответственно отмечались существенно более высокие показатели. В частности содержание летучих жирных кислот в блюде концу срока хранения при температурах $(0... + 4)$ °C и $(+4... + 8)$ °C увеличилось почти в четыре раза по сравнению с первоначальным значением и значительно превысило установленные нормы (не более 4 мг NaOH). При хранении при температуре $(-2 \pm 0{,}5)$ °C данный показатель незначительно отличается от первоначального, и в конце срока хранения (даже по истечению 30 суток) составляет 2,52 и 2,88 мг NaOH для тефтелей и соуса соответственно.

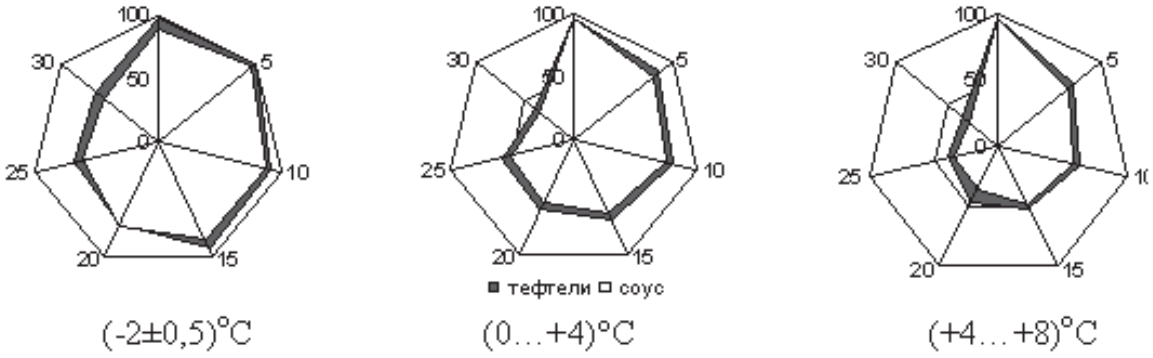
При хранении тефтелей в условиях близкриоскопического охлаждения содержание амино-аммиачного азота возросло по сравнению с первоначальным значением на 50,6 %, в то время, как при температуре хранения $(0... + 4)$ °C — на 64,5 %, а при температуре $(+4... + 8)$ °C — более чем на 80 %.

Максимальная величина общей кислотности для тефтелей, хранившихся при близкриоскопической температуре, превышает первоначало значение на 48 % для тефтелей и 12 % для соуса. При других режимах хранения аналогичные изменения происходят уже на 3–5 сутки.

Для комплексного определения качественных характеристик липидов контролировали перекисное, кислотное числа (см. таблицу), а также степень накопления карбонильных соединений.

Можно предположить, что в тефтелях окислительные процессы липидов протекают менее активно, чем в соусе за счет исключения контакта с кислородом воздуха.

Для определения содержания вторичных продуктов окисления — карбонильных соединений, свидетельствующих о степени прогоркания липидов, проводилось определение тиобарбитурового и бензидинового числа. Следует отметить, что изменения содержания свободных жирных кислот, перекисных и карбонильных соединений имеют одинаковую направленность при хранении кулинарной продукции при всех исследуемых температурных режимах и отличаются лишь скоростью протекания процессов. Понижение температуры хранения до близкриоскопической тормозит гидролитические и окислительные процессы, позволяя тем самым увеличить длительность хранения кулинарной продукции.



Зависимость органолептических показателей от температуры хранения

Органолептическая оценка исследуемых образцов показала (см. рисунок), что изделия, хранившиеся при близкриоскопической температуре, имеют хорошее качество и пригодны к употреблению в течение всего срока хранения (30 суток). При этом жидкая фаза блюда еще не перешла в твердое состояние, характерное для замороженного продукта. У изделий, хранившихся при температурах $(0... + 4)$ °С и $(+4... + 8)$ °С уже на начальном этапе хранения отмечается ухудшение органолептических показателей: изменяется цвет изделия, появляются кисловатые привкус и запах, отмечается расслоение соуса.

Одним из наиболее важных показателей безопасности пищевых продуктов является микробиологическая обсемененность готовой кулинарной продукции. Быстрое охлаждение готовых изделий после тепловой обработки способствует предупреждению вторичной микробной обсемененности.

Исходное количество микроорганизмов продукта в среднем составляет не более $10 \cdot 10^3$ КОЕ в 1 г. Качественный состав представлен как кокковой, так и палочковидной грамположительной микрофлорой. С увеличением срока хранения при температурах $(+4... + 8)$ °С и $(0... + 4)$ °С значительно возрастает ОБО продукта. Блюда приобретают не характерный кислый вкус и запах, кроме того, на 15–20 сутки был выявлен рост плесневых грибов, а также грамотрицательных палочек, способствующих быстрой порче продукта. В течение всего срока хранения при температуре $(-2 \pm 0{,}5)$ °С наблюдается незначительное изменение количественного и качественного состава микрофлоры.

Проведенные исследования качества мясных соусных блюд показали высокую эффективность близкриоскопического режима по сравнению с традиционными режимами холодильного хранения, что позволяет: увеличить гарантированные сроки хранения в 2–2,5 раза без ухудшения качественных характеристик кулинарной продукции; обеспечить возможность разрыва технологического процесса во времени (10–15 суток); обеспечить резерв безопасности готовой продукции. Что позволит оптимизировать ассортимент продукции школьного питания (организовать питание на научной основе, корректировать сезонность в питании, максимально разнообразить меню, централизованно осуществлять витаминизацию и санитарно-гигиенический контроль), что, в свою очередь, приведет к повышению уровня услуг школьного питания.

Список литературы

1. *Фарино Н. Ф., Масанский С. Л.* К вопросу о школьном питании // Здоровье и окружающая среда. Вып. 6. / ГУ «РНПЦГ», редкол.: С. М. Соколов (главн. ред.) [и др.]. Минск, 2005. — С. 681–687.

2. *Масанский С. Л., Рыбакова Т. М.* Метод близкриоскопического охлаждения в технологии централизванного производства продукции для школьного питания // Вестник Могилевского государственного университета продовольсвия: научно-методический журнал, № 1 / УО «МГУП», редкол.: В. А. Шаршунов (главн. ред.) [и др.]. Могилев, 2007. — С. 39–45.

3. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: санитарные нормы и правила СанПиН 11-63 РБ-98. — Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2000. — 218 с.

УДК 543.067.5:332.368(578.2)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД КЫРГЫЗСТАНА

Д. Б. Борбиева, Ш. С. Сыдыкова

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

Введение

Вода в природных условиях содержит растворенные соли, газы и органические вещества. Их количественный состав меняется в зависимости от происхождения воды и окружающих условий. Первоисточниками солей в природных водах являются вещества, образующиеся при химическом выветривании горных пород (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Fe^{3+} и др.) и вещества, выделявшиеся из земных недр на протяжении всего существования Земли (CO_2, SO_2, HCI, NH_3, H_2S и др.). Особое значение в производственных процессах придается жесткости воды, которая в основном обуславливается присутствием в воде ионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-}, CI^-.

Цель работы

Целью исследования было определение химического состава природных вод Иссык-Кульской, Чуйской, Таласской и Ошской областей, используемых для питья, промышленных и бытовых нужд. Особое внимание уделялось определению жесткости природных вод. Нами были исследованы природные воды Иссык-Кульской, Чуйской, Таласской и Ошской областей на содержание ионов, обуславливающих жесткость воды.

Экспериментальная часть

В природных водах определялась жесткость карбонатная, некарбонатная и общая. В водах Таласской области определялась еще и щелочность. Результаты химического анализа приведены в табл. 1, 2.

Обсуждение результатов анализа

Из табл. 1 следует, что воды Иссык-Кульской области имеют среднюю жесткость, при этом жесткость вод северного берега Иссык-Куля (г. Балыкчы — 7,2 мг-экв/л, г. Чолпон-Ата — 7,6 мг-экв/л) больше жесткости вод южного берега (родник «Мазар-Булак» с. Кок-Сай — 4,32 мг-экв/л, скважина «Арал» — 5,4 мг-экв/л).

Из табл. 1 следует также, что в Чуйской области наиболее мягкой является вода пгт Кант (2,4 мг-экв/л). К мягкой воде можно отнести также воды пгт Сокулук, с. Байтик (3 мг-экв/л), с. Шабдан (3,6 мг-экв/л). Довольно мягкая вода в Бишкеке (4,4 мг-экв/л) и в с. Беловодском (4,3 мг-экв/л). Самой жесткой является родниковая вода с. Асылбаш Сокулукского района (9,0 мг-экв/л). Природные воды Таласской области также характеризуются средней жесткостью (табл. 1.).

Наибольшая жесткость воды отмечена в г. Таласе (5,4 мг-экв/л), наименьшая в родниковой воде с. Бакай-Ата (3,8 мг-экв/л). В этих водах, за исключением воды родника Бакай-Ата преобладает карбонатная жесткость, обуславливаемая большей частью гидрокарбонатами кальция. Воды Таласской области обладают слабощелочной средой, (pH 8–10) за исключением воды с. Чат-Базар, которая имеет pH 6. Жесткость природных вод Ошской области характеризуется следующим образом (табл. 2): в Карасуйском, Араванском, Ноокатском районах жесткость воды колеблется в пределах от 4 до 8 мг-экв/л, т. е. является водой средней жесткости, тогда как в Кара-Кульджинском, Чон-Алайском и Алайском районах жесткость воды соответственно равна 12,4 мг-экв/л, 12 мг-экв/л и 14,2 мг-экв/л и ее можно считать довольно высокой. В Узгенском районе — 10,3 мг-экв/л, т. е. вода средней жесткости. Высокие показатели жесткости воды в данных районах связаны с месторождениями природных строительных материалов. Содержание ионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, CI^- не превышает ПДК.

Выводы

Природные воды Чуйской области являются более мягкими, чем воды Иссык-Кульской, Таласской и Ошской областей. Так, вода в восточной части Чуйской области имела общую жесткость меньше 4 мг-экв/л, а остальные воды имели среднюю жесткость от 4,3 мг-экв/л до 6,5 мг-экв/л. Жесткость выше среднего показателя имели воды с. Кара-Кульджа Кара-Кульджинского района, с. Гульча Ноокатского района и с. Дароот-Коргон Чон-Алайского района. Во всех четырех областях жесткость исследуемых вод является карбонатной.

Таблица 1

Жесткость природных вод

Районы отбора проб	Общая жесткость мг-экв/л	Карбонатная жесткость, мг-экв/л	Постоянная жесткость мг-экв/л
Иссык-Кульская область			
Тонский район:			
Родник «Мазар-Булак», с. Кок-Сай	4,32	3	1,32
Скважина «Арал», с. Кок-Сай	5,4	4,5	0,9
Родник с. Кок-Сай	6,4	5,5	0,9
Вода озера Иссык-Куль, с. Барскоон	33,16	7	26,16
с. Караталаа	6,3	2	4,3
с. Ак-њљъ	6,23	3,2	3,03
с. Тон	7	6	1
Вода озера Иссык-Куль, г. Каракол	28,9	9	19,9
г. Каракол (1)	4,18	3	1,18
г.Чолпон-Ата	7,6	5,5	2,1
г. Балыкчы	7,2	6,5	0,7
р. Барскоон	4,4	3,2	1,2
Иссык-Кульский район:			
с. Тамчы	4,74	3,9	0,84
с. Байет	5,2	3,1	2,1
с. Ананьево	5,04	4	1,04
с. Тюп	5,14	4	1,14
Чуйская область			
пгт. Кант	2,4	1,4	1
пгт. Сокулук	3,0	2,4	0,6
с. Байтик (Аламед. р-н)	3,0	2,4	0,3
с. Шабдан (Кеминский р-н)	3,6	3,5	0,43
с. Беловодск	4,3	3,03	1,27
г. Бишкек	4,4	3,8	0,6
с. Быстровка (Кеминский р-н)	4,7	3,3	1,4
г. Кара-Балта (Панфиловский р-н)	6,5	4,5	1,8
Родник Асылбаш (Сокулукский р-н)	9,0	5,96	3,04
с. Кордай (Казахстан)	9,1	6,96	2,14
Таласская область			
Талас	5,4	3,4	2,0
Чат-Базар, (Таласский район)	4,2	3,0	1,2
Бакай-Ата (родник)	3,8	1,2	2,6
Кировка, (Кара-Буринский)	5,0	4,5	0,5
Месторождение «Андаш» (село Каракол)	4,4	3,5	0,9

Таблица 2

Жесткость природных вод Ошской области

Районы отбора проб	Общая жесткость мг-экв/л	Карбонатная жесткость мг-экв/л	Постоянная жесткость мг-экв/л
г. Кара-Суу (Карасуйский район)	6,5	5	1,5
г. Ош (Карасуйский район)	6,5	5	1,5
г. Узген(Узгенский район)	10,3	9	1,3
с. Араван (Араванский район)	7	6	1
с. Кара-Кульджа (Кара-Кульджинский район)	12,4	10	2,4
с. Ноокат (Ноокатский район)	5,3	3,1	2,2
с. Гульча (Алайский)	14,2	7	7,2
с. Дароот-Коргон (Чон-Алайский район)	12	9	3

Содержание хлоридов кальция и магния в природных водах всех четырех областей незначительно:

— в природных водах Чуйской долины наблюдается большее содержание ионов хлора, чем в водах Иссык-Кульской, Таласской и Ошской областей.

— природные воды Иссык-Кульской, Чуйской, Таласской и Ошской областей являются вполне пригодными для питья и использования для бытовых и производственных нужд.

Список литературы

1. *Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю.* Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970.

2. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат, 1970.

3. *Шапиро С. А., Шапиро М. А.* Аналитическая химия. М.: Высшая школа, 1971.

4. *Крешков А. П., Ярославцев А. А.* Курс аналитической химии. Количественный анализ. М.: Химия, 1982.

5. *Цитович И. К.* Курс аналитической химии. М.: Высшая школа, 1985.

6. Методические указания к лабораторным работам по аналитической химии. Бишкек: Текник, 2007.

УДК 577.35

ВЫРАЩИВАНИЕ АКТИВНЫХ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ

Э. Ш. Исмаилов, А. М. Гаджиева, Г. А. Рабаданов, Я. М. С. Гаджиев, З. Н. Абдулмагомедова

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Одним из интереснейших и весьма полезных видов бактерий являются микроорганизмы вида *Saccharomyces cerevisiae*, широко используемые в промышленности. Однако производственные дрожжи не всегда работают достаточно эффективно. На их жизнеспособность и продуктивность существенно влияют состав питательной среды, содержание этанола, температура и другие факторы.

В этом плане стоят актуальные задачи повышения жизнеспособности и устойчивости дрожжей к условиям среды и повышения их продуктивности.

Решение этих задач связано с получением и использованием таких штаммов дрожжевых микроорганизмов, которые обладают достаточно высокой энергией брожения, проводят процесс брожения на различных, хорошо доступных питательных средах и обладают значительной устойчивостью к условиям среды [1, 2, 3].

Хорошо известно, что культивирование дрожжей проводят на разнообразных питательных средах. Рост этих микробных клеток и их биохимизм проходят достаточно интенсивно только при благоприятных условиях, что предъявляет определенные требования к составу и соотношению компонентов питательной среды и другим факторам. При этом разработка оптимального состава среды включает подбор концентраций питательных веществ, установление необходимого значения pH среды, добавку стимуляторов роста и поддержание необходимой температуры [2, 4, 5]. В этом плане нами было определено, что достаточно оптимальной средой для проведения процесса брожения и получения активной культуры дрожжей является среда следующего состава: проваренная на питьевой воде 1 %-ная суспензия белой пшеничной муки с добавлением патоки (8 %), зернового сусла (2 %), карбамида (0,1 %) и фосфорной кислоты (0,05 %). В некоторых вариантах к этой среде добавляли дрожжевой экстракт и биоактиваторы природного происхождения, полученные действием микроволнового и лазерного излучений: МИ и ЛИ. В исследуемых образцах определяли количество дрожжевых клеток и их биомассу, число почкующихся микроорганизмов, энергию и кинетику процесса брожения, а также некоторые другие показатели. При этом дрожжевые микроорганизмы выращивали как в анаэробных, так и в аэробных условиях [6, 7].

Проведенные экспериментальные исследования показали, что можно существенно активизировать промышленные сухие дрожжи. Наиболее подходящими для получения активных штаммов оказались сухие сибирские дрожжи «Пять поваров», производимые ООО «Продсоюз» в г. Красноярске. Из этих дрожжей в аэробных условиях периодической культуры получалась прессованная дрожжевая масса, обладающая на 48 % более высокой бродильной активностью и сохраняющая свою активность в течение 6 и более недель. Сами дрожжевые клетки при этом были хорошо сформированы, имелось достаточно много почкующихся, жизнеспособных клеток.

Полученные дрожжи при выпечке дают хлеб (чурек), обладающий очень приятным ароматом и вкусом и хорошо сохраняющийся в течение 5–6 суток при комнатной температуре. Причем расход дрожжевого материала для изготовления такого хлеба существенно меньше по сравнению с неактивированными сухими дрожжами.

В предыдущих работах было показано, что для создания новых перспективных штаммов дрожжей можно эффективно использовать мембранно-активные излучения, способные существенно активизировать микроорганизмы, улучшать их полезные свойства и продуктивность [2,7 и др.]. Одним из основных механизмов действия мембранно-активных электромагнитных полей и излучений (ЭМП и ЭМИ) является их взаимодействие с живыми биологическими мембранами, которые представляют собой высокоупорядоченные, высокоорганизованные надмолекулярные структуры, обладающие векторными, избирательными свойствами и выполняют множество жизненно-важных функций [7, 8, 9, 15]. С. Зингер и Дж. Николсон, еще в 1972 г., показали, что биологическая мембрана представляет собой регулярную, подвижную надмолекулярную систему, образованную липидами и белками, имеющими в среднем толщину 6–7 нм. К этой основной структуре биологических мембран снаружи и изнутри примыкают примембранные слои, толщина которых может составлять десятки нанометров.

Основными липидами биомембран являются фосфолипиды, гликолипиды, сфинголипиды и холестерин. Липиды в мембране образуют сплошной бимолекулярный слой, в котором гидрофильные

полярные головки молекул выступают наружу и внутрь от бислоя, а электронейтральные углеводородные цепочки молекул (т. н. хвосты), проявляющие гидрофобные свойства, расположены внутри липидного матрикса и обычно направлены перпендикулярно плоскости мембраны.

Белки мембран представлены преимущественно гликоротеинами и другими сложными молекулами протеинов. Они подразделяются на поверхностные (периферические) и интегральные. Периферические белки локализованы на поверхности биологических мембран и динамично взаимодействуют с липидами, а интегральные находятся в самой мембране. Все они активно участвуют в обеспечении транспортных, рецепторных, векторных, ферментативных и других функций этих живых наноструктур.

В целом белки и липиды биологических мембран взаимодействуют друг с другом весьма слаженно с помощью электрических, магнитных, межмолекулярных, гидрофильно-гидрофобных и некоторых других типов связей и физико-химических сил. Наряду с белками и липидами большую роль в стабилизации структуры и обеспечении нормальной функции мембран играют молекулы воды, локализованные в примембранных слоях, а также ионы Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, CI^-, остатки серной и фосфорной кислот и некоторые другие компоненты.

Имеющиеся теоретические и экспериментальные данные по биофизическому действию ЭМП и ЭМИ природных и технических источников свидетельствуют о высокой чувствительности биологических мембран к действию излучений этих источников. Наблюдается селективное, избирательное взаимодействие живых мембранных наноструктур с электромагнитными полями и излучениями различных частотных диапазонов, весьма выраженное в микроволновом диапазоне, а также интересное действие лазерного излучения [10, 11, 12, 13, 14].

Первичные и последующие эффекты действия микроволн и лазерного излучения на дрожжевые и другие живые клетки реализуются с активным участием биохимических соединений: белков, липидов, нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, а также молекул воды, минеральных веществ и других молекулярных компонентов и соответствующих колебательных систем (осцилляторов).

При определенных параметрах действующего поля МИ и ЛИ как природных, так и технических источников способны оказывать существенное стимулирующее, благоприятное действие на биологические мембраны, повышающее устойчивость, жизнеспособность и продуктивность живых организмов. Поэтому они и были определены как мембранно-активные излучения. Характерно, что такое благоприятное действие МИ и ЛИ экспериментально подтверждено на различных микроорганизмах, других живых клетках, а также на культурных растениях [1, 2, 7]. Эти и другие данные показывают перспективность использования микроволн и лазерного излучения для получения активных дрожжевых микроорганизмов в промышленных масштабах.

Список литературы

1. *Исмаилов Э. Ш.* Биофизическое действие СВЧ-излучений. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 144 с.

2. *Исмаилов Э. Ш.* Действие микроволн и лазерного излучения на живые системы // Основные научные направления ДагГТУ. — Махачкала: ДГТУ, 2002. — С. 166–170.

3. *Захаров С. Д., Иванов А. В., Исмаилов Э. Ш., Стародуб А. Н.* Применение светокислородного эффекта в биомедицинских технологиях // Лазерная физика и оптические технологии: материалы VI Международной конференции. — Гродно, 2006. — Часть 1. — С. 86–88.

4. *Исмаилов Э. Ш., Захаров С. Д.* Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. — Махачкала: Дагучпедгиз, 1993. — 159 с.

5. *Исмаилов Э. Ш., Захаров С. Д., Стародуб А. Н.* Использование микроволновых мембранно-активных излучений в биотехнологии // Труды V российско-японского семинара. — Саратов, 2007. — Том 1. — С. 500–509.

6. *Исмаилов Э. Ш., Вагабов М.-З. В., Аливердиева А. А.* Определение биологической активности пищевых растительных компонентов // Аналитические методы измерений и приборы в пищевой промышленности: сборник научных трудов. — М., 2005. — С. 246–249.

7. *Исмаилов Э. Ш., Захаров С. Д., Исмаилова Г. Э.* Действие физических полей. Неионизирующие излучения. — М.: Экономика, 2007. — 181 с.

8. *Исмаилов Э. Ш., Хачиров Д. Г., Кудряшов Ю. Б.* Механизмы биологического действия микроволн // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1998. — Т. 38. — Вып. 6. — С. 920–923.

9. *Захаров С. Д., Исмаилов Э. Ш., Аминова Э. М., Стародуб А. Н., Иванов А. В., Данилов В. П., Рыков С. В.* Способ повышения продуктивности микроорганизмов. Патент РФ на изобретение № 2208049. — М., 2003. 14 с. (патент).

10. *Исмаилов Э. Ш.* Инфракрасные спектры теней эритроцитов в области полос амид I и амид II при микроволновом облучении // Биофизика. — 1976. — Т. 21. — Вып. 5. — С. 940–942.

11. *Исмаилова Г. Э., Исмаилов Э. Ш.* Биофизическое действие микроволн // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: материалы Международного совещания. — Geneva, 1999. — С. 347–354.

12. *Исмаилов Э. Ш., Исмаилова Г. Э.* Механизмы взаимодействия электромагнитного поля с биотканью // Радиационная медицина. — 1999. — Т. 4. — С. 51–65.

13. *Исмаилова Г. Э., Исмаилов Э. Ш., Буганов Х. А., Гаджиев Я. М-С., Хачиров Д. Г., Гаджимурадова Р. М., Аливердиева А. А.* Медико-биологическое и экологическое действие радиоизлучений // Химия в технологии и медицине: материалы Всероссийской НПК. — Махачкала, 2002. — С. 108–110.

14. *Казаченко В. Н., Фесенко Е. Е., Кочетков К. В., Чемерис Н. К.* Облучение воды и водных растворов изменяет содержание в них свободного кислорода // Биофизика. — 1998. — Т. 43. — Вып. 6. — С. 981–988.

15. *Исмаилов Э. Ш., Захаров С. Д., Исмаилова Г. Э., Наврузова Ш. М.* Использование мембранноактивных излучений для стимуляции роста и развития культурных растений // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: сборник научных трудов. — Ставрополь, 2005. — С. 159–161.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ КРАСНЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Т. К. Каленик*, Л. А. Текутьева*, О. Г. Чижикова*, Л. О. Коршенко*, Е. В. Медведева*, И. М. Ермак**

*Тихоокеанский государственный экономический университет
**Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: ipttgr@rambler.ru

Каррагинаны — сульфатированные полисахариды, которые встречаются только в красных морских водорослях, не имеют аналогов среди других растительных полисахаридов и находят широкое применение как в фармацевтической, так и пищевой промышленности. Производственный интерес к каррагинанам обусловлен их способностью образовывать гели, увеличивать вязкость водных растворов, а также их разносторонней биологической активностью.

Каррагинаны являются линейными неразветвленными сульфатированными полисахаридами, в которых остатки галактозы связаны чередующимися $\alpha(1 \rightarrow 3)$ и $\beta(1 \rightarrow 4)$ связями. Звенья галактозы, связанные $\beta(1 \rightarrow 4)$ в этой общей структуре, часто выступают как 3,6-ангидро-D-галактоза, и в некоторых или всех звеньях галактозы могут присутствовать группы сульфатного сложного эфира.

Большая молекула каррагинана состоит приблизительно из 100 остатков галактозы, поэтому имеются огромные возможности его структурных вариаций. Таким образом, по химическому составу каррагинан — гидроколлоид, состоящий главным образом из сложных калиевых, натриевых, магниевых и кальциевых сульфатных эфиров галактозы, а также из сополимеров 3,6-ангидро-галактозы.

Каррагинаны, построенные из наиболее часто встречающихся дисахаридных повторяющихся звеньев, принято обозначать греческими буквами. Основными и наиболее распространенными среди каррагинанов являются три фракции, обозначаемые как λ, κ и ι, отличающиеся между собой структурой и желирующими свойствами. По основной фракции формирующей свойства, присваивается наименование продукту, например: ι-каррагинан, λ-каррагинан или κ-каррагинан. При этом, к желирующим типам относятся преимущественно κ и ι, а к нежелирующим — λ. В каждом растительном виде может присутствовать несколько типов каррагинанов.

На структурные вариации каррагинана влияет биологическая фаза роста водорослей, время их сбора, а также место и глубина произрастания.

В процессе переработки водорослей получают несколько видов каррагинанов, отличных не только по химическому составу, но и по свойствам, а именно растворимости, устойчивости геля к химическому и физическому воздействиям (Усов, 1985; Ермак, Соловьева, 1998; Ермак, 2006; Towle, 1973). Следует отметить, что каррагинан — это собирательное определение для полисахаридов, полученных путем щелочного выделения из красных водорослей. Использование водорослей и продуктов их переработки обусловлено их специфическим составом, способностью синтезировать полисахариды, нехарактерные для наземной растительности, и содержанием биологически активных веществ, которые улучшают иммунологические, адаптогенные и биостимулирующие функции организма. В связи с этим все большее применение находит использование красных водорослей и продуктов их переработки, которые являются источником уникальных химических соединений с необычным строением и свойствами.

Моря Дальнего Востока содержат богатые запасы красных водорослей, являются источниками уникальных по структуре и физико-химическим свойствам биологически-активных веществ. Согласно экспертным оценкам запасы каррагинан-содержащих водорослей в дальневосточных морях составляют не менее 100 000 тонн.

В поисках новых источников каррагинанов в Тихоокеанском институте биоорганической химии Дальневосточного отделения Российской академии наук исследовано восемь видов красных водорослей из трех семейств: *Gigartinaceae; Tichocarpaceae* и *Phyllophoraceae*, собранных в Приморье. Анализ полученных полисахаридов показал, что водоросли семейства *Gigartinaceae* содержат в основном молекулярные гибриды κ-ι каррагинанов, в то время как *Tichocarpaceae* — смесь κ, ι, и λ каррагинанов, а *Phyllophoraceae* небольшое количество в основном ι каррагинана.

Практическое использование каррагинана в значительной мере определяется его физико-химическими свойствами. Проведенное изучение гелеобразующей способности полученных каррагинанов позволило осуществить отбор наиболее важных для биотехнологического промышленного использования видов каррагинанофитов, среди которых в первую очередь следует отметить *Chondrus armatus, Chondrus pinnulatus, Tichocarpus crinitus.* Выявлено влияние сезонности и жизненного цикла водоросли на

качественные и количественные характеристики каррагинана. Наиболее ярко эта зависимость проявляется для семейства *Tichocarpaceae*: значительно увеличивается содержание каррагинана в водорослях, собранных в период с октября по апрель. Напротив, для *Gigartinaceae* высокое содержание каррагинана отмечено для водоросли, собранной в июле — августе. Причем, из стерильной формы *Gigartinaceae* выделены слабо желирующие каррагинаны, а из гаметофитов — преимущественно гелеобразующий κ-тип каррагина. Структурные различия в каррагинане существенно влияют и на их биологические свойства. Высокую антикоагулянтную активность при низкой концентрации полимера проявляет κ — каррагинан из гаметофитов водоросли *C. pinnulatus* (Усов, 1985; Ермак, Хотимченко, 1997; Ермак, Соловьева, 1998; Ермак, 2006).

Каррагинаны обладают разнообразной биологической активностью, в ряду которой антикоагулянтная, антивирусная, противоопухолевая и способность выводить из организма тяжелые металлы и др.

Большой интерес представляют данные об антимикробной активности каррагинанов. Установлено, что пектины оказывают бактерицидное действие на грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы. В условиях *in vitro* в 4 %-ном растворе пектина количество стрептококков, синегнойной и спороносной палочек уменьшалось вплоть до полного исчезновения в течение 4 часов, а количество шигелл, клебсиелл, протея, кишечной палочки и стафилококков — в течение 24 часов. В аналогичных условиях представители индигенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта (молочнокислые бактерии) сохраняли свою жизнеспособность. Вероятно, в условиях организма антимикробное действие пектинов обусловлено кислотным повреждением поверхностных структур и белков микробной клетки и ингибированием адгезии бактерий к клеточному эпителию. При изучении влияния пектинов на антибиотики было обнаружено, что в растворе пектинов антибактериальная активность калиевой и натриевой солей бензилпенициллина утрачивается через 24 часов. Полусинтетические пенициллины — карбенициллин, оксациллин и клоксациллин — инактивировались частично. Другие исследованные антибиотики — ампициллин, гентамицин, канамицин, ристомицин, доксициклин, линкомицин, цефалотин и цефазолин при контакте с пектинами не теряли свою активность (Taché, Peiffe, Millet, Corpet, 2000; Tobacman, Wallace, Zimmerman, 2001). У больных с острыми кишечными инфекциями сроки купирования симптомов токсикоза, таких как диарея и тошнота, были достоверно короче в группе больных, принимавших пектины вместе с этиотропными средствами (Sugita-Konishi, Yamashita, Amano et al., 2003). Выявленные свойства пектинов позволяют рекомендовать их к применению в медицинской практике для лечения как острых кишечных инфекций, так и для профилактики и коррекции дисбактериоза, развивающегося на фоне антибиотико- и химиотерапии. При этом совместное использование пектинов с эубиотиками, по-видимому, будет еще более эффективным.

Каррагинанам присущи свойства иммуномодуляторов. Они способны оказывать как иммуностимулирующий, так и иммуносупрессорный эффекты. Каррагинаны действуют как митогены Т-клеток человека, индуцируют супрессорную активность Т-клеток мышей, влияют на миграцию лимфоцитов, стимулируют В-клетки, фагоцитирующие клетки (Quan, Kolb, Lespinats, 1978; Nacife, Soeiro, Araujo-Jorde et al., 2000; Abe, Kawamura, Kawabe et al., 2002; Sugita-Konishi, Yamashita, Amano, Shimisu, 2003; Nacife, Soeiro, Gomes et al., 2004).

Установлено, что каррагинан *in vivo* оказывает влияние на продукцию провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-1, интерлейкин-6 и фактор некроза опухолей, являющихся медиаторами активации иммунных клеток и образования белков острой фазы воспаления (С-реактивный белок, сывороточный амилоид А, Т-кининоген, компоненты комплемента) (Ермак, 2006; Tateda, Irifune, Tomono et al., 1995; Tateda. 1998).

Различные типы каррагинанов оказывают ингибирующее влияние на репликацию ряда ДНК- и РНК-вирусов *in vitro*: вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) 1-го типа, желтой лихорадки, простого герпеса 1-го и 2-го типов, вакцинного вируса и вируса свиной лихорадки (Барабанова, Ермак, Реунов, 2005; Ghosha, Adhikaria, Ghosal et al., 2004). В нецитотоксических концентрациях α- и ι-каррагинаны оказались в 6 и 8 раз мощнее противовирусного препарата рибавирина при ингибировании экспрессии антигена вируса гепатита А в клетках гепатомы человека, а активность κ-каррагинана была сравнима с таковой рибавирина. Как считают авторы, наиболее вероятно, что основной мишенью противовирусного действия каррагинанов является адсорбция вирусов, а не вирусная интернализация и синтез внутриклеточных белков. Важно выяснить, какие химические структуры ответственны за эту активность, что даст ключ к созданию лекарственных препаратов против герпесной инфекции. Обнаружено также, что в условиях *in vitro* каррагинан способен блокировать эпителиальную трансмиссию ВИЧ в дозах, в тысячу раз более низких, чем требуется для ингибирования клеточной адгезии (Yermak, Chotimchenko, 2003).

Важным свойством некоторых некрахмальных полисахаридов (каррагинанов) является их способность связывать и выводить из организма человека тяжелые металлы, в том числе радионуклиды.

Полезные свойства карагинанов открывают уникальную возможность создания лечебно-профилактических продуктов на их основе.

Каррагинан относится к нетоксичным, биосовместимым веществам и внесен в список пищевых и медицинских продуктов. На пересечении двух сфер применения — медицинской и пищевой — возникла возможность вводить полисахариды в состав продуктов детского, диетического и лечебно-профилактического питания. Широкое применение каррагинанов в пищевой промышленности обусловлено их уникальными стабилизирующими и уплотняющими свойствами, они способствуют улучшению структуры продукта, увеличивают выход готового продукта, придают эластичность и упругость, устойчивость к синерезису.

В пищевой промышленности каррагинаны применяются в виде 0,005–3 % раствора в качестве желирующего, диспергирующего, загущающего, и стабилизирующего вещества. Каррагинаны почти не подвержены гидролизу под воздействием энзимов пищеварительного тракта и образуют плотные желе при низком содержании сахара (в отличие от агар-агара) и поэтому используются для производства продуктов с пониженной энергетической ценностью. В связи с тем, что каррагинаны не расщепляются в желудочно-кишечном тракте человека, они играют роль пищевых волокон, выполняя все соответствующие функции (Lahaye, Kaeffer, 1997; Kilpatrick, 1999; Tobacman, Wallace, Zimmerman, 2001).

В Институте пищевых технологий и товароведения Тихоокеанского государственного экономического университета проводятся работы по разработке поликомпонентных продуктов питания специализированного назначения с использованием полисахаридов из красных морских водорослей — каррагинана (мясные изделия, молочные изделия, эмульсионные изделия, хлебобулочные изделия и безалкогольные напитки).

Результаты проведенных исследований показали, что включение каррагинана в рецептуры продуктов питания оказывает положительное влияние на совокупность показателей, характеризующих качество и безопасность готовых изделий.

УДК 616.61-072.74:616.152.72

АЛИМЕНТАРНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ

А. Р. Рахманалиев

Научно-исследовательский химико-технологический институт
Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, г. Бишкек

Железодефицитные состояния являются массовым и постоянно действующим фактором, оказывающим отрицательное воздействие на здоровье значительной части населения планеты (1,5–3 млрд. человек). Главной причиной железодефицита для всех возрастных групп остается несбалансированное питание, т. к. основной путь поступления железа в организм — алиментарный, т. е. железо не синтезируется в организме, а попадает в него в виде готовых соединений с теми продуктами, которые мы употребляем в пищу каждый день. Поэтому основополагающим элементом здоровья для всех возрастных групп остается полноценное сбалансированное питание, с обязательным употреблением специальных продуктов, дополнительно обогащенных витаминами и хорошо усвояемой формой железа [1].

В зарубежной и отечественной практике наиболее распространенным способом является введение органических и неорганических солей железа в муку, соль, молочные продукты. Однако, следует иметь в виду, что железо является металлом переменной валентности и обладает прооксидантными свойствами. При всасывании солевых препаратов железа происходит увеличение продукции активных форм кислорода, которые способны запускать свободнорадикальные реакции перекисной модификации мембранных липопротеидов с окислительным повреждением клеточных структур. Это в свою очередь может инициировать сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, поражения нервной системы.

Нами предлагается введение в состав пищевых продуктов гемовой формы железа, а также железа, встроенного в структуру биоматрицы, в качестве которой выступают высокомолекулярные органические соединения — казеин, пектин. Как известно, гемовая форма железа является наиболее усваиваемой, так как, находясь в составе гемоглобина крови, элемент всасывается в виде «полуфабриката» — гема (хелатная форма железа). Еще одним приемом, способным в значительной степени оптимизировать процесс усвоения железа, является сочетание его с белковой молекулой, в частности, с казеином, способным в 2–4 раза ускорить всасывание металла [2]. Комплексообразование железа с другой анионной биоматрицей — пектином способно значительно снизить токсичность металла, пролонгировать его действие в организме человека, без ухудшения органолептических показателей продуктов, обогащенных этой формой железа. Кроме того, пектиновая молекула обладает доказанной абсолютной безвредностью и целым рядом позитивных физиологически функциональных свойств.

Обогащение пищевых продуктов железом проводилось нами с учетом целого ряда проверенных практикой принципов [3, 4]:

- обогащать витаминами и минеральными веществами следует, в первую, очередь, продукты массового потребления, доступные для всех групп детского и взрослого населения и регулярно используемые в повседневном питании;
- регламентируемое, т. е. гарантируемое производителем, содержание витаминов и минеральных веществ в обогащенном продукте питания должно быть достаточным для удовлетворения за счет данного продукта 30–50 % средней суточной потребности в этих микронутриентах при обычном уровне потребления обогащенного продукта;
- обогащение продуктов питания витаминами и минеральными веществами не должно ухудшать их потребительские свойства;
- количество витаминов и минеральных веществ, дополнительно вносимых в продукт, должно быть рассчитано с учетом их естественного содержания в исходном продукте или сырье, используемом для его изготовления, а также потерь в процессе производства и хранения.

В соответствии с первым из изложенных принципов, фортификации железом подверглись молочные продукты, которые пользуются устойчивым спросом у различных возрастных категорий населения.

Нами разработана рецептура и технология пастообразных молочных композитов заданного полифункционального действия, предназначенных для специализированного, в том числе лечебно-профилактического питания населения различных возрастных групп, пола и физиологического состояния.

Основой рецептур паст является выделенный известными способами концентрат сывороточных белков, которые по биологической ценности приближены к идеальному белку и характеризуются коэффициентом эффективности 3,0–3,2 (для казеина этот коэффициент равен 2,5) [5]. В них присутствуют все незаменимые аминокислоты, причем их столько же или даже больше, чем в «идеальном белке». Это позволяет отнести их к полноценным белкам, используемым организмом для структурного обмена, регенерации белков печени и плазмы крови, образования гемоглобина. Кроме того, сывороточные белки обладают потенциальной способностью подавлять процесс канцерогенеза и действовать как антивирусные и антимикробные агенты [6]. Функциональные и питательные преимущества сывороточных белков подтверждены рядом исследователей во всем мире.

В качестве источника наиболее легкоусвояемой организмом человека гемовой формы железа был использован гематоген, содержащий также ценный белок с высоким питательным потенциалом, богатый витаминами (особенно витамином А), ферментами, и являющийся вследствие этого стимулятором кроветворения.

Пасты для небеременных женщин и подростков практически сбалансированы по белковому, жировому и углеводному составам — соотношение Б : Ж : У = 1,1 : 1 : 4,1 и 1,1 : 1 : 4,2 соответственно при рекомендуемом оптимуме 1 : 1 : 4. Порция пасты в 100 г покрывает суточную потребность в железе и йоде.

Обогащение молочных продуктов железом осуществлено нами также включением этого эссенциального элемента в структуру казеиновой молекулы.

Получены белок-минеральные комплексы с содержанием железа, зависящим от половозрастной категории человека. В соответствии с ней норма потребления железа в сутки для мужчин и женщин составляет 18 мг, для детей — 12 мг, для кормящих матерей и беременных женщин — 30–60 мг. С учетом того, что источниками железа являются также различные другие продукты питания, в состав комплексов этот элемент был введен в количестве 10 %, 30 %, 50 % от суточной потребности мужчин и женщин, 50 % от минимальной суточной потребности кормящих матерей и беременных женщин и 100 % от суточной потребности детей. Комплексы исследованы с помощью ИК-спектроскопии, установлен аминокислотный состав, определены количественное содержание железа и токсичность.

Анализ аминокислотного состава подтвердил высокую биологическую ценность целевых комплексов, обусловленную присутствием значительных количеств аминокислот, в том числе незаменимых.

Опытами на животных (мыши) доказана безвредность соединений молочных белков с железом.

Анализ полученных данных является основанием для использования указанных соединений в составе рецептур продуктов с потенциально высокими профилактическими и лечебными свойствами.

Полученные белок-минеральные комплексы обладают технологическими характеристиками, необходимыми для производства паст. Для улучшения вкуса, цвета и запаха были использованы вкусовые наполнители.

Выбор наполнителей, основывался не только на органолептической характеристике, но и на способности улучшать усвоение железа. Поэтому в состав продукта были включены:

— сироп шиповника как источник витамина С (известно, что витамин С является активатором процесса всасывания железа в кровь) и витаминов группы В, К, Р, каротина, дубильных веществ, органических кислот, пектинов, микроэлементов;

— ядра грецких орехов, как дополнительный источник железа, а также как источник жирорастворимых витаминов (А, Е), микро- и макроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот;

— в качестве стабилизатора был выбран пектин, который обладает не только хорошими желирующими, но и бактерицидными свойствами, что позволит увеличить срок хранения готового продукта;

— для придания продукту пробиотических свойств были добавлены бифидобактерии; эти микроорганизмы нормализуют работу кишечника, участвуют в синтезе витаминов, особенно группы В; продуцируют молочную кислоту и регулируют кислотность кишечного содержимого, тем самым создают благоприятные условия для всасывания железа, кальция, витамина D.

Разработанные полифункциональные пасты с оптимизированным составом компонентов обладают привлекательными для потребителя органолептическими свойствами и рекомендуются для детского и диетического питания.

Для подготовки к внедрению в производство новой технологии разработаны необходимые нормативно-технические документы (ТИ и ТУ).

Белок-минеральные комплексы были использованы также в качестве основы для сухих молочных продуктов, обладающих потенциальной профилактической, лечебной направленностью в отношении железодефицитных состояний.

Предлагаемые технологии не требуют значительных финансовых вложений и могут быть реализованы практически на любом молочной предприятии, где установлено стандартное технологическое оборудование.

Список литературы

1. www. Zerkalo nedeli. Com.

2. *Горбатова К. К.* Биохимия молока и молочных продуктов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 344 с.

3. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский, Г. А. Романенко, В. А. Княжев и др. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. — 344 с.

4. *Михайлова Н. И.* Принципы обогащения продуктов питания // Переработка молока. — 2002. — № 9.

5. *Шах Н.* Сухая сыворотка и гидролизованная лактоза в йогуртах из восстановленного молока // Молочная пром-сть. — 2001. — № 1. — С. 51.

6. *Donald E. Pszczola*. Addressing functional problems of fortified foods // Food Technol. — 1998. — Vol. 52. № 7. — P. 38.

ТЕХНИКА И ПРОЦЕССЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 664.002.(075.8)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ПИЩЕВЫХ МАШИН МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ

А. Л. Майтаков

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: may@kemtipp.ru

Оптимизация основных процессов пищевых производств (механических, тепловых и др.) базируется на конструкторско-технологическом обеспечении параметров качества (КТОК)[1] функциональных поверхностей, предопределяемых видами производственных процессов, характеристиками объектов производства, показателями назначения и надежности машин и аппаратов. Идея заключается в разработке теоретических основ формирования информационных моделей технологических блоков. Технологический блок (ТБ) — это совокупность методов обработки поверхностей, оборудования, оснастки, технологических материалов, режимов, метрологического обеспечения, позволяющая обеспечить высокое качество функциональных поверхностей рабочих органов машин и аппаратов.

Системный подход в реализации этой идеи состоит в систематизации и идентификации предметов производства и функциональных поверхностей механизмов, кинематических пар и ферм, их параметров качества, элементов среды эксплуатации, видов отказов, способов изготовления, определении критериев технологичности, надежности, экономичности, а также создании программы синтеза информационных моделей ТБ [1, 2]. Для этого была разработана система индекс — кодов объектов и параметров по блокам (рис. 1). Решение данной задачи можно рассмотреть на примере синтеза ТБ для технологического обеспечения параметров качества (ТОК) шнеков — достаточно распространенных рабочих элементов пищевых машин.

Выполним идентификацию исходных данных по блокам 1, 2 и 3 (рис. 1). Результаты идентификации приведены в таблице.

Аналитическое выражение зависимостей интенсивности абразивного и абразивно-коррозионного износа от комплексных параметров трибохарактеристик C_x K_c даны в работе [3] и могут быть использованы при формировании информационных моделей. Зависимости интенсивности износа от производительности конкретных машин в конкретных условиях для каждого вида устанавливаются и используются в форме корреляционных уравнений. Для приведенного примера комплексный параметр K_c определяем по формуле:

$$K_c = \frac{[V_к]}{V_{к.о} K_{у.к}},$$

где $V_к$ — скорость коррозии перьев шнеков; $V_{к.о}$ — скорость коррозии пера шнека (образца) без дополнительной обработки; $K_{у.к}$ — коэффициент, учитывающий влияние условий корродирования (среды эксплуатации) на скорость коррозии.

В зависимости от перерабатываемого продукта $K_c = 5...12, 2$.

В качестве метода обработки поверхности пера шнека выбираем вибронакатывание (или дробеструйную обработку). Остальные методы (такие как хромированиев, лужение пищевым оловом и др.) рамках данной статьи не рассматриваются.

[1]КТОК заключается в установлении зависимостей показателей назначения и надежности от функциональных параметров механизмов, кинематических пар и ферм, а также технологических погрешностей их определяющих, закономерностей их формирования, создании методов и средств, позволяющих на этапах изготовления и эксплуатации машин оперативно оценивать параметры качества, прогнозировать состояние машины и осуществлять функции управления.

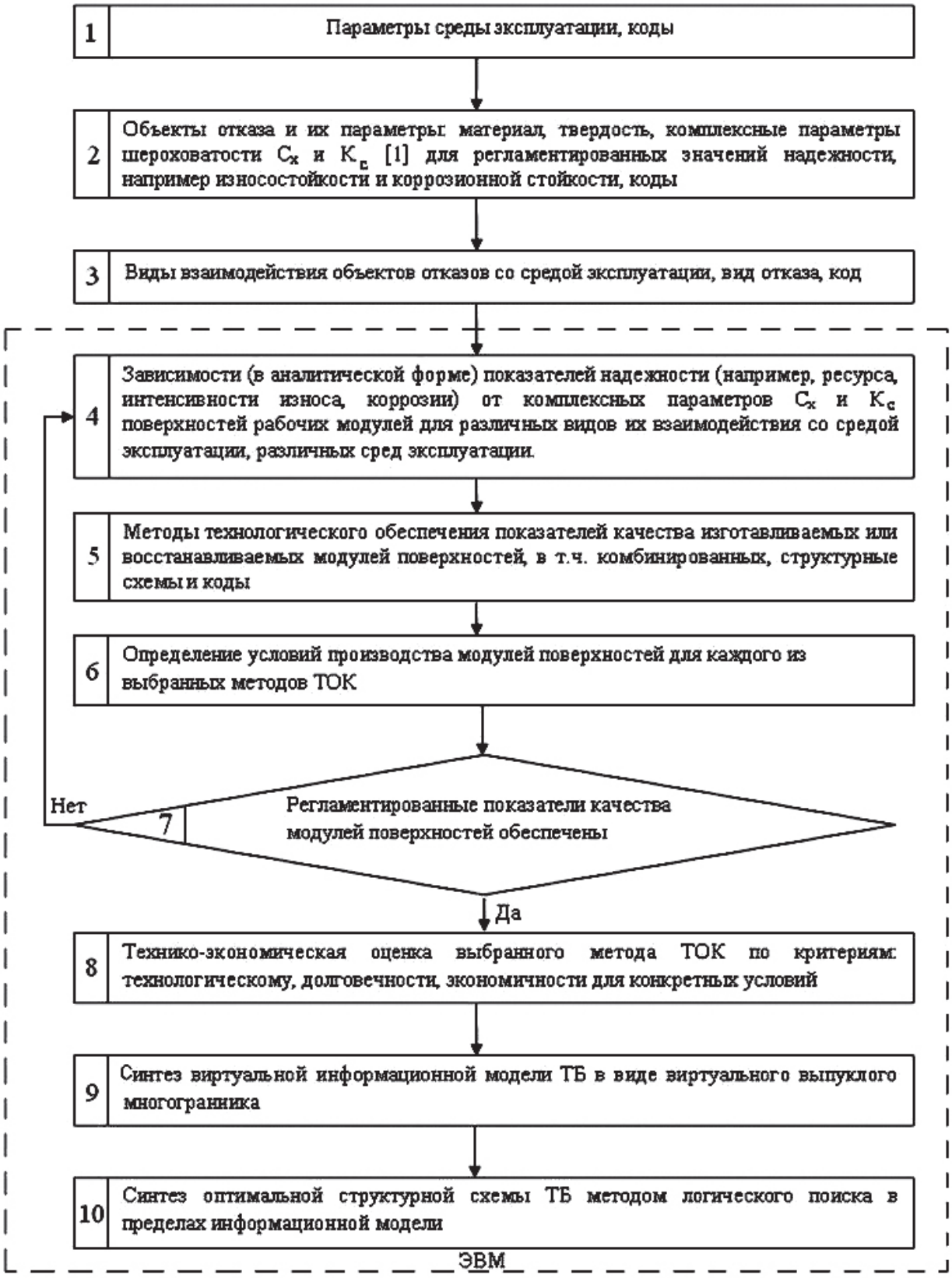


Рис. 1. Блок-схема конструкторско-технологического обеспечения качества машин и аппаратов

Объект отказа и среда эксплуатации идентифицируются 14 кодами, элементы ТБ — 10–12 кодами, технико-экономические критерии — 3 кодами. Для анализа 8 методов технологического воздействия использованы 104 кода, всего 128–130 кодов, определяющие емкость идентифицируемой модели в виде виртуального выпуклого многогранника [2] ($3 \times 3 \times 3 \times 6 = 162$ грани).

Идентификация исходных данных технологического блока

Блок 1	Идентифицируемые критерии рабочих элементов	Код
	Класс по конструкторско-технологическому классификатору (шнек)	409150
	Габариты, мм: диаметр — 240, длина — 961, диаметр центрального отверстия — 0	Г В 0
	Масса, кг: 9,4	В
	Материал: сталь12Х18Н10Т	21
	Точность (квалитет)-14	6
	Шероховатость рабочей поверхности: исходная, после дробеструйной обработки R_z = 20	0/2
	Шероховатость рабочей поверхности: исходная, после дробеструйной обработки R_z = 20	07
	Вид модуля поверхности: рабочий винтовой наружный	Р211
	Вид отказа: утончение перьев шнеков по толщине, неравномерное, до 0,5 мм	04
	Вид взаимодействия рабочих элементов со средой эксплуатации с влажной средой — абразивный и коррозионный износ	164
Блок 2	Среда эксплуатации*	Код
	Тесто	6.011.021.035.045.052.062.071
	Мука	2.011.021.035.041.051.061.071
	Крупа	2.012.023.033.041.053.063.071
* — учитываются выделенные показатели наиболее агрессивных параметров		
Комплексный параметр трибохарактеристик C_x		Код
в пределах 6,8		07
Блок 3	Идентифицируемые элементы технологического блока (ТБ) (один вариант для примера)	Код
	Виды технологического воздействия: дробеструйная обработка	02.13
	Оборудование: стенд — вращатель модульного типа с коробкой скоростей и копировальным устройством, с регулируемыми межцентровым расстоянием и высотой центров (ГОСТ 30260-96)	0.02
	Оснастка: специальные мундштуки-сопла твердосплавные	0.13
	Режимы обработки (дробеструйной): число оборотов шнека в мин	60
	Скорость потока дроби 50 м/с Интенсивность потока 65 кг/мин	50, 65
	Угол атаки 60°	60
	Технологический материал: дробь стальная, ø 0,5	408
	Контрольно-измерительный комплекс: — для контроля твердости — — для контроля шероховатости R_a, S_m, S_λ, t_p	 119 021
Блок 4	Технико-экономические критерии	Код
	Технологический критерий $K_т$ = 1,0	09
	Критерий долговечности $K_д$ = 0,9	01
	Стоимость изготовления по новой технологии (или упрочнения) $C_{н.т.}$ = 480 руб.	01

Данные из таблицы наносятся на грани конгруэнтных кубов виртуального выпуклого многогранника (рис. 2). после чего выполняется селекция и формирование оптимальной совокупности индекс — кодов для решения конкретной задачи в соответствии с установленными алгоритмом и логикой (программой) при помощи персонального компьютера.

Выбор оптимального варианта технологического воздействия на перья шнека определяется сравнением технико-экономических критериев и стоимости обработки. Оптимальному показателю соответствует определенное сочетание кодов, элементов ТБ, которому присваивается интегральный код-ярлык, элементам — одинаковый цвет соответствующих граней с кодами. В этом состоит «решение» виртуального выпуклого многогранника — информационной модели ТБ. После решения данной задачи разрабатывается техническое задание на построение оптимального ТБ с учетом технико-экономических показателей.

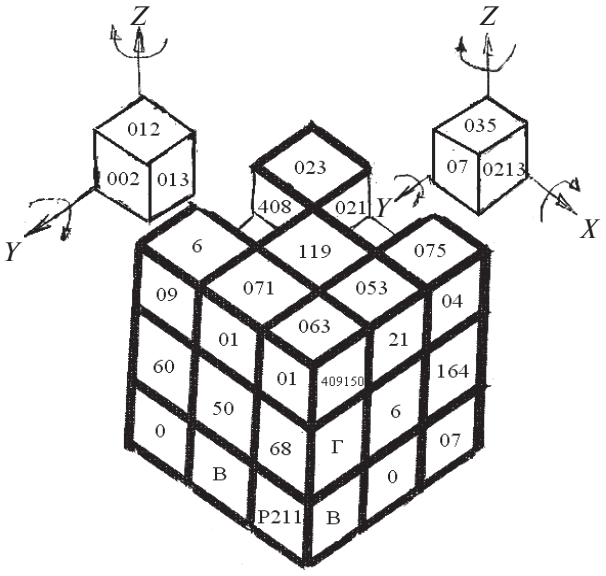


Рис. 2. Информационная модель технологического блока в виде виртуального выпуклого многогранника

Таким образом, ТБ обеспечивает качество рабочих элементов деталей пищевых машин и решает задачи оптимизации основных процессов пищевых производств.

Список литературы

1. *Майтаков А. Л.* Оценка эффективности комбинированной упрочняюще — отделочной обработки деталей пищевых машин // Изв. ВУЗов. Пищевая технология, 2008. № 4. С. 78–81.

2. *Коган Б. И., Майтаков А. Л.* Научные предпосылки технологического обеспечения качества восстановления и повышения надежности пищевых машин. Вестник КузГТУ, 2008. № 2. С. 79–83.

3. *Суслов А. Г., Федоров В. П. и др.* Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. — М.: Машиностроение, 2006. — 448 с.

УДК 637.513.001.5

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ

Н. А. Зуев, А. И. Шибанов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: nils84@list.ru

Для расчета и конструирования механизмов машин, перерабатывающих мясо, необходимы сведения о трении мяса о рабочую поверхность и, в том числе, коэффициенты трения различных материалов с различной чистотой обработки.

Для определения коэффициента трения используются различные трудоемкие методы с применением дорогостоящих стендов и приборов [1]. С целью снижения трудоемкости измерений разработан способ, позволяющий выполнять измерения большого количества с наименьшими затратами.

Для измерения коэффициента трения мясного сырья о рабочие поверхности используется расчет зависимости величины радиуса расположения образца мясного сырья на вращающемся диске в момент сброса образца от скорости вращения диска.

На диск укладывается исследуемое мясное сырье на расстоянии R от центра. При удалении образца от центра и вращении диска образец сбрасывается с диска. На этом явлении разработан способ определения коэффициента трения.

Чтобы образец мясного сырья массы m вращался с диском по окружности радиуса R, делая n оборотов в секунду, к нему должна быть приложена со стороны диска центростремительная сила $F_{\text{ц}}$.

$$F_{\text{ц}} = \frac{mv^2}{R} = (2\pi n)^2 mR, \tag{1}$$

где v — линейная скорость массы образца, применяемая за материальную точку, м/с.

Из приведенного уравнения видно, что при постоянной угловой скорости центростремительная сила возрастает с увеличением радиуса вращения.

Сила трения F, играющая роль центростремительной, не может превысить значения

$$F \geq kmg, \tag{2}$$

где k — коэффициент трения; g — ускорение свободного падения.

Определив линейное значение R, при котором образец сырья перестает держаться на вращающемся диске и сбрасывает с него, найдем, приравнивая уравнения (1) и (2), коэффициент трения k:

$$k = \frac{(2\pi n)^2 R}{g}.$$

Список литературы

1. Исследование процесса трения мяса о стальную поверхность // Журнал «Мясная индустрия СССР» // 1978. № 1. — С. 29.

2. *Дерягин Б. В.* Что такое трение? // М.: Издательство академии наук СССР, 1963. — 229 С.

УДК УДК 621.867.212.7

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА КРУТОНАКЛОННЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

И. А. Острых

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: ostryhIrina@yandex.ru

Перемещаемые грузы в технологических линиях подразделяются на штучные и насыпные. Их физико-механические свойства имеют решающее значение при выборе и расчете крутонаклонных конвейеров.

Штучные грузы характеризуются массой одной штуки, формой и размерами, коэффициентом трения о поверхность ленты или настила и особыми свойствами: хрупкость, склонность к качению из-за округлости формы, взрывоопасность и т. д. При многообразии штучные грузы разделяют на штучно-массовые и тарно-штучные.

Насыпные грузы характеризуются размерами частиц, гранулометрическим составом, насыпной массой, углом естественного откоса, коэффициентом трения, влажностью и т. д.

В таблице приведены основные механические свойства насыпных грузов.

Теоретические исследования процессов транспортирования насыпных грузов крутонаклонными конвейерами базируется на основе теории сыпучих сред. Равновесное состояние насыпного груза имеет место в том случаи, если под действием объемных и граничных сил отсутствует взаимное скольжение составляющих частиц. Плоская осесиметричная постановка задачи по определению напряженного состояния сыпучего тела обуславливается особенностями его взаимодействия с грузонесущими элементами конвейеров и целью исследований, которая в конечном итоге сводится к определению силовых факторов, обеспечивающих равновесное состояние насыпного груза на ленте. Под устойчивостью процесса транспортирования насыпного груза будем понимать отсутствие скольжения слоев груза относительно друг друга и ленты.

Дифференциальное уравнение равновесия насыпного груза имеет вид:

$$\frac{\delta\sigma_x}{\delta x}+\frac{\delta\tau_{xy}}{\delta y}+F_x=0; \qquad \frac{\delta\sigma_y}{\delta y}+\frac{\delta\tau_{xy}}{\delta x}+F_y=0, \tag{1}$$

где σ_x, σ_y — нормальные напряжения; τ_{xy} — касательное напряжение; F_x, F_y — интенсивности объемных сил.

Наряду с условиями (1) насыпной груз должен обладать способностью противостоять взаимодействию заданных объемных и граничных сил:

— на поверхности внутренних срезов

$$\frac{\tau}{\sigma}\le f_\sigma;$$

— на поверхности контакта с лентой

$$\frac{\tau}{\sigma}\le f;$$

Характеристики насыпных грузов

Наименование груза	Объемная масса, т/м^3	Угол естественного откоса в покое, град	Коэффициент трения по резине	Коэффициент трения по стали
Гречиха	0,6–0,7	30	0,4–0,6	0,4
Горох	0,7–0,8	25	0,4–0,5	0,3
Зерно (рожь, пшеница)	0,7–0,8	30	0,5–0,7	0,5
Картофель	0,6–0,7	30	0,6–0,7	0,5
Кукуруза (зерно)	0,7–0,8	30	0,5–0,6	0,5
Мука (ржаная, пшеничная)	0,5–0,6	55	0,8–1,0	0,65
Овес	0,4–0,5	30	0,6–0,8	0,5
Отруби	0,2–0,3	60	0,9–1,0	0,9
Сахарный песок (сырой)	0,7–1,0	60	0,6–0,7	0,6
Свекла	0,6–0,7	35	0,6–0,8	0,5
Соль поваренная	1,5–1,8	35	0,6–0,7	0,5
Ячмень	0,7–0,8	30	06–0,7	0,5

— на поверхности насыпного груза

$$\sigma = 0, \qquad \tau = 0,$$

где f_σ — коэффициент внутреннего трения; f — коэффициент трения груза о ленту.

Объемная масса насыпного груза, транспортируемого крутонаклонными конвейерами, в значительной степени зависит от особенностей формирования груза и конструкции конвейера. Увеличение объемной массы происходит за счет статических и динамических нагрузок, воспринимаемых насыпным грузом при движении грузонесущего элемента крутонаклонного конвейера. В процессе загрузки конвейера и последующем движении происходит переформирование насыпного груза; мелкие частицы укладываются в поры между крупными, и вследствие уплотнения возрастает объемная масса груза. Пусть γ_m — объемная масса насыпного груза при отсутствии напряжений, а γ'_m — объемная масса напряженного насыпного груза, тогда можно написать следующую зависимость:

$$\frac{\gamma'_m - \gamma_m}{\gamma_m} = F(\sigma_{\text{ср}}),$$

где среднее напряжение $\sigma_{\text{ср}}$ определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}. \tag{2}$$

При расчете равновесия насыпного груза на крутонаклонных конвейерах нормальные напряжения сжатия на определенной высоте (площадке) в заданном направлении будем называть действующим давлением $\sigma_{\text{д}}$. для вертикального конвейера это давление направлено вдоль оси ленты по центру поперечного сечения транспортируемого груза. На площадке, повернутой под углом 90° по отношению к $\sigma_{\text{д}}$, возникает боковое давление$\sigma_{\text{б}}$, отношение которого к действующему давлению будем называть коэффициентом бокового давления ($K_{\text{д}} = \sigma_{\text{б}}/\sigma_{\text{д}}$). Для заданного напряженного состояния насыпного груза коэффициент бокового давления является переменным и зависит от угла наклона площадки действующего давления к площадке главного напряжения. Минимальное значение коэффициента бокового давления, при котором происходит перемещение частиц груза, называется коэффициентом подвижности

$$K_{\text{д}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = K_{\text{д}} \min,$$

где σ_1 и σ_3 — нормальные напряжения на взаимно перпендикулярных площадках. Зависимость коэффициента бокового давления от угла наклона конвейера β и коэффициента подвижности насыпного груза для предельного равновесия выражается формулой:

$$K_{\text{д}} = \frac{\operatorname{tg}^2 \beta + K_{\text{п}}}{1 + K_{\text{п}} \operatorname{tg}^2 \beta}. \tag{3}$$

При определении коэффициента бокового давления рекомендуется применять формулу:

$$K_{\text{д}} = \left[1 + 2ff_\sigma + 2\sqrt{(1+f^2)(ff_c - f^2)}\right]^{-1}, \tag{4}$$

где f_σ — коэффициент внутреннего трения; f_c — коэффициент внутреннего сдвига: $f_c = (f_\sigma + \tau_0/\sigma_0)$; f — коэффициент трения насыпного груза по ленте.

Для идеально сыпучих грузов коэффициент подвижности будет:

$$K_{\text{п}} = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2}. \tag{5}$$

Для связанных насыпных грузов коэффициент подвижности не является постоянным и зависит от главного напряжения. Поэтому он определяется с учетом коэффициента внутреннего сдвига:

$$K_{\text{п}} = 1 + 2ff_c - 2f_c\sqrt{1+f^2}. \tag{6}$$

При определении бокового давления иногда приравнивается коэффициент подвижности к коэффициенту бокового давления. Следует иметь ввиду, что при расчете бокового давления в крутонаклонных конвейерах такое допущение неприемлемо, так как на поверхности соприкосновения насыпного груза с лентой всегда имеются значительные касательные напряжения.

Список литературы

1. *Пертен Ю. А.* Крутонаклонные конвейеры. Л.: Машиностроение, 1977. 216 с.
2. *Зенков Р. Л.* Механика насыпных грузов. М.: Машиностроение, 1964. 251 с
3. *Соколовский В. В.* Статика сыпучей среды. — М.: Наука, 1990. — 272 с.
4. *Островский Г. М.* Прикладная механика неоднородных сред. СПб.: Наука, 2000. 359 с.

УДК 664.6/7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е. П. Дедовская, В. Б. Данин

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых производств
E-mail: Lelja1985@inbox.ru

В настоящее время все более актуальным становиться вопрос об усовершенствовании процесса охлаждения хлебобулочных изделий, а именно его интенсификация. Это связано с тем, что для упаковки и нарезки продукт должен иметь температуру внутри мякиша 25–35 °С.

Хлеб обладает малой теплопроводностью и его охлаждение требует значительного времени. По данным Л. Я. Ауэрамана [2] в среднем при естественном охлаждении в помещении продолжительность снижения температуры хлеба от 90 до 35 °С составляет от 105 до 160 минут в зависимости от температуры поддерживаемого воздуха. При малых перепадах температуры длительность процесса растет, становиться существенным усушка хлеба и неравномерность распределения влаги по его объему. Все это приводит к ухудшению условий последующего хранения, очерствению, заболевания и отклонению от стандартов качества продукта по внешнему виду, кислотности, микрофлоре и т. п. На крупных современных хлебопекарных предприятиях для увеличения скорости охлаждения применяются автоматические кулеры с искусственным обдувание хлеба воздухом, в зоне охлаждения которых поддерживается температура 20–25 °С и относительная влажность 85 % при движении воздуха 0,3–0,5 м/с. Данный метод позволяет сократить время охлаждения до 105–135 мин [2].

Альтернативным способом уменьшения времени снижения температуры выпеченных изделий до нескольких минут является использование вакуумных устройств [5].

Отличительной особенностью вакуумного охлаждения является высокая скорость охлаждения. Вакуумно-испарительное охлаждение осуществляется в результате отбора теплоты от продукта, находящегося в вакуумной камере, при испарении влаги из него, вызванное понижением давления (создания вакуума). В связи с достаточно равномерным распределением свободной влаги в изделиях охлаждение так же идет во всем объеме изделия. Охлаждение осуществляется в результате того, что свободная и распределенная в объеме продукта влага, испаряясь, отбирает теплоту. Процесс установления термодинамического равновесия между изменениями давления насыщенных паров и температуры связанной влаги протекает быстро. Поэтому по мере создания разряжения давление насыщенных паров над свободной поверхностью жидкости можно отождествить с давлением в камере охлаждения. При вакууимировании создаются условия для объемного испарения. В отсутствии теплопритоков извне испарение и кипение жидкости приводит к одновременному охлаждению каждой частицы продукта до температуры насыщенных паров воды.

Исследования по вакуумному охлаждению показали, что применение этого метода весьма перспективно [3, 5]. В России опубликованные работы по данной проблеме не раскрывают полностью сущность данного процесса, поэтому изучение и совершенствование процесса вакуумно-испарительного охлаждения, его применение на предприятиях РФ остается до сих пор актуальным.

Основными аспектами при исследовании данного процесса должны быть не только продолжительность охлаждения, количество испарившейся влаги из охлаждаемого продукта в зависимости от формы и вида изделия, но и влияние режимов охлаждения вакуумно-испарительным методом на стандарты качества продукта, на его последующее хранение, очерствение и заболевание.

Исходя из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что применение метода вакуумно-испарительного охлаждения хлебобулочных изделий позволит:

1) значительно сократить весь цикл производства хлебобулочных изделий и повысить реализацию готовой продукции;

2) уменьшить изменение потребительских свойств, связанных с процессами очерствения и усушки, определяемые скоростью охлаждения хлеба после его выхода из печи;

3) увеличить срок хранения готовой упакованной продукции;

4) сократить брак при несоблюдении требований по охлаждению готовых изделий.

Список литературы

1. *Апет Т. К., Пашути З. Н.* Хлеб и булочные изделия: Спр. пособие; худож.обл. М. В. Драко.-Мн.: ООО «Попурри», 1997. — 320 с.

2. *Ауэраман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства: Учебник. — 9-е изд.: перераб и доп. / Под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб.: Профессия, 2002. — 416 с.

3. *Галаган Т. В.* Совершенствование процесса вакууумно-испарительного охлаждения хлебобулочных изделий: Автореф. дис. на сосик. учен. степ. к. т. н.: Спец. 05.18.12 / Галаган Т. В.; [Воронеж. гос. технол. акад.]. — Орел, 2003. — 24 с.

4. *Пучкова Л. И., Поландова Р. Д., Матвеева И. В.* Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 559 с.: ил.

5. *Степанова Г. Е., Вацадзе Д. В.* Охлаждение и замораживание пищевых продуктов: Сер. 4. Вып. 1. — Тбилиси.: ГрузНИИНТИ; «Пищевая промышленность», 1980. — 40 с.

6. *Цыганова Т. Б.* Технология хлебопекарного производства: Учеб. для нач. проф. образования. — М.: ИРПО; Издательский центр «Академия», 2001. — 432 с.

УДК 637.5

ВЫПЕЧКА БАРАНОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПЕЧИ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДУШНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

В. Т. Антуфьев, Ю. Г. Горшков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Gorshkov Y@inbox.ru

Бараночные изделия являются традиционной продукцией хлебокомбинатов и хлебозаводов. Современное состояние теории и практики выработки бараночных изделий показывает, что процесс их выпечки недостаточно оптимизирован.

Процесс выпечки хлебобулочных изделий традиционным способом изучен достаточно глубоко, однако удельные затраты энергии на производство единицы продукции велики. Поэтому проблема интенсификации процесса выпечки в хлебопекарных печах является актуальной и не требует доказательств.

Анализ существующих способов выпечки показывает необходимость применения новых физических эффектов, ранее не применяемых в хлебопечении.

В настоящее время наиболее перспективным и совершенным, по нашему мнению, являются способ выпечки с помощью инфракрасных излучателей с наложением ультразвука.

Выпечка тестовых заготовок происходит в пекарной камере, оснащенной трубчатыми электронагревателями (ТЭНы), которые имеют специальное покрытие из функциональной керамики, изменяющей длину волны инфракрасного излучения. Благодаря этому происходит равномерное и значительно более интенсивное облучение тестовых заготовок по всей поверхности. Инфракрасное излучение с определенной длиной волны активно поглощается водой, содержащейся в продукте, и значительно меньше другими ингредиентами изделия, что позволяет в большей степени сохранять витамины, биологически активные вещества, естественный цвет и аромат. Использование в стадии выпечки мощного инфракрасного излучения позволяет в первоначальный момент времени выпечки сформировать на тестовых заготовках тонкую и пока эластичную корочку. При дальнейшем прогреве теста, вода и этиловый спирт интенсивно превращаются в пар и, увеличиваясь, делают мякиш более объемным, т. к. пар не может сразу испариться из-за образовавшейся ранее корочки, а испаряется с некоторой задержкой, проделав работу в мякише по его «разрыхлению». Из предыдущих исследований [2, 3] известно, что этот способ выпечки на 10–12 % сокращает продолжительность процесса производства мелкоштучных хлебобулочных изделий. Быстрое создание в процессе выпечки изделий тонкостенной корочки снижает упек, например, мелкоштучных булочных изделий на 15–18 % по сравнению с традиционным, что способствует продлению срока свежести выпекаемой продукции. Однако способ выпечки с помощью ИК-излучения в перспективе необходимо совершенствовать в направлении увеличения коэффициента теплоотдачи [4]. Так как ИК-подвод энергии сочетает в себе поверхностный и объемный способ обогрева, то он менее ограничен по интенсивности подвода тепла. Авторы считают, что радикальной мерой для интенсификации процесса выпечки будет применение ультразвука совместно с ИК-излучением.

Выпечка хлебобулочных изделий с поле ультразвука изучена недостаточно. Необходимо вывести зависимости скорости выпечки от интенсивности и продолжительности действия ультразвука, отсутствует экономическое обоснование процесса. Из практики и теории известно, что ультразвук уменьшает ламинарный слой у твердой поверхности за счет изменения равномерности обтекания потока. При этом происходит интенсификация тепломассообмена в ультразвуковом поле — процесс изменения температурных и концентрационных полей в газообразной или жидкой среде вследствие изменения гидродинамических характеристик среды под воздействием акустических колебаний [5]. Механизм воздействия ультразвука при выпечке изделий в основном связан с появлением акустических течений, обусловленных поглощением энергии в среде и в пограничном слое у их поверхности, а также поглощением части энергии внутри изделия. Преимущество акустических потоков перед обычными гидродинамическими - в малой толщине их пограничного слоя δ

$$\delta = \sqrt{\frac{\upsilon}{\pi f}}, \tag{1}$$

где υ — коэффициент кинематической вязкости, м^2/с; f — частота колебаний, Гц

$$f = \frac{1}{T}, \tag{2}$$

где T — период колебаний, с.

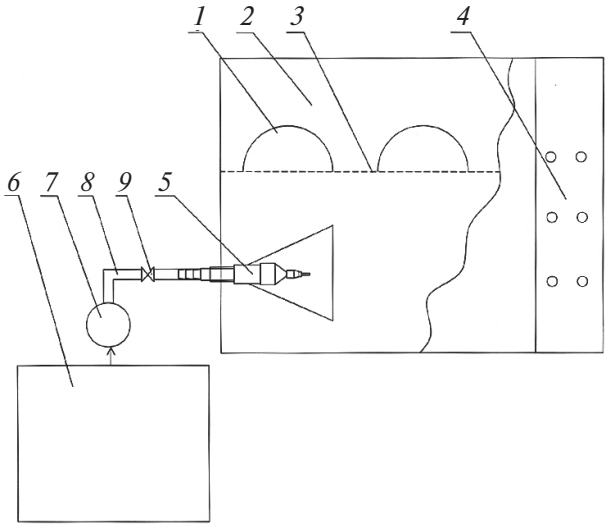


Рис. 1. Схема установки ультразвукового излучателя в пекарной камере:
1 — объект исследования — хлебобулочные изделия;
2 — пекарная камера; *3* — решетка; *4* — блок управления;
5 — ультразвуковой воздушный генератор; *6* — компрессор;
7 — редуктор; *8* — трубка высокого давления; *9* — вентиль

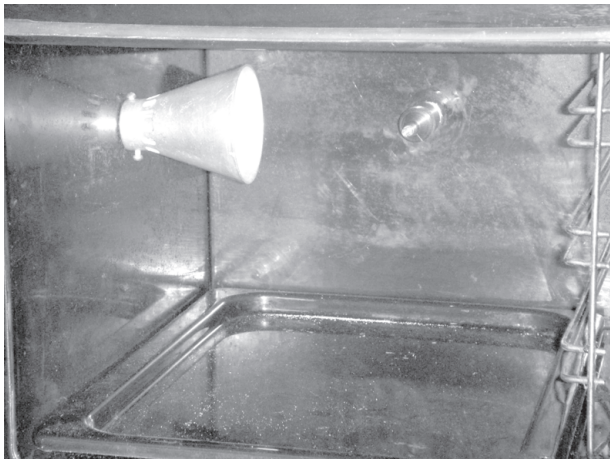


Рис. 2. Ультразвуковые излучатели в пекарной камере

Из формулы видно, что существует реальная возможность изменения его толщины путем увеличения частоты колебаний. Так при частоте колебаний 22000 Гц толщина ламинарного пограничного слоя δ составит около 0,7 мм. Это в свою очередь приводит к уменьшению толщины температурного или концентрационного пограничного слоя и увеличению тем самым градиентов температуры или концентрации, определяющих скорость переноса массы и тепла.

Интенсифицирующее действие акустических колебаний на тепломассообмен в ультразвуковом поле проявляется, начиная от некоторых пороговых значений звукового давления, но далеко до кавитационных условий. В условиях свободной конвекции этот порог определяется соотношением двух сил, действующих на элемент объема среды: силы, связанной с акустическим потоком, и подъемной силы.

Нами проведена выпечка бараночных изделий инфракрасным излучением с наложением ультразвука в пекарной камере (рис. 1, 2), где установлены два ультразвуковых воздушных генератора с регулируемой выходной мощностью от 40 до 400 Ватт у каждого (изготовитель — ИТМО, г. Минск). Мощность ТЭНов регулируется от 1000 до 2200 Ватт. Наложение ультразвука малой мощности (0,1–0,5 Вт/см^2) позволяет в значительной степени разрушить пограничную пленку воздуха у выпекаемого изделия и соответственно увеличить коэффициент теплоотдачи в 1,6–2,1 раза. Расчеты и проведенные опыты показывают, что это увеличивает скорость выпечки на 25–30 % и позволяет снизить температурный режим в печи.

Замеры интенсивности звукового излучения показывают, что рассеяние и отражение ультразвуковых волн от изменяющейся в пространстве и времени генерирующей области приводит к усреднению акустического поля, интерференционная картина сглаживается и поле приобретает ярко выраженный мелкомасштабный диффузионный характер.

Теоретические исследования показывают, что малые возмущения от генератора волн в воздухе приводят к турбулизации пограничного слоя, а их отражения к автоколебаниям этого слоя с интенсивным теплообменом с воздухом пекарной камеры. То есть передвижение одной волны возмущения способствует созданию вакуума у поверхности, и подсосу новых порций воздуха — теплоносителя. Естественно, тесто при этом будет выпекаться быстрее и равномернее, так как при озвучивании ультразвук многократно отражается от стен камеры и изделия, проникает во все его трещины и пустоты, снижая термическое сопротивление тепло- и массопереносу. Мякиш изделия за счет периодического изменения местного давления также подвергается автоколебаниям на глубину нескольких миллиметров, что способствует интенсивному проникновению тепла внутрь изделия (звукокапиллярный эффект, локальный нагрев). Расчеты показывают, что при этом наружные слои теста получают ускорения до 3–4g ($g = 9{,}8$ м/с^2) при мощности около 0,5 Вт/см^2. Особое внимание при дальнейших исследованиях будет обращено на качество выпечки и оптимизацию удельной энергоемкости процесса.

Таким образом, на основе теоретических исследований и предварительных опытов можно сделать вывод, что применение ультразвуковых воздушных генераторов в хлебопекарных печах позволит интенсифицировать процесс выпечки, а, следовательно, увеличить производительность хлебопекарных печей при снижении удельных затрат.

Список литературы

1. *Голямина И. П. и др.* Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Советская энциклопедия. — М.: 1979. — 400 с.

2. *Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства: Учебник. — СПб.: Профессия, 2003. — 416 с.

3. Авторское свидетельство № 95106750 Способ производства хлеба и хлебобулочных изделий. Ермоленко В. Н., Рахимов Р. Х., Свешников П. Г., 1997.

4. *Барышников А. Н., Володарский А. В., Михелев А. А.* О прогреве тестовых заготовок в процессе выпечки // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 2001.

5. *Воробьев Е. А.* Теория ультразвуковых колебаний как основа построения и применения технических средств получения информации: Учеб. пособие / СПбГУАП, СПб., 2002. 54 с: ил.

УДК 637.52

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛИТ НА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

В. Т. Антуфьев, Г. В. Алексеев, С. А. Громцев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В настоящее время в связи с разработкой полезных ископаемых в водах Мирового океана, а также с задачами по постоянному контролю подводных акваторий возникла потребность длительного нахождения специалистов в подвижных и стационарных объектах под водой. На них не влияет волнение, переменные ветровые нагрузки, подвижки льдов, снижены опасности повреждения их с воздуха. Увеличение автономности нахождения людей и создание комфортных условий обитаемости на подводных объектах требует внедрения прогрессивных форм питания, что возможно только с применением оборудования нового поколения. Но плиты остаются среди основного теплового оборудования вне конкуренции как по универсальности, так и по разнообразию блюд с особым ароматом, внешним видом, влияющих на аппетит. А этот фактор в закрытых объемах относится также к основным в жизнеобеспечении людей.

В тоже время плиты имеют существенные недостатки. Большая часть тепла, вырабатываемая плитами, уходит в окружающую среду, поэтому требуется усиленная вентиляция помещения и использование мощных кондиционеров, плиты являются наибольшими потребителями электроэнергии в камбузе. Плиты являются основным источником выделения угарного газа, азотистых и сернистых веществ, так как не имеют индивидуальных фильтров. Длительность закипания жидкости в котлах не соответствует требованиям быстрого приготовления пищи. Низкий коэффициент полезного действия плит общепризнан (18–30 %). Остальное **тепло нагревает** воздух в помещении, который приходится интенсивно вентилировать с использованием сложных систем кондиционирования для автономных систем.

От тепловых потерь агрегатов зависит масса и объем средств кондиционирования для поддержания необходимых микроклиматических условий в камбузных помещениях.

В частности, в технических условиях на поставку варочных агрегатов типа АПЭ-100 с жарочным шкафом на 100 человек имеется требование о том, что для его нормальной работы система кондиционирования должна обеспечивать вытяжку, очистку и охлаждение воздуха в количестве 850 $м^3$/ч.

В условиях подводных объектов воздух с вредными парами и газами нельзя выбрасывать в атмосферу помещений, его предварительно необходимо очистить и охладить. Охлаждение и очистка столь большого объема воздуха (до 850 $м^3$/ч) связана с необходимостью использования большегабаритных фильтров-поглотителей и мощных кондиционеров, которые не всегда возможно разместить в условиях малых объемов [6]. Снизить потери наплитной поверхности можно только сокращением времени процесса нагрева наплитных котлов или с помощью специальной завесной защиты греющих поверхностей [1]. Время нагрева котлов до кипения при принятых условиях зависит не только от термического сопротивления между днищем котла и поверхностью плиты, а также от коэффициента теплоотдачи от нагретого воздуха к боковым стенкам котла и несоприкасающихся с поверхностью плиты стенкам днища. Однако при проектировании плит не уделяется должного внимания интенсификации конвективного теплообмена наружной поверхности котлов с воздушными потоками над плитой. Это связано с исключительно низкими скоростями движения нагретого воздуха, возникающими при свободной конвекции и соответственно малыми коэффициентами теплопередачи, которыми в расчетах пренебрегали. Толщина пристенного слоя воздуха при этих скоростях велика и играет роль теплоизоляции.

Анализ работ ведущих ученых [1, 3] показал, что конвективный теплообмен можно усилить, направив принудительно потоки горячего воздуха (всего несколько $дм^3$!) вдоль поверхности конфорок по замкнутому циклу через встроенный фильтр (нагретый воздух раньше уходил в помещение в вертикальном направлении), придав ему разумную, экономически выгодную скорость движения.

Экспериментальная установка была создана на базе плиты ЭП-2ЖШ для исследования процессов теплообмена с применением завесной защиты греющих поверхностей и электротермического способа интенсификации теплообмена между жарочным настилом и котлами (рис. 1).

Горизонтальный поток горячего воздуха выполняет роль защитной тепловой завесы и снижает потери энергии в помещение [1]. При этом, в выпуклом днище котла исчезнут застойные воздушные зоны, игравшие роль теплоизоляции и добавиться существенная конвективная составляющая теплопередачи через часть днища и боковую стенку. Переход от ламинарного движения горячего воздуха к турбулентному может оказаться экономически выгодным за счет сокращения времени закипания в наплитных котлах. Эксперимент показал, что при дополнительном обдуве котлов горячим воздухом КПД конфорок увеличился на 9 %.

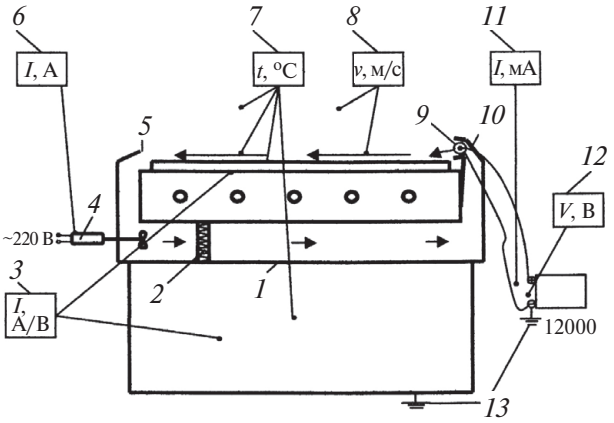


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* — обратный воздуховод; *2* — фильтр; *3* — ампервольтметр силовой; *4* — вентилятор; *5* — заборник отработанного воздуха; *6* — амперметр вентилятора; *7* — устройство измерения температуры в жарочном шкафу, чугунного настила, температуры потока воздуха у плиты и температуры воздуха на высоте 0,5 метра; *8* — анемометр; *9* — устройство ионизации воздуха; *10* — щелевое сопло; *11* — миллиамперметр тока ионизации; *12* — вольтметр напряжения ионизации; *13* — устройство заземления

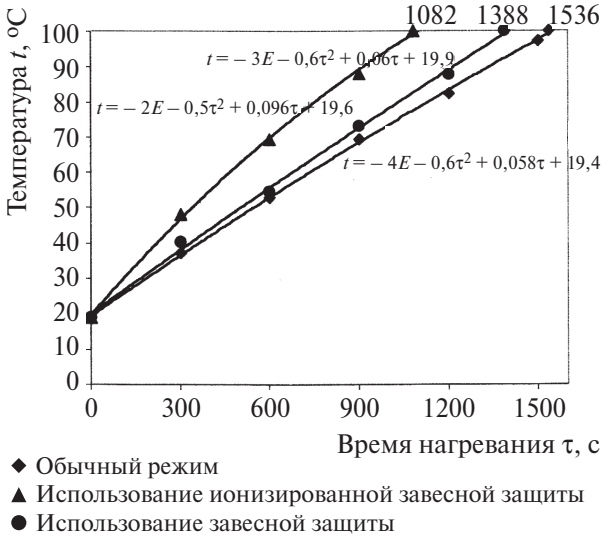


Рис. 2. График зависимости температуры воды от времени нагрева при работе конфорок на полную мощность (с использованием ионизированной воздушной завесной защиты)

В тоже время анализ литературных источников [1] показал что применение тепловой завесной защиты и электроконвекции в теплообменных аппаратах позволит увеличить КПД на 25–30 % и соответственно существенно снизить нагрузку на системы кондиционирования.

Соответственно скорость закипания воды в котлах существенно возрастет, а общее потребление электроэнергии снизится, что и подтверждено экспериментально (рис. 2).

Работает электрическая плита следующим образом. Горячий воздух от жарочной поверхности через вход *5* коробчатого газохода под действием вентилятора *4* поступает в фильтр *2*, где очищается и на выходе ионизируется *9*. Плоская струя горячего воздуха, направленая вдоль заземлjнного жарочного настила через сопло *10*, омывает также и боковые поверхности котлов. При этом наблюдается эффект электротермической интенсификации теплоотдачи к котлам. Отрицательно заряжjнные от электродов ионы воздуха притягиваются к заземленным поверхностям, теряют свой заряд и уступают место новым массам заряженного горячего воздуха. Таким образом, идет интенсивное разрушение пограничного слоя воздуха, представляющего основу термического сопротивления при конвективном теплообмене.

Результаты экспериментов показывают достаточную эффективность защитной ионизированной завесы (рис. 2). Таким образом, дополнительное устройство ионизации и обдува горячего воздуха позволяет существенно повысить эффективность работы плиты и устранить в значительной степени недостатки известных конструкций подобных тепловых аппаратов. Оно повышает по сравнению с известными конструкциями коэффициент полезного действия аппарата с вытекающими последствиями изменения быстродействия, экологичности и повышения качества приготовления пищи. Это достигается тем, что для ускорения закипания жидкости в котлах произведена электризация потока горячего воздуха, омывающего заземлjнные котлы и жарочный настил плиты, и за счjт эффекта электроконвекциии, воздух интенсивно выполняет функцию переносчика тепла. При этом масса воздуха, участвующая в электроконвективном теплообмене на два порядка меньше, чем на существующих аппаратах с соответствующим снижением затрат энергии на его нагрев. Пропорционально снижаются тепловые нагрузки и на кондиционеры.

Отметим также, что в связи с низкой установленной мощностью источника высокого напряжения (1–2 Вт), и следовательно, «падающей» внешней характеристикой выходного напряжения от тока нагрузки, опасности для человека устройство электризации не представляет, хотя защитные устройства

желательны и весьма просты (обычное заземление). Таким образом, применение тепловой завесной защиты и электроконвекции в теплообменных аппаратах на камбузах подводных подвижных и стационарных объектов актуально в практическом отношении.

Список литературы

1. *Кутателадзе С. С. и др.* Эффективность завесного охлаждения поверхности, обтекаемой турбулизованным потоком газа. Избранные труды, Новосибирск, 1989. 418 с.

2. *Громцев С. А., Пурмал М. Я.* Способ регулирования теплоотдачи в канальном газоходе тепловой установки и устройство для его осуществления. ВНИИГПЭ. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 5042869/06(023896) от 05.07.94.

3. *Громцев С. А.* Вепольные технологии повышения эффективности энергетических источников техники тыла // Диссертация на соискание учjной степени д. т. н. — Л.: ВАТТ, 1995.

4. *Антуфьев В. Т., Громцев С. А.* О вепольной технологии в пищевой промышленности. — СПб.: Известия СПбГУНиПТ, № 1. — 2005. С. 49–52.

5. Справочник физических эффектов для разработчиков техники тыла. — Вольск: ВВВУТ, 2000.

6. *Антуфьев В. Т.* Исследование влияния электрических и магнитных полей на процессы обработки продуктов и приготовления пищи. Научно-исследовательская работа. — Вольск: ВВВУТ, 1989.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ДВИЖЕНИЯ СТЕКАЮЩЕЙ ПЛЕНКИ ПЛОДООВОЩНЫХ ПЮРЕ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТЕНКЕ ВАКУУМ-КАМЕРЫ

В. И. Ряжских, А. Н. Остриков, Ф. Н. Вертяков

Воронежская государственная технологическая академия
E-mail: oan@vgta.vrn.ru

Для расчета интенсивности испарения влаги из пленки фруктовых и овощных пюре при пузырьковом кипении в разработанной двухстадийной технологии производства концентрированных пюре необходимо определить характер течения стекающей пленки пюре по вертикальной стенке вакуум-камеры.

Площадь проходного сечения стекающей пленки пюре

$$S_\delta = 2\pi r_o \delta, \tag{1}$$

где δ — толщина пленки стекающего плодоовощного пюре, м; $r_\text{о}$ — внутренний радиус вакуум — аппарата, м.

Среднюю скорость течения $\bar{\vartheta}_z$ пленки пюре находим из уравнения расхода:

$$\bar{\vartheta}_z = \frac{G}{\rho S_\delta} = \frac{G}{2\pi r_\text{о} \delta}, \tag{2}$$

где G — средний массовый расход пюре, кг/с; ρ — плотность пюре, кг/м^3.

Известно, что средняя скорость изотермического течения плjнки пюре

$$\bar{\vartheta}_z = \frac{\rho g^2}{3\mu}. \tag{3}$$

Приравнивая (2) и (3), получим

$$\frac{\rho g \delta^2}{3\mu} = \frac{G}{2\pi r_\text{о} \delta}, \tag{4}$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2; μ — динамическая вязкость пюре, Па·с.

Решая уравнение (**??**) относительно δ, получаем

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3\mu G}{2\pi \rho^2 g r_\text{о}}}, \tag{5}$$

Подставляя (5) в (2), находим среднюю скорость течения пленки пюре

$$\bar{\vartheta}_z = \frac{G}{2\pi \rho r_\text{о}} \left(\frac{3\mu G}{2\pi \rho^2 g r_\text{о}} \right)^{-1/3}. \tag{6}$$

Распределение скоростей через среднюю скорость таково:

$$\vartheta_z = 3\bar{\vartheta}_z \left(\frac{x}{\delta} \right) \left[1 - 0{,}5 \left(\frac{x}{\delta} \right) \right]. \tag{7}$$

Рассчитывая среднюю скорость в пленке $\bar{\vartheta}_z = 0{,}01$ м/с, вычислим значения критериев Пекле $\text{Pe} = 0{,}195$ и Рейнольдса $\text{Re} = 0{,}15$. Полученное значение критерия Рейнольдса $\text{Re} = 0{,}15$ свидетельствует о том, что имеет место ламинарное течение пленки пюре при отсутствии волнообразования.

УДК 678.057.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ТЕКСТУРАТОВ

А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Е. А. Татаренков, М. В. Копылов

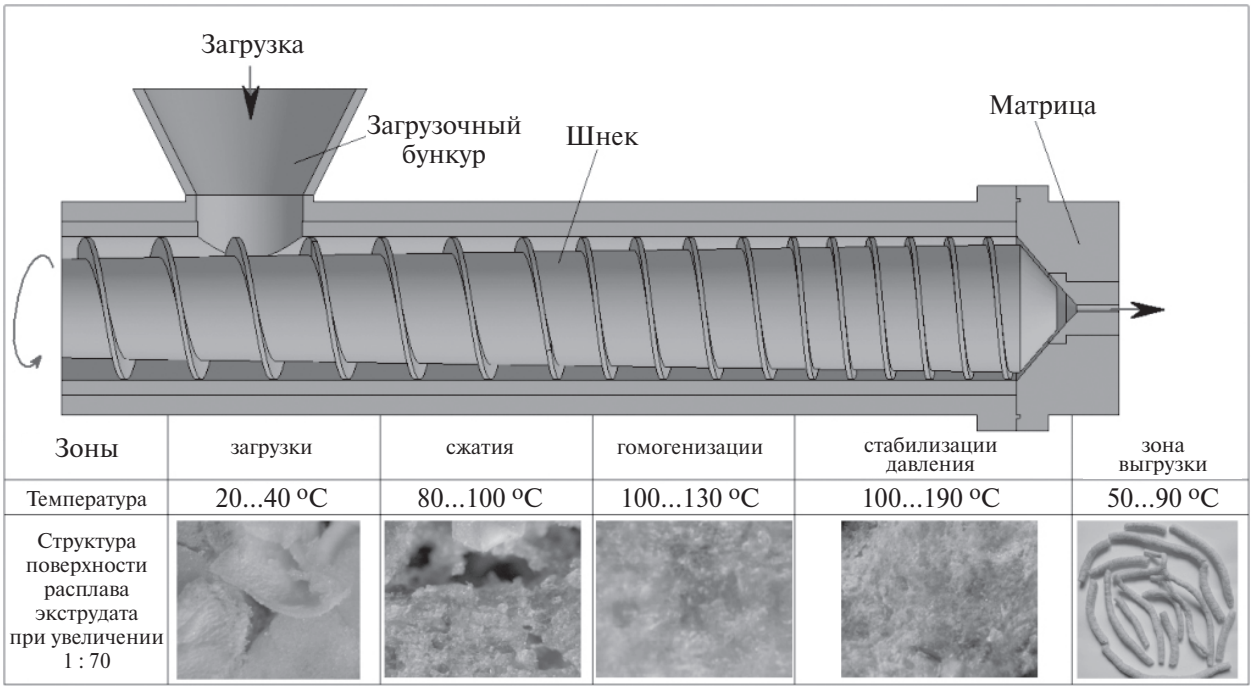
Воронежская государственная технологическая академия

Для оценки характера изменений структуры, происходящих при экструзии, были изучены качественные изменения белковых текстуратов из фасоли по длине рабочей камеры в одношнековом экструдере.

Экструдирование фасоли в экструдере вызывает достаточно существенные изменения, которые проявляются в термомеханической деструкции крахмала и накоплении декстринов и сахаров. Образование декстринов в экструдере происходит преимущественно за счет механической деструкции и термического гидролиза. Для того чтобы посмотреть изменения, происходящие в расплаве, были сделаны его фотографии на срезе при увеличении 1 : 70 (см. рисунок).

Предварительно увлажненное сырье попадает в зону загрузки, где оно перемешивается и начинает уплотняться, при этом частично выдавливается воздух, находящийся между частицами продукта. В зоне загрузки частицы фасоли имеют крупнозернистую структуру с пустотами между ними. Попадая в зону сжатия частицы фасоли подвергаются значительным механическим воздействиям. Под действием напряжения сжатия частицы деформируются по всему объему. При этом внутреннее напряжение постепенно повышается и по достижении внутреннего напряжения выше предела прочности сжатия приводит частицы к более глубокому разрушению биополимеров и клеточных структур частиц продукта, т. е. уплотнению частиц и начало образования их расплава.

В зоне гомогенизации формируется гомогенный расплав с незначительным количеством частиц, которые еще не успели расплавиться. В зоне стабилизации давления, в которой температура поддерживается 120...190 °С, продукт переходит в вязко-текучее состояние, что свидетельствует о полной гомогенизации частиц фасоли. Незначительное мельчайшие вкрапления нерасплавленных зерен крахмала, видимые на срезе расплава, связаны с неполной денатурацией белковых молекул, особенно глобулярных. Свойства экструдатов в этом диапазоне определяются как крахмальной, так и белковой фазами. Был получен пористый продукт, при этом наблюдается некоторое снижение механической прочности экструдата.



Исследование динамики изменения микроструктуры в процессе экструдирования белковых текстуратов

В результате обработки при рациональных параметрах получен экструдированный белковый текстурат, который был проанализирован по комплексу показателей, характеризующих его потребительские свойства. По органолептическим показателям: получен продукт в виде прямых или изогнутых палочек округлого поперечного сечения диаметром около 10 мм, с шероховатой поверхностью и развитой пористостью; по цвету (кремовый с бежевым оттенком); вкусу и аромату (соответствует исходному виду сырья); экструдат имеет удовлетворительные потребительские данные, характерные для группы полуфабрикатов.

УДК 664.577

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. Э. Суслов, Ю. А. Фатыхов, А. С. Бестужев

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»
E-mail: sergs53@yandex.ru

Пищевая промышленность является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей народного хозяйства. В настоящее время в Калининградской области зарегистрировано около тысячи предприятий пищевого профиля. Известно, что пищевая промышленность является крупным потребителем низкотемпературной тепловой энергии, которая расходуется на проведение технологических процессов, в основном тепломассообменных процессов таких, как пастеризация, стерилизация, сушка, варка, копчение и др. Естественно, что ее экономия позволит снизить себестоимость готовой продукции и повысить рентабельность производства.

Используя теплонасосную установку (ТНУ), можно использовать низкопотенциальную энергию вторичных энергоресурсов: сбросовую теплоту технологических процессов, теплоту конденсации холодильных машин, вентиляционных выбросов; системы охлаждения оборотного водоснабжения; сточных вод и т. д. При этом, затрачивая на работу компрессора электроэнергию можно получить в несколько раз больше тепловой энергии [1].

Кроме того, необходимо учитывать не только экономию первичной энергии (органического топлива), но и другие составляющие, а именно: при использовании теплонасосных установок для целей отопления пропадает статься затрат на транспортирование топлива и вывоз продуктов сгорания, отсутствие складов для хранения топлива, что в некоторых случаях может являться решающим фактором для их использования. Немаловажным является и экологический аспект проблемы — при использовании тепловых насосов вредные выбросы в атмосферу отсутствуют, что делает отопление производственных, общественных и жилых зданий экологически чистым [2]. Также необходимо учесть, что базовые тарифы на энергоносители (газ, электроэнергию) устанавливаются Правительством России, цены на мазут, уголь определяются сложившимися рыночными ценами и зависят от мировых цен на нефть, а также географического расположения региона. В свою очередь тарифы на теплоснабжение дотируются из бюджетов субъектов РФ и не отражают их реальной стоимости.

На сегодня в мире эксплуатируется более 130 млн. теплонасосных установок. Годовой объем продаж выпускаемого в странах дальнего зарубежья теплонасосного оборудования составляет около $ 125 млрд. Согласно данных Международного Энергетического Агентства (IEA) к 2020 году в развитых странах мира доля отопления и горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов должна составить около 75 %.

Если о применении непосредственно тепловых насосов имеется достаточно много информации, то об интегрированных теплонасосных системах, т. е. о системах, способных комплексно решать тепло и холодоснабжение технологических процессов пищевых производств, информации практически нет.

Технологическое и инженерное оборудование пищевых производств включает в себя достаточно большое количество отдельных систем:

— системы холодоснабжения холодильных камер и технологического оборудования;

— системы технологического кондиционирования воздуха в процессах сушки или холодного копчения;

— системы нагревания воды или воздуха для дефростации пищевых продуктов и др.

Часто в одном технологическом процессе на разных стадиях необходимо охлаждать или нагревать продукт для чего используются различные системы.

Если все стадии технологического процесса, в которых потребляется и отбирается тепловая энергия, будут объединены каждый в единую систему, энергетическая эффективность работы системы возрастет многократно. Эту задачу можно решить, если систему тепло и холодоснабжения технологического процесса производства пищевой продукции, в которой все потребители теплоты и холода объединены между собой двухконтурной сетью, по которой циркулирует теплоноситель, а тепло и холодоснабжение технологического процесса будет выполняться от каскадного теплового насоса. В ТНУ нижний каскад работает как источник холодоснабжения, а верхний как источник теплоснабжения.

Таким образом, все стадии технологического процесса, где требуется либо подача тепловой энергии на нужды нагрева, либо, наоборот, имеются излишки тепла, которые необходимо отвести от продукта, будут энергетически связаны между собой. Эта сеть будет служить как аккумулятором тепловой энергии от теплоизбыточных стадий технологического процесса, так и источником низкопотенциальной тепловой энергии для стадий технологического процесса, требующих в данный момент подвода тепловой энергии.

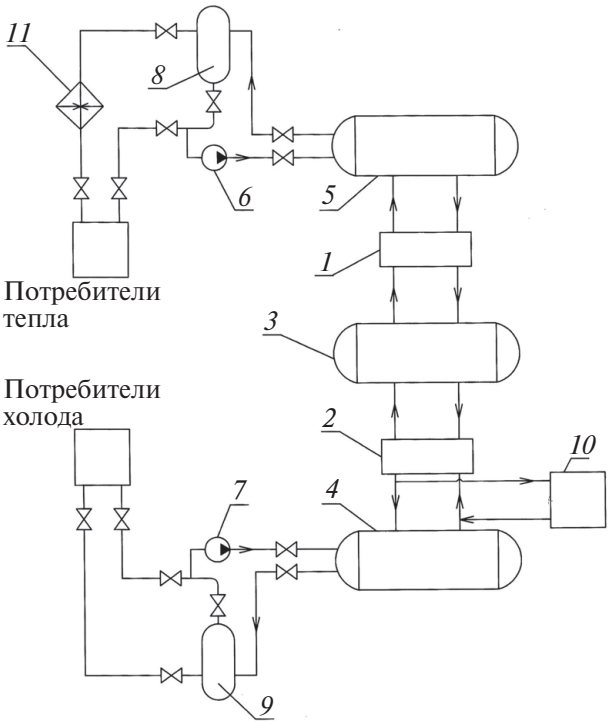


Схема интегрированной системы тепло- и холодоснабжения цеха по производству копченой и вяленой рыбопродукции:
1 — верхний каскад ТНУ;
2 — нижний каскад ТНУ;
3 — испаритель-конденсатор;
4 — испаритель; *5* — ионденсатор;
6, 7 — циркуляционный насос;
8, 9 — бак-аккумулятор;
10 — батарея холодильной камеры;
11 — дополнительный нагреватель

Перенос теплоты в каждом контуре системы осуществляется теплоносителем. Когда теплоты самого технологического процесса не хватает для покрытия дефицита тепла, в работу включается дополнительный источник теплоты — нагреватель. В любом случае для этого не потребуется сравнительно мощного устройства, и система в целом немного проиграет в экономичности.

В состав каждого контура сети входит бак-аккумулятор, который, увеличивая объем теплоносителя, способствует большему накоплению теплоты (холода), а также стабилизирует температуру теплоносителя на входе в контур.

Интегрированные системы могут эффективно работать:

— в технологических процессах приготовления сушеной, вяленой и копченой пищевой продукции;

— при производстве молочной продукции (пастеризованное молоко, кисломолочная продукция, сыр);

— в пивоварении и других технологических процессах, где используются одновременно процессы нагревания и охлаждения.

На рисунке приведена интегрированная система тепло и холодоснабжения предприятия по производству копченой и вяленой рыбной продукции. В которой потребителями холода являются: воздухоохладители коптильной установки, камеры хранения готовой продукции и системы вентиляции, батарея посольной ванны и теплообменник охлаждения тузлука, камера хранения мороженых грузов. Потребителями тепловой энергии: воздухонагреватели коптильной камеры и вентиляции, дефростер, водонагреватели бытовой воды.

Рентабельность применения такой системы зависит от разности температур на различных стадиях технологического процесса, однако очевидно, что использование таких систем экономически обосновано и оправдано.

Список литературы

1. *Эрлихман В. Н.* Энергосбережение в технологических процессах агропромышленного комплекса с использованием теплонасосных установок. Монография / В. Н. Эрлихман, Ю. А. Фатыхов, А. Э. Суслов. — Калининград, Издательство ФГОУ КГТУ, 2007. — 234 с.

2. *Суслов А. Э.* Условия экономичности применения тепловых насосов. Труды международной научной конференции «Инновации в науке и образовании 2005» г. Калининград, Издательство КГТУ, 2005. — С. 305–306.

ЭКСТРУЗИЯ — СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

О. А. Голубева

Мурманский государственный технический университет
E-mail: Golubevaoa@mstu.edu.ru

На сегодняшний день при производстве фарша из замороженного рыбного сырья неотъемлемой операцией, предшествующей измельчению, является дефростация.

В большинстве случаев при промышленной переработке сырье до дефростации и производимый полуфабрикат находятся в замороженном состоянии. Вся же прочая технологическая цепочка современного производства рыбного фарша разработана для сырья уже размороженного. В результате возникают значительные температурные перепады объекта переработки, что приводит к дополнительным энергозатратам. При проведении дефростации процент потерь сырья увеличивается, может быть испорчен его внешний вид и пищевая ценность.

Большое число операций в технологическом процессе требует наличия соответствующего оборудования, что приводит к увеличению потерь, а значит затрат энергии. В условиях постоянного подорожания энергоносителей решение задачи по сокращению их потерь представляется достаточно актуальным.

На основании результатов проведенных экспериментов предлагается заменить две технологические операции — дефростацию и последующее измельчение — экструзией.

Экструзия — технологический процесс выдавливания жгутов перерабатываемой массы через формующие отверстия матрицы.

На данный момент проведена первая часть экспериментального исследования экструзии мороженого сырья на примере мойвы из пяти серий. Мойва является широко распространенным, хорошо продаваемым и перерабатываемым сырьем. Для рыбоперерабатывающих предприятий г. Мурманска и Мурманской области на сегодняшний день переработка мойвы в больших количествах является одной из важных задач. Кроме этого, использование именно мойвы в экспериментах связано с ее морфометрическими характеристиками (длиной и толщиной). Малая толщина тушек рыбы удобна для формирования жгута. Поскольку при подготовке сырья тушки мойвы расположены параллельно оси, то в любом поперечном сечении замороженного образца прочностные свойства одинаковы. Это имеет большое значение при выводе математических зависимостей, характеризующих процесс экструзии.

Предварительная подготовка сырья для испытаний заключалась в замораживании образцов рыбы в морозильнике при температуре минус 20 °С в трубке малого диаметра.

Для определения силовых и энергетических показателей процесса экструзии мороженой мойвы использована доработанная плунжерная пара диаметром гильзы 14 мм и ходом штока 110 мм.

Продавливание проводилось на прессе гидравлическом с усилием до 50 тс. Экспериментальные образцы рыбы замораживались в трубке с внутренним диаметром 14 мм. Охлаждение плунжерной пары на данном этапе организовать не удалось. Так как длительность эксперимента составляла от 15 до 20 сек, заметного отепления образцов не наблюдалось. Фильеры для экструзии имели диаметры — 1; 1,5; 2,5 мм. Ход плунжера составил 100 мм.

Скорость плунжера составила порядка 0,01 м/сек. Расчетная скорость истечения из фильеры доходила до 2 м/сек. Измерение усилия продавливания проводилось по пяти размерам в пять серий. График зависимости усилий продавливания от диаметра фильеры для экспериментальной пары — на рис. 1.

По результатам экспериментов установлена формула связи давления экструзии и диаметра фильеры

$$P = \frac{81{,}5}{d^2} = \frac{50}{s}, \qquad (1)$$

где d — диаметр фильеры, мм; s — площадь фильеры в свету, мм^2; P — давление экструзии, МПа.

Эта формула дает завышенные от 5 до 8 процентов значения давления экструзии при малых площадях фильеры. Для корректировки формулы необходимы дополнительные исследования. Однако, для сравнительного анализа применимости экструзии в технологических процессах переработки сырья это завышение несущественно. Зависимость давления экструзии от диаметра фильеры представлена на рис. 2.

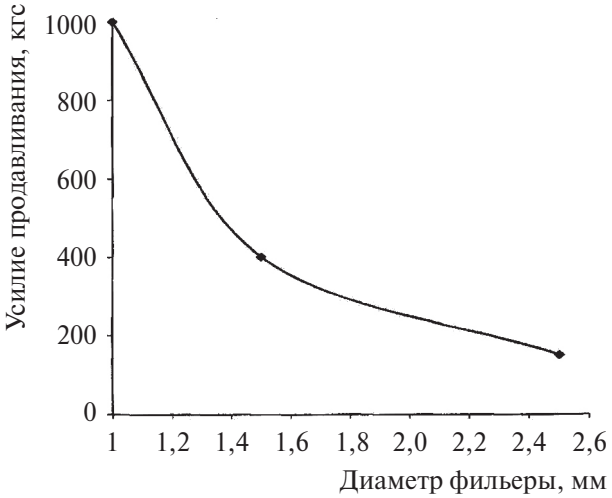


Рис. 1. Зависимость усилий продавливания от диаметра фильеры

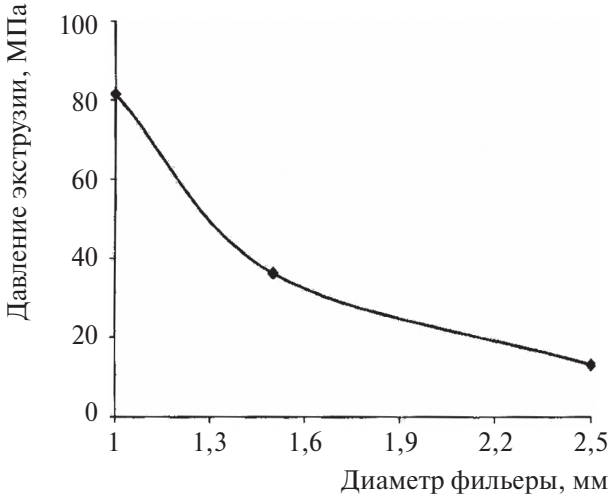


Рис. 2. Зависимость давления экструзии от диаметра фильеры

Список литературы

1. *Рогулев А. И., Голубева О. А.* Способ измельчения биологических продуктов. Патент Российской Федерации RU 2031583 C1 от 27.03.95 бюл. № 9.

УДК 664.8.037

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ В КОНТРОЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

И. Майер, И. А. Салатина, А. П. Цой

Фирма Plattenhardt+Wirth, Германия
АО «Алматинский технологический университет», Казахстан
E-mail: teniz@bk.ru

В настоящее время на рынке Казахстана местные производители и поставщики фруктов и овощей не обеспечивают потребности рынка, несмотря на то, что в южном регионе Республики имеются все благоприятные условия для выращивания знаменитых сортов фруктов (Алма-Атинский апорт) и овощей. Поэтому развитие технологии производства и сохранения фруктов и овощей очень актуально.

При созревании плодов после уборки и помещения их в хранилище или в холодильник, самыми важными процессами являются дыхание и транспирация.

Плоды, только что убранные с деревьев, содержат приближенно 90 % воды. При сухости окружающего воздуха вследствие разницы давлений, ткань фрукта постоянно отдает влажность (транспирация). Транспирация, или испарение воды из плодов очень важный процесс в их жизни. После уборки плодов испарение воды определяет потерю массы. В процессе транспирации они могут терять от нескольких до 20 % массы. При незначительных потерях плоды сохраняют качественный вид, а при значительных, фрукты становятся мягкими и имеют морщинистый вид. Потери веса больше 5 % вызывают у большинства сортов яблок заметное сморщивание и тем самым существенную потерю качества. Чтобы добиться минимальных потерь от транспирации, необходимо держать разницы давлений на максимально низком уровне.

При хранении могут быть два вида потерь: неизбежные потери количества товара вследствие дыхания фруктов (респирация) и потери влажности (транспирация). По сравнению с потерями от респирации, потеря за счет транспирации значительно выше. Однако между этими потерями есть качественная разница. При транспирации фрукт теряет только воду, при дыхании исчезают также ценные вещества. В процессе дыхания происходит выделение энергии за счет разложения сахаров и органических кислот. При дыхании потери массы составляют около 1 %, и при интенсивном прохождении процесса дыхания плоды за короткое время созревают и гибнут.

Фрукты дышат, вбирая из воздуха кислород и выдыхая углекислый газ, в мякоти плода происходит преобразование крахмала в сахар. В помещении, куда не поступает свежий воздух, кислорода становится все меньше и меньше, таким образом, со временем замедляется и процесс дозревания плодов. Плоды, которые помещены в замкнутой среде, благодаря нормальному дыхательному обмену могут изменять парциальное давление углекислого газа и кислорода в атмосфере. При хранении плодов количество кислорода в атмосфере уменьшается и соответственно снижается парциальное давление. Концентрация углекислого газа при этом повышается. Но сильное увеличение CO_2 плохо отражается на некоторых видах сортов. Чтобы сохранить свежесть и сочность плодов в течение всего года, их необходимо поместить в специальное хранилище, где искусственно созданы нужные атмосферные условия: определенная температура, влажность и соотношение в воздухе кислорода и углекислого газа, такой режим называют контролируемой атмосферой.

Задачей оптимального хранения является, ограничить скорость и размер процессов разложения, с целью сохранения качества и количества товара с минимальными потерями.

Это достигается путем:

— поддержания оптимальной температуры хранения.
— высокой относительной влажности воздуха.
— изменением состава воздуха в холодильнике.

Достижение оптимального режима хранения характерно для каждого отдельного сорта яблока, груши и т. д.

Рекомендуемая температура, при которой хранятся яблоки, в зависимости от сорта от 1 °С до 4 °С. При хранении играет существенную роль не только сама температура, но и скорость, с которой достигается необходимая температура, в зависимости от сорта яблок. Любая слишком поздняя закладка на хранение или промежуточное хранение при более высоких температурах сокращает сохранность товара.

Контролируемое газовое хранение — это хранение при определенной концентрации CO_2 и кислорода в заданной температуре. Причем газовый режим подбирают таким образом, чтобы сохранить реальный дыхательный газообмен и правильное соотношение между состоянием плодов и средой.

Контролируемая газовая среда позволяет хранить фрукты длительное время. Длительное хранение, позволяет сохранять плоды до 12 месяцев, без потери аппетитности внешнего вида, а также витаминов и полезных веществ и дольше может сохраняться окраска зеленого цвета. Данный вид хранения поворачивает естественный процесс жизни плодов.

Предлагаемая технология хранения при ультранизком содержании кислорода (ULO) в контролируемой газовой среде осуществляется с помощью оборудования фирмы Plattenhardt + Wirth GmbH, необходимые условия хранения достигаются от нескольких часов до нескольких дней, в зависимости от требуемой технологии.

В предлагаемой технологии содержание кислорода снижается до 1–2 %, концентрация CO_2 находится в пределах от 2 до 4 % . Это позволяет достичь более длительное сохранение фруктов в хранилищах.

Хранения в условиях ULO в контролируемой газовой среде оказывают в первую очередь положительное воздействие на сохранность плотности мякоти фрукта, замедлении разложения хлорофилла и сохранение кислотности.

Особенно эффективно это при концентрации CO_2 3–4 % и концентрации O_2 между 1 и 2 % до уровня близкого к нижнему уровню допустимому для фруктов (пороговый уровень, Anaerobic Compensation Point = ACP). Такое содержание кислорода лишь незначительно превышают критические показатели, необходимые для поддержания жизни яблока, и могут быть достигнуты лишь с надежно работающей автоматической системой управления и регулирования газовой среды.

Использование предлагаемой технологии хранения возможно, исключительно, при газонепроницаемом исполнении камеры.

Холодильники могут правильно функционировать только при условии газонепроницаемого исполнения изоляции и применения высококачественных удовлетворяющих требованиям дверей. Самым важным при этом является полная герметичность помещения и монтаж современной техники, которая помогает создать необходимую для поддержания свежести атмосферу и поддерживать ее в течение длительного времени. Двери фирмы, изготовляются с высокой точностью, показывают себя в течение многих лет как лучшие, в области современных холодильников с регулируемой газовой средой. Системы дверей изготавливаются в соответствии с требованиями строительства. Обязательный элемент — уплотнение между секциями и между рамой, так что обеспечивается полная газонепроницаемость.

Фирма Plattenhardt + Wirth GmbH применяет различные схемные решения и электронные системы управления холодильных установок и контроля газовой среды.

По технологии фирмы Plattenhardt + Wirth GmbH сделан проект для Казахстана и произведен монтаж и наладка холодильника в предгорьях Алматы. В холодильнике планируется проводить длительное хранение местных сортов яблок, груш, винограда и т. д.

С целью дальнейшего совершенствования технологии хранения в контролируемой газовой среде, будут проводиться исследования влияния длительного хранения на местные сорта фруктов.

УДК 641.78:664

УЧЕТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ РАСЧЕТАХ ФРИЗЕРА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЯГКОГО МОРОЖЕНОГО

В. А. Потапов, Д. П. Семенюк

Харьковский государственный университет питания и торговли

При традиционном расчете фризера мощность двигателя необходимую для привода мешалки определяют задаваясь рекомендуемыми коэффициентом производительности или на основании экспериментальных данных. В первом случае мощность электродвигателя получают, как правило, завышенной, что снижает энергоэффективность фризера. Во втором случае требуются наличие экспериментального стенда и опытного образца фризера, что удорожает процесс разработки нового оборудования. Кроме того, при тепловом расчете фризере необходимо знание величины теплопритока от работающей мешалки, который также учитывают весьма приблизительно.

Поэтому целью данной работы является разработка аналитического метода расчета мощности привода мешалки фризера с учетом реологических свойств мягкого мороженого.

Будем рассматривать смесь для приготовления мягкого мороженого как реологическую жидкость и считать все физические свойства постоянными при средней температуре равной температуре продукта на входе и выходе из фризера.

На каждую лопатку фризера в процессе перемешивания действуют две силы — сила гидродинамического сопротивления и сила трения, поэтому мощность необходимая для перемещения лопасти равняется

$$N = z \int \omega(\mathrm{d}\, M_c + \mathrm{d}\, M_{\text{тр}}), \tag{1}$$

где N — мощность на валу фризера, Вт; z — число лопаток на валу; $\omega = 2\pi n$ — угловая скорость, n — частота вращения вала, 1/с; $\mathrm{d}\, M_c$ — момент силы сопротивления, действующий на бесконечно малый элемент лопатки, Н·м; $\mathrm{d}\, M_{\text{тр}}$ — момент силы трения, действующий на бесконечно малый элемент лопатки, Н·м.

Момент силы гидродинамического сопротивления равен

$$\mathrm{d}\, M_c = \frac{\rho(\omega x)^2}{2} x h \mathrm{d}\, x, \tag{2}$$

где dx — бесконечно малый элемент по длине лопатки, м; x — расстояние от оси вала до элемента лопатки $\mathrm{d}\, x$; ρ — плотность продукта, кг/м^3; h — ширина лопатки, м;

Смеси мороженого, как известно, принадлежат к неньютоновским псевдопластичным жидкостям [1–3], поэтому момент силы трения при перемешивании может быть рассчитан на основе известного уравнения Гершеля

$$\mathrm{d}\, M_{\text{тр}} = [\sigma_0 + \eta(\omega)\omega]\, x h \mathrm{d}\, x, \tag{3}$$

где σ_0 — предельное напряжением сдвига, Па; $\eta(\omega)$ — эффективная вязкость, при данной скорости сдвига, Па·с; ω — угловая частота вращения вала (скорость сдвига), 1/с.

С учетом этого выражение для расчета мощности привода вала фризера (1) приобретает вид

$$N = z \int_0^R \omega \left[\frac{\rho(\omega x)^2}{2} + \sigma_0 + \eta(\omega)\omega \right] h x \mathrm{d}\, x, \tag{4}$$

где R — радиус рабочего цилиндра фризера, м.

Интегрируя последнее выражение, получаем мощность на вращение вала в традиционном фризере

$$N_1 = z\omega h R^2 \left(\frac{1}{8}\rho\omega^2 R^2 + \frac{1}{2}\sigma(\omega) \right), \tag{5}$$

где $\sigma(\omega) = \sigma_0 + \eta(\omega)\omega$ — напряжение сдвига при данной частоте вращения вала, Па.

Для фризера с непрерывным удалением намороженного слоя [4, 5] необходимо учесть дополнительную мощность на срезание этого слоя, а также мощность, расходуемую на трение скребка лопатки о поверхность рабочего цилиндра. Мощность, необходимая на срезание намерзающего слоя численно равна работе по разрушению твердого тела объемом ΔV с пределом прочности $\sigma_{\text{срез}}$, которая совершается в единицу времени

$$N_2^{\text{срез}} = z\sigma_{\text{срез}}\frac{\Delta V}{\Delta\tau} = zRh\delta\sigma_{\text{срез}}\omega. \tag{6}$$

где $\sigma_{\text{срез}}$ — предел прочности намерзшего слоя, Па; $\Delta V = 2\pi Rh\delta$ — объем намерзшего слоя, м^3; $\Delta\tau = 2\pi/\omega$ — период вращения срезающей лопатки, с; δ — толщина намерзшего слоя, м.

Мощность, расходуемая на трение скребка лопатки о поверхность рабочего цилиндра зависит от силы упругости $F_{\text{у}}$ прижимающей пружины, которая должна быть не меньше предела прочности намерзающего слоя $F_{\text{у}} \geqslant \sigma_{\text{срез}}S_{\text{срез}}$ ($S_{\text{срез}}$ — площадь контакта) и может быть рассчитана следующим образом

$$N_2^{\text{тр}} = z\mu\sigma_{\text{срез}}hb\omega R. \tag{7}$$

где μ — коэффициент трения скребок-рабочий цилиндр; b — толщина скребка лопатки, м.

Таким образом, полная мощность на привод вала фризера с учетом усилий на срезание намерзающего слоя равна

$$N_2 = N_1 + z\omega Rh\sigma_{\text{срез}}(\delta + \mu b). \tag{8}$$

В последнюю формулу кроме реологических характеристик замораживаемой смеси и геометрических размеры рабочей камеры фризера входит неизвестная величина толщины намерзаемого слоя. Определим ее из уравнения теплового баланса.

Количество теплоты, выделяемое в элементарном объеме смеси при его кристаллизации, передается через уже замороженный слой продукта к стенке рабочего цилиндра фризера

$$\Delta i_{\text{кр}}\rho\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}\tau} = -\lambda\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}r}, \tag{9}$$

где $\mathrm{d}V = 2\pi Rh\mathrm{d}r$ — элементарный объем намерзаемого слоя, м^3; r — радиальная координата положения слоя намораживания ($0 \leqslant r \geqslant R$), м; $\Delta i_{\text{кр}} = i_{\text{кр}} - i_2$ — удельная теплота, выделяемая при замерзании продукта, Дж/кг; i_2, $i_{кр}$ — значения удельной энтальпии продукта при криоскопической и конечной температурах продукта, Дж/кг; λ — коэффициент теплопроводности намороженного слоя; Вт/м·К; τ — текущее время, с; $\mathrm{d}T/\mathrm{d}r$ — градиент температуры в намораживаемом слое, К/м.

Для градиента температуры в намораживаемом слое можно приблизительно написать следующее уравнение

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}r} \approx \frac{T_{\text{кр}} - \mathrm{T}_2}{R - r}, \tag{10}$$

где $\mathrm{T}_{\text{кр}}$, T_2 — криоскопическая и конечная температура продукта соответственно, К.

Из уравнений (9), (10) с начальным условием $r|_{\tau=0} = R$ получаем кинетику изменения координаты намерзающего слоя

$$r = R - \sqrt{\frac{\lambda(T_{\text{кр}} - \mathrm{T}_2)}{\pi Rh\Delta i_{\text{кр}}\rho}\tau}. \tag{11}$$

Поскольку продолжительность замораживания равна периоду вращения лопатки, то толщина намороженного слоя равняется

$$\delta = R - r\left(\frac{2\pi}{\omega}\right) = \sqrt{\frac{C}{\omega}}, \tag{12}$$

где

$$C = \frac{2\lambda(T_{\text{кр}} - \mathrm{T}_2)}{Rh\Delta i_{\text{кр}}\rho}.$$

В тепловом расчете фризера необходимо рассчитать теплоприток в рабочую камеру фризера от работающей мешалки. Теплоприток от работы мешалки Q_4 определяется потерями на трение, которые складываются из потерь на перемешивание реологической жидкости и, в случае фризера с срезающими лопатками, потерями на трение скребка о внутреннюю стенку рабочего цилиндра:

$$Q_4 = N_1^{\text{тр}} + N_2^{\text{тр}} \tag{13}$$

Выводы

Таким образом, получены аналитические выражения, позволяющие рассчитывать мощность привода мешалки фризера, а также дополнительные теплопритоки от ее работы. Полученные уравнения позволяют рассчитывать рациональную установленную мощность фризера, для чего в первую очередь необходимы данные о реологических свойствах мягкого мороженного при низких температурах.

Список литературы

1. *Оленев Ю. А.* Мороженое. — М.: Пищевая промышленность, 1992. — 260 с.

2. *Оленев Ю. А.* Разработки лаборатории технологии и оборудования для производства мороженого // Молочная промышленность. — 1992. — № 2. — С. 39–43.

3. *Семенюк Д. П., Сафонов В. В.* Удосконалення апаратів для заморожування в динаміці харчових сумішей з підвищенним вмістом молочного білка / Придніпровський науковий вісник. Сер., Машинобудування. — 1997. — № 53 (64). — С. 14.

4. Физико-технические основы холодильной обработки пищевых продуктов / Г. Д. Авериш, Н. К. Журавская, Э. И. Каухчешвили и др. — М. Агропромиздат, 1985. — 255 с.

5. *Зеликовський И. Х., Каплан Л. Г.* Малые холодильные машины и установки: Справочник. — М.: Агропромиздат, 1989. — 672 с.

УДК 664.002(075); 637.517.7

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТА

А. П. Цой

АО «Алматинский Технологический Университет», Казахстан

На пищевых предприятиях многие процессы проходят при низких температурах, которые нельзя получить естественным охлаждением, используя «холод» окружающей среды. Для этого вырабатывают искусственный холод. Искусственный холод применяется в различных технологических процессах при производстве пищевых продуктов на молочных заводах, мясокомбинатах, в торговле, в общественном питание, в логистике и на многих других производствах. Также искусственный холод применяется при кондиционировании воздуха в технологических процессах, производственных, офисных и жилых помещениях.

Эта работа является началом исследования процессов в холодильной машине и их влияния на технологию холодильной обработки и в конечном итоге влияния на основную цель — пищевой продукт.

В пищевой промышленности в большинстве случаев применяются парокомпрессионные холодильные машины.

Основными элементами холодильной машины, где происходят процессы, является: компрессор, конденсатор, дросселирующий вентиль и испаритель.

Все процессы в холодильной машине взаимосвязаны и изменение одного из них ведет соответственно к изменению другого и в конечном итоге это вносит какие-то изменения в режим холодильной обработки продукта. В большинстве случаев режим работы холодильной машины в пищевой промышленности происходит при

$$Q_0 = \text{var}, \qquad t_0 = \text{const},$$

где Q_0 — холодопроизводительность; t_0 — температура кипения в испарителе.

Применяемые в настоящее время способы изменения производительности — это регулирование частоты вращения ротора компрессора, ступенчатое регулирование при использовании холодильных централей. Все это направленно на поддержание рекомендуемой разницы температур между температурой кипения хладагента и воздухом в камере, в конечном итоге между воздухом в камере и продуктом. Воздух является промежуточным «хладоносителем» — испаритель охлаждает воздух, а он в свою очередь охлаждает продукт. В этом случае при охлаждении воздуха происходит уменьшение его влагосодержания, влага из воздуха кристаллизуется в виде инея на трубах испарителя.

Все холодильные машины ориентированы на охлаждение воздуха, а не продукта. Чтобы интенсифицировать процесс холодильной обработки продукта необходимо увеличить коэффициент теплоотдачи воздуха. Это можно осуществить в первую очередь увеличением влажности воздуха до максимума. В этом случае обеспечивается ускоренный теплообмен, в максимальной степени сохраняется исходное качество продукта (неупакованного) и уменьшается до минимума его усушка.

В холодильных камерах устанавливаются воздухоохладители или батареи (непосредственного или рассольного охлаждения). Воздух в камере охлаждается, проходя через оребренные трубы батарей или воздухоохладителей. Отличие между ними заключается в скорости прохождения воздуха, в связи с чем рекомендуемая разность температур между воздухом и хладагентом у воздухоохладителей и батарей различна.

При увеличении теплопритоков (загрузка камеры и т. п.) соответственно повышается температура в камере. Это требует увеличение холодопроизводительности холодильной машины для поддержания режима $t_0 = \text{const}$, при которой температура в камере постепенно дойдет до нормативного уровня. В этом случае определенное время температура в камере будет находиться выше нормативной. Для уменьшения времени нахождения продукта в температурном режиме выше нормативной необходимо увеличивать холодопроизводительность машины. Это можно осуществить двумя путями:

1. Понизить температуру кипения хладагента t_0.

2. Увеличить тепловой поток воздухоохладителей (батарей).

Так как холодильная машина работает на режиме $t_0 = \text{const}$, то необходимо увеличивать тепловой поток воздухоохладителей (батарей).

Для более глубокого анализа влияния процессов холодильной машины на холодильную обработку продуктов проводятся опытные исследования на производственном холодильнике хранения мяса. Мясо

охлаждается и хранится на подвесных путях в полутушах. Для подачи холода установлена холодильная централь, работающая на хладоне R22.

Холодильная централь состоит из трех компрессоров: тип 50X–GL — 61,9 фирма «GELPHA2», двух конденсаторов с воздушным охлаждением: тип MDE–122 ALLMF фирма «SEARL», трех воздухоохладителей: тип DSR–100 — 4 LAL фирма «SEARL». Температура в камерах поддерживается в пределах 1–3 °C.

Для регулирования производительности холодильной машины используются контроллеры. Режим регулирования циклический (первый включается — первый выключается). Реле включаются таким образом, что все реле работают одинаковое время. Контроллер сканирует таймеры каждого реле и включает реле с наименьшим временем работы. Производительность установки регулируется с использованием сигналов от датчика давления (датчика температуры) и уставки давления (температуры 2 °C). По обе стороны от величины уставки находится нейтральная зона (2 °C), внутри которой производительность не регулируется. Процесс регулирования происходит с заранее заданной задержкой по времени. Однако если давление (температура) находится в нейтральной зоне, контроллер не будет изменять производительность.

Если регулирование происходит, за пределами нейтральной зоны изменение производительности будет осуществляться тем быстрее, чем больше отклонение от нейтральной зоны.

Для более точного регулирования процессов применяют контроллер испарителя, оснащенный импульсным расширительным клапаном. Контроллер имеет релейные выходы для управления: компрессором, вентилятором, оттайкой. Подача жидкости регулируется на основе сигналов от датчика давления, температурного датчика хладагента и датчиков температуры воздуха. Эти датчики выдают сигналы для постоянного поддержания минимального перегрева вне зависимости от рабочих условий.

Расширительный клапан работает как соленоидный. Клапан открывается и закрывается на основе сигнала от контроллера.

Температура регулируется на основе сигналов от одного или двух температурных датчиков. Если применяется только один датчик, он, по выбору, может быть установлен в воздухе до или после испарителя. Если используются два датчика, один должен быть установлен до, а другой после испарителя. Далее при помощи настройки определяется, насколько велико будет влияние каждого датчика на регулирование. Фактическое регулирование температуры может происходить двумя способами: как обычное ON/OFF регулирование с соответствующим дифференциалом, или как плавное регулирование, когда изменение температуры будет не таким большим, как при ON/OFF регулировании. Однако есть ограничение в их использовании, поскольку плавное регулирование может осуществляться только в системе с центральным холодоснабжением. В децентрализованной установке должна быть выбрана функция термостата с регулированием ON/OFF. В централизованной установке функция термостата может быть выбрана как для ON/OFF регулирования, так и для плавного регулирования.

При повышенных требованиях к охлаждению неупакованных пищевых продуктов, используются регулятор и работающий в паре с ним соленоидный вентиль. В данной системе регулирования используется соленоидный вентиль, размер которого определяется производительностью установки. При прекращении охлаждения или отключении подачи электроэнергии вентиль будет полностью открыт. Соленоидный вентиль, установленный в жидкостной линии, в режиме, когда регулятор прекращает охлаждение, должен быть закрыт. Датчик температуры должен располагаться в потоке холодного воздуха за испарителем. В результате этого снижаются потери продукта, так как влажность воздуха поддерживается на максимально возможном уровне. После окончания переходных процессов температура воздуха в камере поддерживается с точностью $\pm 0{,}25$ °C или выше.

Температура в переходных процессах контролируется с помощью специальных функций, поэтому температурные отклонения сведены к минимуму.

С помощью этой системы, в которой регулятор и вентиль оптимально управляют холодильной установкой, охлаждаемые продукты будут храниться при заданной температуре с отклонением от номинального значения, меньшим, чем $\pm 0{,}5$ °C.

Поскольку температура испарителя поддерживается постоянной, независимо от тепловой нагрузки, и настроена на возможно большее значение с небольшими температурными отклонениями, относительная влажность воздуха в камере всегда будет иметь максимальную величину. Дегидратация (усушка) продуктов в этом случае будет сведена к минимуму.

С помощью встроенного в прибор пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) закона регулирования регулятор может выбрать такую температурную функцию, которая была бы оптимальной для данной холодильной машины и осуществляла:

- наиболее быстрое достижение заданного режима,
- охлаждение с наименьшей амплитудой колебания температуры,
- охлаждение с отсутствием колебания температуры.

Чтобы процесс регулирования осуществлялся наиболее точно, этот датчик должен находиться в потоке воздуха на выходе из испарителя. С помощью данного сигнала регулятор поддерживает заданную

температуру воздуха в камере. Между регулятором и приводом встроен так называемый внутренний контур управления, который регулирует температуру (и связанное с ней давление) в полости давления привода. Таким путем получается очень устойчивая система управления.

Если между заданной и регистрируемой температурами будет обнаружено отклонение, регулятор немедленно пошлет один или несколько импульсов в адрес привода, который должен нейтрализовать это отклонение. Температура и, следовательно, давление в полости привода будут зависеть от числа импульсов. Давление в полости привода и давление кипения p0 прямо пропорциональны друг другу. Изменение давления в полости ведет к изменению степени открытия вентиля. Давление в испарителе поддерживается постоянным независимо от изменения давления на выходе из вентиля перед компрессором.

Вышеупомянутый внутренний контур управления ограничивает давление хладагента ниже заданного уровня. Тем самым система охлаждения получает дополнительную защиту от слишком низкой температуры воздуха (защита от намерзания инея). Это дает возможность объединять высокотемпературные системы с блоком низкотемпературных компрессоров, при этом обеспечивается защита от намерзания инея на поверхности испарителя.

Однако такой способ точного регулирования основан на принципе дросселирования пара на всасывании и на нагнетании, как известно данные способы регулирования являются энергетически неэффективными. Поэтому оптимальный способ изменения процессов в холодильной машине необходимо выбирать с учетом технической возможности, энергетической и технологической эффективности.

В настоящее время ведется работа по данному направлению с целью определения оптимальных процессов в холодильной машине и совершенствования технологии холодильной обработки.

УДК 664.8.047:634.864;621.3.029.63

ПРОИЗВОДСТВО СУШЕНОГО ВИНОГРАДА БЕССЕМЯННЫХ СОРТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОКОВ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

А. С. Лупашко, Г. К. Дикусар, Н. Н. Нетреба

Технический университет Молдовы, г. Кишинев
E-mail: natnicnet@rambler.ru

Сушеный виноград пользуется большим спросом у населения благодаря своим высоким вкусовым и пищевым качествам.

Обеспечение конкурентоспособности сушеного винограда на мировом рынке возможно за счет совершенствования технологии и способа сушки.

Рациональными могут быть признаны такие способы и режимы процесса сушки, которые наряду с хорошим экономическим эффектом обеспечивают также высокое качество готового продукта.

Большое влияние на сохранение исходных питательных веществ в винограде, в процессе сушки и хранения, оказывает способ предварительной обработки сырья перед сушкой. Одним из перспективных методов предварительной обработки, по нашему мнению, является метод использования микроволнового поля сверхвысокой частоты (СВЧ).

Применение полей сверхвысоких частот предоставляет возможность в несколько раз интенсифицировать процесс сушки сельскохозяйственной продукции [1, 2].

В результате проведенных нами исследований, было определено, что применение токов СВЧ в несколько раз интенсифицирует процесс сушки винограда бессемянных сортов, а так же исключает целый ряд технологических операций связанных с применение химических методов обработки винограда перед сушкой, что создает предпосылки для получения экологически чистого продукта [3].

В связи с расширением производства сушеных фруктов, повышением требований к их качеству и совершенствованием технологий производства, возникает необходимость в разработке новых способов сушки, обеспечивающих повышение качества и пищевой ценности плодов, снижение энергоемкости процесса, интенсификикацию процесса сушки.

Определенные перспективы, по нашему мнению, для интенсификации процесса сушки фруктов открывает метод сушки токами сверхвысокой частоты (СВЧ). Применение полей СВЧ имеет целый ряд преимуществ: возможность высокой концентрации энергии в единице объема, способность СВЧ энергии проникать на значительную глубину продукта, отсутствие контакта с обрабатываемым продуктом, большой КПД.

Таким образом, СВЧ нагрев в комбинации с другими методами термической обработки пищевых продуктов является перспективным для пищевой промышленности.

Тот факт, что конвективный метод хорошо применим в диапазоне высоких влажностей (предварительная сушка), а микроволновый метод, наоборот, целесообразнее использовать в диапазоне низких влажностей (досушивание) делает целесообразным комбинацию этих методов.

В настоящее время сушка винограда осуществляется конвективным методом в конвейерных или туннельных сушилках. Однако, как показывают исследования, этот метод имеет ряд существенных недостатков: большая длительность сушки, неравномерность прогрева продукта по толщине слоя, низкая производительность, возникновение микрофлоры, что в итоге сказывается на качестве готового продукта.

Одним из методов, устраняющим эти недостатки, как показали наши исследования, является сушка винограда бессемянных сортов комбинированным способом — конвекция и микроволны в дискретно-импульсном режиме.

В ходе проведенных нами исследований был получен ряд результатов, который позволил спроектировать сушильную установку с комбинированным способом сушки [4]. Сушильная установка непрерывного действия представляет собой трехуровневую ленточную сушилку, особенностью которой является разделение ее на уровни в соответствии с периодами сушки (рис. 1).

Особенностью данной установки является разделение ее на уровни в соответствии с периодами сушки. В первом уровне имеет место конвективная обработка продукта. На втором и третьем уровне происходит комбинированная обработка винограда (конвекция плюс СВЧ излучение), где имеет место второй период сушки. Данное разделение позволяет интенсифицировать процесс обезвоживания в необходимом промежутке времени.

Во избежание теплопотерь и высвобождения СВЧ излучения в атмосферу установка предусматривает герметизацию и снабжена изоляционным слоем, внутренняя поверхность камеры выполнена из отражающего СВЧ излучения материала.

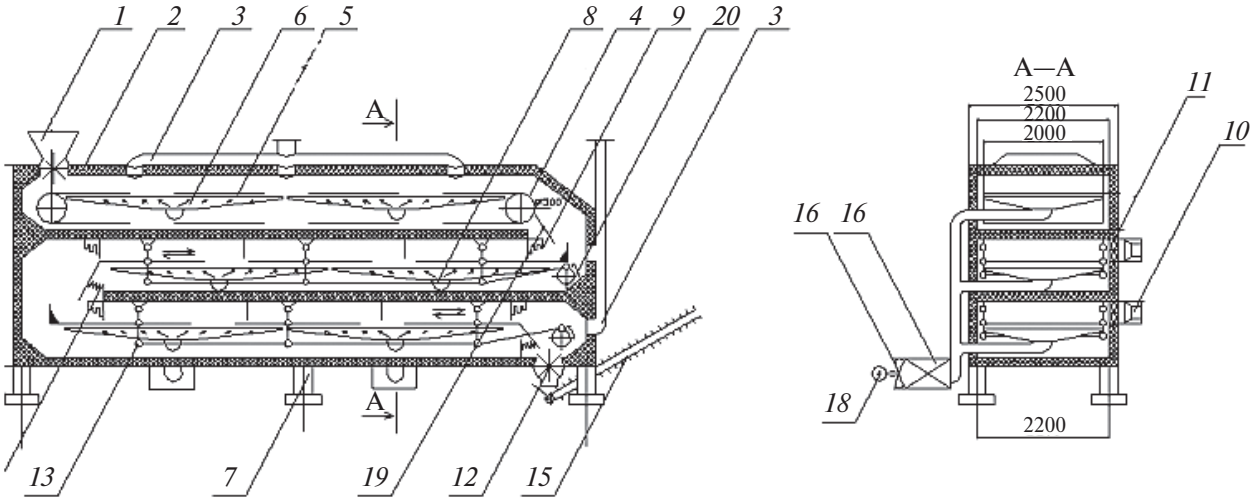


Рис. 1. Установка для сушки винограда бессемянных сортов комбинированным способом:
1 — роторный питатель; *2* — изоляционный слой; *3* — система каналов; *4* — зубчатое колесо; *5* — лента; *6* — короб; *7* — опорная стойка; *8* — трубопровод; *9* — ловушки для волн; *10* — магнетроны; *11* — перемешиватель фаз; *12* — роторный разгрузитель; *13* — кулиснокривошипный механизм; *15* — скребковый транспортер; *16* — электрический калорифер; *17* — осевой вентилятор; *19, 21* — спуски; *20* — перфорированное полотно

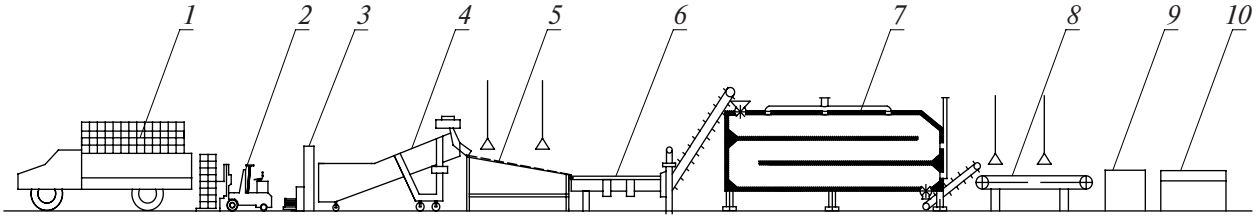


Рис. 2. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного действия производства сушеного винограда комбинированным способом с использованием токов СВЧ:
1 — автомашина с сырьем; *2* — электропогрузчик; *3* — ящикоопрокидыватель; *4* — моечная машина; *5* — вибрационное сито; *6* — инспекционный транспортер; *7* — ленточная сушилка; *8* — транспортер; *9* — весы; *10* — стол для расфасовки

Источником нагретого воздуха является электрический калорифер. Осевой вентилятор нагнетает воздух в калорифер, где он нагревается, после чего попадает в трубопровод. Как было сказано выше, время первого периода сушки совпадает с общим временем пребывания высушиваемого винограда на первой ленте, по его окончании продукт попадает во второй уровень, где начинается второй период сушки. Это более длительный процесс, в котором происходит удаление из высушиваемого материала связанной влаги.

Время первого периода сушки совпадает с общим временем пребывания высушиваемого винограда на первой ленте, по его окончании продукт попадает во второй уровень, где начинается второй период сушки. Здесь, помимо конвективной обработки применяется обработка сверхвысокочастотными электромагнитными волнами, источниками которых являются магнетроны. По результатам, полученным в ходе исследований, был подобран оптимальный импульсный режим работы магнетрона, при котором излучатель микроволн после 3 секунд работы 55 секунд находится в режиме ожидания.

Была предложена новая технология сушки винограда. Она предусматривает интенсификацию процесса сушки во-первых, за счет увеличения температуры сушильного агента до 100 °С, во-вторых, в период падающей скорости сушки (во II периоде сушки) за счет подвода токов СВЧ в дискретно-импульсном режиме. Таким образом, при введении данной технологии значительно сокращается процесс сушки винограда бессемянных сортов.

Технологический процесс сушки комбинированным способов с применением токов СВЧ осуществляется следующим образом: по аппаратурно-технологической схеме производства сушеного винограда (рис. 2) ящики с сырьем из автомашины с помощью электропогрузчика загружают в ящикоопрокидыватель, затем сырье поступает в моечную машину. Для мойки ягод предусмотрена подача воздуха

в моечную ванну. Второе вибрационное сито предусмотрено для интенсификации процесса осыпания виноградных ягод с лозы. Затем виноград поступает на доочистку ягод от гребней и отделение некондиционных ягод (поврежденных, гнилых) на инспекционный транспортер. После инспекции виноградные ягоды поступает непосредственно на ленту сушильной установки.

После, высушенный виноград поступает на транспортер, где обдувается холодным воздухом. Далее продукт взвешивают и упаковывают в тару.

Предлагаемая технология обладает следующими преимуществами: сокращение длительности процесса сушки винограда; сокращение производственных площадей; сокращение выбросов CO_2 в атмосферу; уменьшение применения тяжелого физического труда, механизация производства; получение более качественного продукта; снижение себестоимости сушеного винограда; получение экологически чистого и безопасного продукта питания.

Список литературы

1. *Лыков А. В.* Теория сушки. — М., 1968

2. *Першанов К. Л.* Конвективно-высокочастотная сушка древесины. — М., 1963.

3. *Лупашко А. С., Дикусар Г. К., Лупу О. Ф., Нетреба Н. Н., Казаку О.* О перспективах применения микроволновой энергии для сушки бессемянных сортов винограда в условиях Республики Молдова // Машиностроение и техносфера XXI века, Сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции. Т. 2. Донецк, 2006.

4. *Гинзбург А. С.* Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. — М.: Агропромиздат, 1985.

УСТРОЙСТВО ЭКСПРЕССНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

И. А. Габитов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала

Одним из недостатков существующих средств, используемых для хранения напитков (стеклянных, пластиковых и металлических тар) является отсутствие возможности быстрого охлаждения температуры последних до требуемого значения без дополнительных средств (холодильника, проточной воды, льда и т. п.). Особенно сильно данный недостаток проявляется в теплое время года, в странах с жарким климатом. Дополнительные трудности возникают в случае, когда средства снижения температуры напитков практически недоступны, например, при выезде за город и др.

В этой связи является целесообразным разработка конструкции тары для хранения напитков, в которой была бы предусмотрена возможность быстрого (до 7–8 мин.) снижения температуры ее содержимого в пределах 4–5 °С.

В настоящей статье предлагается к рассмотрению такая конструкция, в которой в качестве средства, позволяющего снизить температуру напитка, используется порошок соли с низкой криогидратной температурой растворения.

Конструкция емкости для хранения напитков приведена на рис. 1. Емкость включает в себя два тонкостенных стакана *1* и *2*, помещенных один в другой, причем верхние плоскости внутреннего *1*, стенки которого выполнены из металла, и внешнего *2*, стенки которого выполнены из материала с низкой теплопроводностью, стаканов находятся по высоте на одинаковом уровне. Внутренний стакан *1*, содержащий напиток *3*, имеет на верхней поверхности отделяемый участок *4*, а внешний стакан *2* заполнен водой *5*. Нижняя часть внешнего стакана *2* выполнена ступенчатой. Причем с боковой поверхностью каждой ступени посредством резьбового соединения *6* механически связаны дополнительные емкости *7*, имеющие форму кольца, заполненные солью *8* с низкой криогидратной температурой растворения (например, азотнокислым натрием), в основании своем имеющие шипы *9*. Причем механическая связь такова, что имеется возможность дополнительного перемещения по резьбовому соединению *6* каждой дополнительной емкости *7* в верхнем направлении с образованием герметичного соединения между дополнительной емкостью *7* и внешним стаканом *2*. Верхние поверхности раздела *10* каждой дополнительной емкости *7* и дна стакана *2* выполнены легко разрушающимися при механическом воздействии. При этом длина шипов *9* должна быть такой, чтобы при образовании указанного герметичного соединения они имели возможность разрушить поверхность раздела *10*.

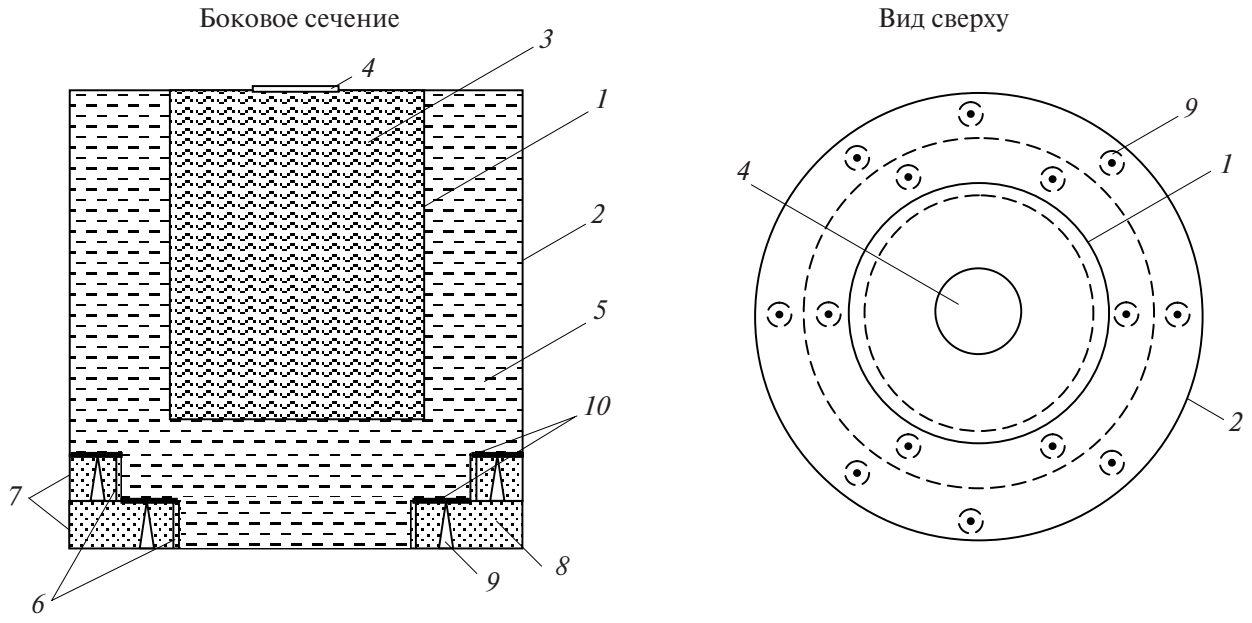
Охлаждение напитка в емкости осуществляется следующим образом.

Перед употреблением напитка *3*, находящего во внутреннем стакане *1* производится вращение первой сверху дополнительной емкости *7* по резьбовому соединению *6*. При этом осуществляется перемещение первой дополнительной емкости *7* в верхнем направлении и разрушение верхней поверхности раздела *10* первой дополнительной емкости *7* и дна внешнего стакана *2* шипами *9*. В результате разрушения верхней поверхности раздела *10* первой дополнительной емкости *7* и внешнего стакана *2* из последнего в первую дополнительную емкость *7* с солью *8*, имеющей низкую криогидратную температуру растворения, проникает вода *5*. В результате растворения соли *8* в воде *5*, сопровождающегося поглощением теплоты, образуется раствор, имеющий пониженную температуру, причем величина понижения температуры зависит от типа соли и ее количества. Соответственно происходит охлаждение напитка *3*, размещенного во внутреннем стакане *1* и находящегося в непосредственном тепловом контакте с образовавшимся раствором. Для интенсификации теплообмена может быть применено встряхивание емкости. При необходимости дополнительного охлаждения напитка *3* осуществляется вращение второй дополнительной емкости *7* по резьбовому соединению *6*. При этом осуществляется перемещение второй дополнительной емкости *7* в верхнем направлении и разрушение верхней поверхности раздела *10* второй дополнительной емкости *7* и дна внешнего стакана *2* шипами *9*. Дополнительное охлаждение напитка *3* осуществляется за счет понижения температуры раствора при растворении дополнительного количества соли *8* из второй дополнительной емкости *2*.

Аналогично производится дополнительное охлаждение напитка *3* при последовательном вскрытии остальных дополнительных емкостей *7* и растворении находящихся в них порций соли *8* в растворе, содержащемся во внешнем стакане *2*.

Скорость и глубина снижения температуры напитка в основном будут зависеть от типа соли, ее количества, количества воды, характера теплового контакта внутреннего и внешнего стакана, а также условий теплообмена с окружающей средой.

Подбор типа соли с низкой криогидратной температурой растворения зависит от ряда факторов, связанных со стоимостью вещества, значением температуры и теплоты растворения, химической активностью и безвредностью соли. Указанному перечню удовлетворяют такие материалы, как азотнокислый натрий, азотнокислый калий и др.



а б

Оценочный расчет продолжительности снижения температуры напитка до требуемого значения указанным методом может быть произведен при решении следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}\,T_{\text{н}}}{\mathrm{d}\,\tau} = \dfrac{\sigma_{\text{н}}(T_{\text{р}} - T_{\text{н}})}{C_{\text{н}}}; \\ \dfrac{\mathrm{d}\,T_{\text{р}}}{\mathrm{d}\,\tau} = \dfrac{\sigma_{\text{р}}(T_{\text{ср}} - T_{\text{р}})}{C_{\text{р}}}, \end{cases}$$

с граничными условиями:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{ср}} \qquad \text{и} \qquad T_{\text{р}} = T_{\text{раств}} \qquad \text{при} \qquad \tau = 0.$$

Расчеты показали, что при использовании в качестве рабочей соли азотнокислого натрия время, необходимое для снижения температуры напитка до температуры, находящейся в пределах 12–15 °С, не превышает 7 мин. Данное обстоятельство позволяет считать указанный метод экспрессного охлаждения напитков в таре перед употреблением приемлемым на практике.

Список литературы

1. Патент РФ на изобретение № 2053171. Металлическая тара / Рыбьяков О. А., Аринушкина Н. В.

2. Патент РФ на изобретение № 2331561. Одноразовая емкость для хранения напитков с возможностью экспрессного охлаждения / Исмаилов Т. А., Евдулов О. В., Аминов Г. И., Юсуфов Ш. А, Габитов И. А.

УДК 621.565:621.59, 661.939

МНОГОЦЕЛЕВАЯ НАСАДОЧНАЯ КОЛОННА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

В. Л. Бондаренко[*], **Т. В. Дьяченко**[**], **О. В. Дьяченко**[**]

[*]ООО «Айсблик», г. Одесса
[**]Одесская государственная академия холода

Обогащение концентратов редких и технических газов, последующая очистка продукта до уровня товарного качества сопровождаются разделением разнообразных смесей. При этом для каждой задачи характерен свой набор компонентов и уровней концентраций. Для получения инертных газов и галокарбонов высокой чистоты используют, как правило, адсорбцию и ректификацию в широком интервале температур.

Многообразие свойств целевых продуктов и побочных веществ затрудняет лабораторные исследования процесса ректификации в едином аппарате. Основные сложности связаны с энергетическим обеспечением многоцелевых колонн. Это вызвано различиями предлагаемых в диапазоне $T = 80...300$ K холодильных систем и веществ. Таким образом, для оптимизации установок, используемых при очистке SF_6, RC318, CF_4, Kr, Xe, Ar, Ne, потребовалось бы создание нескольких колонн и специфичных средств охлаждения к ним. Но даже такой шаг во многих случаях не позволил бы обеспечить отделение от целевых продуктов ряда примесей с повышенной температурой тройной точки, что характерно для большинства инертных газов.

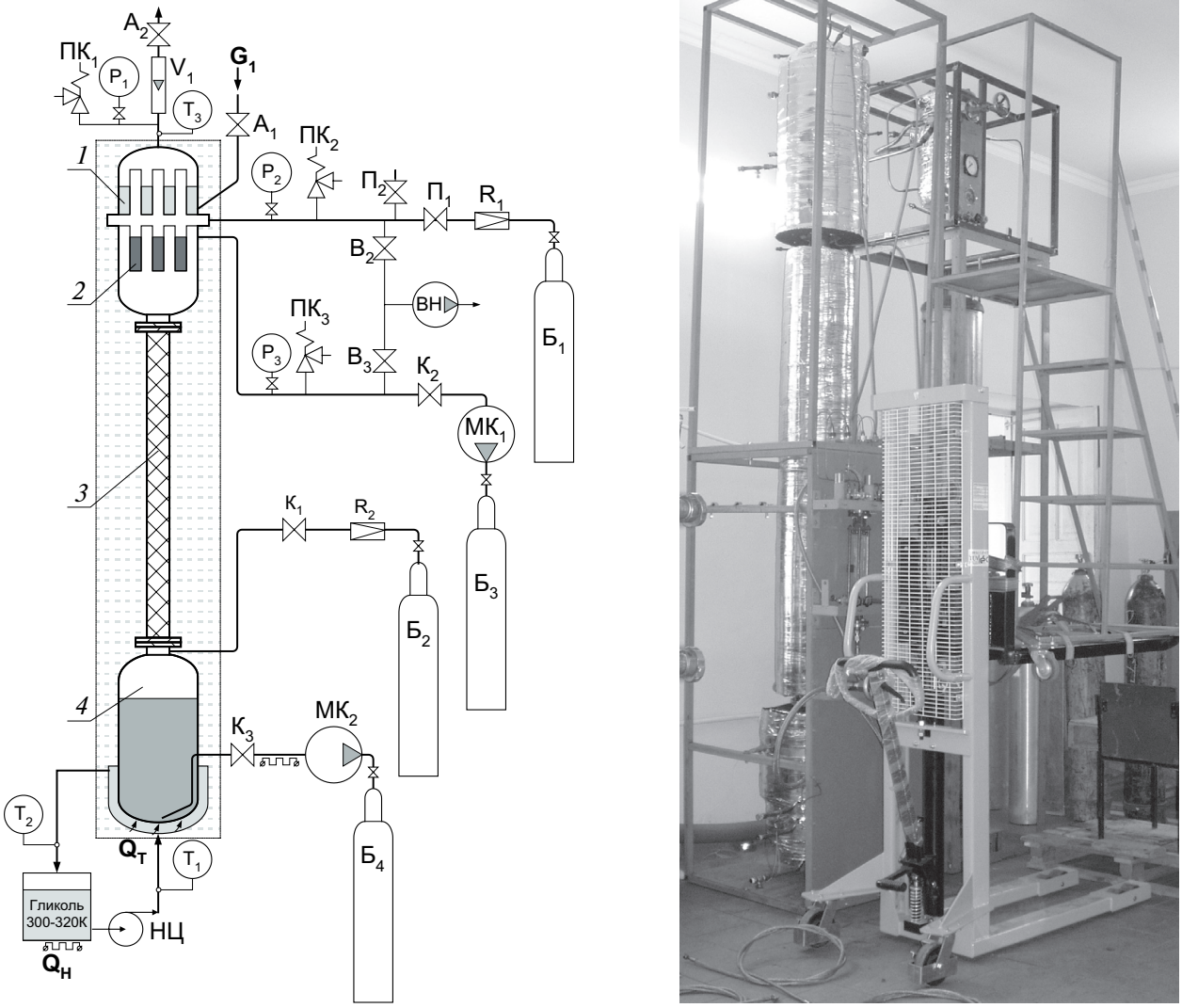
На кафедре криогенной техники ОГАХ создан экспериментальный стенд для исследования процессов ректификации (см. рисунок) [1]. Схема включает расходную и наполнительную рампы, насадочную ректификационную колонну, контур заправки и сбора хладагента-посредника, систему подачи основного хладагента и сбора ценных фракций разделяемой смеси.

Исследования подтвердили перспективность использования каскадной схемы охлаждения для отвода тепла от дефлегматора ректификационной колонны. Помимо контура основного хладагента — жидкого азота, она включала дополнительную ступень (коллекторный термосифон), заполненную веществом-посредником (см. таблицу).

Экспериментальная колонна предусматривает возможность замены насадки, дискретного наращивания ее высоты ($\Delta H = 2$ м) и использования двух видов кубовой секции (с электрическим и водяным нагревом). Это в дальнейшем позволит исследовать процессы сепарации смесей не только инертных, но и других технических газов, в частности, синтетических хладагентов (CF_4, C_4F_8, SF_6 и др.) [2].

Температуры кипения промежуточных хладагентов в контуре 2

Вещество	Абсолютные давления фазового равновесия, P (МПа)									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Азот	83,6	91,2	96,4	100,4	103,8	106,6	109,2	111,5	113,6	115,6
Аргон	94,3	102,7	108,5	112,9	116,6	119,9	122,7	125,3	127,6	129,8
Метан	120,5	131,3	138,6	144,3	149,0	153,1	156,7	160,0	163,0	165,7
Криптон	129,1	140,5	148,1	154,8	159,9	163,5	167,6	170,8	174,0	176,8
Фреон-14	155,4	167,9	176,3	182,8	188,2	192,9	197,0	200,7	204,1	207,2



а б

Схема (а) и внешний вид (б) экспериментальной установки
для исследования процессов ректификации в процессе монтажа:
1 — азотная полость; *2* — контур промежуточного хладагента;
3 — съемный участок с насадочными элементами; *4* — куб колонны;
ВН — вакуумный насос; $МК_1$, $МК_2$ — мембранные компрессоры; НЦ — циркуляционный насос;
h_1, h_2, h_3 — указатели уровня; V_1 — измеритель расхода азота; $Б_1$ — баллон с промежуточным хладагентом;
$Б_2$–$Б_4$ — баллоны с исходной смесью, газовой и кубовой фракциями

Список литературы

1. Экспериментальное изучение процессов сепарации в насадочных колоннах / В. Л. Бондаренко, Т. В. Дьяченко, О. В. Дьяченко и др. // Тезисы межд. научн. конф. «Промышленные газы». — Москва. — 2009. — С. 13–14.

2. *Diachenko O. V., Diachenko T. V.* Application of Ammonia for Heat and Cold Supply Systems in Processes of Purifying Technical Gases // Frio-calor aire acondicinado. — Spain. — № 406. — Septembre 2008. — P. 20–24.

ВЫБОР СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ СМАЗКИ В НАГРУЖЕННОЙ ЧАСТИ ОПОРНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

А. И. Якименко

ООО «Эйркул-Урал», г. Ижевск
E-mail: aircool@udmnet.ru

При расчете расхода смазки, протекающей через нагруженную часть подшипника скольжения, в инженерной практике используют безразмерные коэффициенты расхода q. В работах, посвященных их определению, авторы по разному подходят к решению задачи. В результате получается довольно большой разброс в полученных величинах. Анализ ряда основных работ, посвященных расчету подшипников скольжения, показывает, что величина коэффициента расхода зависит от выбора потока смазки.

Рассмотрим схему потоков смазки в нагруженной части подшипника скольжения, условно показанную на рис. 1.

Как видно из рисунка, в подшипнике на передней кромке смазочного слоя (угол начала слоя φ_1, толщина пленки h_1) поступает количество смазки, равное Q_1. Безразмерный коэффициент расхода на передней кромке обозначим q_1.

Через боковые поверхности вытекает $Q_т$ смазки. Коэффициент расхода — $q_т$. И в месте обрыва слоя (угол φ_2) при толщине пленки h_2 слой покидает Q_2 смазки. Соответственно, коэффициент расхода обозначим q_2.

В справочной литературе авторы используют три комбинации при расчетах.

В работах [4, 6, 9–12] в качестве коэффициента расхода принята величина $q_т$, найденная из расхода $Q_т$.

За количество смазки, необходимое для работы подшипника в работах [6, 12] принимают Q_1, а коэффициент расхода — q_1.

И, расход смазки можно принять как разницу между количеством смазки Q_1, поступающим в слой при $\varphi = \varphi_1$ и количеством смазки Q_2, которое может покинуть слой в месте обрыва слоя при $\varphi = \varphi_1$. Это отмечено в работах [1, 2, 3, 5, 7].

Результаты расчетов для разных авторов для половинного подшипника относительной длины $\ell/d = 1$ приведены на рис. 2.

Способ решения уравнений (1) , (2) приведен в работе [8].

Параметр B характеризует переменность вязкости смазки в угловом направлении при решении уравнения Рейнольдса.

Как видно из рисунка, при малых относительных эксцентриситетах $\overline{\hat{a}}$ количество смазки, поступающее в слой, значительно превышает боковые утечки. Оставшееся масло уносится из слоя через выходную кромку смазочного слоя. Однако, с увеличением относительного эксцентриситета потребности подшипника, то есть, в первую очередь, торцевые утечки, растут. Наступает момент, когда они по расчетам становятся больше количества смазки, которое может пропустить щель на входной кромке смазочного слоя при $\varphi = \varphi_1$. В этом случае подшипник начинает работать в режиме скудной смазки, что при больших эксцентриситетах может привести к потери устойчивости вала и его касания подшипника.

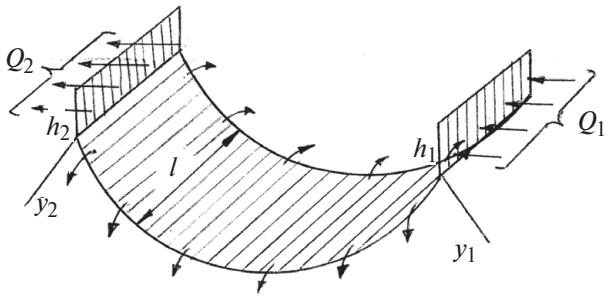


Рис. 1. Схема потоков смазки в нагруженной части подшипника скольжения

Кроме того, как видно из рис. 2, боковые утечки $q_т$ больше разности расходов на входе и выходе из слоя $q_1 - q_2$, поэтому производительность масляного насоса, пропускная способность трубопроводов, рассчитанные по данным работ [1, 2, 3, 5, 7] могут оказаться недостаточными для нормальной работы подшипника скольжения.

Некоторый разброс по данным разных авторов связан с протяженностью смазочного слоя и характером распределения давления в осевом направлении подшипника.

Из вышеуказанного следует, что при расчете расхода смазки следует аккуратно пользоваться источником информации, а при $\overline{\hat{a}} > 0{,}85$ данные работ [1, 2, 3, 5, 7] нельзя использовать для расчетов.

Список литературы

1. *Богданов О. И.* Расчет опор скольжения. Киев, 1966, 242 с.

2. *Воскресенский В. А., Дьяков В. И.* Расчет и проектирование опор скольжения (жидкостная смазка). — М.: Машиностроение, 1980. — 224 с.

3. *Камерон А.* Теория смазки в инженерном деле. М.: Машгиз, 1962. 396 с.

4. *Квитицкий Е. И., Киркач Н. Ф., Полавский Ю. Д., Савин А. Ф.* Расчет опорных подшипников скольжения. Справочник. М.: Машиностроение, 1979. — 70 с.

5. *Коровчинский М. В.* Теоретические основы работы подшипников скольжения. М.: Машиз, 1959. — 402 с.

6. *Токарь И. Я.* Проектирование и расчет опор трения. М.: Машиностроение, 1971. — 168 с.

7. *Чернавский С. А.* Подшипники скольжения. М.: Машгиз, 1963. — 242 с.

8. *Якименко А. И.* Совершенствование работы масляных систем паровых холодильных машин. Автореферат дисс. : канд. техн. наук. Л., ЛТИХП, 1984. — 17 с.

9. *Bauer K.* Einfluss der endlichen Breite des Gleitlagers auf Tragfänigkeit und Reibung. Forsch. Ing. Wes. 14, Band (1943). S. 48–62.

10. *Walther A., Sassenfeld H.* Mathematische Lager- und Schmierungsproblem. Zusammenfassender Bericht über die Druckverteilung und Last 180° — Gleitlager im Bereich der Gedrungenhuten (Verhältnis Durchmesser zu Länge) B = 0 bis B = 8 für Exzentrizitäten C = 0,2 bis C = 0,95. Darmstadt, Institut für Praktishe Mathematik , 30 , 10 , 1950.

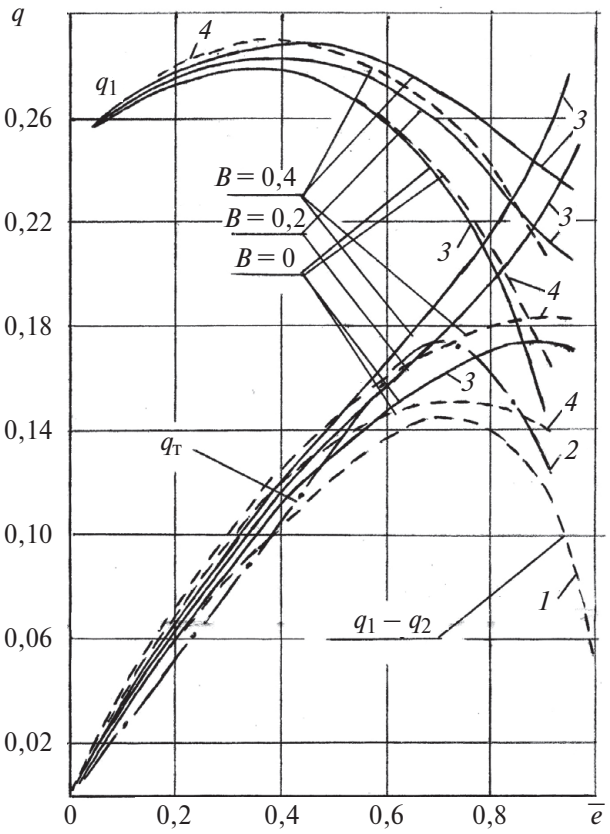


Рис. 2. Зависимость коэффициентов расхода в нагруженной части подшипника скольжения: $l/d = 1$; угол охвата 180°: *1* — данные работ [1, 2, 5, 7]; *2* — расчеты по данным [11]; *3* — данные автора; *4* — данные работ [6, 12]

11. *Kochanowsky W.* Die Brauchbarkeit der Reynoldshen Teorie der Schmiermittelriebung für die Berechnung des Ölbedarfs eines Gleitlagers, Zeit. Angew. Math. u Mech., Bd. 36, 1956. Nr 5/6. S. 212–228.

12. *Häkansson Bengt.* The Jornal Bearing Considering Variable Viscosity. Transactions of Chalmers University of Technology Gottenburg, Sweden, Nr., 298, 1965.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

О. Б. Иванченко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: obivanchenko@mail.ru

В течение всей жизни человека в организме протекают многочисленные биохимические реакции, в ходе которых образуются свободные радикалы. Являясь высоко реакционоспособными частицами, они окисляют химические соединения в клетках организма человека в том числе, и такие жизненно важные макромолекулы, как ДНК, РНК, полипептиды, что приводит к различным нарушениям в организме: во-первых, они вызывают образование мутаций, чем повышают риск перерождения нормальной клетки в злокачественную; во-вторых, они нарушают работу ферментов репарации; и, в — третьих, уменьшают общую противоокислительную активность (снижается антиоксидантная активность липидных комплексов), нарушают проницаемость мембран, окисляя липиды, повреждают стенки кровеносных сосудов, приводят к серьезным патологическим изменениям в сердечно-сосудистой системе и преждевременному старению организма.

Содержание свободных радикалов в организме непостоянно. Оно повышено в тканях с интенсивным метаболизмом, увеличивается при облучении, при наличии очага злокачественного роста, при старении клеток, а также в случае стресса и перенапряжения.

Соединения, способные связывать молекулы, содержащие неспаренные электроны с образованием менее активных или совсем неактивных радикалов, называют антиоксидантами. Антиоксидантная активность таких соединений проявляется в их способности снижать активность свободных радикалов, т. е. они «улавливают» свободные радикалы (супероксидный анион-радикал, пероксид водорода, гидроксил радикал и др.). В клетках живых организмов образуется несколько типов свободных радикалов, из них самые агрессивные — радикалы кислорода (супероксидный) и гидроксильные радикалы.

Природными антиоксидантами являются витамины С, Е, Р, А, каротиноиды, флавоноиды, ароматические оксикислоты, антоцианы и др.соединения, активность которых увеличивается за счет кофакторов, к которым относятся селен, цинк, медь, марганец и другие макро-и микроэлементы.

Фенольные соединения напитков из растительного сырья можно отнести к наиболее ценным в биологическом отношении его компонентам. С действием именно этих соединений связывают положительные эффекты натурального виноградного вина на здоровье. Показана их способность ингибировать агрегацию тромбоцитов, предупреждать образование тромбов и нормализовывать липидный обмен, изучены их антиоксидантное и мембраностабилизирующее действия. С этими эффектами связывают снижение риска развития ишемической болезни сердца и увеличение продолжительности жизни у лиц, регулярно потребляющих вино в умеренном количестве.

Методы исследования общей антиокислительной активности различаются по типу источника окисления, окисляемого соединения и способа измерения окисленного соединения [3]. Косвенным показателем, характеризующим степень восстановления среды, и позволяющим говорить о количестве восстановителей в ней является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП).

ОВП, называемый также редокс-потенциал (от английского *RedOx — Reduction/Oxidation*), характеризует степень активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях, т. е. реакциях, связанных с присоединением или передачей электронов. При измерениях (в электрохимии) величина этой разности обозначается как Eh и выражается в милливольтах. Чем выше концентрация компонентов, способных к окислению, к концентрации компонентов, могущих восстанавливаться, тем выше показатель редокс-потенциала. Такие вещества как кислород и хлор стремятся к принятию электронов и имеют высокий электрический потенциал, следовательно, окислителем может быть не только кислород, но и другие вещества (в частности, хлор), а вещества типа водорода, наоборот, охотно отдают электроны и имеют низкий электрический потенциал. Наибольший окислительной способностью обладает кислород, а восстановительной — водород, но между ними располагаются и другие вещества, присутствующие в воде и менее интенсивно выполняющие роль либо окислителей, либо восстановителей.

Значение ОВП для каждой окислительно-восстановительной реакции может иметь как положительное, так и отрицательное значение. В природной воде значение Eh колеблется от -400 до $+700$ мВ, что определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов. В условиях равновесия значение ОВП определенным образом характеризует водную среду, и его величина позволяет делать некоторые общие выводы о химическом составе воды. В биохимии, в отличие от электрохимии, величины редокс-потенциала выражаются не в милливольтах, а в условных единицах rH (*reduction Hydrogenii*). Перевод результатов измерения ОВП при помощи прибора в условные единицы возможно используя формулу Нернста или специальные таблицы.

$$\mathrm{rH}_2 = \frac{Eh, mV}{29} + \mathrm{pH}$$

Опытами установлено, что rH_2 изменяется от 0 до 42: «0» — означает чистый водород, «42» — чистый кислород; «28» — нейтральная среда. При $\mathrm{rH}_2 < 28$ — среда обладает восстановительной способностью, при $\mathrm{rH}_2 > 28$ — окислительной.

Окислительные процессы понижают показатель кислотно-щелочного равновесия (чем выше rH, тем ниже pH), восстановительные — способствуют повышению pH. В свою очередь показатель pH влияет на величину rH.

В организме человека энергия, выделяемая в ходе окислительно-восстановительных реакций, расходуется на поддержание гомеостаза (относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма) и регенерацию клеток организма, т. е. на обеспечение процессов жизнедеятельности организма.

ОВП внутренней среды организма человека, измеренный на платиновом электроде относительно хлорсеребряного электрона сравнения, в норме всегда меньше нуля, т. е. имеет отрицательные значения, которые обычно находятся в пределах от -100 до -200 милливольт. ОВП питьевой воды, измеренный таким же способом, практически всегда больше нуля, обычно находится в пределах от $+100$ до $+400$ мВ. Большинство красных вин на воздухе (без пробки) имеют ОВП в пределах 400–450 мВ.

Показатели окислительно-восстановительного потенциала (Eh, mV) исследуемых напитков представлены в таблице.

Сравнивания полученные данные можно предположить, что максимальной антиоксидантной активностью обладает чай под названием «чай белый». Его ОВП составляет — 0,3. Безалкогольные напитки Lipton white tea и green tea, которые взяты нами в качестве напитков сравнения, т. к. они позиционируются на рынке как напитки с антиоксидантными свойствами, имеют такой же ОВП, как и напиток «Хмельной мед» 180 и 187, соответственно, что несколько больше, чем у исследованного нами светлого пива отечественного производителя. Известно по данным литературы, что ОВП различных сортов пива варьирует в зависимости от условий розлива и сроков хранения. Розлив «в атмосфере CO_2» способствует понижению ОВП. На данный показатель сильно влияет и контакт с кислородом — чем меньше в процессе технологического производства был доступ кислорода, тем ниже ОВП смеси. Понижение ОВП достигается также путем внесения антиоксидантов, например, соединений серы. Благодаря снижению ОВП ускоряются процессы восстановления метаболитов окислительного обмена дрожжей и сбраживания остаточных сахаров, сокращается продолжительность дображивания и улучшаются органолептические характеристики пива. Антиоксиданты препятствуют окислительной деструкции полезных нестабильных веществ, придающих особые органолептические и физиологические свойства напиткам, увеличивая их стабильность. При употреблении пива, на основе своих антиоксидантных свойств оно может обезвредить свободные радикалы, способствуя, тем самым, сохранению здоровья клеток организма. Большинство антиоксидантов в пиве имеет свое происхождение из солода, ячменя и хмеля. Это фенольные соединения: феруловая, кумариновая кислоты, катехин, антоцианидины, меланоидины. Хотя доза хмеля в рецептуре невелика, тем не менее, многие авторы считают, что антиоксидантная активность пива, связана, в первую очередь, с флавоноидами хмеля, а именно ксантогумолом.

Показатели ОВП

Образец	Eh, mV
Чай белый	–0,3
Чай зеленый Лун Цзинь	4,0
Напиток Хмельной мед (алк. не более 6 %)	187
Пиво светлое (алк. 4,6 %)	132
Безалкогольный напиток «Байкал» на пряно-ароматическом растительном сырье	192
Безалкогольный напиток white tea (Lipton)	181
Безалкогольный напиток green tea (Lipton)	180

В 2004 г. Баварская государственная пивоварня «Вайенштефан» выпустила новые напитки на основе «белого» пива с повышенной концентрацией ксантогумола. По мнению доктора медицины клиники нервных заболеваний (г. Грац) М. Вальцеля, антиоксидативное воздействие одного литра такого пива соответствует 4–5 порциям овощей/фруктов, 7 стаканам апельсинового сока, 20 стаканам яблочного сока или 12 стаканам белого вина [1].

Рассматривая лечебно-профилактические свойства отдельных антиоксидантов нельзя не заметить их определенную общность. Основные их функции осуществляются в тесном влиянии друг на друга. Именно в синергизме и комплексном взаимодействии друг на друга и на организм в целом, реализуются все многообразные свойства антиоксидантной системы, которые в той или иной мере присущи и ее отдельным компонентам. Например, жирорастворимые антиоксиданты, такие как витамины А и Е осуществляя свое биологическое действие в липидах мембран и липопротеидах, водорастворимые — витамин С и биофлавоноиды реализуют свою антиоксидантную активность в биологических жидкостях организма, а микроэлементы являются незаменимыми кофакторами внутриклеточных антиоксидантных ферментов. С этой точки зрения нельзя говорить об изолированных свойствах отдельных компонентов напитков, необходимо рассматривать их в контексте всей антиоксидантной системы и во взаимодействии с другими соединениями [2].

Список литературы

1. Исключительные инновационные продукты с высоким содержанием ксантогумола / Обзорная статья. Brauwelt — Мир пива. 2004. № 5. С. 28–29.

2. *Макаров В. Г., Макарова М. Н., Селезнева А. И.* Изучение механизма антиокидантного действия витаминов и флавоноидов // Вопросы питания. 2005. № 1. С. 10–12.

3. *Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В.* Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ МУКИ ИЗ СЕМЯН ЛЮПИНА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ

М. Л. Доморощенкова*, Т. Ф. Демьяненко*, Н. В. Кузнецова*, И. Д. Спецакова*, В. И. Костюченко, В. С. Мехтиев*****

*ВНИИЖ, г. Санкт-Петербург
**ВНИИлюпина, г. Брянск
***Санкт-Петербургский торгово-экономический институт
E-mail: protein@vniig.org

Разработка технологий производства пищевых белковых добавок из нетрадиционных растительных источников является одной из важнейших задач снижения белкового дефицита и улучшения структуры питания людей.

В последнее время пристальное внимание селекционеров и нутрициологов в различных странах привлекает культура люпина. Перспективность люпина как сырья для пищевой промышленности определяется в первую очередь химическим составом и биологической ценностью семян. В настоящее время получены сорта белого, узколистного и желтого люпина с содержанием белка 35–45 %, липидов — 7–14 %, углеводов — 35–40 %, алкалоидов — 0,05–0,08 %. Такие сорта по современным представлениям могут служить не только высоко питательным кормом для животных, но и ценным сырьем для получения новых видов пищевых белковых продуктов и растительного масла. К тому же аминокислотный состав белков люпина близок к идеальному, за исключением серосодержащих аминокислот [1].

Наиболее широко в мире люпин культивируется в Австралии, объемы производства семян люпина (*Lupinus angustifolius L.*) превышают 800 тыс. т в год. В этой стране люпиновые мука и отруби широко используются в продуктах питания для замены традиционного зернового сырья. В Европе люпиновая мука используется в хлебопечении и в производстве макаронных изделий, как заменитель яиц и сливочного масла и для усиления окраски изделий. Существует значительный потенциал для ее использования в сухих завтраках, снеках, супах и детском питании. В Израиле освоено производство пищевых изолятов и концентратов белков люпина, которые могут использоваться в рецептурах мороженого, йогуртов, колбас, десертов и других продуктов питания. Во многих странах изучение люпина связано с использованием продуктов его переработки в качестве функциональных диетических ингредиентов, например, в рецептурах безглютеновых диет [2]. Известно, что употребление люпиновых продуктов снижает содержание глюкозы в плазме крови и уровень холестерина [3]. Последние австралийские исследования показали, что употребление хлеба, обогащенного люпиновой мукой, способствует снижению давления и поддержанию здоровья сердца [4].

Однако, несмотря на высокую питательную ценность, люпин до сих пор не получил должного внимания в нашей стране в качестве промышленного источника белкового сырья для переработки на пищевые цели, несмотря на то, что люпин часто называют «северной соей». В последние годы российскими селекционерами достигнуты значительные успехи в создании высокопродуктивных низкоалкалоидных или, так называемых, безалкалоидных сортов люпина, перспективных для пищевой переработки. Появились серьезные отечественные работы, посвященные разработке продуктов питания из зерна люпина [5]. Вполне закономерно, что изучение пищевой ценности и технологических свойств отечественных сортов люпина, имеющих высокий потенциал для промышленного производства и переработки, заслуживает особого внимания.

Нами был исследован химический состав семян различных сортов люпина отечественной селекции. В табл. 1 представлены результаты исследований химического состава образцов семян, которые представляют интерес для выращивания и переработки с получением пищевых белковых продуктов и добавок. Образцы семян сортов «Дега», «Надежный», «Снежеть» и «Белозерный» были предоставлены ВНИИ люпина, г. Брянск, а семена сорта «Надежда» были получены из ВИР им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург.

Перспективные для пищевой переработки сорта характеризуются высоким содержанием белков, более 35 %. Содержание жира в образцах изменяется в пределах от 4,7 % (сорт «Белозерный») до 10,55 % (сорт «Дега»). Фракционный состав белков семян всех сортов характеризуется высоким содержанием водо- и солерастворимой фракций, т. е. альбуминов и глобулинов. Суммарное количество растворимых белков в семенах люпина отобранных сортов находится на высоком уровне и изменяется в интервале от 88,21 % («Надежда») до 95,58 % («Надежный»).

Таблица 1

Химический состав образцов семян люпина различных сортов

Наименование сорта люпина	Влага, %	Сырой протеин (N 6,25), % на а. с. в.	Фракционный состав белков, % от общего протеина				Жир, % на а. с. в.
			Водо-растворимые	Соле-растворимые	Щелоче-растворимые	Нерастворимый остаток	
Сорт «Снежеть»	8,59	36,24	38,20	46,02	4,87	10,93	5,56
Сорт «Белозерный»	9,16	37,37	33,12	48,79	7,19	10,91	4,70
Сорт «Дега»	7,81	39,23	50,22	36,70	6,21	6,87	10,55
Сорт «Надежный»	7,80	43,21	27,96	64,12	3,50	4,42	5,24
Сорт«Надежда»	8,34	36,69	48,46	35,59	4,16	11,79	5,19

Таблица 2

Химический состав и функциональные свойства люпиновой и соевой муки

Показатель	Люпиновая мука, сорт «Снежеть»	Люпиновая мука, Австрия	Обезжиренная соевая мука		Полу-обезжиренная соевая мука
			Е 20/200	Е 70/200	
Влажность, %	10,12	8,11	4,06	4,55	5,95
Сырой протеин, %	46,04	42,38	53,04	53,69	48,83
Водорастворимый протеин, % (NSI)	51,66	13,96	20,00	66,46	24,19
Сырой жир, %	7,06	7,91	0,71	0,61	7,35
Сырая клетчатка, %	2,90	2,95	3,35	3,20	4,52
Водоудерживающая способность (ВУС), %	210	235	205	205	350
Жироудерживающая способность (ЖУС), %	97	90,3	102	106	72
Жироэмульгирующая способность (ЖЭС), %	57	50,9	53	55	Не определена
Стабильность эмульсии (СЭ), %	66	47,1	54	58	Не определена

Наибольшее количество белка (43,21 %) содержит сорт «Надежный». При этом накопление белков в семенах этого сорта происходит в первую очередь за счет глобулинов (64,12 %) при наименьшем содержании альбуминовой фракции (27,96 %) относительно других сортов. Интересен для пищевой переработки сорт «Дега». Семена этого сорта характеризуются не только высоким содержанием белка с преобладанием альбуминовой фракции, но также и повышенным содержанием липидов (10,55 %).

По результатам исследований химического состава семян и фракционного состава белков можно сделать предварительный вывод о том, что сорта «Надежда», «Снежеть», «Белозерный» и «Надежный» перспективны для получения цельносмолотой люпиновой муки и различных белковых добавок. Сорт «Дега», характеризующийся повышенным содержанием липидов и альбуминов, по нашему мнению, перспективен для глубокой переработки с выделением липидной фракции и белковой или белково-углеводной фракции, и может использоваться в качестве сырья для производства пищевых эмульсий. Более точно определить направленность переработки семян можно было после изучения функциональных характеристик белковых ингредиентов, полученных при переработке семян люпина отдельных сортов, поэтому следующим этапом исследований было изучение физико-химических свойств люпиновой муки.

Был проанализирован образец цельносмолотой люпиновой муки, полученной на опытной установке ВНИИ люпина из семян люпина узколистного сорта «Снежеть». Полученные результаты представлены в табл. 2 в сравнении с характеристиками люпиновой муки австрийского производства марки «люписан» (Lupisan, производитель «Soja Austria») и различными видами соевой муки, используемыми отечественной пищевой промышленностью.

Образец отечественной люпиновой муки превосходил качество образца люпиновой муки австрийского производства по содержанию суммарного протеина, жироудерживающим и жироэмульгирующим характеристикам, что может быть связано с более высоким содержанием водорастворимого протеина в образце отечественной муки и сортовыми особенностями исходного сырья.

В сравнении с образцами соевой муки исследованный образец люпиновой муки отечественного производства по содержанию основных макронутриентов наиболее приближен к полуобезжиренной соевой муке. Люпиновая мука имеет более высокую ЖУС по сравнению с полуобезжиренной соевой мукой и уступает ей по показателю ВУС. Функциональные свойства люпиновой муки сравнимы с

функциональными свойствами образцов обезжиренной соевой муки Е 20/200 и Е 70/200, подвергнутых термообработке, и несколько превышают их по трем показателям (ВУС, ЖЭС и СЭ). Люпиновая мука отличается более яркой желтой окраской по сравнению с соевой мукой, что соответственно придает изделиям из люпиновой муки характерный оттенок, что положительно влияет при использовании ее взамен яичного желтка в кексах, бисквитах и других изделиях.

Таким образом, люпиновая мука имеет высокие пищевые свойства, характеризующиеся высоким содержанием суммарных белков и наличием растительных липидов, и хорошие функционально-технологические свойства. С учетом отсутствия в ее составе крахмала, холестерина и глютена она является перспективным сырьем для диетического и лечебного питания. Люпиновая мука имеет хорошие функциональные характеристики и технологические качества, аналогичные соевой муке. Организация промышленного производства люпиновой муки в нашей стране из семян люпина отечественной селекции будет способствовать повышению уровня комплексного использования нетрадиционного растительного сырья, снижению белкового дефицита и расширению ассортимента белковых добавок для диетического и массового питания.

Список литературы

1. Химия и биохимия бобовых растений / Пер. с англ. К. С. Спектрова; Под ред. М. Н. Запрометова. — М: Агропромиздат, 1986, 336 с.

2. *Pollard N., Macritchie F.* Biochemical characterization and functionality of Lupinus albus seed proteins // Conference on Plant Proteins from European Crops. Nantes (France), November 25–27, 1996.

3. *Antonio C., and Infante A.* Lupin Use in Nutrition Programs, in The 6th International Lupin Conference, Chilean Lupin Association, Temuco, Chile, 1991. Pp. 168–174.

4. *Lee Y. P., Mori T. A., Puddey I. B., Sipsas S., Ackland T. R., Beilin L. J., Hodgson J. M.* Effects of lupin kernel flour-enriched bread on blood pressure: a controlled intervention study. American Journal of Clinical Nutrition, 2009, Vol. 89. Pp. 766–772.

5. *Панкина И. А.* Технология приготовления пищевого белкового полуфабриката из зерна люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) и кулинарной продукции на его основе. Дис. на уч. степ. канд. техн. наук: 05.18.15 / СПб ТЭИ. — СПб., 2006. — 170 с.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИВА С ПОМОЩЬЮ ПОЛИВИНИЛПОЛИПИРРОЛИДОНА

А. Т. Дедегкаев

АО «Пивоваренная компания «Балтика»
E-mail: ded@spb.baltika.ru

Установлено, что пиво одного и того же состава в начале и в конце фильтрования имеет разную физико-химическую стабильность [1, 2]. При этом мутность пива, определяемая нефелометром при угле 90°/25° (оптимальным соотношением считается значение мутности 0,5 ед. EBC/0,15 ед. EBC [3]), в течение всего процесса фильтрования практически постоянна, что, говорит о том, что намывная фильтрация процесс достаточно равномерный. Между тем при оценке холодного помутнения проб пива, отобранных в течение фильтрования, наблюдается неуклонное снижение его стабильности, причем это снижение не коррелирует с мутностью пива, определяемой во время фильтрования. Данный факт не объясняется изменением содержания протеиновых комплексов в пиве, а связан главным образом с полифенолами (ПФ). Исследования, проведенные рядом авторов, показали, что во время намывной фильтрации происходит вымывание ПФ соединений и их комплексов с белками, имеющими небольшую молекулярную массу. Полифенолы также могут экстрагироваться из клеточных стенок дрожжей, которые задерживаются в фильтровальном слое [4]. В частности в конце фильтрования более чем на 20 % может возрасти содержание в пиве танноидов и на 10–20 % антоцианогенов, в то время как высокомолекулярные белковые комплексы задерживаются.

Вымывание полифенолов зависит от большого числа факторов, а именно, от состава пива и его реологических свойств, величины pH нефильтрованного пива, давления, температуры, окислительно-восстановительных процессов, которые особенно связанны с содержащимся в кизельгуре железом. Кроме того на этот процесс влияют заряд коллоидных частиц и технология намыва. С помощью силикагеля, лишь частично решается проблема повышения коллоидной стойкости пива. Это связано с тем, что с увеличением фильтрующего слоя возрастает содержание в нем белковых составляющих мути, в то время как ПФ снова вымываются. В связи с этим недостаточно ограничиваться стабилизацией белковой составляющей мути, но необходимо удалять и полифенолы, что требует внесение поливинил-полипирролидона (ПВПП), который в настоящее время является самым эффективным адсорбентом полифенолов. Только совместное применение силикагеля и ПВПП может гарантировать максимальную стойкость пива (более 6 мес.), в то время как при использовании только силикагеля срок хранения пива не превышает 3 мес. Согласно данным, приведенным в работах других исследователей и фирм производителей [5], для этих целей рекомендована дозировка ПВПП от 20 до 40 г/гл пива.

В связи с тем, что стабилизатор имеет высокую стоимость предстояло установить минимальный расхода ПВПП для получения пива длительного срока хранения (более 6 мес.). При этом, прежде всего с помощью силикагеля удаляли чувствительные белки, оценивая эффективность этого процесса по таким показателям, как предел осаждения, который выражается в $см^3$ насыщенного раствора сульфата аммония/100 $см^3$ пива, и чувствительные белки, характеризующие мутность при добавлении 10 мг танина на 1 л пива (ед. EBC). Полифенольные фракции контролировали по количеству антоцианогенов и танноидов в пиве.

Для прогнозирования длительности хранения использовали метод форсированной термообработки стабилизированного пива путем чередования температуры его выдержки при 60 °C и 0 °C (24 часа при каждой температуре), рекомендуемый аналитикой Европейской пивоваренного конвенции (EBC). Циклы повторяли до тех пор, пока мутность пива, определяемая на нефелометре, не составила 2 ед. EBC. Число таких циклов характеризует стойкость пива (мес.).

Ранее было установлено, что для получения пива длительного срока хранения (не менее 6 мес.) предел осаждения должен быть более 23 $см^3$, показатель «чувствительные белки» — не более 0,5 ед. EBC, содержание антоцианогенов (АЦ) в пиве после обработки его ПВПП не должно превышать 50 мг/л, а танноидов — 20 мг/л.

Для исследований были выбраны 4 образца пива с массовой долей сухих веществ 12 %. Как видно из табл. 1 эти образцы существенно отличались друг от друга по значению показателя начальной мутности. Поэтому для исключения фактора влияния белков на коллоидную стойкость все образцы пива сначала обрабатывали силикагелем из расчета минимальной и максимальной дозировки, что соответственно составляло 30 и 50 г/гл. Результаты представлены в табл. 1.

Установлено, что не смотря на разные значения показателя мутности исходного пива для получения пива с высокими показателями белковой стабильности достаточно добавлять в него силикагель из расчета 30 г/гл. При этом достигаются желаемые значения по величине предела осаждения и чувствительным белкам. Показано, что расход силикагеля не зависит от начальной мутности пива.

Таблица 1

Стойкость пива, обработанного силикагелем

Показатель	Расход силикагеля, г/гл пива	Образцы пива			
		1	2	3	4
Мутность, ед ЕВС	0	5,4	3,1	1,4	0,8
	30	0,6	0,5	0,6	0,5
	50	0,6	0,6	0,5	0,5
Предел осаждения, $см^3/100\ см^3$	0	7,6	8,9	14,5	14,4
	30	22,9	23,0	23,8	23,9
	50	23,8	24,0	24,1	25,0
Чувствительные белки, ед. ЕВС	0	10,6	7,4	3,5	2,8
	30	0,1	0,2	0	0
	50	0,2	0	0	0
Количество циклов 600/00 (мес. хранения)	0	1	1	1	1
	30	3	3	3	3
	50	3	3	3	3

Таблица 2

Влияние ПВПП на фенольный состав пива и его коллоидную стойкость

№образца пива	Расход ПВПП, г/гл	Концентрация, мг/л			Число циклов
		Танноиды	АЦГ	ПФ	60/0
1	0	78,9	78	253	1
	20	11,8	36	155	7
	40	11,4	34	155	6
2	0	78,0	83	242	1
	20	16,1	46	144	6
	40	13,7	36	132	6
3	0	82,0	67	234	1
	20	11,6	24	120	9
	40	15,2	36	152	7
4	0	96,0	88	231	1
	20	12,6	27	109	10
	40	14,1	39	135	9

Кроме того отмечено, что определение только показателей, характеризующих содержание в пиве мутеобразующих белков не дает представления о другой причине снижения коллоидной стойкости пива, связанной с наличием в нем полифенолов. Для удаления полифенолов из пива все образцы обрабатывали ПВПП (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что для достижения требуемого количества АЦГ и танноидов достаточно использовать ПВПП в количестве 20 г/гл, при этом достигается стойкость более 6 месяцев. Кроме того показано, что существует корреляция между содержанием ПФ в пиве после его обработки и длительности его хранения.

Таким образом, для повышения физико-химической стабильности пива свыше 6 мес. помимо силикагеля следует использовать ПВПП, причем достаточной дозой является 20 г/гл.

Список литературы

1. *Briem F., Geiger E.* Development coloidal stability during beer filtration. Tech. Q. Master Brew. Assoc.Am. 1999. S. 211–213.

2. *Сладки П., Динстбир М.* Турбидиметрический титровальный анализ классического фильтрования кизельгуром // Пиво и жизнь. 2004. № 1 (42). С. 30–33.

3. *Sladky P., Cisarova H., Dienstbier M., Gabrial P.* Direct analyses of beer macromolecular complexes by means of a new differential nephelometric titration method. Kvasny Prum. 2002. № 48. S. 267.

4. *Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В., Мелединa Т. В.* Комплексный подход к повышению коллоидной стойкости пива // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2007. № 1 (296). С. 54–56.

5. *Мелединa Т. В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. — СПб.: Профессия. 2003. 304 с.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МЕДА

О. И. Пономарева

Санкт-Петербургский Государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Rector@ hlebspb.ru

Известно, что традиции приготовления медовых напитков на Руси не менее богаты, чем пивоварение, виноделие, производство кваса, не смотря на то, что медоварение требовало значительных затрат труда и времени. В настоящее время, когда в производстве пищевых продуктов ускоренные технологии получили преимущественное развитие, одним из путей интенсификации процесса получения медовых напитков является использование дрожжей, обладающих высокой репродуктивной и бродильной активностью в сусле с высокой массовой долей сухих веществ (более 22 %).

В предыдущих работах было установлено, что для осуществления такого процесса в состав медового сусла необходимо вносить источник аминного азота и минеральных компонентов, в качестве которого был предложен концентрат квасного сусла. Также было доказана целесообразность использования сухих хлебопекарных дрожжей [1].

Целю данной работы явилось повышение биологической стойкости напитка без внесения консервантов и пастеризации.

Для получения напитка с длительным сроком хранения необходимо в первую очередь освободить его от дрожжевых клеток. В связи с тем, что медовое сусло содержит значительное количество углеводов и других питательных веществ, оно является благоприятной средой для развития и других микроорганизмов. Как показал опыт, флокуляция дрожжей в напитке с высоким содержанием сухих веществ проявляется очень слабо. В связи с этим для достижения высокой биологической и коллоидной стойкости необходимо принудительное осветление напитка, т. е. удаление из него взвешенных и коллоидных частиц. Одним из путей освобождения напитка от дрожжей является применение флокулянтов — веществ, способных коагулировать, адсорбировать частички мути и выпадать в осадок, увлекая с собой и микроорганизмы.

Способ осветления напитков с помощью оклейки различными адсорбентами и флокулянтами получил наиболее широкое распространение в виноделии. Для достижения кристаллической прозрачности и продолжительной устойчивости вин к помутнениям применяют желатины, бентониты, препараты на основе диоксида кремния, селикагели и др.

В настоящей работе для осветления медового напитка использовали препараты фирмы «Деллер»: «Эрбигель» (желатин), «Рыбную пасту Эрбсле» (рыбный клей), бентонит, «Клар Золь Супер» (кизельзоль), полиакриламид (ПАА). Для получения набольшего эффекта использовали препараты не только в чистом виде, но и в сочетании с другими препаратами. Рабочие растворы готовили непосредственно перед применением с соблюдением концентраций, указанных в инструкциям к использованию препаратов. В процессе осветления напитка фиксировали время образования и характер осадка. По окончании осветления напиток снимали с осадка декантацией, эффективность действия того или иного вещества оценивали по содержанию в напитке дрожжей, бактерий и плесневых грибов. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Данные, приведенные в таблице свидетельствуют о том, что наиболее высокий эффект при осветлении медового напитка достигается совместным использованием кизельзоля или бентонита с ПАА. Однако, и в этих случаях полностью освободить напиток от бактерий не удалось, поэтому после осветления напиток сначала фильтровали на кизельгуровом фильтре, а затем применили стерилизующую фильтрацию с использованием MMS фильтра.

Для подтверждения эффективности данного метода стабилизации полученные напитки анализировались в течение 3 лет по органолептическим и микробиологическим показателям.

Результаты испытаний показали, что даже во время длительного хранения органолептические и микробиологические показатели готового напитка соответствуют нормативным показателям (табл. 2). Только спустя 2 года хранения медовый напиток теряет свою биологическую стойкость.

Таким образом, для достижения биологической стабильности медового напитка необходимо использование следующих операций: осветление напитка при помощи оклеивающих материалов, в частности смеси кизельзоля с флокулянтом ПАА, или бентонита с ПАА, фильтрацию на кизельгуровом фильтре, холодно-стерильное фильтрование на установке MMS. В этом случае срок использования полученных напитков достигает 2 лет при хранении в стеклянной бутылке коричневого цвета (при температуре хранения 20 °С).

Таблица 1

Влияние оклеивающих препаратов на качество осветления медового напитка

Препараты	Содержание микроорганизмов в $см^3$			Продолжительность оклейки, мин
	Дрожжи, $1 \cdot 10^6$	КМАФАнМ	Плесневые грибы	
До внесения препаратов	40	700	20	—
Рыбий клей	40	680	20	Более 60
Желатин	40	600	20	— « —
Бентонит	40	660	20	— « —
Бентонит +рыбий клей	32	460	17	30
Бентонит + желатин	26	375	12	30
Кизельзоль + желатин	38	507	19	50
Кизельзоль + рыбий клей	34	590	17	50
Кизельзоль + ПАА	0	18	0	15
Бентонит + ПАА	0	10	0	10

Таблица 2

Микробиологические показатели готового напитка при хранении (температура 20 °С)

Определяемые показатели	Нормативные документы на методы испытаний	Величина допустимого уровня	Длительность хранения, год	
			1	2
КМАФАнМ КОЕ/100 $см^3$	СанПиН 2.3.2.1078-01	Не более 5×10^2	Менее 10	Менее 10
БГКП в 10,0 $см^3$	СанПиН 2.3.2.1078-01	В 10,0 $см^3$ не допускается	0	0
Дрожжи и плесени, КОЕ в 100 $см^3$	СанПиН 2.3.2.1078-01	40	0	5
Потогенные микроорганизмы в 25,0 $см^3$	СанПиН 2.3.2.1078-01	В 25,0 $см^3$ не допускается	0	0

Список литературы

1. *Пономарева О. И., Яковлева И. Н.* Эффективность дрожжей различных штаммов при получении медовых напитков // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 68–73.

ВЛИЯНИЕ ЗАВАРКИ И СПОСОБА ЕЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ЧЕРСТВЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Л. И. Кузнецова*, Г. В. Терновский**

*СПб Ф ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии
**Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: grishter@yandex.ru

При выработке ржаных сортов хлеба улучшенного качества применяется заваривание части муки водой с температурой 95–97 °С (гидротермический способ). Полученный таким образом полуфабрикат — заварка, после осахаривания и охлаждения в дальнейшем используется для приготовления теста, опары, заквашенной (сброженной) заварки. Такая технология придает хлебу особый аромат и вкус, удлиняет сроки его хранения.

Сорта хлеба — бородинский, ржаной заварной, московский, карельский, рижский и аналогичные им хлеба, имеющие высокие потребительские свойства и неизменно пользующиеся спросом у населения, были разработаны с учетом этой технологии.

В результате исследований, выполненных в Санкт-Петербургском филиале ГОСНИИ хлебопекарной промышленности, показана возможность получения сухой заварки путем термопластической экструзии разных сортов ржаной и пшеничной муки. Разработана и согласована в установленном порядке нормативная документация на заварку сухую (ТУ 9293-007-11163857-97), а технология ее получения защищена патентом РФ. Технология по производству заварных сортов хлеба с использованием сухих, в том числе комплексных заварок, внедряется на хлебопекарных предприятиях не только России, но и Белоруссии, Литвы, Украины.

Исследования по выявлению влияния заварки и способа ее приготовления на процесс черствения проводили при хранении хлеба заварного кориандрового. Тесто готовили на комплексной закваске, содержащей 25 % ржаной муки (в т. ч. солод) в виде заварки, приготовленной традиционным гидротермическим способом и путем термопластической экструзии (сухая заварка — мука набухающая). Кроме того, замешивали тесто без заварки с подкислением его традиционной густой закваской, содержащей 25 % ржаной муки от общего количества ее по рецептуре.

После выпечки образцы хлеба охлаждали, упаковывали в полипропиленовые пакеты и хранили при комнатной температуре в течение 22 суток (504 часа). В процессе хранения в мякише выпеченных образцов контролировали содержание массовой доли влаги, крошковатость, реологические показатели (сжимаемость, пластичность), а также микроструктуру. По физико-химическим и органолептическим показателям образцы хлеба соответствовали требованиям ТУ 9113-009-11163857-98.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в процессе хранения массовая доля влаги в хлебе, выработанном с применением заварок, снижалась медленнее, чем в хлебе без нее. Крошковатость хлеба без заварки увеличивалась с 2 до 5,4 %, а с заварками — с 1,3 до 4,4 % в конце хранения.

Показатель сжимаемости мякиша у хлеба без заварки в первые 24 часа хранения был более высоким по сравнению с образцами на разных заварках. За 96 часов хранения его величина у хлеба без заварки снизилась на 47 %, а у образцов с традиционной и сухой заварками только на 18 % и 12,5 % соответственно (рис. 1, а).

У хлеба с заварками величина показателя пластичности мякиша (рис. 1, б), являющегося качественным показателем динамики процесса черствения, выше, чем у хлеба, приготовленного без применения заварки. Изначально высокий показатель относительной пластичности (рис. 1, в) у образцов с заварками указывает на то, что хлеб будет дольше сохранять свежесть (медленнее черстветь), чем хлеб без заварки, так как известно, что величина относительной пластичности в процессе хранения только уменьшается. Вследствие того, что хлеб без заварки после 96 часов хранения стал достаточно крошащимся и по органолептической оценке был признан черствым, а показатель сжимаемости его мякиша был самым низким из исследуемых образцов, проведение расчета показателя относительной пластичности через 264 и 504 часа хранения было признано нецелесообразным, так как его изменение носит несвойственный для свежевыпеченного (нечерствого) хлеба характер.

Исследование микроструктуры мякиша в процессе хранения с помощью сканирующего электронного микроскопа показало, что при хранении крахмальные гранулы сжимаются, появляются «складки» на их оболочке (на рис. показаны стрелками), но динамика этих изменений для образцов различна (рис. 2). На фотографиях хлеба с заварками (рис. 2 а, б) через 504 часа (21 день) хранения видно незначительное сжатие оболочки, тогда как на снимке образца без заварки (рис. 2, в) видно существенное сжатие оболочек (появление «складок») уже через 96 часов (4 дня) хранения.

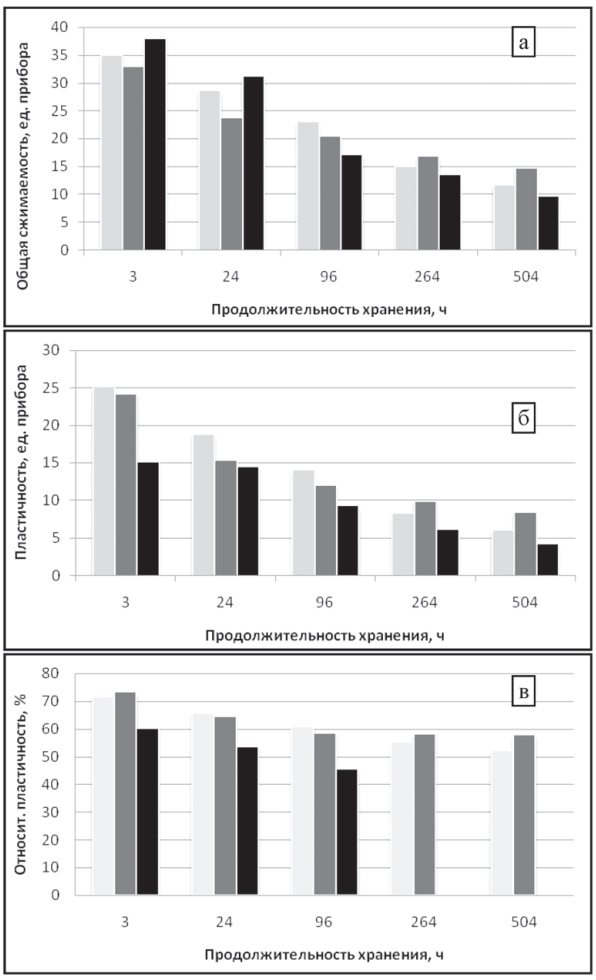


Рис. 1. Влияние способа приготовления заварки на изменение сжимаемости (а), пластичности (б) и относительной пластичности (в) мякиша в процессе хранения хлеба без заварки (■) и с заваркой, приготовленной традиционным гидротермическим способом (□) и методом термопластической экструзии

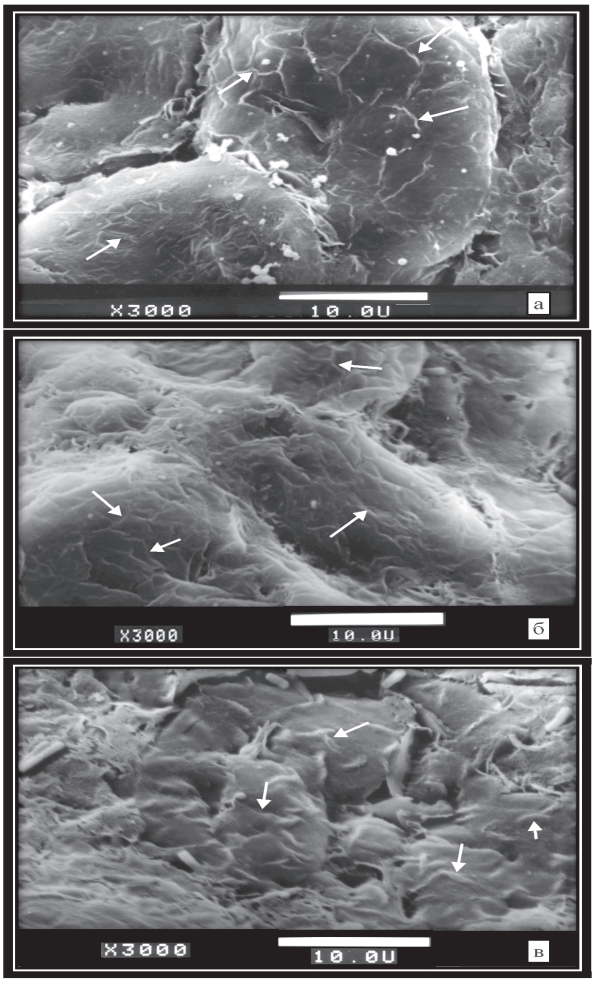


Рис. 2. Изменение в процессе хранения микроструктуры мякиша хлеба с традиционной (а) и сухой (б) заваркой через 21 день, без заварки через 4 дня (в)

Таким образом, анализ органолептических, физико-химических показателей, а также микроструктуры мякиша хлеба показывает, что применение заварки не зависимо от способа ее приготовления обеспечивает замедление процесса черствения заварного хлеба по сравнению с хлебом приготовленным без заварки, но при прочих равных условиях хлеб остается более свежим при применении сухой заварки по сравнению с хлебом на традиционной заварке. До 4-х суток хранения более свежий мякиш у хлеба приготовленного на традиционной заварке, а уже через 11 и 21 день хранения хлеб на сухой заварке имеет лучшие показатели — общей сжимаемости, пластичности и относительной пластичности. Т. е. в хлебе, приготовленном с применением сухой заварки с увеличением сроков хранения процессы черствения замедляются, о чем свидетельствуют изменения в микроструктуре мякиша.

ПРИМЕНЕНИЕ ШТАММА ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ А12 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗАЛКАГОЛЬНОГО ПИВА

В. Г. Оганнисян

ООО «СИТИК»
E-mail: vaagn-hovhannisya@rambler.ru

Одним из способов получения пива с низким содержанием алкоголя является использование штамма дрожжей, характеризующегося наименьшей бродильной активностью, в результате чего уменьшается доля олигосахаридов, идущих на образование этанола. Было показано, что такими свойствами обладают дрожжи низового брожения штамма А12 из коллекции института биотехнологии (VTT — Финляндия) [1], которые через 12 суток потребили только 45 % сбраживаемых углеводов. Этот факт был вызван высокой флокуляционной способностью дрожжей А12.

Целью данных исследований являлось установление возможности использования нового штамма для получения безалкогольного пива. Контролем служило безалкогольное пиво «Балтика 0», при производстве которого применяли дрожжи низового брожения и метод диализа.

В экспериментах для производства пива использовали сусло, которое содержало 5,5 г/дм^3 моносахаридов, 17,2 — дисахаридов, 5,4 — трисахаридов и 23,0 — олигосахаридов с числом гликозидных остатков более трех. Таким образом только 2,8 % сухих веществ сусла было представлено сбраживаемыми углеводами.

Охмеленное сусло охлаждали до температуры 9 °С и перекачивали в бродильные танки. Расход посевного материала составлял 3 млн. клеток в см^3 сусла. Каждый день снимали осевшие в конусе аппарата дрожжи, что препятствовало автолизу клеток и накоплению в пиве нежелательных вкусо-ароматических веществ. После достижения концентрации этилового спирта 0,45–0,5 % об, пиво фильтровали и карбонизировали диоксидом углерода.

Через пять дней брожения, при достижении массовой доли СВ 4,9 %, температуру бродящего пива в течение 24 часов снижали до 3 °С и параллельно поднимали давление над слоем жидкости до 1 бара. Созревание и дображивание молодого пива длилось 5 сут.

Результаты анализов безалкогольного пива, полученного дрожжами штамма А12, и безалкогольного пива «Балтика 0» представлены в таблице.

Как следует из таблицы, пиво «Балтика 0» значительно отличается от экспериментального по массовой доле остаточного экстракта и его углеводному составу. В опытных вариантах олигосахаридов в два раза меньше, причем концентрация сбраживаемых углеводов составляет 13,7 г/дм^3 , в то время как в контрольных образцах эта величина достигает 32,1 г/дм^3, что придает продукту ощущение повышенной сладости.

Содержание вицинальных дикетонов (диацетила и пентандиона) и диметилсульфида (ДМС) в экспериментальном образце выше, чем в контрольном, но в обоих образцах их содержание не превышает порога ощущения (40 мкг/л).

В виду того, что физико-химические показатели не дают полную картину о пиве, так как в нем содержатся более 800 компонентов, которые каждый по отдельности и в сумме определяют органолептические свойства продукта, была проведена дегустация с участием квалифицированных специалистов-дегустаторов ОАО «Пивоваренной компании «Балтика».

Для описания органолептических свойств напитка использовали описательный тест сенсорного профиля вкуса и аромата пива.

Установлено, что за счет высоких значений концентрации сбраживаемых углеводов в контрольных образцах наблюдается повышенная, по сравнению с опытными вариантами, сладость и полнота вкуса. Главным недостатком экспериментального безалкогольного пива являлось присутствие суслового и зернового аромата, которые практически незаметны в безалкогольном пиве «Балтика 0», однако это связано не с штаммовыми характеристиками дрожжей, а с технологией процесса брожения, которое прерывается по достижении определенной концентрации этанола.

Таким образом, можно придти к заключению, что безалкогольное пиво полученное с применением дрожжей штамма А12, по своим физико-химическим и органолептическим свойствам соответствует безалкогольному пиву лучших отечественных образцов. Кроме того, при использовании штамма А12, в отличие от штаммов, обладающих высокой бродильной активностью, например штамма 34/70, легче контролировать процесс брожения до достижения требуемого значения концентрации этилового спирта, диапазон колебания которой находится в пределах 0,3–0,5 % об.

Физико-химические и органолептические показатели качества безалкогольного пива

Показатели	Единица измерения	Экспериментальное	«Балтика 0»
Действительный экстракт	%	4,48	7,5
Видимый экстракт	%	4,22	2,8
Содержание этилового спирта	% мас.	0,38	0,32
Величина pH	H^+	4,5	4,2
Титруемая кислотность	$см^3$ NaOH/100 $см^3$	1,9	2,1
Изогумулон	Ед. горечи (EBC)	17,6	17,0
Цвет	Ц. ед.	0,6	0,5
Олигосахариды в том числе:	$г/дм^3$	23,0	42,5
Трисахариды	$г/дм^3$	5,4	5,2
Мальтоза	$г/дм^3$	7,5	18,8
Глюкоза	$г/дм^3$	0,5	8,0
Фруктоза	$г/дм^3$	0,3	0,1
Диметилсульфид (ДМС)	$мкг/дм^3$	14	4
Диацетил	$мкг/дм^3$	35	20
Пентандион	$мкг/дм^3$	28	18

Список литературы

1. *Suihko M.-L.* VTT mikrobikokoelman panimopintahiivat Eripainos Mallas ja Olut, № 3. Pp. 69–77; № 4. Pp. 101–110.

ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ НИЗОВОГО БРОЖЕНИЯ НА БИОСИНТЕЗ СЕРОВОДОРОДА

Т. В. Меледина*, О. Б. Иванченко*, Е. А. Нестеренко*, И. Г. Вишняков**

*Санкт-Петербургский государственный институт низкотемпературных и пищевых технологий
**ОАО «Пивоваренная компания «Балтика»
E-mail: Meledina07@mail.ru

Интерес к сероводороду вызван тем, что это сульфосоединение имеет неприятный запах тухлых яиц. С другой стороны именно с сероводородом связано ощущение свежести пива. Разное восприятие этого соединения объясняется его концентрацией в пиве. При этом следует учесть, что порог его восприятия составляет 5 мкг/л.

Биосинтез сероводорода является генетически закрепленным признаком, т. е. взаимосвязан с деятельностью дрожжей, которые могут восстанавливать SO_2 в H_2S. Сероводород образуется в процессе брожения и может ощущаться в газе, выделяющемся при брожении, причем обнаружено несколько пиков концентрации H_2S в течение периода брожения, которые связаны с клеточным циклом развития дрожжей. Также отмечена прямая корреляция между синтезом глицерина и сероводорода. Синтез же глицерина в свою очередь зависит от массовой доли сухих веществ в сусле [1].

Интенсивность аэрации сусла влияет на концентрацию H_2S в пиве, в частности аэрация способствует повышению концентрации сероводорода в пиве. Наличие воздуха в ходе дображивания может не только повлиять на стабильность пива, но также увеличить концентрацию H_2S. Установлено, что в сусле, содержащем большое количество взвесей, увеличивается концентрация сероводорода.

Содержание H_2S во много раз может превышать порог ощущения в случае инфицирования пива посторонними микроорганизмами, например бактериями рода *Pectinatus.*

При исследовании метаболизма сероводорода у винных дрожжей отмечалось, что цистеин способствует синтезу H_2S, в то время как присутствие метионина, напротив, задерживает его образование. Такой же эффект достигался в присутствии витаминов B_6 и B_3 [2] . Некоторые другие аминокислоты, хотя и не содержат серу, но также способствуют образованию H_2S. К таким кислотам относятся аспарагиновая, глутаминовая, гистидин, орнитин, серин, треонин. Следовательно, синтез сероводорода зависит от химического состава ячменя, режимов солодоращения и затирания, которые влияют на аминокислотный состав солода и содержание в нем витаминов. Имеются сведения о том, что H_2S образуется при проращивании ячменя, затирании и кипячении сусла [2] .

Сероводород, являясь летучим веществом, частично удаляется с поднимающимися пузырьками диоксида углерода при брожении и созревании. Чем интенсивнее происходит брожение, тем меньше остается H_2S. Интересный факт был отмечен в виноделии, который заключался в том, что в вине, приготовленном путем быстрого брожения при высоких температурах, не обнаружено сероводорода [3].

В процессе хранения пива сероводород может вступать в реакции с различными соединениями продукта, образуя летучие низкомолекулярные меркаптаны, которые имеют сильный неприятный запах.

Таким образом содержание H_2S в пиве зависит от большого числа факторов, но больше всего его образование связано с ростом и размножением дрожжей. Следовательно штаммовые особенности и физиологическое состояние дрожжей играют решающую роль.

Целью данной работы являлось установление роли штаммов дрожжей низового брожения в биосинтезе сероводорода и изменение его концентрации в процессе хранения пива. В работе применяли 4 штамма дрожжей из зарубежных коллекций. Брожение, созревание и дображивание пива, а также съем дрожжей проводили в идентичных условиях.

Для определения концентрации H_2S использовали хроматомасс-спектометр, оснащенный пульсирующим пламенно-фотометрическим детектором.

Как видно на рис. 1, в течение процесса брожения характер кривых, отображающих динамику сероводорода, при использовании различных штаммов практически одинаков, причем максимальная концентрация достигается в период интенсивного размножения дрожжей. Для штамма Д это значение составляет 310 мкг/л, в то время как для дрожжей 34/70 — всего 120 мкг/л. Следует отметить, что скорость снижения уровня сероводорода в пиве также зависит от штаммовых особенностей дрожжей. Так в образцах пива, полученных с использованием штамма Д, снижение содержания сероводорода происходило более интенсивно, чем в трех других вариантах, в результате уже на третьи сутки брожения это количество составило 21 мкг/л.

Также наблюдались некоторые различия в конечной концентрации сероводорода в пиве. В свежем пиве, для производства которого применяли дрожжи штамма Д и Т, средняя концентрация H_2S составляла 11–12 мкг/л, а для двух других образцов 8–10 мкг/л. Кроме этого, установлено, что с увеличением числа генераций семенных дрожжей содержание сероводорода в пиве уменьшается (рис. 2).

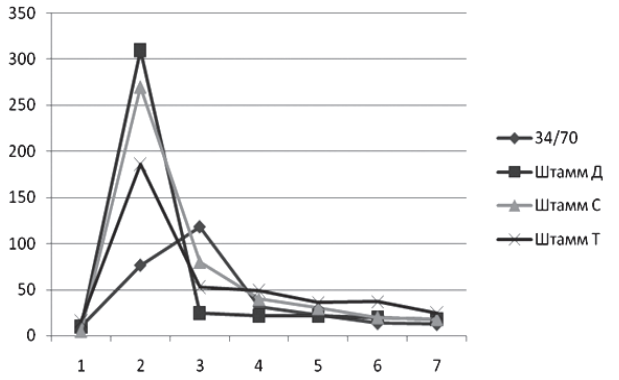


Рис. 1. Кинетика содержания H_2S в пиве при использовании различных штаммов дрожжей в первые семь дней брожения

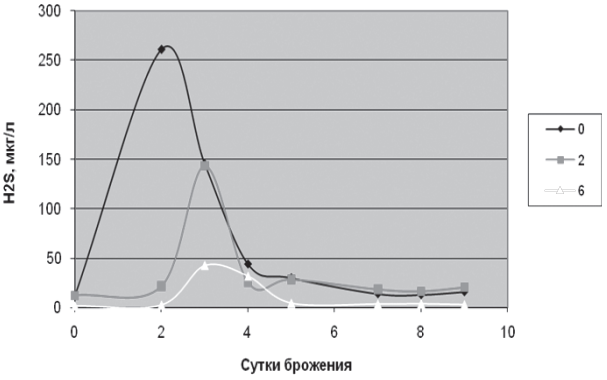


Рис. 2. Кинетика содержания H_2S в пиве во время брожения при использовании штамма 34/70 различных генераций

В процессе хранения пива в течение двух месяцев при температуре 20 °С содержание сероводорода постепенно уменьшается и достигает концентрации 5–7 мкг/л, т. е. достигает порога ощущения. При этом запах свежего пива исчезает и практически отсутствует различие в восприятии сернистого запаха в пиве, полученном с разными штаммами дрожжей.

Список литературы

1. *Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Лебедева Е. П., Черепанов С. А.* Глицерин — антистрессовый метаболит дрожжей S. cerevisiae // Вестник международной академии холода. СПб.–Москва, 2005. Вып. 2. С. 47–48.

2. *Wainwright T.* Production of H_2S by yeast; role of nutrients // J. appl. Bacteriol. 1971. 34, № 1. P. 161–171.

3. *Ruzie N.* Bioticko poreclo sumporvodonika u vina // Lb. Rad. Tahnol. Fak. Sad. — 1972. № 3. P. 147–152.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЗАТИРАНИЯ СОЛОДА НА СОДЕРЖАНИЕ ТРАНС-2-НОНЕНАЛЯ В ПИВЕ

Т. В. Меледина*, В. В. Соболев*, А. Т. Дедегкаев, Д. В. Афонин****

*Санкт-Петербургский государственный институт низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Meledina07@mail.ru
**ОАО «Пивоваренная компания «Балтика»
E-mail: ded@spb.baltika.ru

В процессе хранения пива происходит окисление липидов с образованием алифатического альдегида транс-2-ноненаля, который уже при концентрации 0,11 мкг/л придает пиву неприятный окисленный (бумажный, картонный) привкус и запах.

Присутствие липидов в пиве связано с использованием для его производства солода, в котором содержится некоторое количество липидов и жирных кислот, не израсходованных на синтез ростка и корешка.

Изменения, которые претерпевают липиды в процессе получения сусла, связаны с действием липазы и липоксигеназы. При этом режим затирания определяет синтез индикатора «старения» пива транс-2-ноненаля, образование которого может происходить двумя путями.

Первый путь. Благодаря действию липазы происходит распад триглицеридов на свободные жирные кислоты (ЖК) и глицерин. Свободные ЖК при участии липоксигеназы (LOX 1 или LOX 2) окисляются до гидропероксидов жирных кислот, которые являются прекурсорами в синтезе транс-2-ноненаля.

Второй путь. Сначала при участии LOX 2 из липидов образуются липидгидропероксиды, которые расщепляются липазой до гидропероксидов жирных кислот, и далее процесс идет также как в первом случае. Следовательно, общим исходным метаболитом в обоих направлениях реакций являются гидропероксиды жирных кислот.

Воздействовать на процесс образования гидропероксидов жирных кислот и транс-2-ноненаля можно с помощью регулирования активности ферментов. Особый интерес с точки зрения вкусовой стабильности представляет липоксигеназа (LOX 1 и LOX 2). LOX 1 присутствует в зерне, в то время как LOX 2 образуется во время солодоращения. Следует подчеркнуть, что липоксигеназа окисляет с достаточной скоростью лишь линолевую ($C_{18:2}$) и линоленовую кислоты ($C_{18:3}$) [4]. Это существенно, т. к. на долю линолевой кислоты в ячмене приходится 50–70 % жирных кислот. Линоленовой кислоты значительно меньше, примерно в 10 раз. В результате образуются 9-(9-LnOOH) или 13 (13-LnOOH) — линолгидроксипероксиды, из которых образуются разные продукты.

Активность липоксигеназы, как и любого другого фермента, зависит от температуры и pH. Это следует учитывать при затирании. Так, липаза имеет максимальную активность как при 35 °С, так и при 65 °С, в то время как липоксигеназа (LOX 1 и LOX 2), проявляют свою активность при 35–50 °С. Таким образом при повышении температуры затора, а также при снижении pH до 5,1–5,2 активность липоксигеназы можно значительно понизить. Показано, что при pH 5,1 активность фермента приближается к 0, что положительно скажется на вкусовой стабильности пива [5].

Целью исследований являлось изучение влияния режимов затирания солода на содержание транс-2-ноненаля в свежем пиве и в пиве после хранения. Для этого создавали условия, препятствующие образованию и окислению жирных кислот.

Первый режим (контрольный вариант) представлял собой классический способ затирания, который начинается с температуры 52 °С.

Во втором режиме с помощью молочной кислоты pH промывных вод снижали до значения 5,1, при котором резко уменьшается активность липоксигеназы.

В третьем варианте опыта в затор добавляли галлотаннин, действие которого заключается в осаждении из сусла белков, увлекающих за собой жирные кислоты. Использовали галлотаннин (100 %) под торговой маркой *Brewtan* (Брютан) бельгийской фирмы *OmniHem*. Препарат взаимодействует с содержащими SH-группы кислыми белками при pH ниже 5,6 и осаждает их.

В четвертом режиме pH промывных вод понижали с помощью ортофосфорной кислоты.

При реализации пятого варианта опыта в сусло добавляли антиоксидант метобисульфит калия, который должен препятствовать окислению липидов.

В шестом варианте затирание начинали с 65 °С. При этой температуре снижается активность липазы и липоксигеназы, а также понижается растворимость кислорода в сусле. Кроме того длительность паузы в вирпуле уменьшали до 10 мин.

За исключением шестого варианта, где было изменено время пребывания охмеленного сусла в вирпуле, все последующие операции, начиная с фильтрации затора, во всех случаях проходили в идентичных условиях:

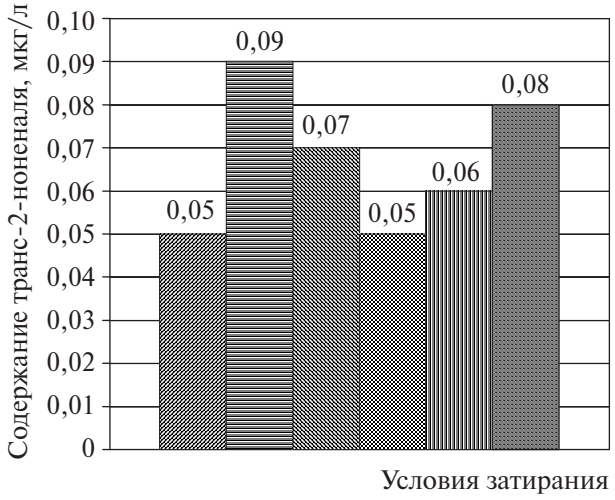


Рис. 1. Зависимость содержания транс-2-ноненаля от условий затирания (свежее пиво)

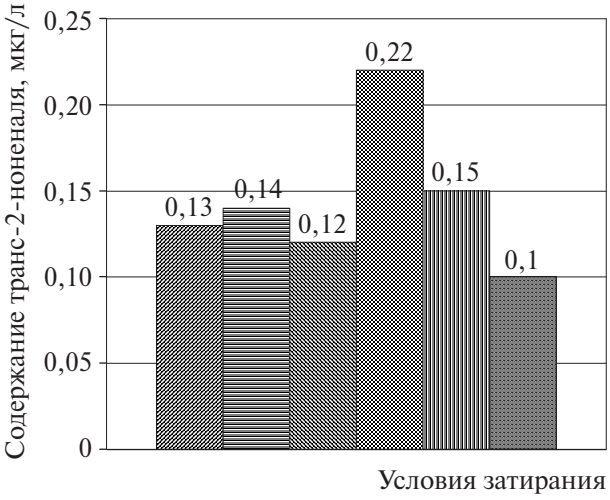


Рис. 2. Зависимость содержания транс-2-ноненаля от условий затирания (пиво после форсированного старения)

— фильтрацию затора осуществляли в суслосборник в течение 90–100 мин.;

— поступление сусла из суслосборника в сусловарочный котел проходило через нагреватель. В этот промежуток времени сусло нагревалось горячей водой до температуры 93–95 °С;

— кипячение сусла с хмелем проводили при умеренном избыточном давлении с помощью внутреннего кипятильника в течение 60–70 минут;

— отстаивание охмеленного сусла в вирпуле длилось в течение 20 мин. (в шестом варианте опыта — 10 мин);

— сусло охлаждали до температуры 11 °С и аэрировали;

— брожение проходило в ЦКТ (цилиндроконических танках) при температуре 14 °С в течение 4 сут., затем с целью восстановления диацетила процесс продолжали при 14–12 °С в течение 4–5 сут., после чего пиво охлаждали до 0–2 °С в течение 2 сут. и далее выдерживали при 0°С в течение 4–6 дней (холодная стабилизация);

— далее пиво фильтровали, пастеризовали при 28 ПЕ (единицы Пастера) и розливали в бутылки.

Содержание транс-2-ноненаля в пиве оценивали при помощи газовой хроматографии. Альдегиды разделялись в хроматографической колонке. Количественное содержание анализируемых компонентов определяли по величине площади соответствующих им хроматографических пиков с учетом предварительно проведенной градуировки методом внутреннего стандарта.

В работе использовали метод форсированного старения пива, рекомендуемый аналитикой Европейской пивоваренной конвенции (ЕВС) Старение пива производилось путем выдерживания образцов пива в течение 7 дней при температуре 0 °С и последующим выдерживанием в течение 7 дней при температуре 38 °С.

Результаты эксперимента приведены на рис. 1 и 2.

Анализируя данные опытов можно сделать вывод о том, что для повышения вкусовой стабильности пива, а именно снижения в нем содержания альдегида старения транс-2-ноненаля эффективнее всего

создавать неблагоприятные условия для окисления липидов путем проведения затирания начиная с температуры 65 °С и снижения паузы в вирпуле до 10 минут (6 режим затирания). После применения данной технологии содержание транс-2-ноненаля в состаренном образце оказывается ниже порога чувствительности (> 0,11 мкг/л).

Список литературы

1. *Ван де Меерше, Блокманнс, Деврю А. Машелейн*. Образование транс-2-ноненала при фотоокислении гидроксиоктадеценовых кислот Материалы 17-ого конгресса EBC. Берлин 1979. — С. 27–41.

2. *Kobayashi N., Kaneda H., Kuroda H. et al.* Simultaneous determination of mono-, di- and trihydroxy-acids in beet and wort. J. Inst. Brewing, 2000. V. 106. 2. Pp. 107–110.

3. *Bamforth C. W.* Wort cjmposition and beer Quality. In Brewing yeast fermentation performance. Edited by K. Smart. Blackwell Science. — 2003. P. 77–85.

4. *Кретович*. Биохимия растений. М.: Высшая школа. — 1986. С. 128.

5. *Нарцисс Л.* Технология солодоращения. СПб.: Профессия 2007. С. 400–404.

УДК 641.524.6:6913.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ С ПОМОЩЬЮ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Н. Т. Ветрова, О. Г. Тарбеев

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: mf@kemtipp.ru

Технология переработки сырья растительного происхождения в экстракты сопровождается процессами экстрагирования, деалкоголизации, концентрирования и другими которые относятся к тепломассообменным. Наиболее перспективным путем повышения эффективности таких процессов на современном этапе является их оптимизация. Поэтому большое значение имеет получение данных о физико-химических свойствах и теплофизических характеристиках изучаемых экстрактов. Поскольку эти данные необходимы при расчете процессов тепло- и массообмена, при выборе режимов работы, расчете конструктивных и технологических параметров оборудования.

Исследования физико-химических свойств и теплофизических характеристик экстрактов тысячелистника, определяли методами, получившими наибольшее распространение при исследованиях такого рода. Относительную плотность исследуемых экстрактов при заданной температуре определяли пикнометрическим методом. Для измерения динамической вязкости использовали стеклянные капиллярные вискозиметры ВПЖ-3 с диаметром капилляров 0,86 и 0,92 мм. Поверхностное натяжение экстрактов определяли разработанным академиком Ребиндером методом наибольшего давления пузырьков. Теплопроводность определяли сравнительным методом Христиансена. Значение удельной теплоемкости определяли колориметрическим методом.

Экстракты тысячелистника получали способом настаивания растительного сырья по общепринятой технологии (соотношение системы сырье экстрагент составляло $1 : 10$) с последующей деалкоголизацией и концентрированием до необходимого содержания сухих веществ и этанола.

Для получения функциональных зависимостей между тремя независимыми переменными — концентрацией сухих растворимых веществ (X_1), концентрацией спирта (X_2), температурой (X_3) и откликами — плотностью (Y_1), вязкостью (Y_2), поверхностным натяжением (Y_3), теплопроводностью (Y_4) и удельной теплоемкостью (Y_5) использовали множественный регрессионный анализ. Полученные опытные данные были обработаны на ЭВМ в среде статистического пакета «EXCEL — 97», в результате найдены статистические модели, описывающие физико-химические и теплофизические свойства экстрактов.

Для плотности (кг/м^3) экстрактов тысячелистника уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y_1 = 1028{,}23 + 2{,}42 \cdot X_1 - 1{,}514X_2 - 0{,}575X_3. \qquad (1)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что с увеличением температуры плотность экстрактов снижается, что вполне объясняется присутствием воды и спирта, плотность которых также снижается по мере возрастания температуры. С увеличением концентрации сухих растворимых веществ в экстрактах, плотность возрастает. Увеличение содержания спирта в экстракте приводит к снижению плотности, поскольку плотность спирта ниже, чем у воды.

Для динамической вязкости (в Па·с):

$$Y_2 = (1{,}07 + 0{,}128X_1 + 0{,}087X_2 - 0{,}732 \cdot 10^{-3}X_2^2 - 0{,}036X_3) \cdot 10^{-3}. \qquad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что с увеличением температуры вязкость экстрактов снижается. Это связанно с тем, что с повышением температуры звенья молекул высокомолекулярных соединений (полифенолов) получают возможность колебаться более энергично, и вязкость уменьшается. Повышение концентрации сухих веществ приводит к возрастанию вязкости. Влияние концентрации спирта на вязкость экстракта носит достаточно сложный нелинейный характер, объяснить который можно следующим образом. Поскольку зависимость вязкости спирта от его концентрации имеет также нелинейный характер (присутствует экстремум в области 45–55 % об.), поэтому в данном случае можно говорить о превалировании взаимодействия вода-этанол над другими веществами, содержащимися в экстракте.

Для поверхностного натяжения (в Н/м) экстрактов:

$$Y_3 = (45{,}106 - 0{,}323X_1 - 0{,}328X_2 - 0{,}106X_3) \cdot 10^{-3}. \qquad (3)$$

Уравнение (3) показывает, что величина поверхностного натяжения экстрактов тысячелистника, зависит от концентрации сухих веществ и температуры. Повышение температуры приводит к снижению поверхностного натяжения экстрактов. Поверхностное натяжение экстрактов уменьшается с ростом концентрации сухих веществ. Поскольку спирт относится к поверхностно-активным веществам, поэтому с увеличением его концентрации поверхностное натяжение снижается.

Уравнение регрессии в натуральном масштабе для коэффициента теплопроводности (Вт/м·К) экстрактов тысячелистника имеет вид:

$$Y_4 = (46{,}87 - 0{,}347X_1 - 0{,}212X_2 + 0{,}144X_3) \cdot 10^{-2}. \quad (4)$$

Проанализировав данное уравнение, можно сделать вывод, что с увеличением концентрации сухих веществ коэффициент теплопроводности уменьшается, что связано с присутствием в экстракте воды и спирта. В то же время с увеличением содержания спирта коэффициент теплопроводности уменьшается, так как теплопроводность спирта с увеличением его концентрации также уменьшается. С увеличением температуры коэффициент теплопроводности экстрактов возрастает.

Уравнение регрессии для расчета удельной теплоемкости (Дж/кг·К) экстрактов тысячелистника имеет вид:

$$Y_5 = 3886{,}23 - 15{,}748X_1 + 3{,}184X_2 + 3{,}418X_3. \quad (5)$$

Как следует из анализа уравнения, повышение температуры приводит к возрастанию удельной теплоемкости, что вполне объясняется присутствием воды и спирта, теплоемкость которых также возрастает по мере возрастания температуры. С увеличением концентрации сухих растворимых веществ удельная теплоемкость снижается. Повышение концентрации спирта приводит к увеличению удельной теплоемкости.

Полученные уравнения справедливы в следующих пределах: $X_1 = 7 \div 80$ % масс.; $X_2 = 0 \div 70$ % об.; $X_3 = 20 \div 50$ °С. Область изменения этих параметров обеспечивала в опытах граничные условия теплообмена, учитывая термолабильность экстрактов.

Таким образом, полученные расчетные зависимости физико-химических и теплофизических характеристик позволят получать продукты с заданными качеством и свойствами, а также осуществлять оптимальную организацию технологических процессов.

УДК 664, 31./36:665.3

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ЭМУЛЬГАТОРОВ

Е. В. Масленникова, Т. П. Юдина, Е. И. Черевач

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток
E-mail: jannym@mail.ru

Низкокалорийные эмульсионные продукты с содержанием жировой фазы до 40 % относятся к функциональным продуктам питания нового поколения и постепенно вытесняют с потребительского рынка традиционные высококалорийные майонезы [1]. Однако их производство связано с проблемой сохранения структурных свойств, поскольку снижение доли жировой фазы приводит к значительному уменьшению вязкости и слабой устойчивости эмульсионной системы. В связи с этим, при производстве низкокалорийных эмульсионных продуктов основное требование предъявляется к выбору эмульгатора, от функциональных свойств которого существенно зависят реологические параметры эмульсионной системы. Наиболее перспективными эмульгаторами для получения такого типа продуктов могут являться высокомолекулярные эмульгаторы — белки (сывороточные и соевые) и растительные сапонины. Они способны на границе раздела фаз образовывать прочные коллоидные слои, необратимый характер адсорбции которых обуславливает высокую устойчивость эмульсий, образованных на их основе [2].

Целью данного исследования явилось изучение структурно-механических характеристик в процессе производства и структурообразования различных видов эмульсионной продукции на основе водного экстракта колючелистника качимовидного (*Acanthophyllum gypsophiloides*), содержащего до 75 % сапонинов (от массовой доли сухих веществ).

Нами был проведен анализ реологических параметров и прочностных свойств низкокалорийных эмульсионных продуктов (30–40 % масла), консистенция которых значительно различалась в зависимости от массовой доли введенных в рецептуру наполнителей. Был исследован следующий ассортимент эмульсионной продукции при введении в рецептуру 1–3 % эмульгатора — экстракта колючелистника (ЭКК) с содержанием сухих веществ 7 %:

— соус низкокалорийный, который имел жидкую консистенцию за счет введения в рецептуру незначительных количеств загустителя (модифицированного крахмала) и наполнителя (сухого молока);

— паста майонезная закусочная, в рецептуре которой содержалось около 40 % наполнителя, был выбран нами в качестве среднего по густоте вида продукции;

— крем-паста десертная, которая отличалась плотной и одновременно пластичной консистенцией за счет введения в рецептуру стабилизатора (модифилан), наполнителя (кедровые орехи и сухое молока) и повышенного содержания эмульгатора (3 % ЭКК). Дополнительное введение эмульгатора способствовало формированию пластичной консистенции продукта.

Реологические свойства эмульсионных продуктов были оценены нами по кривым течения, которые позволили выявить зависимость степени разрушения структуры от скорости ее деформации, прочностные свойства — по модулям упругости и вязкости. Реологические характеристики определяли на ротационном вискозиметре РВ 8 системы Волоровича при температуре 18 °С и силе трения $3 \cdot 10^{-3}$ кг; прочностные характеристики на приборе RHEOLOGRAPH SOL–653 «TOYO SEIKI». Обработку данных проводили по модифицированной методике А. В. Горбатова, используя для описания кривых течения уравнение Гершеля-Балкли [3, 4].

Кривые зависимости эффективной вязкости и скорости течения эмульсионных продуктов от напряжения сдвига показали, что ЭКК образовывал структурированные системы, обладающие упругой деформацией до величины предельного напряжения сдвига (ПНС), выше которой наблюдалось течение, характерное для идеальных жидкостей. Вязкостные характеристики эмульсионных продуктов существенно зависели от массовой доли введенного наполнителя. Низкокалорийный соус обладал самой низкой степенью структурирования, поскольку имел низкое значение начальной вязкости (2,4 Па·с) и разрушение структуры наблюдалось в области малых напряжений сдвига (табл. 1). Крем-паста представляла собой самую структурированную и наиболее стабилизированную систему — она имела самые высокие значения начальной вязкости (2320 Па·с) и предела текучести (110–166 Па), характерные для такого типа продуктов.

Паста майонезная закусочная с содержанием 40 % наполнителя имела достаточно высокую степень структурирования и по своим реологическим свойствам практически не отличалась от столового майонеза «Провансаль» 65 % жирности. Величина начальной вязкости (35 Па·с) и предел текучести (21–61 Па) соответствовали подобным характеристикам для майонеза «Провансаль» — 36 Па·с и 12–82 Па [5].

Таблица 1

Реологические характеристики эмульсионных продуктов

Показатели	Низкокалорийный соус	Паста майонезная закусочная	Крем-паста десертная
Вязкость η_0, Па·с	2,4	35	2320
Вязкость $\eta_{\max}$, Па·с	0,5	5	25
Предел текучести, min, Па	10	21	110
Предел текучести, max, Па	30	61	166

Таблица 2

Коэффициенты уравнения Гершеля-Балкли для эмульсионных систем в процессе хранения

Час ПНС, Па	η пл, Па·с	В, Па·с	n	
Низкокалорийный соус				
1	5,3	0,285	0,523	0,464
24	8,2	0,529	0,825	0,344
Паста майонезная закусочная				
1	13,8	1,855	1,292	0,306
2	10,5	0,847	0,979	0,349
24	5,0	0,607	0,809	0,487
Крем-паста десертная				
1	75,0	21,755	2,632	0,113
2	123,0	0,747	2,474	0,076
24	92,0	0,561	2,081	0,091

Реологические характеристики эмульсионных продуктов согласуются с результатами исследования механической прочности систем. Наименьшей деформацией под действием механического воздействия обладала крем-паста, поскольку имела самые низкие модули упругости и вязкости. Наибольшее механическое разрушение структуры наблюдалось у соуса — продукта с самым низким значением вязкости. Его прочностные параметры соизмеримы с параметрами двухфазной модельной системы эмульгатор-масло. Паста майонезная закусочная занимала среднее положение по степени устойчивости структуры к механическому разрушению.

Структурно-механические характеристики эмульсионных продуктов коррелировали с органолептическими показателями: крем-паста имела кремообразную консистенцию, хорошо сохраняла свою форму и обладала пластичностью, легко мазалась.

Низкокалорийный соус представлял собой стабильную (агрегативная устойчивость 100 %) систему с консистенцией, свойственной данному виду продуктов. Паста майонезная закусочная имела мажущуюся, пластичную консистенцию, менее плотную, чем крем-паста.

Известно, что процесс структурообразования эмульсионных систем зависит от времени созревания продукта. В связи с этим, исследовали динамику структурообразования эмульсионных продуктов на основе растительного эмульгатора по изменению реологических параметров в зависимости от времени хранения систем в течение 1, 2 и 24 час. В качестве объективных критериев были выбраны наиболее важные реологические характеристики, служащие для оценки прочности эмульсионной структуры: зависимость эффективной вязкости от градиента скорости в системе двойных логарифмических координат, предельное напряжение сдвига (Па), значения пластической вязкости (η пл, Па·с), коэффициента консистенции (эффективная вязкость при скорости сдвига 1 $с^{-1}$, В) и индекса течения (n).

Рассматриваемые нами эмульсионные системы проявляли различную тенденцию к структурообразованию в процессе созревания. Так, вязкость низкокалорийного соуса возрастала со временем, что характерно для систем типа майонеза. Об упрочнении структуры соуса свидетельствует увеличение значений ПНС, коэффициента консистенции и уменьшение величины индекса течения (табл. 2). В отличие от соуса, паста майонезная закусочная и крем-паста проявляли тенденцию к размягчению структуры, поскольку со временем наблюдалась обратная зависимость вышеперечисленных показателей. Уменьшение вязкости, по-видимому, может быть вызвано высокой степенью влажности используемых наполнителей (влажность пасты майонезной закусочной составляла 65 %, кедровых орех — 9 % , модифилана — 92 %). Частичное разрушение структуры со временем за счет дополнительной влаги сопровождалось увеличением пластичности систем, что подтверждено органолептическими показателями. Для крем-пасты также наблюдалось снижение липкости.

Таким образом, водный экстракт колючелистника способен образовывать устойчивые эмульсии в широком диапазоне вязкости — от 2,4 до 2320 Па·с и может быть рекомендован в качестве перспективного эмульгатора для получения низкокалорийных эмульсионных продуктов с различными структурно-механическими характеристиками. Пищевые системы на его основе обладали вязкостными и прочностными параметрами, значения которых соизмеримы с таковыми для подобного типа эмульсионных продуктов, полученных на основе традиционных эмульгаторов — сывороточных белков и яичного порошка. Отмечена различная тенденция структурообразования в процессе созревания — у жидких соусообразных эмульсионных систем типа майонеза со временем наблюдалось формирование прочной структуры, в то время как у вязких пастообразных продуктов происходило увеличение пластичности и снижение липкости.

Список литературы

1. Российский рынок майонезов. По материалам аналитиков компании «Балтимор» // Масложировая промышленность. 2004. № 4. С. 41.

2. *Абрамзон А. А.* Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. — Л.: Химия. 1981. С. 260–267.

3. *Горбатов А. В.* Реология мясных и молочных продуктов. — М.: Пищевая пром-ть, 1979. — 384 с.

4. *Горбатов А. В., Косой В. Д., Виноградов Я. И.* Гидравлика и гидравличесчкие машины для пластично-вязких мясных и молочных продкуктов. — М.: ВО Агропромиздат, 1991. — 176 с.

5. *Шмидт А. А., Дудина З. А., Чекмарева И. Б.* Производство майонеза. — М.: Пищевая пром-ть, 1976. — 134 с.

УДК 664: 346

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ЭМУЛЬСИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ЭМУЛЬГАТОРА

Т. А. Сидорова, Е. В. Масленникова, Е. И. Черевач, Т. П. Юдина

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток
E-mail: tasidorova@gmail.com

Пищевые эмульсии представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из нескольких несмешивающихся ингредиентов. В зависимости от вида эмульсионного продукта в его рецептурный состав сходят разнообразные по химической природе вещества, способные влиять на реологические свойства и устойчивость эмульсии — эмульгаторы, стабилизаторы, наполнители и вкусоароматические добавки.

Первостепенное значение при производстве пищевых эмульсий имеет вид и способ подготовки эмульгатора, который, концентрируясь на поверхности раздела фаз, способен снижать поверхностное натяжение и тем самым стабилизировать и структурировать эмульсионную систему при ее производстве и дальнейшем хранении. Особую актуальность эта проблема приобретает при создании низкокалорийных эмульсий с содержанием дисперсной фазы ниже 40 %, обладающих низкой вязкостью и слабой устойчивостью.

В настоящее время все большее предпочтение отдается природным, натуральным эмульгаторам, которые помимо функциональных свойств проявляют биологическую активность. Среди них особое место занимают сапонины — растительные поверхностно активные вещества (ПАВ), обладающие широким спектром биологического действия.

Известно использование водного экстракта корней мыльнянки *Saponaria officinalis L.* (ЭКМ), содержащего до 73 % сапонинов (на сухие вещества) в качестве высокоэффективного эмульгатора для производства низкокалорийных кремов, десертных и закусочных паст и др. Критическая концентрация мицеллообразования сапонинов *Saponaria officinalis L.* составляет 0,68 мг/мл (в воде), что позволяет рассматривать его как потенциальный природный эмульгатор.

Для получения устойчивых низкокалорийных эмульсий необходимо использование стабилизаторов. Одним из перспективных стабилизаторов является биогель ламиналь — природный энтеросорбент, выводящий из организма радионуклиды, тяжелые металлы и токсины. Биогель ламиналь получают из экологически чистой, высококачественной ламинарии японской (*Laminaria japonica*) методом модификации альгината в клеточных структурах водоросли. Ламиналь содержит 6–8 % сухих веществ, в состав которых входит альгиновая кислота (5–6 %) в форме альгината натрия-кальция, а так же минеральные вещества: молибден, марганец, железо и др.

Для создания ассортимента соусов майонезных нами был разработан комплексный эмульгатор-стабилизатор (КЭС) на основе ЭКМ, интродуцированной в почвенно-климатических условиях Приморского края, с содержанием сухих веществ 7 % и биогеля ламиналь в соотношении 1 : 4. КЭС имеет следующие эмульгирующие свойства: точка расслоения — 116 мл (определяли по объему добавленного растительного масла, при котором происходит отслоение жировой фазы эмульсии); эмульгирующая способность — 7,7 (отношение максимальной доли эмульгированного масла к доле эмульгатора в системе); стойкость эмульсии — 100 % (определяли по ГОСТ 30004.2-93). Таким образом доказанные экспериментально высокие эмульгирующие свойства, что позволяет использовать КЭС в технологии соусов майонезных.

Состав разработанных соусов майонезных на основе КЭС представлен в табл. 1.

Соусы майонезные изготавливали по традиционной технологии. КЭС взбивали на вертикальном перемешивающем устройстве серии WiseStir при скорости вращения 3000 об/мин до равномерного смешивания ЭКМ и ламиналя, далее тонкой струйкой вводили растительное масло до получения стабильной эмульсии. В полученную эмульсию тонкой струйкой вводили растворенные в воде остальные ингредиенты, в соответствии с разработанной рецептурой, затем при постоянном перемешивании добавляли уксусную кислоту. Опытные образцы соусов майонезных были расфасовывали в стеклянные банки с винтовой крышкой «tvist-off» массой нетто 100 г и хранились в холодильной камере при температуре (4 ± 2) °С в течение 75 суток.

По органолептическим показателям соусы майонезные на основе ЭКМ имели однородную сметанообразную консистенцию с единичными пузырьками воздуха, светло-кремовый цвет, пряно-майонезный вкус и запах, без посторонних привкусов.

Физико-химические показатели соусы майонезные представлены в табл. 2.

Таблица 1

Состав соуса майонезного «Любимый», на 100 г

Компоненты	Массовая доля компонентов, %
	Низкокалорийный
Масло растительное	35
КЭС	12
Ксантановая камедь	0,5
Молоко сухое обезжиренное	1,6
Горчичный порошок	0,75
Сода пищевая	0,05
Сахар-песок	1,5
Соль поваренная	1,0
Уксусная кислота 80 %-ная	0,55
Вода	47,05
ИТГО	100

Таблица 2

Физико-химические показатели соуса майонезного «Любимый»

Наименование показателя	Низкокалорийный
Массовая доля, %: влаги	49,5±2,14
белка	0,95±0,02
жира	36,78±2,55
Кислотность в пересчете на уксусную, %	0,54±0,02
Стойкость эмульсии, процент неразрушенной эмульсии	100

Результаты микробиологических исследований свидетельствовали, что санитарно-гигиенические показатели опытных образцов соусов майонезных не превышали допустимых норм, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 в течение 60 суток хранения при температуре (4 ± 2) °С.

Органолептические показатели качества опытных образцов соусов майонезных в течение 60 суток хранения также существенно не изменялись. Структура эмульсии оставалась однородной, без признаков расслоения.

Таким образом, на основе растительного эмульгатора-стабилизатора разработана технология низкокалорийного соуса майонезного «Любимый» с высокими органолептическими показателями, прочностными свойствами и микробиологической стойкостью в течение всего гарантийного срока хранения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНУЛИНА И ОЛИГОФРУКТОЗЫ НА СОХРАНЕНИЕ СВЕЖЕСТИ БИСКВИТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

С. Я. Корячкина, Т. Н. Лазарева

Орловский государственный технический университет
E-mail: Tata_85@inbox.ru

Мучные кондитерские изделия, в том числе бисквитные, пользуются большим спросом у населения. Это обусловлено высокими вкусовыми достоинствами изделий, приготовленных на основе бисквитных полуфабрикатов. Одним из показателей качества бисквитных полуфабрикатов является сохранение ими свежести в процессе хранения. В связи с этим, производители ведут активный поиск безопасных пищевых добавок, позволяющих снизить скорость черствения изделий.

Известно, что такие пищевые добавки как инулин и олигофруктоза, являющиеся натуральными растительными волокнами и обладающие высокой водосвязывающей и влагоудерживающей способностями, практически не применяются в мучных кондитерских изделиях. Таким образом, исследование влияния инулина и олигофруктозы на изменение качественных показателей бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения является весьма актуальной задачей.

Целью исследования являлось изучение качества и сохраняемости бисквитных полуфабрикатов, выработанных с применением натуральных пищевых волокон — инулина и олигофруктозы.

Для исследования использовали пищевые ингредиенты, произведенные Бельгийской фирмой BENEO-Orafti:

— порошок Beneo™ ST, представляющий собой стандартную форму инулина, получаемый экстракцией из корня цикория и являющийся смесью олиго- и полисахаридов, состоящих из фруктозных звеньев, соединенных между собой связями $\beta(2-1)$;

— порошок Beneo™ P95, в основном состоящий из олигофруктозы, производимый частичным ферментативным гидролизом инулина из цикория и являющийся смесью олигосахаридов, состоящих из фруктозных звеньев, соединенных между собой связями $\beta(2-1)$;

— порошок обогащенного инулина Beneo™ Synergy 1, имеющего тщательно подобранное распределение степени полимеризации и являющийся комбинацией молекул инулина из цикория с выбранной длиной цепи, обогащенной специфической фракцией олигофруктозы, произведенной частичным ферментативным гидролизом инулина.

Объектами исследований являлись:

— контрольные образцы — бисквитные полуфабрикаты, приготовленные по классической технологии и рецептуре;

— опытные образцы бисквитных полуфабрикатов с пищевыми добавками: Beneo™ ST, Beneo™ P95 и Beneo™ Synergy 1, приготовленные следующим образом. Порошок инулина или олигофруктозы смешивали с водой температурой 20 °С в соотношении 3 : 2 и выдерживали при температуре 25–30 °С в течение часа. Полученный гель вводили в яично-сахарную смесь перед взбиванием, заменяя часть сахара и меланжа инулином или олигофруктозой. Время получения устойчивой пены при этом сокращалось до 15–18 минут.

Также порошок инулина или олигофруктозы вводили при замесе теста в смеси с мукой и крахмалом. Выпечку полуфабрикатов вели по классической технологии.

Образцы выпеченных бисквитных полуфабрикатов выстаивались в течение 8 часов и хранились при температуре 18–25 °С и относительной влажности воздуха 70–75 % в течение трех суток.

О степени черствения бисквитов судили по изменению их влажности (рис. 1), массы (рис. 2) и структурно-механических показателей мякиша, измеряемых на приборе «Структурометр СТ-1М».

Анализируя полученные данные, можно отметить, что наибольшие изменения влажности, массы и структурно-механических показателей бисквитных полуфабрикатов в течение трех суток хранения происходили в контрольном образце. Так, влажность контрольного образца снизилась за время хранения в 2,5 раза, бисквита с Beneo™ ST — в 1,5 раза, бисквита с Beneo™ P95 — в 1,7 раза, а бисквита с Beneo™ Synergy 1 — в 2,0 раза.

Как видно из рис. 2, наибольшие потери массы наблюдаются в течение первых 8 часов хранения, т. е. в период выстаивания бисквитных полуфабрикатов после выпечки. Так за первые 8 часов после выпечки масса контрольного образца снизилась на 13,84 %, бисквита с Beneo™ ST — на 12,97 %, бисквита с Beneo™ P95 — на 10,59 %, бисквита с Beneo™ Synergy 1 — на 9,85 %. Это объясняется тем, что сразу же после выхода из печи начинается остывание и усыхание (усушка) бисквитных полуфабрикатов вследствие испарения части влаги и легколетучих компонентов.

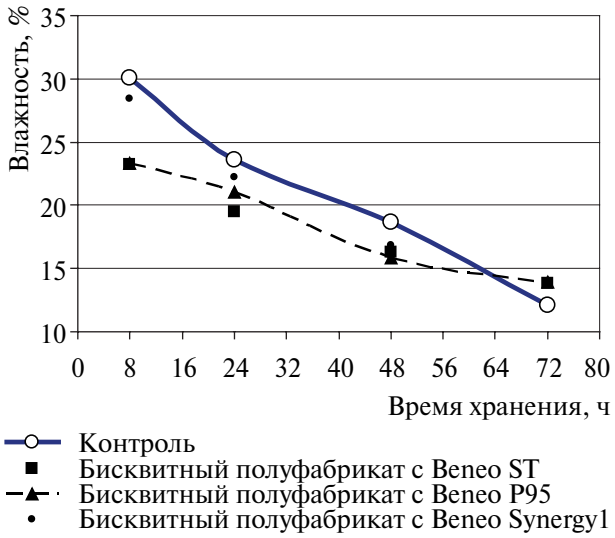


Рис. 1. Изменение влажности бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения

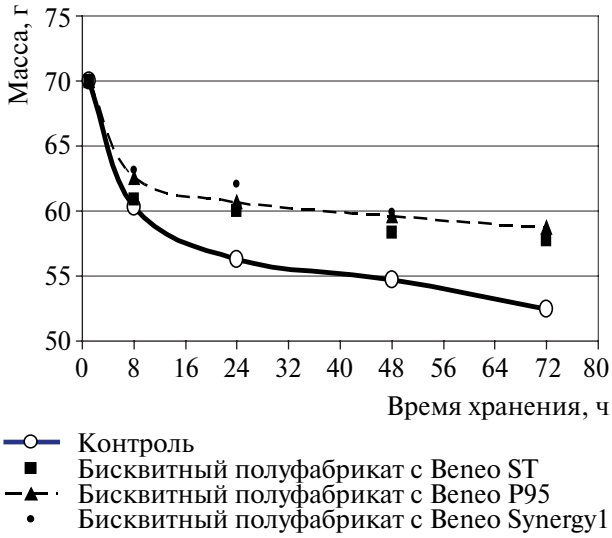


Рис. 2. Изменение массы бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения

Наряду с этим происходит и перераспределение влаги в полуфабрикатах за счет разности концентрации и температуры в их внутренних и внешних слоях. За 72 часа хранения масса контрольного образца снизилась на 25,13 %, бисквита с Beneo™ ST — на 16,68 %, бисквита с Beneo™ P95 — на 16,05 %, бисквита с Beneo™ Synergy 1 — на 16,62 %.

После 72 часов хранения общая деформация мякиша контрольного образца снизилась в 2,3 раза, в то время как опытных образцов — в 1,7–2,0 раза, т. е. опытные образцы медленнее изменяли свои структурно-механические показатели и имели меньшую скорость черствения.

Проведен сравнительный анализ качественных показателей бисквитных полуфабрикатов, хранившихся в упакованном и неупакованном виде при температуре 18–25 °С и относительной влажности воздуха 70–75 % в течение трех суток. Исследовано изменение массы, влажности и структурно-механических показателей мякиша бисквитных полуфабрикатов.

Установлено, что наличие упаковки положительно сказывается на сохранении свежести во время хранения как контрольного образца, так и бисквитных полуфабрикатов с добавлением инулина и олигофруктозы. Значения влажности и массы бисквитных полуфабрикатов, хранившихся в течение 72 часов в упакованном виде, выше соответственно на 5,2–17,6 % и 33–50 %, общей деформации — на 51,2–60,5 % по сравнению с образцами, хранившимися в неупакованном виде. Доказана, целесообразность хранения бисквитных полуфабрикатов с добавлением инулина и олигофруктозы (Beneo™ ST, Beneo™ P95 и Beneo™ Synergy 1) в упакованном виде, что способствует снижению скорости черствения бисквитных полуфабрикатов.

Таким образом, использование в производстве бисквитного полуфабриката пищевых волокон — инулина и олигофруктозы — снижает скорость их черствения, способствует сохранению качества и свежести изделий в течение всего срока реализации.

Список литературы

1. *Корячкина С. Я.* Новые виды мучных и кондитерских изделий. Научные основы, технологии, рецептуры [Текст] / С. Я. Корячкина. — Орел: Труд, 2006. — 496 с.

2. Raftiline® и Raftilose® — ингредиенты для функциональных продуктов питания // Пищевая промышленность, 2004. — № 9. — С. 100–101.

УДК 643.1/.7:641.447

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ВЫСУШЕННОГО ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

С. Н. Кравченко, О. В. Елькина, А. Н. Химич

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
E-mail: elkina-olga@mail.ru

В России, как и в других странах, отмечается устойчивая тенденция повышения интереса к потреблению пищевых продуктов с использованием дикорастущего растительного сырья.

В Кузбассе и по всей Западной Сибири произрастает достаточно сырья содержащего в своем составе широкий комплекс витаминов, белков, минеральных веществ, и обладающего высокими питательными, вкусовыми и лечебно-профилактическими свойствами. Из такого разнообразия растительного сырья большие перспективы имеет голубика, которая относится к числу наиболее ценных растений.

Не меньшую пищевую ценность представляют высушенные ягоды голубики, а также продукты их переработки. Объектами исследования являлись высушенные ягоды и выжимки голубики топяной произрастающей в Кемеровской области (урожай 2008 г.). Сушка осуществлялась при температуре 45–50 °С до содержания сухих веществ 86–88 %. Нами были исследованы химический, витаминный и минеральный составы высушенных плодов и выжимок голубики. Исследования показали следующее.

Растворимые сухие вещества (углеводы, органические кислоты, пектиновые вещества, витамины и др.) обуславливают вкус, цвет, аромат плодово-ягодного сырья. Наибольшая доля сухих веществ, приходится на углеводы, их содержание в высушенной ягоде составляет 45,4 г/100 г, в выжимках 18,3 г/100 г.

Органические кислоты принимают участие при хранении ягод, повышая их сохраняемость и обуславливая (совместно с сахарами) вкус. Они возбуждают секрецию поджелудочной железы, стимулируют перистальтику кишечника, обладают бактерицидным действием. В высушенной ягоде органических кислот около 7,0 %, в выжимках — 2,1 % (в пересчете на яблочную кислоту).

Содержание дубильных веществ в высушенной ягоде — 5,7 г/100 г, в выжимках — 13,4 г/100 г.

Пектиновые вещества являются полимерами углеводной природы, организмом человека они не усваиваются, но физиологическая их роль велика. Особый интерес представляет способность пектина образовывать нерастворимые комплексы с поливалентными металлами (железо, кобальт, цинк, олово, хром, стронций) и выводить из организма радиоактивные вещества. Количество пектиновых веществ в высушенной голубике 4,9 г/100 г, в выжимках — 13,1 г/100 г. Содержание клетчатки составляет 16,7 и 31,6 г/100 г соответственно.

Среди витаминов большую долю занимает витамин С. Его содержание в высушенной ягоде 121,5 мг/100 г, в выжимках — 24,0 мг/100 г, благодаря чему голубика является эффективным противоцинговым средством. Обнаружены витамины группы В, а именно, витамины B_1 и B_2. Они участвуют в регуляции углеводного обмена, положительно влияют на работу центральной нервной системы. Их количество в высушенной ягоде составляет около 0,13 мг/100 г соответственно, в выжимках около 0,10 мг/100 г соответственно. Содержание витамина РР в ягоде 2,6 мг/100 г, в выжимках — 1,6 мг/100 г, Кроме того, обнаружено содержание витамина К, который принимает участие в свертывающей системе крови. В высушенной голубике его количество составляет 1,85 мг/100 г, в выжимках — 1,25 мг/100 г, β-каротина — 2,1 и 0,82 мг/100 г соответственно.

Высушенные плоды голубики богаты такими ценными физиологически активными веществами, как фенольные соединения. Они уменьшают проницаемость и повышают прочность кровеносных капилляров, способствуют усвоению витамина С, участвуют в окислительно-восстановительных процессах, регулируют работу некоторых желез внутренней секреции (в первую очередь щитовидной). В последнее время доказано, что отдельным представителям группы биофлавоноидов свойственно противоопухолевое действие. Среди полифенолов в высушенных ягодах и выжимках голубики преобладают антоцианы (7775 и 2130 мг/100 г соответственно), лейкоантоцианы (1950 и 720 мг/100 г соответственно), катехины (980 и 371 мг/100 г соответственно), флавонолы (746 и 253 мг/100 г соответственно), что свидетельствует о высокой биологической ценности сырья.

Минеральные вещества входят в состав многих органических соединений — белков, жиров, ферментов и т. д. В организме животных и человека они обязательны при формировании всех тканей и органов, присутствуют в крови, пищеварительных соках и других жидкостях организма, участвуют в водном обмене, входят в состав некоторых эндокринных желез. Общее количество золы составляет в высушенной ягоде 2,0 г/100 г, в выжимках — 2,2 г/100 г.

Из макроэлементов в высушенной голубике и выжимках содержится большое количество калия, который обеспечивает требуемый уровень содержания воды в тканях, необходим для обеспечения мышечных и сердечных сокращений и т. п. Количество калия в высушенной ягоде составляет 336,8 мг/100 г, в выжимках — 158,0 мг/100 г.

Магний необходим для поддержания жизнедеятельности организма, участвует в процессе растворения и необходим для работы сердца и состояния всей мышечной системы. Содержание магния в высушенной голубике 35,8 мг/100 г, в выжимках — 22,8 мг/100 г.

Соединения фосфора входят в состав костей, белков и играют важную роль в энергетическом обмене клетки. От фосфора зависит усвоение магния и кальция. Количество фосфора в высушенной ягоде составляет 48,6 мг/100 г, в выжимках — 31,9 мг/100 г.

Кальций в организме человека практически полностью расходуется на построение и укрепление костей, участвует в процессах свертывания крови, регулирования водного и солевого обмена. Недостаток кальция в организме приводит к повышению хрупкости костей, появлению судорог. Содержание кальция в высушенной ягоде составляет 113,4 мг/100 г, в выжимках — 73,2 мг/100 г.

Количество натрия в высушенной голубике и выжимках составляет — 51,1 и 23,9 мг/100 г соответственно, железа — 106,8 и 70,0 мг/100 г соответственно.

Таким образом, полученные нами данные позволяют сделать вывод, что высушенные ягоды и выжимки голубики имеют высокие качественные характеристики и могут быть широко использованы в производстве функциональных продуктов питания.

УДК 641.002.33:65.012.8

ИННОВАЦИОННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ж. Т. Лесова*, Т. К. Егизбаева*, Р. К. Даминова*, Ж. Саидсултанова*, К. О. Баядилов*, Б. Б. Лесов, С. Ш. Хожамуратова****

*Институт молекулярной биологии биохимии им. М. А. Айтхожина
**АО «Алматинский технологический университет», Казахстан
E-mail: Zhaniha_lesova@mail.ru

Биотехнология растений в настоящее время имеет большое экономическое и социальное значение. Положительные результаты научных разработок биотехнологов открывают большие перспективы использования методов биотехнологии в улучшении качества пищевой продукции из растительного сырья.

В настоящее время в сельскохозяйственном секторе экономики Казахстана актуальные проблемы получения качественного растительного сырья для пищевой промышленности связаны с недостаточной устойчивостью существующих сортов и гибридов сельскохозяйственных растений к абиотическим и биотическим стрессовым воздействиям окружающей среды. Изменяющиеся почвенно-климатические условия, температурные перепады, различные заболевания приводят ежегодно к высоким потерям урожая. Использование в традиционной селекции сельскохозяйственных культур методов биотехнологии позволит решить проблемы получения устойчивых к фитопатогенам высокоурожайных форм растений, повышения качества сельскохозяйственной продукции, создания новых исходных форм, сохранения и увеличения генетического разнообразия.

Основные исследования биотехнологов направлены на улучшение существующих и создание принципиально новых генотипов сельскохозяйственных растений, обладающих единичной или комплексной устойчивостью к стрессовым факторам среды при сохранении и повышении продуктивности и качества. Распространение опасных заболеваний (грибных, вирусных, бактериальных) культурных растений, уничтожающих до 30–60 % (и более в годы эпифитотий) урожая, создали в Казахстане ситуацию, при которой потребность в обновлении сортовых ресурсов сельскохозяйственных культур на основе сочетания традиционных методов селекции и новых методов биотехнологии стала исключительно острой.

В республике посевы пшеницы, ячменя, кукурузы, риса, картофеля и овощных культур на огромных территориях поражаются комплексом различных фитоинфекций. Поражение посевов зерновых септориозом, фузариозом, корневой гнилью, ржавчиной приводит к накоплению в зерне опасных для здоровья людей и животных микотоксинов. В отдельные, влажные годы от этих инфекций теряется больше половины собранного урожая. Картофель и томаты повсеместно поражаются фитофторозом, фузариозом, что резко снижает урожай этих ценных продовольственных культур и приводит к большим потерям при хранении и понижает их товарные качества.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия, биотехнология растений приходит на помощь селекционерам в решении этих проблем [1, 2].

На основе фундаментальных и прикладных исследований ученых Казахстана, на основании разработок, изучения и использования мировых растительных ресурсов созданы уникальные сорта. Разработана и налажена эффективная технология получения клеточных систем (суспензионная, протопластная и каллусная культуры) различных видов сельскохозяйственных растений. Имеются положительные результаты по получению устойчивых к засолению и фитопатогенам форм растений с использованием стресс-агентов в культуре клеток. При проведении клеточной селекции с добавлением в питательную среду в условиях *in vitro* различных концентраций соли хлористого натрия имитировались условия засоления, полиэтиленгликоля — засухи. Полиэтиленгликоль, вытягивая воду из клеток, не проникает и не повреждает их. Условия патогенеза обеспечивались добавлением малых концентраций культурального фильтрата гриба *Fusarium solani*. Ступенчатый метод культивирования растительных клеток позволил выявить устойчивые клоны, которые были отобраны для дальнейшего культивирования и регенерации растений [3]. Успешная регенерация растений достигалась в условиях хорошей освещенности при 1300–1500 люкс и температуре 24–26 °С в светокультуральной комнате. В устойчивых клонах и растениях-регенерантах на основе биохимических анализов выявлено повышение защитных механизмов за счет усиления активностей ферментов-антиоксидантов.

Разработаны методы культивирования и регенерации растений пшеницы, риса, сои, сафлора, кукурузы и картофеля. Для повышения эффективности регенерации растений апробированы различные виды регуляторов роста растений [4].

Сотрудники имеют интеллектуальную собственность в виде технологии ускоренного получения исходного безвирусного материала картофеля, поддерживаемой коллекции картофеля отечественных и мировых сортообразцов в виде пробирочных растений, отобранных по комплексу хозяйственно ценных признаков и более 35 публикаций.

Использование метода размножения апикальной меристемы картофеля для получения оздоровленных от вирусов посадочного материала имеет большие перспективы в семеноводстве и получении качественной пищевой продукции.

В настоящее время проводится апробация безвирусных, устойчивых линий картофеля и пшеницы в производственных условиях фермерских хозяйств в различных почвенно-климатических зонах Казахстана.

На основе клеточной селекции получено 3 солеустойчивых линии, 4 жаростойких линии и 9 высокопродуктивных линий картофеля, 1 линия устойчивая к грибу фузариуму и 2 засухоустойчивых линии пшеницы.

Повышение устойчивости важнейших сельскохозяйственных культур как пшеница и картофель к различным стрессовым воздействиям внешней среды методами биотехнологии позволит сохранить урожай и обеспечить потребителей экологически чистой безопасной пищевой продукцией.

Список литературы

1. *James C.* Executive Summary of Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2005. ISAAA Briefs. № 34. ISAAA: Ithaca, NY.

2. The XVth Intern. Plant Protection Congress, Beijing, China, May 11–16, 2004.

3. *Лесова Ж. Т., Жумагелдинов Б. К., Мусалдинов Т. Б., Жардемали Ж. К.* Технология повышения устойчивости растений картофеля к стрессовым факторам внешней среды. Известия МОН РК, НАН РК. Серия биологическая и медицинская, Алматы, № 1, 2008. С. 37–42.

4. *Лесова Ж. Т., Егизбаева Т. К., Даминова Р. К., Халымбетова А. Е., Курманкулов Н. Б., Ержанов К. Б.* Влияние природных и синтетических регуляторов роста растений на рост и развитие безвирусных растений картофеля // Статья в материалах Межд. конф. «Биологические препараты в растениеводстве» Киев, Украина, 10–13 июня 2008. С. 63–65.

ЗЕРНО ГРЕЧИХИ КАК ПЕРСПЕТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ НАПИТКОВ БРОЖЕНИЯ

А. С. Троценко*, В. П. Корчагин*, Т. В. Танашкина*, А. Г. Клыков, Ю. В. Приходько***

*Тихоокеанский государственный экономический университет
**Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
E-mail: Trotsenkoa86@mail.ru

Гречиха — ценная продовольственная культура, характеризующаяся высокими питательными, вкусовыми и диетическими достоинствами. Она обычно используется в продуктах питания в качестве крупы и муки.

В среднем в зерне гречихи содержится белка около 11 %, жира — до 2 %, крахмала — до 70 %, сахара — 0,3 %, клетчатки — около 2 % и золы — 2,1 %. В ее состав входят органические кислоты (лимонная, малеиновая, щавелевая), которые способствуют лучшей усвояемости организмом питательных веществ. В ядре гречихи много фосфора, железа, меди, марганца и других микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности человека, а также витаминов, особенно рутина (25 мг %) [5, 6].

Гречиха уникальна по белковому составу. Она характеризуется по сравнению со злаками (ячмень, пшеница, рожь и др.), во-первых, значительным преобладанием фракций глобулинов и альбуминов, а, во-вторых, почти полным отсутствием глютена, так как практически не содержит проламинов и глютелинов. Последняя особенность позволяет использовать гречиху в питании больных целиакией. Известно, что глютен токсичен для людей больных целиакией, и единственным способом их лечения является исключение из рациона питания пшеницы, ржи, ячменя и всех получаемых из них продуктов, содержащих большие количества проламина. Поэтому из-за меньшего содержания глютена по сравнению с ячменем, пшеницей и рожью гречиха может применяться как диетический продукт для людей, страдающих целиакией [2, 5, 10, 11, 12].

В последние годы возник интерес к гречихе как к сырью для производства напитков брожения [2, 7, 10, 11, 12]. Из литературных данных известно о производстве пива как с использованием несоложеной гречихи [7], так и на основе 100 % гречишного солода [11]. Также в качестве рекламной информации сообщалось о выпуске гречишного пива «Толстяк гречишное» компанией «САН Интербрю».

Таким образом, использование соложеной и несоложеной гречихи для производства напитков брожения, таких как квас и пиво, позволяет, во-первых, увеличить ассортимент этой группы продуктов и, во-вторых, изготовлять диетические безглютеновые напитки.

Как известно, для солодоращения пригодно сырье, соответствующее определенным требованиям по технохимическим показателям, которые зависят от сортовых особенностей культуры, почвенно-климатических условий и агротехники [1, 8, 10]. В связи с этим целью данной работы являлось определение содержания белка в зерне различных сортов гречихи приморской селекции.

Объектом исследования служили образцы восьми сортов гречихи, полученных Приморским НИИ сельского хозяйства: При 7, Изумруд, Приморская 268, Приморская 312, Приморская 345, Приморская 356, Приморская 373 и Приморская 376. Первые два являются районированными сортами, остальные — находятся на стадии изучения.

Содержание белка в образцах зерна определяли методом Кьельдаля [3]. Результаты исследований, а также агротехническая характеристика анализируемых образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика приморских сортов гречихи

Сорт гречихи	Средняя урожайность, ц/га	Пленчатость зерна, %	Выход крупы, %	Белок, % от СВ
Приморская 268	9,4	19–21	78–80	14,05
Приморская 345	14,0	19–21	78–80	11,52
Приморская 373	8,8	19–21	78–80	12,65
Приморская 376	5,5	19–21	78–80	13,00
Приморская 7	10,0	20–22	77–79	12,39
Приморская 356	10,1	19–21	78–80	13,04
Приморская 312	12,0	19–21	78–80	12,88
Изумруд	14,0	23–24	78–79	14,21

Таблица 2

Химический состав зерна гречихи и ячменя (в % на сухое вещество) [1, 6]

Составные части зерна	Гречиха			Ячмень		
	Состав, %	Белок	Крахмал	Состав, %	Белок	Крахмал
Зерно целое	100,0	12,0	60,0	100,0	12,6	79,4
Оболочка	22,5	4,0	0,7	6,0	6,6	74,1
Зародыш	12,5	44,5	19,0	10,0	21,7	34,7
Эндосперм	60,0	9,0*	82,7*	84,0	12,4	85,0

* Рассчитано по процентному содержанию доли зародыша и эндосперма в ядре гречихи, 14,5 % и 85,5 % соответственно.

Сорт гречихи При 7 характеризуется высокими технологическими и крупяными качествами, устойчив к полеганию и осыпанию, а также отвечает современным требованиям сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности [9].

Сорт гречихи Изумруд отличается высокой устойчивостью к полеганию и осыпанию. Благодаря высокому содержанию рутина сорт пригоден для производства диетической крупы [9].

Данные сорта входят в группу ценных по качеству сортов Российской Федерации и включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Дальневосточном регионе [4].

Количественное определение белковых веществ, проведенное нами, показало, что исследованные сорта различаются по этому показателю (табл. 1). Минимальное их содержание отмечалось в зерне сорта Приморская 345 (11,52 %), максимальное — в зерне сортов Приморская 268 (14,05 %) и Изумруд (14,21 %).

Как известно, содержание белка является одним из важнейших показателей зерна при производстве солода. Оптимальными концентрациями для злаковых культур считаются 10–12 % на сухое вещество (СВ). Более высокое содержание затрудняет процессы солодоращения, поскольку белок, находящийся между крахмальными гранулами в эндосперме, плохо набухает и затрудняет переработку зерна в солод [1, 8].

Казалось бы, по аналогии со злаковыми культурами наилучшими сортами гречихи по для солодоращения можно было бы считать сорта Приморская 345 (11,52 %) и При 7 (12,39 %).

Однако, несмотря на то, что по химическому составу гречиха близка к зерну злаков, она имеет ряд существенных особенностей, так как является двудольным растением. В частности, размер, расположение зародыша и, соответственно, местонахождение запасных веществ в ее зерне существенно отличаются от злаковых культур [6, 11, 12]. Гречиха характеризуется особой структурой ядра: высокая доля зародыша по отношению к эндосперму. По данному показателю гречиха в два раза превосходит ячмень (табл. 2). Поэтому в зерне гречихи наибольшее количество белка приходится на зародыш (40–49 %) [6]. Это объясняет и более высокое содержание водорастворимых белков, которые, по-видимому, не будут препятствовать процессам солодоращения.

Таким образом, несмотря на высокие количества белка в приморских сортах гречихи, не следует делать однозначный вывод о непригодности их для производства солода.

Также следует учитывать, что высокая концентрация белка обратно коррелирует с содержанием крахмала, что может снижать экстрактивность солода [1, 8]. Поэтому необходимо провести технохимические исследования зерна гречихи в полном объеме и только после этого отобрать сорта пригодные для солодоращения. В дальнейшем наша работа будет проводиться в этом направлении.

Благодарность

Выражаем признательность главному специалисту Испытательного центра «Океан» ТГЭУ Бояровой М. Д. за помощь в работе.

Список литературы

1. *Булгаков Н. И.* Биохимия солода и пива. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 358 с.

2. *Бэмфорт Ч.* Новое в пивоварении: пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2007. — 520 с.

3. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию / Рос, комиссия РФ по использованию и охране селекционных достижений. — М., 1998.

5. *Казаков Е. Д.* Биохимия зерна и хлебопродуктов. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 512 с.

6. *Казаков Е. Д.* Зерновые с основами растениеводства / Е. Д. Казаков. — М.: Колос, 1973. — 288 с.

7. *Косминский Г. И., Моргунова Е. М., Лысенко Н. В.* Разработка технологии пива с использованием гречихи / Известия вузов. Пищевая технология. — 2004. — № 4. — С. 37–39.

8. *Меледина Т. В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. — СПб.: Профессия, 2003. — 299 с.

9. *Моисеенко Л. М., Клыков А. Г., Педоченко В. Ф., Тимошинов Р. В.* Селекция гречихи в Приморском НИИСХ / Достижения науки и техники АПК. — 2008. — № 6. — С. 10–12.

10. *Петрова Н. А., Иванченко О. Б.* Нетрадиционное низкоглютеновое сырье в технологиях специальных сортов пива / Пиво и напитки. — 2008. — № 6. — С. 38–41.

11. Optimization of a mashing program for 100 % malted buckwheat / H. H. Wijngaard, E. K. Arendt // Journal of the Institute of Brewing: — 2006. — № 112 (1). — P. 57–65.

12. The effect of steeping time on the final malt quality of buckwheat / H. H. Wijngaard, H. M. Ulmer, M. Neumann, E. K. Arendt // Journal of the Institute of Brewing: — 2005. — № 111 (3). — P. 275–281.

УДК 636.087.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина

УО «Могилевский государственный университет продовольствия», Республика Беларусь

При производстве крахмала используется сырье растительного происхождения, имеющее определенную кормовую ценность. В табл. 1 приводится кормовая ценность картофеля и кормов, полученных с использованием таких побочных продуктов крахмальных заводов, как мезга и клеточный сок [1, 2].

Видно, что уменьшение количества влаги в побочных продуктах или корме влечет за собой увеличение их кормовой ценности. Таким образом, сушка — один из вариантов увеличения кормовой ценности побочных продуктов, получаемых при производстве крахмала. Ранее нами было установлено, что лучшим вариантом сушки может быть конвективно-контактная сушка с элементами сорбционной сушки [3]. При сушке мезги это связано с тем, что оставшийся крахмал и другие вещества препятствуют испарению влаги из внутренних слоев высушиваемого продукта, образуя поверхностную корочку («каркас»), которую периодически следует нарушать. При сушке клеточного сока выпаривание влаги даже после предварительного центрифугирования длительно и неэкономично. Установлено, что в качестве сорбента следует использовать универсальный компонент, который может являться «загустителем», интенсивно поглощая влагу, и входить в состав многих кормов. В качестве «загустителя» после проведения ряда однофакторных экспериментов нами были выбраны пшеничные отруби.

Для разработки технологии переработки картофельной мезги и клеточного сока на кормовые цели (производство кормовых добавок) необходимо оптимизировать режимы конвективно-контактного (сорбционного) обезвоживания.

Для решения вопроса оптимизации использовали планирование эксперимента: полный факторный эксперимент 2^2 со звездой. Уровни варьирования и центр эксперимента выбраны на основании предварительных однофакторных экспериментов по смешиванию мезги с «загустителем» и определению питательной ценности полученных таким образом кормовой добавки.

Интервал варьирования факторов был принят из условия возможной области колебания каждого изучаемого фактора, для количества мезги равный 80–95 %, для количества пшеничных отрубей (О) — 5–15 %, времени сушки (τ) — 30–60 с. Для определения адекватности модели второго порядка использовались расчетные значения. Результаты опытов обработаны с использованием программы «Statgraf».

В качестве определяющих параметров определяли следующие показатели качества кормовой добавки: содержание белка, сырого жира, сырой клетчатки, крахмала, сахаров, кальция, фосфора и др. Для определения показателей качества сырья и кормовой добавки использовали стандартные методики.

Таблица 1

Кормовая ценность картофеля и кормов

Наименование корма	В 100 кг корма, кг			Количество на одну к. ед., кг	
	крахмальных эквивалентов	кормовых единиц	переваримого протеина	корма	переваримого протеина
Картофель	17,3	28,8	1,6	3,5	56,0
Мезга:					
— сырая	6,5	10,8	—	9,3	—
— сушеная	57,0	95,0	—	1,0	—
— прессованная	13,0	21,6	—	18,6	—
— силосованно-прессованная	16,5	27,5	—	3,6	—
Клеточный сок	0,3	6,6	1,8	15,3	28,0
Корм сырой:					
— с мезгой 90-% влажности	3,0	8,5	1,2	11,7	144
— с мезгой 80-% влажности	4,0	11,0	1,6	9,1	145

Таблица 2

Результаты оптимизации рецептуры кормовой добавки

Номер опыта	Количество отрубей, О, %	Время сушки, τ, мин	Влажность, %		
			до сушки	после сушки	
			на общую массу	на общую массу	на сухое вещество
1	0	0	92,30	92,30	48,00
2	15,0	32,5	79,90	46,53	31,75
3	5,0	5,0	88,17	65,39	39,54
4	25,0	5,0	71,63	59,46	37,29
5	5,0	60,0	88,17	30,79	23,54
6	25,0	60,0	71,63	27,24	21,41
7	0,9	32,5	91,59	49,64	33,17
8	29,1	32,5	68,20	40,00	28,57
9	15,0	-6,4	79,90	—	—
10	15,0	71,4	79,90	27,16	21,36
11	15,0	32,5	79,90	46,53	31,75

В табл. 2 представлены результаты оптимизации рецептуры кормовой добавки, полученной при смешивании мезги с пшеничными отрубями, по которым были построены карты Парето, поверхности отклика, контурные графики поверхности отклика и функции поверхности отклика.

Отмечено, что наименьшей влажности кормовой добавки после сушки соответствует 15–25 % загустителя в составе смеси (в данном случае — пшеничные отруби) и время сушки — 30–50 с.

Для более детального анализа области глобального максимума были построены контурные графики, на которых подтверждаются полученные результаты. Проведенный математический анализ позволил получить уравнения зависимости функции отклика от переменных факторов «М» и «О». Все члены уравнения дали значимые эффекты. На карте Парето это отражается в пересечении вертикальной линии, которая представляет порог 95 % доверительной вероятности. На графике «Поверхность отклика» можно определить, что наибольшую энергетическую ценность имеют смеси при количестве мезги 81–83 % и пшеничных отрубей — 17–19 %. Для более детального анализа области глобального максимума были построены контурные графики, на которых подтверждаются полученные результаты. При анализе результатов в программе «Statgraf» определено уравнение связи изучаемых факторов:

$$Y = 104{,}972 - 3{,}2678X_1 - 1{,}55075X_2 + 0{,}0849322X_1^2 + 0{,}00636364X_1X_2 + 0{,}0182087X_2^2 \quad \text{при} \quad R^2 = 0{,}93,$$

где Y — влажность, %; X_1 — количество отрубей, %; X_2 — время сушки.

Итак, определено оптимальное соотношение картофельной мезги и загустителя (пшеничные отруби) для получения кормовой добавки. После сушки при оптимальных режимах питательная ценность кормовой добавки на основе картофельной мезги повысится в 9–15 раз, а на основе клеточного сока в 50 раз.

На основании полученных экспериментальных данных по качеству сырых и сухих исследуемых компонентов составлены рецептуры и получены кормовые добавки на основе мезги и клеточного сока, которые можно вводить в состав комбикормов взамен зернового сырья, что позволит снизить их стоимость.

На последующем этапе исследований на основе этих рецептур изготовлены кормовые продукты, а затем проведено исследование их технологических свойств.

Замечено, что получаемые кормовые добавки обладают приятным запахом, что предположительно улучшит поедаемость корма. Это связано с тем, что вкусовые и ароматические показатели кормовых добавок имеют большое значение при скармливании животным (особенно молодняку).

Отмечено, что технологические свойства получаемых кормовых добавок отвечают современным требованиям рынка. При этом на данном этапе исследований особо следует выделить добавки кормовые на основе картофельной мезги, которая может быть использована для производства комбикормов и кормовых смесей для всех видов сельскохозяйственных животных. Эти добавки представляют собой мелкий однородный порошкообразный продукт серого цвета без плесенного, затхлого и других посторонних запахов.

При разработке кормовых добавок решено, что массовая доля влаги, жира, сырого протеина и других веществ может изменяться в зависимости от производственной необходимости.

Итак, анализ исследований, проведенных в лабораториях УО «МГУП», показал, что использование в составе кормовых добавок побочных продуктов крахмальных заводов (картофельной мезги, клеточного сока) возможно. При этом решается вопрос их утилизации, расширяется сырьевая база комбикормового производства и высвобождаются зерновые и другие ценные виды сырья. Оптимальное соотношение мезги и загустителя равно 81–83 %:17–19 %.

Список литературы

1. *Рукшан Л. В.* Проблемы утилизации побочных продуктов переработки крахмалопаточных производств / Л. В. Рукшан, Н. С. Старостенко, А. А. Ветошкина // Инновационные технологии в производстве пищевых продуктов: Сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., 2–3 окт., 2008 г., Минск / Науч.-практ. центр по продов., редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск: РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2008. — Ч. I. — 384 с. — С. 84–90.

2. *Рукшан Л. В.* Оценка качества отходов крахмалопаточного производства / Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина, Н. С. Старостенко // Экология и безопасность в техносфере: Материалы Всероссийской научно-технической интернет конференции, октябрь — декабрь 2008 г., Орел / Орел-ГТУ; редкол.: Ю. С. Степанов (отв. ред.) [и др.]. — Орел: ОрелГТУ, 2009. — 220 с. — С. 112–115.

3. *Рукшан Л. В.* Исследование процесса сушки побочных продуктов, получаемых при производстве крахмала / Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина, Н. И. Ширин // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. YII Междунар. науч.-техн. конф., 21–22 мая 2009 г., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. — Могилев: УО МГУП, 2009. — Ч. 1. — 326 с. — С. 174.

УДК 664.66/68

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТОФЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКИ

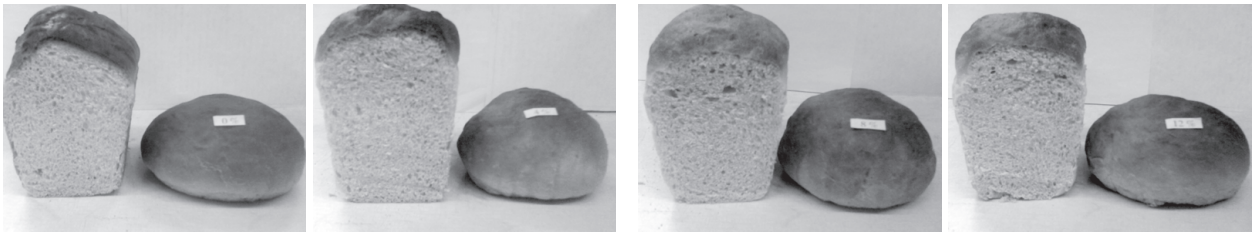
Л. В. Рукшан, Е. С. Новожилова, В. П. Логовская

Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

В последние десятилетия бурное развитие получила проблема восполнения недостатка грубой растительной пищи в рационе питания человека. В связи с этим во многих странах ведутся исследования строения, состава, свойств так называемых пищевых волокон, технологии их выделения из исходного растительного сырья, использования в качестве одного из компонентов при создании композиционных продуктов питания лечебного и профилактического действия. На сегодняшний день уже ни у кого не вызывает сомнения важность обеспечения достаточного содержания пищевых волокон в рационе человека. Достичь этого можно 2-мя путями: либо включением в диету овощей, фруктов, ягод, специальных сортов хлеба, либо изготовлением концентратов гомогенных и гетерогенных пищевых волокон и добавлением их в рецептуры различных изделий. Вторичные сырьевые ресурсы крахмалопаточной промышленности содержат полноценные белки, жиры, углеводы и минеральные вещества. Так, картофельная мезга содержит (в % к массе сухих веществ): 50 крахмала, 25 клетчатки; картофельный сок — 38,5 сырого протеина, кукурузный зародыш — 40 жира, глютен — 50–70 белка (зеина). Наличие этих веществ и определяет основное назначение пищевых добавок, полученных на их основе. Установлена возможность использования сухой мезги, именуемой далее как картофельная клетчатка (КК), в качестве добавки в продукты лечебного и профилактического питания, хлеб, кондитерские, мясные изделия и пищеконцентраты. Комбинированная добавка из сухой мезги, уваренного фильтрата и белкового концентрата (на основе сока картофельного) оказывает положительное влияние на качество и питательную ценность ржано-пшеничного хлеба. При этом наилучшие результаты получены при внесении в хлеб по 2,5 % сухой мезги и уваренного фильтрата и 0,5–1,0 % белкового концентрата. На основе картофельного сока получают сухой белок и белковые концентраты. Они используются после дополнительной обработки в производстве мясных изделий (фарш), в кондитерской промышленности (темные сорта конфет на основе помады, конфет типа «пралине»), в пищеконцентратной промышленности (обогатители овощных супов) и т. д. Сухой кукурузный глютен применяется в качестве сырья для производства пищевкусовых приправ (глутаминат натрия), пенообразователей, белковых паст [1].

Рис. 1. Зависимость удельного объема, формоустойчивости (Н/Д) и кислотности хлеба от количества картофельной клетчатки

Нами предпринята попытка получения картофельной клетчатки из отобранных с крахмальных заводов РБ образцов сырой мезги путем сушки конвективно-сорбционным способом [2]. Изучен химический состав сырой и сухой мезги. Как показали результаты исследований, содержание пищевых волокон, протеина, общего крахмала в пересчете на сухие вещества и другие характеристики сырой клетчатки практически совпадают с аналогичными показателями сухой клетчатки шведского производства «РОТЕХ». Объектами дальнейших наших исследований явились хлеб пшеничный из муки 1-го сорта, бисквит особый и крекер «Здоровье», при изготовлении которых часть муки заменяли картофельной клетчаткой в количестве 4 %, 8 и 12 %. Параллельно проводились подобные опыты по использованию сырой мезги. После выпечки выбранных изделий определяли показатели их физико-химических свойств и выход изделий. Замечено, что с увеличением количества вносимой картофельной клетчатки, продолжительность расстойки тестовых заготовок снижалась, так как интенсифицируются процессы брожения и кислотонакопления в тесте.



Контроль $КК_с$ = 0 % $КК_с$ = 4 % $КК_с$ = 8 % $КК_с$ = 12 %

Рис. 2. Внешний вид хлеба с использованием сырой картофельной мезги ($КК_с$)

При увеличении количества картофельной клетчатки при изготовлении хлеба наблюдалось увеличение практически всех показателей физико-химических свойств. Так, удельный объем и формоустойчивость (Н/Д) хлеба увеличивались (рис. 1), так как при внесении КК улучшаются структурно-механические свойства теста.

Кислотность теста и готового изделия также увеличивалась, так как КК является кислотосодержащим сырьем. При увеличении количества вносимой картофельной клетчатки, пористость хлеба увеличивалась за счет улучшения структурно-механических свойств и интенсификации процессов брожения. С увеличением количества КК выход хлеба увеличивался, так как картофельная клетчатка является дополнительно вносимым сырьем. Внешний вид хлеба представлен на рис. 2.

При изготовлении бисквита при добавлении картофельной клетчатки в количестве 4 % и 8 % удельный объем не изменялся, а при увеличении дозировки — снижался за счет механического разрушения пены и ее утяжеления. С увеличением количества вносимой добавки выход бисквита увеличивался, так как картофельная клетчатка являлась дополнительно вносимым сырьем.

При изготовлении крекера также наблюдалась похожая картина. Так, кислотность теста и готового изделия увеличивались за счет добавления кислотосодержащего сырья, а щелочность крекера соответственно уменьшалась. С увеличением количества вносимой КК, намокаемость готового крекера несколько уменьшалась за счет того, что вносимая добавка имеет в своем составе белок. С увеличением количества вносимой добавки, выход крекера увеличивался за счет дополнительно вносимого сырья.

Анализ полученных данных показал, что внесение картофельной клетчатки благоприятно влияет на физико-химические показатели качества, как полуфабриката, так и готовых изделий всех исследованных объектов. Органолептические показатели крекера «Здоровье» и бисквита особого остались практически без изменений. Однако вкус и запах хлеба пшеничного 1 сорта ухудшился при внесении добавки 8 % и более. Так как для покупателя органолептическая оценка является одной из главных характеристик изделия, то не рекомендуется выпускать хлеб с добавлением картофельной клетчатки более 8 %, несмотря на все преимущества для производителя.

Рекомендуемая дозировка КК для бисквита составляет не более 8 %, так как дозировка, превышающая это значение, уменьшает удельный объем выпеченного бисквита. При производстве крекера внесение добавки может составлять 4–12 %, так как такая дозировка значительно не влияет на органолептические и физико-химические показатели.

Экспериментально установлено, что возможно использование мезги, как в сыром ($КК_с$), так и сухом виде (картофельная клетчатка — КК) при изготовлении хлеба и ряда мучных кондитерских изделий. При этом, например, наличие в рецептуре хлеба пшеничного 1-го сорта, бисквита особого, крекера «Здоровье» картофельной клетчатки до 8 % практически не влияет на реологические свойства и гидратационную способность клейковины теста. Однако поверхность изделий становится более шероховатой и ухудшается цвет мякиша, но, благодаря повышенному содержанию пищевых волокон в продукте изделия можно рекомендовать для введения в рацион питания школьников [3]. Картофельную клетчатку можно считать новым перспективным сырьем для производства сухого печенья и расширения ассортимента мучных кондитерских изделий с лечебно-профилактической направленностью. Использование картофельной клетчатки в хлебобулочных изделиях позволит не только создавать изделия нового поколения, направленные на сохранение и улучшение здоровья, но и регулировать реологические свойства полуфабриката, обеспечивать улучшение отдельных показателей качества, а также регулировать пищевую ценность готовых изделий. Внедрение данных разработок позволит повысить пищевую, биологическую ценность изделий и рационально использовать побочные продукты пищевых производств. Кроме того, на предприятиях Хлебпрома РБ можно получить значительную экономию в результате замены импортной сухой картофельной клетчатки, которая стоит в настоящее время 4,5 $ за 1 кг, сырой или сухой картофельной клетчаткой отечественного производства.

Все вышеизложенное предопределяет необходимость проведения дальнейших глубоких исследований по развитию технологии получения и переработки картофельной клетчатки и получения на ее основе широкой гаммы пищевых продуктов лечебно-профилактического и диетического назначения, а также кормовых продуктов на основе мезги.

Список литературы

1. *Андреев Н. Р.* Прогнозные оценки развития крахмалопаточного производства / Н. Р. Андреев, К. Д. Лукин // Пищевая промышленность. 1999. — № 12. — С. 34–35.

2. *Рукшан Л. В.* Сушка вторичных продуктов крахмало-паточного производства / Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина // Современные технологии сельскохоз. производства: Материалы II междунар. науч.-практ. конф., 14–15 мая 2009 г., Гродно / УО «Гродненский государственный аграрный университет»; редкол.: Ж. И. Бородина (ст. корр.) [и др.]. — Гродно: УО ГГАУ, 2009. — 548 с. — С. 490.

3. *Новожилова Е. С.* Обогащение хлебобулочных и кондитерских изделий картофельной клетчаткой / Е. С. Новожилова, Л. В. Рукшан, В. П. Логовская и др. // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. VII Междунар. науч.-техн. конф., 21–22 мая 2009 г., Могилев / УО «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. — Могилев: УО МГУП, 2009. — Ч. 1. — 326 с. — С. 173.

УДК 577.188:613.2 (04)

БЕЗОПАСНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

М. Б. Баткибекова, А. М. Усубалиева, Т. Ш. Джунушалиева

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

Одним из распространенных видов антропогенного загрязнения является поступление в окружающую среду тяжелых токсичных металлов, к которым относится большая группа химических элементов с атомной массой более 50 г/см^3 (ртуть, свинец, олово, кадмий, медь, кобальт, марганец, хром, цинк, никель, селен, молибден и др.). Основными источниками их поступления в среду обитания человека являются стоки и газовые выбросы промышленных предприятий, выхлопы автомобильного транспорта, товары бытовой химии и средства защиты растений.

Тяжелые металлы, попадая через органы дыхания и пищеварения в организм человека аккумулируются в различных тканях с последующим токсическим воздействием на организм человека, особенно они способны к накоплению в почках и печени. Поступившие в организм человека и животных тяжелые металлы выводятся очень медленно. Кроме того, тяжелые металлы в малых дозах оказывают неспецифическое воздействие, которые клинически идентифицировать сложно и не всегда представляется возможным. Информативным диагностическим показателем при этом является исследование и определение содержания ионов тяжелых металлов в биологических средах.

Известно, что около 70–80 % тяжелых металлов поступает за счет потребления загрязненной растительной пищи [1]. Поэтому в данной работе в качестве объектов исследования были выбраны пищевые продукты растительного происхождения — овощи, которые постоянно присутствуют в рационе питания населения Кыргызской республики.

Обеспечение населения Кыргызской республики в современных условиях осуществляется главным образом за счет собственного производства и на основе местного сырья. Вместе с тем удовлетворение потребности в рациональном питании (т. е. питании здорового человека) базируется на используемых и ранее усредненных показателях химического состава пищевых продуктов, изготовленных из сырья, произрастающего в иных климатических зонах, характеризующихся собственной экологической ситуацией и не отражающих истинного химического состава местных продуктов питания [2, 3]. Поэтому проблема изучения качества и безопасности местного продовольственного сырья и пищевых продуктов заслуживает пристального внимания и специального изучения. Исследование накопления и систематизации данных об особенностях химического состава пищевых продуктов Кыргызской Республики, выявление факторов, дающих возможность их оценки и контроля, является весьма актуальным.

Целью данной работы является исследование содержания в пищевых продуктов тяжелых металлов — цинка, меди, свинца, кадмия, которые наряду со ртутью, мышьяком, оловом и железом относятся к токсичным элементам и в соответствии с международными требованиями, предъявляемыми Объединенной комиссией ФАО/ВОЗ по стандартизации продуктов питания (Комиссия Кодекс Алиментариус) относятся к наиболее важным в гигиеническом контроле пищевых продуктов. Вместе с тем в следовых количествах медь и цинк относят к микроэлементам, необходимым для функционирования организма, а метаболические функции кадмия и свинца находятся в стадии изучения [4].

Анализ элементного состава таких сложных биологических систем как пищевые продукты представляет собой сложную аналитическую задачу. Основные трудности обусловлены многокомпонентностью, сложностью и индивидуальностью физико-химических структур, а также содержанием небольших, часто следовых количеств элементов в исследуемых объектах.

Помимо этого большинство элементов находятся не в свободном состоянии, а связаны в более или менее сложные органические и неорганические соединения, что создает значительные и индивидуальные для каждого исследуемого объекта трудности. Решение задач анализа пищевых продуктов, приобретающее особую актуальность в последние годы в связи с загрязнением окружающей среды, стало возможным благодаря применению инструментальных физических и физико-химических методов анализа: электрохимических, спектральных, хроматографических, полярографических и т. д., которые отличаются большими диапазонами обнаружения, селективностью и экспрессностью [4, 5].

Использованы современные инструментальные методы анализа, рекомендованные в качестве стандартных при определении микроэлементного состава пищевых продуктов: инверсионная вольтамперометрия «Анализатор ТА-1» (полярографический) на фоне муравьиной кислоты с УФ-облучением проб [6]; атомно-эмиссионный спектральный анализ (спектограф ДФС-13 с дифракционной решеткой 600 штр/мм) [7]; атомно-абсорбционный спектрометр марки «Перкин-Элмер» модель СИМАА 6000 с графитовым атомизатором THGA (поперечный нагревающий графитовый атомизатор) [8].

Объект исследования	Тяжелые металлы			
	Медь	Цинк	Кадмий	Свинец
ПДК овощи [9]	5,0	10,0	0,03	0,5
Капуста белокочанная	$\frac{0,599}{0,461-0,749}$	$\frac{0,503}{0,170-0,832}$	$\frac{0,022}{0,012-0,32}$	$\frac{0,067}{0,049-0,081}$
Картофель	$\frac{0,741}{0,572-0,858}$	$\frac{2,444}{2,175-2,660}$	$\frac{0,015}{0,014-0,017}$	$\frac{0,114}{0,026-0,161}$
Лук репчатый	$\frac{0,716}{0,240-2,20}$	$\frac{0,962}{0,449-1,654}$	$\frac{0,011}{0,002-0,019}$	$\frac{0,023}{0,015-0,036}$
Морковь	$\frac{1,468}{1,357-1,620}$	$\frac{0,873}{0,801-0,954}$	$\frac{0,020}{0,018-0,021}$	$\frac{0,027}{0,025-0,030}$
Огурцы (грунтовые)	$\frac{0,953}{0,646-1,285}$	$\frac{1,402}{0,70-2,496}$	$\frac{0,011}{0,004-0,022}$	$\frac{0,072}{0,034-0,189}$
Перец сладкий	$\frac{1,560}{1,104-1,960}$	$\frac{0,693}{0,515-0,892}$	$\frac{0,016}{0,009-0,024}$	$\frac{0,260}{0,075-0,489}$
Петрушка (зелень)	$\frac{4,049}{3,250-4,470}$	$\frac{1,742}{1,365-2,10}$	$\frac{0,020}{0,014-0,026}$	$\frac{0,260}{0,230-0,285}$
Редис	$\frac{0,920}{0,562-1,170}$	$\frac{0,639}{0,547-0,742}$	$\frac{0,018}{0,008-0,024}$	$\frac{0,034}{0,028-0,040}$
Редька	$\frac{0,547}{0,185-0,870}$	$\frac{2,948}{1,590-4,795}$	$\frac{0,023}{0,020-0,025}$	$\frac{0,114}{0,028-0,180}$
Свекла	$\frac{1,501}{1,385-1,650}$	$\frac{1,921}{1,855-2,035}$	$\frac{0,025}{0,024-0,026}$	$\frac{0,018}{0,017-0,019}$
Томаты (грунтовые)	$\frac{1,689}{1,410-2,090}$	$\frac{0,692}{0,450-0,943}$	$\frac{0,006}{0,001-0,009}$	$\frac{0,063}{0,053-0,079}$
Укроп	$\frac{3,956}{3,258-4,720}$	$\frac{1,294}{1,010-1,440}$	$\frac{0,007}{0,005-0,008}$	$\frac{0,295}{0,228-0,360}$

Отбор проб проводили в соответствии КМС 40.205-99. Согласно КМС, масса средней пробы составляла не менее 4 кг. Для озоления образцов применяли метод сухого озоления с ускорителем по ГОСТ 26929–94. Температура озоления не превышала $450 + 50$ °С.

В работе были исследованы образцы одного и того же вида овощей, отличающиеся по времени отбора проб. Отбор проб проводился в различное время года (1999–2000 гг.) в течение несколько месяцев.

Результаты анализа представлены в табл. 1. При сравнении полученных данных по содержанию микроэлементов в исследованных овощных культурах можно отметить следующее.

Медь. Исследуемые пищевые продукты по увеличению среднего содержания меди можно расположить в следующем порядке: лук репчатый, редька, капуста белокочанная, картофель, огурцы грунтовые, редис, морковь, свекла, перец сладкий, томаты грунтовые, укроп, зелень петрушки.

Среднее значение (числитель) и диапазон содержания (знаменатель) тяжелых металлов в овощах (мг/кг продукта)

Как видно, наибольшим содержанием меди отличаются зеленые овощные растения. При этом если среднее содержание Cu не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) (5,0 мг/кг) и составляет в укропе, зелени петрушки, соответственно, 3,956 и 4,049 мг/кг продукта, то пределы содержания почти на уровне ПДК в петрушке — 4,470, в укропе — 4,720 мг/кг продукта.

Наименьшее содержание меди обнаружено в капусте белокочанной и редьке, где среднее значение составляет, соответственно, 0,547, 0,599 мг/кг продукта.

Цинк. Наибольшее содержание цинка обнаружено в редьке и картофеле — среднее содержание 2,948 и 2,444 мг/кг, соответственно, меньше всего в капусте белокочанной 0,503 мг/кг.

Кадмий. Много кадмия содержится в капусте белокочанной, редьке и свекле — среднее содержание 0,022 и 0,025 мг/кг соответственно. Почти на 72 % и 68 % меньше содержится кадмия в укропе и томатах, чем в капусте белокочанной.

Пределы содержания кадмия (см. таблицу) показывают, что наибольшее содержание кадмия было обнаружено в капусте белокочанной 0,032 мг/кг, что более чем на 6,6 % превышает ПДК (0,03 мг/кг).

В целом, в исследованных видах пищевых продуктов среднее содержание кадмия не превышает действующих в настоящее время нормативов для овощей — ПДК.

Свинец. По увеличению среднего содержания свинца исследованные пищевые продукты располагаются в следующем порядке: свекла, лук репчатый, морковь, редис, томаты грунтовые, капуста белокочанная, огурцы грунтовые, картофель, редька, перец сладкий, зелень петрушки и укроп.

Наибольшее содержание свинца обнаружено в укропе, зелени петрушки где среднее содержание составляет соответственно: 0,295, 0,260, наименьшее — в луке репчатом и свекле: 0,023, 0,018 мг/кг продукта.

В соответствии с результатами средние концентрации микроэлементов в капусте белокочанной, моркови, перце сладком, зелени петрушки, редисе, томатах грунтовых и укропе изменяются в следующем порядке Cu>Zn>Pb>Cd, а в картофеле, луке репчатом, огурцах грунтовых, редьке количественно преобладает цинк. Содержание микроэлементов в свекле уменьшается в следующем порядке Zn>Cu>Cd>Pb.

Выводы

Изучено содержание тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца) в продуктах растительного происхождения Кыргызстана. Полученные данные отсутствуют в литературе и могут быть использованы для составления таблиц химического состава пищевых продуктов.

Установлено, что содержание вышеуказанных металлов в овощах и зелени за исключением капусты не превышает ПДК и с точки зрения пищевой безопасности эти продукты питания могут употребляться в пищу.

Список литературы

1. Тяжелые металлы в системе почва–растение / Ильин В. Б. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. — 151 с.

2. Химический состав пищевых продуктов // Под. ред. Скурихина И. М. — М.: ВО Агропромиздат, Т. 1. 1981. — 137 с.

3. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеродов // Под ред. Скурихина И. М. и Волгарева М. Н. — М.: Агропромиздат, Т. 2. 1987. — 360 с.

4. *Рейли К.* Металлические загрязнения пищевых продуктов. Пер. с англ. — М.: Агропромиздат, 1985. — 183 с.

5. Методы определения микроэлементов в пищевых продуктах / Скурихин И. М. // Проблемы аналитической химии. Методы анализа пищевых продуктов. — М.: Наука, 1988. — 8 т. — С. 132–152.

6. *Усубалиева А. М., Баткибекова М. Б., Нефедова Л. Н.* Вольтамперометрическое определение цинка, кадмия, свинца и меди в овощах // Вестник КТУ им. И. Раззакова. Химико-технологические науки, Бишкек, 2001. — № 3. — С. 64–67.

7. *Усубалиева А. М., Баткибекова М. Б., Нефедова Л. Н.* Определение содержания алюминия, ванадия, хрома, марганца, никеля, стронция и молибдена в зеленых овощных культурах атомно — эмиссионным спектральным анализом // «Современные проблемы образования и науки в начале века» Междунар. научн.-практ. конф. посвященная 10-летию независимости Казахстана. Караганда, 2001. — С. 65–68.

8. *Batkibekova M. B., Nefedova L. N., Usubalieva A. M., Onsel M. S., Ince M.* Biskek te yetistirilen bazi sebzelerin toksik metal iscerigi // Gebze Yuksek Teknoloji Enstitusu, Gevre Muhendisligi Bolumu «Turkiyede cevre kirlenmesi oncelikleri» sempoziymu IV 9–10 Ekim 2003, Gebze, Kocaeli, Turkiye. S. 567–571.

9. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов / Санитарные правила и нормы Сан ПиН 2.3.2.260–96. М. — 269 с.

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНЬЯЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М. Н. Исламов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала

Коньячная барда, являющаяся основным отходом коньячного производства может быть использована как основной источник получения винной кислоты, которая находит широкое применение в химической, пищевой, полиграфической, текстильной, радиотехнической, фармацевтической и оборонной промышленности [1].

В настоящее время для извлечения виннокислых соединений (ВКС) из коньячной барды используют химические методы утилизации. Эти методы (кислотный и щелочной), имеют существенные недостатки, связанные с необходимостью применения большого количества химических реагентов, длительностью реакций, коррозией оборудования и т. д. Кроме того, получаемая затем из виннокислой извести кристаллическая винная кислота не соответствует экологическим нормам. Предложено также использовать для этой цели ионообмен [2]. Однако, данный метод не нашел широкого применения в производстве, вследствие малой технологичности процесса.

Нами была изучена возможность использования для извлечения ВКС из коньячной барды метода электродиализа, который является наиболее эффективным электрохимическим мембранным способом разделения растворов без добавления химических реагентов [3].

Для проведения экспериментальных исследований была собрана установка, в состав которой входили: многокамерный электродиализный аппарат (ЭДА) рамочного типа, выпрямитель электрического тока, насосы и система коммуникаций с емкостями для обрабатываемой жидкости и промежуточных растворов — концентратов.

Для разделения камер деионизации и концентрирования в ЭДА использовали ионоселективные мембраны марок МА-40 и МК-40, выпускаемые НПО «Азот» (г. Щекино).

Предварительные исследования проводили на модельных растворах винной кислоты с концентрацией — от 1 до 10 г/дм^3. Было изучено влияние различных режимов электродиализной обработки на изменение концентрации винной кислоты ($C_{вк}$) в камерах деионизации и концентрирования, степень обессоливания деионизата (ΔC), активную кислотность (pH) и температуру (t) обрабатываемого раствора.

Режимы обработки варьировали регулированием плотности тока (J) в пределах 40–60 А/м^2 и удельной производительности ЭДА (Q) от 35 до 125 дм^3/м^2·ч.

При обработке растворы винной кислоты разбивали на два потока: первый циркулировали через камеры деионизации, второй — через камеры концентрирования.

Как видно из результатов исследования (табл. 1), наибольшая степень обессоливания (83,3 %) достигается при плотности тока 60 А/м^2 и удельной производительности ЭДА 35 дм^3/м^2·ч.

Однако при указанном режиме происходит заметное повышение температуры до 30 °С и снижение pH обрабатываемого раствора на 0,9 единиц, что свидетельствует о возникновении концентрационной поляризации на поверхности мембран в рабочих камерах ЭДА.

Таблица 1

Влияние режимов электродиализной обработки на обессоливание модельных растворов винной кислоты

J, А/м^2	Q, дм^3/(м^2·ч)	t, °С	pH	$C_{вк}$, г/дм^3		ΔC, %
				в деионизате	в концентрате	
0	—	21,5	3,38	5,4	5,4	0
40	125	22,0	3,38	3,9	6,7	27,8
	65	22,5	3,37	2,4	8,3	55,5
	35	23,5	3,37	1,3	9,5	75,9
50	125	22,0	3,38	3,8	6,9	29,6
	65	23,0	3,37	2,2	8,5	59,3
	35	24,5	3,36	1,0	9,7	81,5
60	125	23,0	3,36	3,8	6,9	29,6
	65	25,5	3,33	2,1	8,4	61,1
	35	30	3,29	0,9	9,5	83,3

Таблица 2

Изменение содержания ВКС в концентрате при электродиализе коньячной барды

Ступени концентрирования	Q, дм^3/(м^2·ч)	$C_{вкс}$, г/дм^3		ΔC, %	Выход по току, %
		в деионизате	в концентрате		
0	—	5,4	5,4	0	0
I	35,0	1,2	9,6	77,8	79,4
II	17,5	1,2	13,8	77,8	79,4
III	11,7	1,2	17,9	77,8	79,4
IV	8,75	1,3	21,9	75,9	77,5
V	7,0	1,4	25,6	74,1	75,6
VI	5,8	1,6	29,0	70,4	71,8

Поляризация объясняется превышением величины плотности тока предельного значения [4]. Она обусловлена различием скоростей миграции ионов под действием электрического тока в фазе раствора и мембраны, вследствие чего происходит перенос через мембраны продуктов разложения воды: ионов H^+ и OH^- и на поверхности мембран выпадают кристаллы ВКС. Поэтому в качестве оптимальной была принята величина плотности тока равная 50 А/м^2.

Таким образом, предварительные исследования на модельных растворах показали возможность концентрирования ВКС в промежуточных камерах с целью их последующего выделения из раствора при помощи охлаждения.

В дальнейшем обработке в ЭДА подвергали коньячную барду, полученную с Кизлярского коньячного завода. Исходную барду с содержанием винной кислоты 5,4 г/дм^3 предварительно фильтровали при комнатной температуре, затем направляли двумя потоками для циркуляции соответственно в камерах деионизации и концентрирования ЭДА.

Циркуляцию барды через камеры концентрирования проводили до достижения концентрации ВКС близкой к насыщенным растворам. Деионизат по мере обессоливания, через каждый час обработки, заменялся свежей коньячной бардой.

Полученные результаты (табл. 2) показывают, что удельная производительность ЭДА для концентрирования ВКС в барде должна составлять около 6 дм^3/(м^2·ч), что соответствует шести ступеням концентрирования.

Концентрация ВКС при этом достигает 29 г/дм^3, величины выхода по току и степени обессоливания деионизата имеют достаточно высокие значения — более 70 %. При дальнейшем концентрировании в камерах концентрирования происходило выпадение ВКС, что снижало эффективность процесса и отрицательно влияло на свойства мембран.

После охлаждения полученного концентрата до $-1 \div -2$ °С в присутствии кристаллической винной кислоты происходит быстрое осаждение ВКС в виде мелких кристаллов, которые легко отделяются при фильтровании. Таким образом удается извлечь из коньячной барды до 70–75 % ВКС.

Проведенные исследования позволили разработать принципиально новую технологическую схему утилизации отходов виноделия с целью извлечения ВКС, в основу которой положен метод электродиализа.

Согласно предлагаемой технологической схеме, коньячную барду, получаемую на перегонных установках с температурой 75–80 °С, накапливают в вертикальных сборниках. В течение 18–24 часов барда самоохлаждается и осветляется от взвесей, после чего фильтруется на матерчатом фильтр-прессе. Для лучшего осветления возможно использование полыгорскита при дозировке 1 г/дм^3.

Осветленная барда с содержанием винной кислоты 0,5–0,7 % подвергается электродиализной обработке с целью концентрирования ВКС до состояния насыщения. Далее концентрат направляют на охлаждение до $-1 \div -2$ °С, при добавлении небольшого количества кристаллической винной кислоты. Через 1,5–2 суток образовавшийся осадок ВКС отделяют и сушат. Фильтрат и деионизат объединяют и можно использовать для производства безалкогольных напитков, вместо умягченной воды.

Предлагаемая технология утилизации коньячной барды может быть внедрена на коньячных заводах для эффективного решения проблемы использования вторичных ресурсов и снижения себестоимости

основной продукции. Такую же технологическую схему можно использовать при утилизации виноградной выжимки с целью извлечения ВКС из диффузионного сока после экстрагирования выжимок.

Список литературы

1. *Разуваев Н. И.* Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия. — М.: Пищевая промышленность, 1975.

2. *Малышев А. В.* Математическое моделирование процессов производства винной кислоты из отходов виноделия методами ионообмена. Автореферат дисс. канд. техн. наук, Краснодар: Кубанский, госуд. технол. унив., 1999.

3. *Пилат Б. В.* Основы электродиализа. — М.: Авваллон, 2004.

4. *Балавадзе Э. М., Бобрешова О. В., Кулинцов П. И.* Концентрационная поляризация в процессе электродиализа и поляризационные характеристики ионселективных мембран // Успехи химии. — 1998. — Т. 57. Вып. 6. — С. 1031–1041.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА НА КАЧЕСТВО ВИНОГРАДНЫХ ВИН

М. Н. Исламов

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала

Проблема стабилизации ионного состава виноградных вин и предотвращения физико-химических помутнений является одной из самых актуальных в современном виноделии. Идет постоянный поиск надежных экологически безопасных методов удаления избыточных количеств солей тяжелых металлов и органических кислот, вызывающих коллоидные, кристаллические помутнения в винах.

Нами обоснована возможность использования для этой цели мембранного способа разделения жидких пищевых продуктов — электродиализа [1–3]. В отличие от известных методов стабилизации основными достоинствами предлагаемого способа регулирования ионного состава напитков помимо высокой производительности является его технологичность и отсутствие необходимости добавлять посторонние химические реагенты для осаждения избытка металлов.

Следует предполагать, что электродиализная обработка может оказывать влияние не только на содержание ионов металлов, но и других компонентов в вине, обладающих подвижностью в электрическом поле [4]. До настоящего времени данный вопрос остается малоизученным и требует проведения дополнительных исследований для широкого внедрения метода электродиализа в винодельческом производстве.

В связи с этим определяли ряд показателей, характеризующих изменение минерального состава, состава аминокислот, летучих соединений, органических кислот и других физико-химических показателей вина, которое было подвергнуто электродиализу с целью снижения содержания ионов железа с 30 до 6 мг/дм^3. Обработку проводили при плотности тока 60 А/м^2 и удельной производительности электродиализного аппарата 125 дм^3/(м^2·ч).

Летучие соединения вин определяли на газовом хроматографе «Хром-5» с пламенно-ионизационным детектором. Аминокислотный состав определяли на автоматическом анализаторе ААА-881. Содержание нелетучих органических кислот и глицерина определяли методом ГЖХ в виде триметилсилильных производных.

Определение остальных физико-химических показателей вина проводили с использованием стандартных методик, рекомендованных для отраслевых предприятий.

Газохроматический анализ летучих соединений в вине до и после электродиализа (табл. 1) показал, что на их качественный и количественный состав электродиализная обработка влияет незначительно. Следовательно, предлагаемый способ стабилизации практически не отражается на органолептических характеристиках и прежде всего на аромате и букете вина.

При исследовании влияния электродиализной обработки вина на изменение азотистых веществ было установлено, что содержание общего азота в обработанном вине на 6÷12 % ниже, чем в исходном. Аминокислотный состав при этом изменяется незначительно.

Это связано с тем, что обработка вин с целью деметаллизации проводится при более щадящих режимах, чем, например, при электродиализной обработке продуктов сахарного производства. В этой связи можно указать на данные Л. Д. Бобровника и др. [5], в которых показано, что при деионизации зеленой патоки и мелассы происходит удаление до 40÷50 % азотсодержащих веществ. Так как относительная скорость удаления аминокислот, по сравнению с остальными группами несахаров, неорганических, органических безазотистых веществ, значительно меньше, то выявлено, что количество удаленных аминокислот увеличивается в хвостовых фракциях концентрата, то есть при более продолжительной обработке.

Обработка вина электродиализом повышает его стойкость к окислительному покоричневению и к коллоидным помутнениям. Это было установлено нами при анализе опытных и контрольных образцов вин на установке для экспресс-диагностики окислительной порчи многовидных пищевых продуктов. Снижение коэффициентов склонности вина к окислительному покоричневению и коллоидным помутнениям связано, по-видимому, с уменьшением содержания солей тяжелых металлов в образцах, прошедших электродиализную обработку. Данные, показывающие характер влияния электродиализной обработке на ряд других физико-химических показателей вина, представлены в табл. 2.

Электропроводность вина, подвергнутого электродиализной обработке, снизилась более чем наполовину из-за удаления соответствующего количества ионов, участвующих в переносе тока. Прямо пропорциональная связь между изменениями содержания катионов и величины удельной электропроводности (в процентном выражении) позволило рекомендовать данный физический показатель для контроля над степенью деминерализации вина при его обработке методом электродиализа.

Таблица 1

Изменения содержания некоторых летучих соединений вина при электродиализной обработке

Вещества	Количество (мг/дм^3) в вине	
	до обработки	после обработки
n-бутиловый спирт	289,1	286,4
n-амиловый спирт	158,5	160,1
Изобутилкарпонат	25,7	25,1
Гексиловый спирт	2,1	Следы
Этилкаприлат	9,7	9,0
Ацетоин	53,6	56,5
Гептиловый спирт	19,3	18,6
Уксусная кислота	28,2	20,8
Изобутиллактат	3,8	4,1
Изомаслянная кислота	Следы	2,5
Фурфурол	6,0	6,2
Изоамиллактат	Следы	0,3
2,3-бутандиол	6,7	5,8
Метилбензоат	12,8	12,1
Гераницетат	14,5	12,0
Этиллауринат	7,6	8,1
Неизвестное	1,6	Следы
Бензилацетат	6,6	6,2
Фенилацетат	2,4	2,0
β-фенилэтиловый спирт	20,1	19,8

Таблица 2

Изменение некоторых физико-химических показателей вина, обработанного электродиализом

Показатели	Единицы измерения	Содержание		Уменьшение, %
		до обработки	после обработки	
Удельная электропроводность	мС/см	1,89	0,83	56
Относительная плотность	20 °С/20 °С	0,9945	0,9910	—
Общий экстракт	г/дм^3	22,3	19,6	12
Глицерин	г/дм^3	8,1	8,1	—
pH	—	3,30	3,20	3
Летучие кислоты	г/дм^3	0,65	0,51	22
Зола	г/дм^3	2,15	1,32	38
Общий азот	мг/дм^3	430	378	12
Фенольные соединения	мг/дм^3	280	268	3
Общий	мг/дм^3	103	64	38
Свободный	мг/дм^3	8	6	25

С удалением части минеральных веществ из вина связано также некоторое уменьшение общего экстракта, относительной плотности обрабатываемого продукта, снижение содержания золы.

При обработке вина методом электродиализа происходит снижение в нем содержания SO_2 и летучих кислот, что отмечается и в работах других авторов [6]. Подобное влияние благоприятно сказывается на качестве обрабатываемого вина.

На содержание глицерина, фенольных веществ, спирта и сахара электродиализная обработка практически не влияет.

Таким образом, разработанная технология стабилизации ионного состава виноградных вин с использованием метода электродиализа несущественно отражается на основных физико-химических показателях вина, кроме содержания катионов металлов и анионов органических кислот, избыточная концентрация которых является причиной кристаллических и коллоидных помутнений напитков.

Список литературы

1. *Исламов М. Н., Исмаилов Т. А., Кишковский З. Н.* О возможности использования электродиализа в технологии виноградных вин // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2007. № 5. С. 31–33.

2. *Исламов М. Н., Исмаилов Т. А., Кишковский З. Н.* Стабилизация ионного состава жидких пищевых продуктов методом электродиализа // Хранение и переработка сельхозсырья, 2007. № 11. С. 18–21.

3. *Исламов М. Н., Исмаилов Т. А., Кишковский З. Н.* Исследование процесса деметаллизации виноградного вина в электродиализных аппаратах различных конструкций // Хранение и переработка сельхозсырья, 2007. № 11. С. 23–25.

4. *Пилат Б. В.* Основы электродиализа. — М.: Авваллон, 2004. 449 с.

5. *Бобровник Л. Д., Волошаенко Г. П.* Миграция некоторых аминокислот при электродиализной обработке зеленой патоки и мелассы. — Пищевая промышленность. Республиканский межведомственный научно-технический сборник, Киев, 1972. Вып. 15. С. 75–78.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЙОДИРОВАННОЙ СОЛИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНЫХ КОНСЕРВОВ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

С. С. Попель, Е. И. Драганова, Н. Я. Цислинская, Е. В. Албул

Научно-практический институт садоводства, виноградарства и пищевых технологий
г. Кишинев, Республика Молдова
E-mail: sspopeli@mail.ru, sspopeli@yahoo.com

Результаты широкомасштабных эпидемиологических обследований, проводящихся UNICEF и Министерством Здравоохранения Республики Молдова, свидетельствуют о недостаточном потреблении микронутриентов значительной частью населения республики. В результате исследований установлено: из-за дефицита йода во время беременности более 5000 детей ежегодно рождаются с нарушениями развития или умственной отсталостью, более 30 % детей в возрасте от 6 до 24 месяцев подвергаются риску недостаточного развития мозга из-за дефицита железа; от 75 до 100 новорожденных ежегодно умирают в младенческом возрасте из-за жесткой анемии женщин во время беременности; ежегодно приблизительно 50 детей рождаются с аномалиями, в т. ч. с детским параличом из-за дефицита фолиевой кислоты [1, 2, 3].

Дефицит йода обусловлен факторами окружающей среды — содержанием в почве, воде, воздухе, растениях. Почва и вода в Республике Молдова бедны йодом. Растительное сырье, выращиваемое на обедненных йодом почвах и пищевые продукты, изготовленные из этого сырья не могут обеспечить необходимые потребность организма человека в этом микроэлементе. Согласно критериям Всемирной Организации Здравоохранения Республика Молдова относится к странам со средним уровнем заболеваний, обусловленных дефицитом йода [4], что обуславливает необходимость обогащения им пищевых продуктов.

Опыт многих стран свидетельствует о том, что одним из наиболее эффективных путей разрешения проблемы йоддефицитных нарушений является использование в питании йодированной соли, а также использование ее при производстве пищевых продуктов. Йодирование соли используется успешно более чем в 100 странах в течение 60 лет и благодаря колоссальному росту производства йодированной соли за последние 10 лет были достигнуты значительные успехи в одолении дефицита йода на мировом уровне. Правительством Республики Молдова была утверждена Национальная Программа на период реализации до 2010 г., которой предусмотрено размещение, начиная с 2007 г. на рынке республики только йодированной соли и расширение использования ее во всех отраслях пищевой промышленности до 2009 г.

Несмотря на факт промышленного использования йодированной соли многими странами, такими как Германия, Польша, Венгрия, Словакия, Дания и др., отсутствие опыта в этой области в республике и распространенное мнение, что йодированная соль может привести к ухудшению качества консервированной продукции, сдерживают ее использование в промышленных масштабах при производстве пищевых продуктов в Молдове.

Проведенные Институтом исследования направлены на установление возможности использования йодированной соли при промышленном производстве консервированных овощей.

Методика исследований

Постановка работы по установлению возможности использования йодированной соли для овощных консервов включала анализ ассортимента консервов, вырабатываемых предприятиями Республики Молдова, выбор и изготовление опытных и контрольных партий тестируемых консервов, выбор критериев и показателей качества подлежащих анализу при производстве и хранении продукции, установление периодичности контроля образцов для установления их качества. Для определения качества тестируемой продукции определены следующие показатели нормируемые — органолептические, физико-химические, микробиологические и показатели безопасности, а также дополнительные — содержание йода в используемой соли, в готовом продукте при изготовлении и в процессе хранения и оптическая плотность заливы консервов при длине волны $\lambda = 540$ нм.

Основным критерием установления возможности использования йодированной соли при производстве консервов (при условии их соответствии всем нормируемым показателям) является органолептическая оценка продукции по пятибалльной системе институтской дегустационной комиссией с привлечением представителей Министерства Здравоохранения, Министерства Пищевой Промышленности, Молдовастандарта, UNICEF, представителей консервных предприятий — производителей,

рядовых покупателей. Периодичность контроля показателей качества — один раз в квартал на протяжении 2 лет гарантированного срока хранения консервов исследуемых консервов.

Массовая доля йода в йодированной соли нормируется от 25–35 мг/кг соли. При установлении возможности использования йодированной соли для консервирования овощей использовали соль йодированную с массовой долей йода приближающейся к максимальному нормируемому уровню. Изготовление опытных и контрольных партий консервов осуществлялось в промышленных условиях из одного и того же вида сырья, при одинаковых технологических режимах производства, стерилизации и по единым рецептурам.

Результаты и обсуждение

Тестированию были подвергнуты следующие виды консервов: в металлической банке, массой нетто 350 г — зеленый горошек консервированный, кукуруза сахарная консервированная из целых зерен, фасоль натуральная красная и белая; томаты соленые в пластиковых бочках, вместимостью 220 кг, огурцы соленые в пластиковых ведрах, вместимостью 10 кг; огурцы маринованные, зеленый горошек консервированный в стеклянной таре III-82-720.

Массовая доля йода в йодированной соли при производстве консервов «Кукуруза сахарная консервированная из целых зерен» — 32,0 мг/кг, «Фасоль натуральная красная» — 34,4 мг/кг, «Фасоль натуральная белая» — 32,8 мг/кг, «Томаты соленые» — 31,7 мг/кг, «Зеленый горошек консервированный» — 35,7 мг/кг, «Огурцы маринованные» — 37,0 мг/кг, «Огурцы соленые» — 31,2 мг/кг.

Сравнительная характеристика консервов по истечению 10–19 месяцев контрольного хранения показала, что по физико-химическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности отсутствует разница между опытными и контрольными партиями продукции (см. таблицу).

Микробиологические показатели овощных консервов, имеющих pH 4,2 и выше, должны удовлетворять требованиям промышленной стерильности для консервов группы «А». Микробиологический анализ для таких консервов проведены при выработке перед стерилизацией и при необходимости подтверждения промышленной стерильности — после стерилизации в процессе хранения. Микробиологические анализы томатов соленых и огурцов соленых определены после завершения процесса ферментации. Анализ подтвердил промышленную стерильность исследуемых партий овощных консервов.

Результаты органолептической оценки двух видов консервов представлены на рисунке.

Результаты органолептической оценки тестируемых образцов консервов из кукурузы, фасоли белой и красной, томатов соленых и огурцов соленых, зеленого горошкка по истечении 10–19 месяцев хранения (в зависимости от даты выработки сезона 2007–2008 гг.) свидетельствуют об отсутствии отличий между опытными образцами, изготовленными с использованием йодированной соли и контрольными образцами с солью обыкновенной. Оценки образцов консервов находятся на уровне 4,7–4,9 как для опытных, так и для контрольных образцов. Участники дегустаций, как профессиональные, так и рядовые потребители не смогли определить продукцию, изготовленную с использованием йодированной соли.

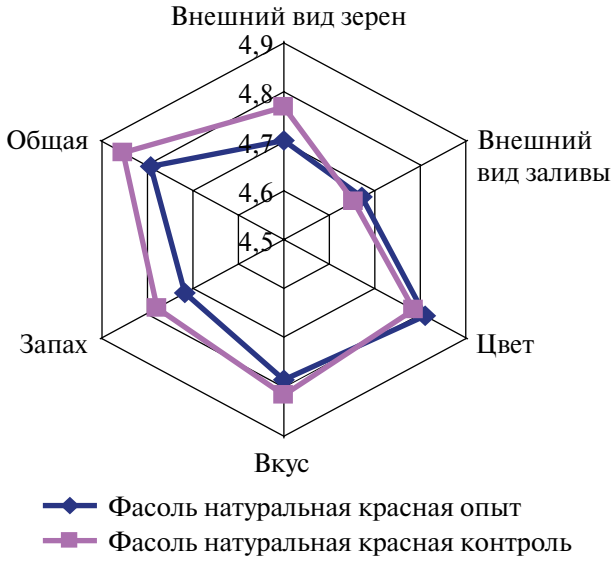
В таблице приведены данные по сохранности йода в образцах консервированных овощей.

Заключение

Предварительные результаты по тестированию йодированной соли при производстве ряда овощных консервов свидетельствуют, что по физико-химическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности по истечении исследуемых сроков гарантированного хранения не установлены отличия между консервами, изготовленными с йодированной солью и солью обыкновенной.

Органолептическая оценка консервов продемонстрировала, что в процессе контрольного хранения йодированная соль не приводит к изменению их консистенции, цвета, вкуса и аромата.

Исследования по установлению возможности использования йодированной соли при производстве овощных консервов будут продолжены до окончания гарантированного срока хранения исследуемых образцов (в соответствии с нормативной документацией).



Органолептическая оценка фасоли натуральной красной после 18 месяцев хранения

Сохранности йода в образцах консервированных овощей

Наименование продукта	Продолжительность контрольного хранения, мес	Массовая доля йода, μ г/100 г продукта	Удовлетворение суточной потребности со 100 г продукта, %	Сохранность йода, %
Кукуруза консервированная	19	34	22,7	58
Фасоль натуральная красная	19	28	18,7	54
Фасоль натуральная белая	14	27	18,0	52
Томаты соленые	10	62	1,3	44
Огурцы маринованные	10	42	28,0	58

Список литературы

1. Programul national de eradicare a tulburarilor prin deficit de iod pina in anul 2010, aprobat prin Hotarirea Guvernului nr. 539 din 17 mai 2007 (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2007. Nr. 74–77, art. 585).

2. Salt Iodization for the Elimination of Iodine Deficiency, ICCIDD, UNICEF, WHO, 1995.

3. Maria Andersson, Ines Igli, Bahi Takkouche, Henriette AllenDeficienta Iodine Status Worldwide, WHO Global Database in Iodine Deficiency, Bruno de Benoist, WHO, Geneva, 2004.

4. Lilia Jelamschi Deficienta de iod in republica Moldova: probleme si solutii // Materiale conferintei stiintifice nationale cu participare internationale Profilaxa maladiilor ioddeficitare. — Chisinau. — 2008. — С. 64–67.

УДК 669,213 - 032,42 + 622.795,4

ЗОЛОТО КЫРГЫЗСТАНА: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТИОКАРБАМИДНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ Au ИЗ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

М. Б. Баткибекова, Т. Ш. Джунушалиева

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

Основной проблемой мировой золотодобычи в настоящее время является вовлечение в переработку некондиционного, бедного золотом и упорного сырья, хвостов золотоизвлекательных фабрик, эфелей и вторичного сырья. По мере истощения запасов рассыпных монометаллических золотых руд в производство золота вовлекается все более труднопереработываемое сырье: упорные руды, породы с содержанием золота ниже кондиционного. Неуклонно уменьшается доля золота, извлекаемого из простых, в технологическом отношении, золотых руд, успешная переработка которых возможна по стандартным схемам. Одновременно возрастает доля золота, извлекаемого из упорных руд, эффективная обработка которых традиционными методами (цианирование) не обеспечивает достаточно высокого извлечения золота, сопровождается повышенными затратами на технологические операции, экологически небезопасна [1–3].

Упорность золотосодержащих руд обусловлена чрезвычайно тонкой вкрапленностью золота (т. н. тонкодисперсное золото с размером частиц 1–5 мкм) в сульфидах, а также наличием в некоторых рудах компонентов, снижающих извлечение золота при цианировании. В этих условиях необходима разработка новых рациональных экологически безопасных технологий извлечения золота из упорного сырья (руд, концентратов), технологий, позволяющих увеличить базу добычи золота за счет вовлечения в переработку упорных руд, пород с содержанием золота ниже кондиционного, отвалов эксплуатационных месторождений, лежалых хвостов обогатительных фабрик и др. *Эта тенденция характерна не только для Кыргызской Республики, но и для Мировой золотой индустрии в целом.*

Переработка упорных руд по существующим технологиям (цианирование и др.) экологически небезопасна, специфична и не дает экономически целесообразного извлечения золота, требует повышенных затрат. Несовершенство технологии при промышленной переработке упорного и некондиционного сырья приводит к многократному увеличению объема вводимых в биосферу отходов, многие из которых являются экотоксикантами, оказывающими негативное воздействие на состояние окружающей среды. Так, токсичность и объем техногенных отходов в районах добычи и переработки упорных золотомышьяксодержащих сульфидных руд (Кадамжай, Терексай) стали причиной формирования кризисной экологической ситуации регионального масштаба в Кыргызской Республике.

Актуальной для золотоперерабатывающей отрасли является проблема извлечения золота из хвостов — отходов обогатительных фабрик. Если учесть, что только Кумторское хвостохранилище (Кыргызская Республика) имеет проектный объем 100 млн. $м^3$ отходов, то разработка технологии извлечения золота из хвостов представляется весьма перспективной в плане утилизации отходов отрасли и улучшения экологической обстановки.

Решение этой проблемы — в усовершенствовании существующих и разработке экологически безопасных технологий комплексного извлечения золота и сопутствующих ему компонентов из трудноизвлекаемого сырья.

Экспериментальная часть

Проведены лабораторные технологические испытания авторской тиокарбамидной «ТС»-технологии извлечения золота из упорных руд месторождения Терекан, Кыргызская Республика.

Проба золотой мышьяковисто-пиритно-сурьмянистой руды для лабораторных технологических исследований была отобрана по межпластовому рудному телу месторождения Терекан на уровне штольни «Промежуточная» в интервале 38–40 м и подвергнута спектральному анализу. Установлено, что содержание золота в ней составляет 16,74 г/т. Метод анализа атомно — абсорбционный.

Так как среднее содержание золота в руде месторождения Терекан составляет $\sim$ 10,4 г/т, то исследуемая руда с содержанием золота 16,74 г/т была подшлихтована бедной рудой с содержанием золота 2 г/т в соотношении 2 : 3 и таким образом была получена проба руды с содержанием золота около 10 г/т, на которой и проводились все исследования.

Минералогические, химические, пробирные, спектральные и рациональные анализы проведены в химической лаборатории Научно-исследовательского химико-технологического института КГТУ им. И. Раззакова. Центральной научно-исследовательской лаборатории горнорудного комбината

(г. Кара-Балта), Центральной комплексной лаборатории Управления геологии (г. Бишкек), аналитической лаборатории НАН КР (г. Бишкек).

Лабораторные технологические испытания пробы производились на материале, дробленном до 0,068 мм в навесках 300 г. Измельчение руды для опытов производилось в шаровой мельнице с поворотной осью.

Методика тиокарбамидного выщелачивания золота. Обработка пробы руды кислым раствором тиокарбамида производилась следующим образом. Навеска сухой измельченной пробы перемешивалась в течение необходимого времени с выщелачивающим раствором. Перемешивание осуществлялось в мешалками эксикаторах механическими мешалками (~ 600 об/мин). По окончании опыта суспензия фильтровалась, осадок промывался водой и подвергался анализу на золото.

При проведении изысканий по изучению технологических свойств тиокарбамида как растворителя золота упорных руд Тереканского месторождения исследованы и установлены:

— оптимальные условий выщелачивания тиокарбамидом рудного золота;
— оптимальные концентрации серной кислоты;
— оптимальные концентрации тиокарбамида;
— оптимальные концентрации окислителя;
— температура выщелачивания;
— продолжительность выщелачивания
— окисление жидкой и твердой фаз в пульпе;
— возможность рециркуляции растворов тиомочевины.

Определение оптимальных условий выщелачивания тиокарбамидом рудного золота.

Установлено, что при выщелачивании золота из мышьяковисто-пиритно-сурьмянистых руд кислыми растворами тиомочевины максимальный результат получен в том случае, если исходная руда предварительно обработана серной кислотой с получением концентрата для того, чтобы вывести из руды кислоторастворимые примеси.

Оптимальными условиями кислотной обработки являются: концентрация кислоты — 2,5–3, %, время от 1,5–2 часов.

Определение оптимальных концентраций: серной кислоты, тиокарбамида, сульфата железа; PH среды и окислительно-востановительного потенциала. Процесс выщелачивания золота тиокарбамидом определяется его расходом, что зависит:

— от концентрации тиокарбамида;
— от концентрации окислителя $Fe_2(SO_4)_3$;
— PH среды;
— окислительно — восстановительного потенциала раствора.

Результаты опытов по установлению оптимальной концентрации тиокарбамида в процессе растворения золота в концентрате руды после сернокислотной обработки руды выявили величину $3{,}9 : 4{,}8 \cdot 10^{-2}$ моль/л или 0,3–0,4 %.

Для сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$ оптимальная величина равна $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л или 0,32 %.

Для серной кислоты H_2SO_4 оптимальная величина составляет 0,5–0,6 % оптимальное значение pH раствора 1,0÷1,1. Окислительный потенциал раствора 160 мВ.

Температура выщелачивания. Установлено: наиболее оптимальной температурой для выщелачивания является 20–25 ∘C. При повышении температуры процесса выщелачивания:

— возрастают потери золота с хвостами выщелачивания;
— наблюдается выделение элементарной серы, что приводит к увеличению расхода тиокарбамида.

Отношение жидкой и твердой фаз (Ж:Т) в пульпе при выщелачивании золота.

Установлено, что оптимальным следует считать соотношение Ж : Т = 3 : 1.

Продолжительность выщелачивания. Определение продолжительности выщелачивания золота сернокислыми растворами тиокарбамида проводилось при вышепредложенных условиях (тиокарбамид — 0,4 %, H_2SO_4 — 0,5 %, $Fe_2(SO_4)_3$ — 0,3 %, Ж : Т = 3 : 1, температуре выщелачивания -25 °C), установлено что оптимальная продолжительность выщелачивания для исследуемой руды составляет 6 час.

Изучение возможности рециркуляции растворов тиомочевины. Для выяснения возможности рециркуляции растворов тиомочевины были проведены исследования по использованию отфильтрованного обеззолоченного тиомочевинного раствора в обороте. После повторного использования раствора тиомочевины для выщелачивания золото в растворе определялось спектрофотометрически, золото в хвостах определялось пробирным анализом.

Установлено, что использование растворов тиомочевины возможно дважды без снижения степени извлечения золота.

Осаждение золота из тиокарбамидных растворов. Исходя из достоинств цементационного способа осаждения благородных металлов простоты аппаратуры и высокой скорости процесса была опробована

цементация золота цинком и алюминием. Работа требует дополнительного проведения исследований, но тем не менее следует отметить, что при цементации золота наблюдается увеличение в тиокарбамидных растворах примесей, что приводит к дополнительному расходу тиокарбамида. Вероятно, наиболее выгодным способом осаждения золота из тиомочевинных растворов является электролитический.

Достигнута степень извлечения золота 91–96 % в предел в раствор с помощью по тиокарбамидного выщелачивания с использованием реагента «G» при одновременном сокращении общего времени выщелачивания.

Выводы

1. Проведены лабораторные исследования по тиокарбамидному выщелачиванию золота из упорных золотосодержащих руд месторождения Терекан (Кыргызская Республика).

2. Установлены оптимальные условия выщелачивания, соотношения реагентов (серной кислоты, сульфата железа, тиокарбамида, реагента «G»).

Список литературы

1. *Беневольский Б. И.* Золото России. Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. — М. 1995. — 88 с.

2. *Лодейщиков В. В.* Упорные золотые руды и основные принципы их металлургической переработки // Гидрометаллургия золота. — М.: Наука, 1980. — С. 5–19.

3. *Лодейщиков В. В.* Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2-х т. — Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999. — 786 с.

БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОКА ЛЕСНЫХ ЯГОД

Мара Кука, Илзе Чаксте, Петерис Кука, Ингмарс Цинкманис

Латвийский сельскохозяйственный университет, г. Елгава
E-mail: marakuka@apollo.lv

Введение

Поиски путей сохранения пищевой и биологической ценности продуктов питания всегда будут актуальными. Пищевые продукты с повышенной биологической ценностью, являющиеся важной составной частью рационального питания, обычно представлены одним или несколькими веществами в концентрированной форме. Такие продукты главным образом натуральны, получены из растительного, животного или минерального сырья. К продуктам повышенной биологической ценности можно отнести сухие соки из плодого-ягодного сырья. Эти продукты богаты углеводами, органическими кислотами, витаминами, макро- и микроэлементами, полифенолами и др.

Лиофилизация соков прямого отжима позволяет получить такие продукты, уменьшить потери биологически активных веществ во время процесса удаления влаги и максимально концентрировать их в сухом продукте.

Свойства лесных ягод давно известны в фармакологии и медицине. Из них готовят целебные соки, варенья, которые насыщают организм витаминами, антиоксидантами, укрепляют иммунитет, обладают антисептическим действием, предотвращают процесс старения организма и др. Сбор ягод обычно связан с лесами, болотами — экологически наименее загрязненными территориями. Выше изложенное было причиной возникновения интереса использовать лесные ягоды для получения сухих соков.

Материалы и методы

Для исследований использованы соки прямого отжима малины, брусники, клюквы и черники, произрастающих в лесах и болотах Латвии. Лиофилизация соков осуществлена на оборудовании лиофильной сушки «LABCONCO» при температуре -50 °C и давлении 6,4 Па.

Содержание углеводов определили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (хроматограф Shimadzu LC-20 Prominence, распределительная колонка NH2 5μм $\times$ 250 мм $\times$ 4,6 мм, подвижная фаза — ацетонитрил : вода = 7030 обьемные %, температура 30 °C, детектор RID-10A.

Содержание титруемых кислот определяли потенциометрически (WTW pH-метр inoLab pH 720) с 0,1 М раствором гидроксида натрия.

Мутность и прозрачность растворов сухих соков исследовано с использованием универсального фотометра WTW MPM 3000.

Обсуждение результатов

Сухие соки лесной малины, брусники, клюквы и черники получили из предварительно замороженных соков прямого отжима в оборудовании лиофильной сушки с выходом 11 %.

В сухих соках лесных ягод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии исследовано содержание фруктозы, глюкозы, сахарозы и мальтозы. Сухой сок клюквы содержит 19,5 % фруктозы и 22,9 % глюкозы, сухой сок малины соответственно 35,2 % и 48,9 %, сухой сок брусники — 43,5 % и 40,8 %, сухой сок черники — 39,7 % и 22,4 %. Сахарозу содержит только сухой сок малины — 12,0 %, а мальтозу сухой сок брусники — 0,8 %. Содержание исследуемых углеводов в сухих соках превысило их содержание в соках прямого отжима в среднем в 12 раз.

Содержание титруемых кислот характеризуется количеством молей гидроксида натрия, которое необходимо на неитрализацию 1 кг сухого сока. Сухой сок клюквы наиболее богат титруемыми кислотами, так как на неитрализацию 1 кг понадобились 3,23 моля гидроксида натрия. Сухие соки черники, малины и брусники содержат титруемые кислоты соответственно в 3,6 2,5 и 2 раза меньше.

Полученные сухие соки имеют ярко выраженный вкус и запах соответствующих свежих ягод. Их можно использовать как полезное лакомство или вероятно как целебное средство.

Проверено применение сухих соков для получения напитков. Нами приготовлены растворы сухих соков лесной малины, брусники, клюквы и черники с массовой концентрацией 10 г $л^{-1}$. Растворы с упомянутой концентрацией имеют pH сравнимый с pH соков прямого отжима, например, для клюквы соответственно 2,85 и 2,48, брусники 3,05 и 2,74, черники 3,22 и 2,89, малины 3,52 и 3,01. Отсюда можно предположить, что состав растворов существенно не должен отличатся от состава соков прямого отжима.

Для определения мутности растворов сухих соков клюквы, брусники, малины и черники применялся турбидиметрический метод, результаты выражены в формазинных единицах мутности FTU. Мутность растворов сухих соков клюквы, брусники, малины и черники составляет соответственно в среднем 3, 6, 9 и 21 единицы FTU. Мутность раствора зависит от интенсивности рассеянного света. Если в растворе больше коллоидных частиц, то возрастает интенсивность рассеянного света и увеличивается мутность.

Прозрачность растворов сухих соков исследована фотометрически ($\lambda = 445$ нм, $\lambda = 520$ нм, $\lambda = 620$ нм). Наименьшая прозрачность и тем самым наивысшая абсорбция видимого излучения наблюдалась при $\lambda = 620$ нм. Прозрачность растворов сухих соков брусники, малины, клюквы и черники составляет соответственно 4,3 7,8 11,5 и 28,4 $м^{-1}$. Исследуемые растворы окрашены. Чем ярче окраска раствора, тем меньше слой раствора, через который может пройти видимое излучение определенной интенсивности.

Был проведен опыт, в котором использовали исследуемые сухие соки для подкрашивания сливок, и получено подтверждение, что их можно применять в качестве натуральных красителей — пищевых добавок, которые содержат еще и много других для здоровья полезных веществ.

Выводы

В процессе лиофилизации (-50 °C 6,4 Па) получены сухие соки клюквы, брусники, малины и черники.

Главными углеводами сухих соков клюквы, брусники, малины и черники являются фруктоза и глюкоза соответственно в пределах 19,5–43,5 % и 22,4–48,9 %.

Содержание титруемых кислот характеризовано количеством молей гидроксида натрия и возрастает в ряду сухой сок черники, малины, брусники и клюквы.

Показана возможность применения сухих соков клюквы, брусники, малины и черники для приготовления напитков и в качестве пищевых добавок.

Список литературы

1. *Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P.* Food chemistry. — Berlin etc.: Springer — Verlag, 2004. — Pp. 806–857.

2. *Kuka P.* Partikas produktu analizu fizikali kimiskas metodes. — Jelgava: LLU, 2008. — 174 lpp.

УДК 637.12.6:577.1

ПРОБИОТИЧЕСКИЙ КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ ИЗ ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА

С. Ш. Хожамуратова, А. Д. Серикбаева, Т. К. Кожахметова, Х. Х. Макажанова

Алматинский технологический университет, Республика Казахстан
E-mail: svethoja@rambler.ru

Верблюжье молоко с глубокой древности ценится не только за питательность, но и за лечебные свойства. Академики НАН РК Шигаева М. Х. [1], Тулемисова К. А. [2] исследовали микробиоту национальных молочнокислых продуктов, в том числе шубата. Beg et al. [3] установили, что верблюжье молоко способствует стабилизации сахарного диабета, т. к. в нем содержится высокая концентрация инсулина. Академик Шарманов Т. Ш. с сотр. [4] установили терапевтическую ценность верблюжьего молока при лечении язвы желудка и гепатита, а также показали эффективность применения верблюжьего молока при хроническом энтерите и дисбактериозе кишечника.

Однако до настоящего времени мало изучены биохимические особенности верблюжьего молока и шубата и не изучен процесс ферментации верблюжьего молока с помощью пробиотиков и пребиотиков.

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей производства, созданию технологий и расширению ассортимента различных функциональных продуктов на основе верблюжьего молока, обладающих функциональными свойствами, благодаря наличию в их составе полезных природных ингредиентов — пищевых волокон, витаминов-антиоксидантов, полиненасыщенных жирных кислот, пробиотиков, минеральных веществ.

Формирование пробиотических свойств кисломолочных продуктов во многом зависит от состава микробиоты закваски, поэтому исследования по подбору специальных штаммов бактерий, продуцирующих комплекс биологически активных веществ и ферментов, являются необходимыми.

Для получения продукта использовали закваску компании «GENESIS» Казахстан ВМС — 30 (Lactococcus lactis sp. lactis, Lactococcus lactis sp. lactis biovar diacetylacyis, Lactococcus lactis sp. cremoris, Streptococcus salivarius sp. termophilus, Bifidobacterium complex). В качестве основного молочного сырья, обладающего достаточной энергетической ценностью, в работе исследовано верблюжье молоко 3,6; 4,2; 6,7 % жирности, которые являются источником жиров, жирорастворимых витаминов А, Д, Е, β-каротина, вкусовых и ароматических веществ. Жир в верблюжьем молоке находится в мелко диспергированной форме, поэтому легче усваивается. Высокая питательная и биологическая ценность жира верблюжьего молока, а также их лучшая усвояемость позволят создать продукт, отвечающий потребностям организма в основных пищевых веществах и энергии. Кроме того, достаточно высокое содержание жира в продукте за счет верблюжьего молока способствует защите бактериальных клеток от неблагоприятных факторов, в том числе и при прохождении кислотного барьера в желудке. Поэтому бифидобактерии, содержащиеся в разрабатываемых кисломолочных продуктах в большом количестве достигнут кишечника и будут способствовать нормализации микробиоценоза, улучшению процесса гидролиза, всасывания жиров, белкового и минерального обменов.

Данные о химическом составе и свойствах верблюжьего молока, используемого в качестве среды культивирования, приведены в таблице.

Верблюжье молоко, как среда обитания молочнокислой микробиоты, является менее изученным, чем коровье молоко.

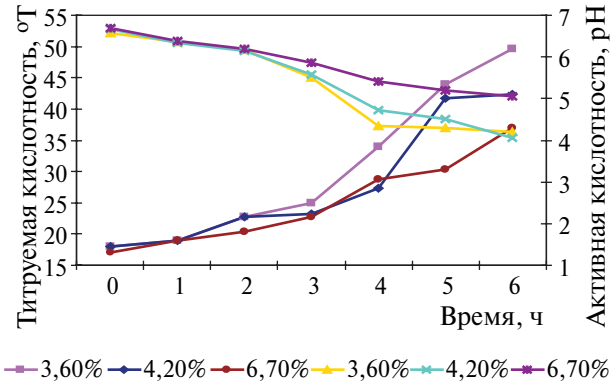
Необходимым условием производства бифидосодержащих молочных продуктов является совместное культивирование бифидобактерий с молочнокислыми микроорганизмами, создающими необходимую среду для их роста и развития. Установлено, что в наибольшей степени размножению и кислотообразованию бифидобактерий способствуют молочнокислые стрептококки и, особенно, вида Lactococcus lactis subsp. diacetilactis [5].

Химический состав и свойства верблюжьего молока

Вид животных	Массовая доля, %			Кислотность	
	жир	сухие вещества	сухие обезжиренные вещества	титруемая, °Т	pH
Дромедар	3,6±0,1	13,0±0,1	9,4±0,2	17,0±1,9	6,45±0,05
Д + Б	4,5±0,1	13,6±0,2	9,1±0,1	15,0±1,9	6,50±0,05
Бактриан	6,7±0,1	15,7±0,2	9,0±0,1	14,0±1,9	6,55±0,05

Изучены производственные свойства, которые проявляют много штаммовые бактериальные закваски в верблюжьем молоке различной жирности. При этом использовали 5 % закваску, а температура сквашивания поддерживалась согласно видовому составу микробиоты исследуемой бактериальной закваски или препарата.

Результаты исследования процесса ферментации верблюжьего молока различной жирности много штаммовыми бактериальными заквасками представлены на рисунке.



Динамика изменения кислотности в процессе ферментации верблюжьего молока с различной массовой долей жира бактериальным препаратом «ВМС-30»

Сравнительный анализ производственных свойств изученных молочнокислых культур свидетельствует о том, что они проявляют себя как более энергичные кислотообразователи с меньшим содержанием жира в верблюжьем молоке (3,6–4,5 %), чем с большим содержанием жира (6,7 %).

В жиросодержащей среде проявили себя как слабые кислотообразователи, то есть не обладают для этой среды производственной ценностью. Совокупность органолептических, химических и микробиологических характеристик, полученных в процессе ферментации верблюжьего молока с массовой долей жира 3,5, 4,5 и 6,7 % позволяет рекомендовать в качестве основного сырья для кисломолочного продукта молоко с низкой массовой долей жира 3,5 %.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что микробиота закваски оказывает существенное влияние на процесс ферментации верблюжьего молока различной жирности. Кроме того, наблюдается устойчивая тенденция проявления большей активности, а, следовательно, и жизнеспособности культур в верблюжьем молоке жирностью 3,6–4,2 %, нежели в верблюжьем молоке жирностью 6,7 %. Это объясняется более благоприятным соотношением питательных веществ, содержащихся в верблюжьем молоке более низкой жирности. Чем выше массовая доля жира в верблюжьем молоке, тем меньше содержание белков, азотистых соединений, углеводной фракции и других веществ, необходимых для жизнедеятельности полезной микробиоты.

Использование многовидовых сочетаний микроорганизмов позволяет создать благоприятные условия для развития бифидобактерий, сократить время ферментации, улучшить органолептические показатели продукта.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что в качестве основы для разрабатываемого кисломолочного продукта целесообразнее использовать верблюжье молоко 3,6 % жирности, позволяющие получить ферментированный продукт с улучшенными органолептическими показателями и, в частности, с более плотным сгустком.

Список литературы

1. *Шигаева М. Х., Оспанова М. Ш.* Микрофлора национальных кисломолочных напитков. — Алма-Ата: Наука, 1983. — 227 с.

2. *Тулемисова К. А., Бондаренко В. М., Савицкая И. С., Чупринина Р. П., Грачева Н. М., Жубанова А. А.* Пробиотические препараты и механизм их действия. Биотехнология. Теория и практика. № 2. 2004. С. 124–128.

3. *Beg O. U. et. al, von Bahr-Lindstrom H., Zaidi Z. H. and Jornvall H.* (1984). A small camel milk protein rich in gysteine half-cystein. Bioscience Reports 4 (12). Pp. 1065–1070.

4. *Шарманов Т. Ш., Жангабылов А. К.* Лечебные свойства кумыса и шубата. — Алма-Ата: ?ылым, 199. — 176 с.

5. *Черняев С. И.* Разработка новых функциональных молочных продуктов. — М.: ГВЦ Минсельхоза России, 2002. — 300 с.

КОРОВЬЕ МОЛОЗИВО И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

П. И. Гунькова, К. К. Горбатова

Санкт-Петербургский университет низкотемпературных и пищевых технологий

Молозиво, или колострум — первичное молоко, т. е. секрет, выделяемый молочной железой перед родами и в течение 1–2 дней после рождения потомства у всех млекопитающих. По своему составу молозиво коровы значительно отличается от обычного молока, вырабатываемого в последующие дни.

Считают, что молозиво является уникальным продуктом, содержащим не только высокое количество питательных веществ, но и важных компонентов, защищающих организм новорожденного от посторонней микрофлоры и способствующих быстрому укреплению его собственного иммунитета.

Как известно, коровье молозиво обладает высокой калорийностью по сравнению с обычным зрелым молоком (оно содержит в 2 раза больше сухих веществ); в нем в 3–5 раз больше белков (60–80 % которых составляют сывороточные белки), почти в 1,5 раза больше жира (богато незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами), фосфолипидов и минеральных веществ; имеет повышенное количество полисахаридов, являющихся пребиотиками; содержит в 2–10 раз больше каротина и витамина А (поэтому представляет собой желтую или серо-желтую густую жидкость), богато витаминами Е и D, а также аскорбиновой кислотой и витамином B_{12}, содержит высокое количество пероксидазных и пищеварительных ферментов, гормонов, нуклеотидов; в нем больше необходимого для развития головного мозга и работы сердца таурина и т. д.

Следует отметить, что коровье молозиво содержит высокое количество биологически активных соединений, способствующих повышению иммунитета животных (и человека). К ним относятся:

— **иммуноглобулины** (главным образом иммуноглобулины классов G и A), нейтрализующие вредное действие микроорганизмов и вирусов (антигенов); их содержание повышается, например, количество наиболее важного иммуноглобулина G_1 увеличивается в 100 раз и более;

— **лактоферрин**, препятствующий размножению микроорганизмов и усиливающий фагоцитоз; его содержание повышается в 10–50 раз по сравнению со зрелым молоком;

— **лизоцим** (фактор неспецифического иммунитета), лизирующий муреин клеточных стенок грамположительных бактерий;

— **цитокины** (белковые регуляторы иммунного ответа), к ним следует отнести *интерферон*, главный элемент противовирусной защиты клеток организма, *факторы роста*, стимулирующие нормальный рост организма и усиливающие восстановление стареющих и поврежденных мышц, кожного покрова и костей (к ним относятся инсулиноподобные факторы роста ИФР–1 и ИФР–2, тромбоцитарный фактор роста, трансформирующие факторы роста А и В и др.) и др.;

— **эндорфины** (нейромедиаторы), играющие существенную роль в регуляции болевых ощущений, защищающие организм от различных стрессов;

— **полипептиды, обогащенные аминокислотой пролином**, стимулирующие ослабленную иммунную систему;

— **гликопротеины** (протеазные ингибиторы), защищающие иммунные факторы от разрушения ферментами желудочного сока в желудочно-кишечном тракте;

— **стафилококковый антитоксин** и др.

Известно, что до недавнего времени коровье молозиво в нашей стране не использовалось для производства лечебно-профилактических препаратов или функциональных молочных продуктов на его основе (его использовали лишь для выпойки телят). Это было вызвано тем, что молоко в первые дни после отела нестойко при хранении, не выдерживало тепловой обработки, т. е. не подлежало промышленной переработке.

Взгляд на коровье молозиво резко изменился в конце 90-х годов 20 века. В настоящее время разработаны новые щадящие методы тепловой обработки («dry-spray technology») молозива, позволяющие сохранить его специфические антибиотические свойства. Кроме того, для выделения из сыворотки молозива наиболее ценных компонентов (иммуноглобулинов, лактоферрина и др.) широко используют методы ионообменной хроматографии, гелевой или мембранной фильтрации, ультрафильтрации и др. Известны препараты, содержащие молозиво или его компоненты — «Иммулак», «Immune Formula», «Фестфуд» и ряд других.

Список литературы

1. *Остроумов Л. А., Разумникова И. О. и др.* Иммуноглобулины // Молочн. пром. 2008. № 3. С. 82–83.
2. *Korhonen H.* Isolation of immynoglobulins from colostrums. — Бюллетень IDF-2004. № 389. С. 78–84.
3. *Korhonen H.* Technology options for new nutritional concepts. — Бюллетень IDF-2002. № 374. С. 50–60.

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ И ПЕРОКСИДАЗЫ В ОХЛАЖДЕННОМ КУРИНОМ ФАРШЕ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖИРОВОЙ ТКАНИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Я. В. Медведев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Как известно, процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), протекающие в мясном сырье и мясопродуктах, сопровождаются накоплением токсичных веществ, влекут за собой снижение биологической ценности и приводят к ухудшению органолептических показателей [5].

Основным фактором, лимитирующим скорость ПОЛ, является действие антиоксидантной системы (АОС), состоящей из двух подсистем — ферментативной (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидазы, глутатион-S-трансфераза и др.) и неферментативной (токоферолы, убихинон, витамин С, серосодержащие соединения и др.) [3].

В системе АОС особое внимание привлекают ферменты супероксиддисмутаза (СОД, КФ 1.15.1.1) и пероксидаза (ПО, КФ 1.11.1.7). СОД катализирует реакцию дисмутации супероксидного радикала кислорода (O_2^-), превращая его в менее токсичную перекись водорода [1]. ПО эффективно расщепляет не только перекись водорода, но и органические гидроперекисные соединения, включая гидроперекиси полиненасыщенных жирных кислот [6]. В ряде работ продемонстрировано эффективное антиоксидантное действие СОД и ПО как в модельных системах, так и при добавлении их в пищевые продукты [4, 7, 11]. В живых клетках активность СОД и ПО повышается в условиях окислительного стресса (ОС). Некоторые ткани (мозг, мышцы, легкие) обладают повышенной чувствительностью к ОС [1]. В мясе птицы высокая активность глутатион-ПО коррелирует с низким содержанием витамина Е и интенсивностью ПОЛ при хранении [12].

Целью настоящей работы было изучение динамики активности СОД и ПО в фарше из куриной грудки с различным содержанием жировой ткани в течение 7 дней хранения при 4 °С.

Приготовление образцов. Мышечную ткань грудки (m. pectoralis major) цыплят бройлеров отделяли от костей, а затем измельчали на волочке. По два образца, массой 20 г каждый, упаковывали в пластиковые пакеты toppits®. Фарш для первого образца был взят в качестве контроля, второй образец включал 20 % измельченной жировой ткани из брюшной полости той же тушки. Образцы хранили в течение 7 дней при 4 °С. Активность СОД определяли по методу [10], ПО — по методу [8]. Активность ферментов выражали в условных единицах на мг белка (у. е./мг белка).

Концентрацию белка в водных растворах определяли по методу Лоури. Содержание ТБК-активных продуктов определяли по методу [14] нм. Количество ТБК-активных продуктов выражали в мг. экв. МДА/кг фарша, используя коэффициент молярной экстинкции $\varepsilon = 1{,}56 \times 10^5\ \ М^{-1}см^{-1}$. результатов проводили с вычислением средней арифметической и ее стандартной ошибки по данным четырех экспериментов, используя пакет статистических программ Microsoft Office Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Результаты определения активности СОД и содержания ТБК реактивных продуктов в охлажденном курином фарше с различным содержанием жировой ткани в течение 7 дней хранения представлены на рис. 1. Как видно, общий уровень активности фермента изменяется незначительно, что еще раз подтверждает принадлежность СОД к числу наиболее стабильных белков [9]. Однако увеличение содержания ТБК- активных продуктов на 5–6 дни хранения вызывает некоторое понижение активности фермента, что вероятно связано с окислительной модификацией молекулы СОД. В опытах на модельных системах было показано, что инкубация СОД в присутствии системы Фентона, сопровождается глубокими структурными изменениями, что приводит к полному падению ее активности [2]. Вероятнее всего, что в такой сложной, многокомпонентной среде как мясной фарш, молекула фермента не испытывает прямого воздействия радикальных продуктов и общий уровень активности слабо зависит от интенсивности процесса перекисного окисления.

На рис. 2 представлена динамика активности ПО в аналогичных условиях. В отличие от СОД понижение активности ПО носит более отчетливый характер, начиная с третьего дня хранения. Здесь необходимо принять во внимание тот факт, что пероксидазную активность способны проявлять многие белки гемовой природы, которые в избытке содержатся в мышечной ткани [6].

По-видимому, окислительная модификации белковых молекул, играет первостепенную роль в конечной величине активности ПО при хранении мяса птицы. Существенное влияние на нее может оказывать также изменение содержания низкомолекулярных антиоксидантов

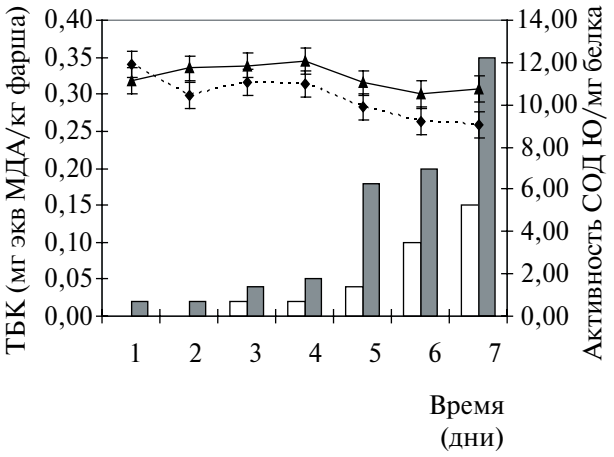


Рис. 1. Динамика изменения активности СОД и накопления ТБК-активных продуктов в охлажденном курином фарше в течение 7 дней хранения при 4 °С. Линии — активность СОД в фарше с низким (контроль), 1,5–3 % (▲) и высоким, 18–20 % (♦) содержанием жировой ткани. Гистограммы — количество ТБК-реактивных продуктов в фарше с низким (□) и высоким (■) содержанием жировой ткани

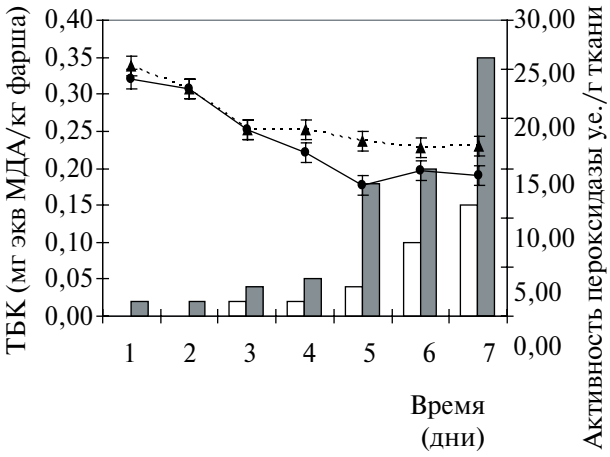


Рис. 2. Динамика изменения активности ПО и накопления ТБК-активных продуктов в охлажденном курином фарше в течение 7 дней хранения при 4 °С. Линии — активность ПО в фарше с низким (контроль), 1,5–3 % (▲) и высоким, 18–20 % (♦) содержанием жировой ткани. Гистограммы — количество ТБК-реактивных продуктов в фарше с низким (□) и высоким (■) содержанием жировой ткани

В заключение можно сказать, что динамика процесса изменения активностей СОД и ПО в мясе птицы при хранении носит сложный характер. В целом оба фермента довольно стабильны и незначительное понижение в активности вероятно обусловлено окислительной модификацией молекул белка.

Список литературы

1. *Дубинина Е. Е.* Биологическая роль супероксидного анион-радикала и супероксиддисмутазы в тканях организма. Успехи совр. биологии. 1989. Т. 108. N 1. N 4. С. 3–18.

2. *Дубинина Е. Е.* Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток. СПб.: Медицинская пресса, 2006. 400 с.

3. *Журавлев А. И.* Биоантиокислители в регуляции метаболизма в норме и патологии. — М., 1982. С. 21.

4. *Красильникова Л. В. и др.* Способ получения кисломолочного продукта с супероксиддисмутазой, патент № 95 104578 13 (008735).

5. *Орешкин Е. Ф., Тимченко С. В.* Процессы окисления липидов в мясных продуктах. М.: АгроНИИТЭИММП, 1992. 44 с.

6. *Рогожин В. В.* Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб., 2003.

7. *Allen J. C., Wrieden W. L. J.* Influence of milk proteins on lipid oxidation in aqueous emulsion. II. Lactoperoxidase, lactoferrin, superoxide dismutase and xanthine oxidase // Dairy Res. — 1982. — Vol. 49. P. 249–263.

8. *Carlsen C. U., Skovgaard I. M., Skibsted L. H.* Pseudoperoxidase activity of myoglobin: kinetics and mechanism of the peroxidase cycle of myoglobin with H_2O_2 and 2,2-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonate) as substrates // J. Agric. Food Chem. — 2003. — Vol. 51. — P. 5815–5823.

9. *Fridovich I.* Superoxide dismutases. An adaptation to a paramagnetic gas // J. Biol. Chem. — 1989. — Vol. 264. N 14. P. 7761–7764.

10. *Fried R.* Enzymatic and non-enzymatic assay of superoxide dismutase // Biochemie. — 1975. — Vol. 57. N 5. — P. 657–660.

11. *Lingnert H., Akesson G., Eriksson E.* Antioxidative effect of superoxide dismutase from saccharomyces cerevisiae in model systems // J. Agrlc. Food Chem. — 1989. — Vol. 37. P. 23–28.

12. *Maraschiello C., Sarraga C., Regueiro A.* Glutathione peroxidase activity, TBARS, and α-tocopherol in meat from chickens fed different diets // J. Agric. Food Chem. — 1999 — Vol. 47. P. 867–872.

13. *Passi S., Cataudella S., Tiano L., Littarru G. P.* Dynamics of lipid oxidation and antioxidant depletion in Mediterranean fish stored at different temperatures // BioFactors. — 2005. — Vol. 25. P. 241–254.

14. *Salih A. M., Smith D. M., Price J. F., Dawson L. E.* Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry // Poultry Sci. — 1987. — Vol. 66. — P. 1483–1488.

PHENOLIC CONTENTS AND RADICAL SCAVENGING CAPACITY AFFECTED BY LOW TEMPERATURES STORED IN SELECTED FRUIT JUICES

Wojdylo Aneta[*, **]

[*] Institute of Biochemistry and Molecular Biology
University of Wroclaw 63/77 Przybyszewskiego Str.; 51-148 Wroclaw, Poland
[**] Fruit, Vegetable and Cereal Technology Department
Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, 25 Norwida Str., 50-375 Wroclaw, Poland
E-mail: aneta@wnoz.up.wroc.pl

Introduction

The protection provided against degenerative diseases by fruits and vegetables has been attributed to the fact that these foods may provide an optimal mix of phytochemicals, such as natural antioxidants, fiber, and other bioactive compounds (Ames et al., 1993). Fruits and vegetables contain many different bioactive molecules, many of them have antioxidant properties. Berries are rich in flavonoids and phenolic acids (Heinonen et al., 1998). There is an increasing attention to the role of diet in human health. Due to the fact that most vegetables and fruits need to be processed for safety, quality, and economic reasons, the health-promoting capacity of fruits and vegetables depends on their processing and storage history. The concentration of bioactive compounds may change with processing, especially during preparation and long storage (Nicoli et al., 1999). Reduction in antioxidant activity during processing and storage (Lindley, 1998) may reduce the health beneficial effects of such food products. Fruit juices phenolic compounds and vitamin C are very unstable and undergo destruction during long term storage.

The objective of this experiment was to study how phenolic compounds and antioxidant activity of different fruit juices were changed during 12 month of storage at 4 °C.

Materials and methods

Plant materials and juices preparation. Fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnosides* L.), flowering quince (*Chaenomeles japonica*), rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.), hawthorn (*Crataegus oxyacanta*), were obtained from the Garden of Medicinal Plants herbarium at the Medical University in Wroclaw, Poland. Fresh fruit samples were frozen and stored at −20 °C until juices were made.

The fruits were crushed and heated at 80 °C for 5 min with the use of Thermomix (Vorwerk, Germany). After cooling, the pulp was depectinized at 50 °C for 1 h by adding enzyme. To sea buckthorn, rowanberry and hawthorn and to flowering quince 0.5 mL of Pectinex Yield Mash (Begerow, Germany) per kg was added. Pulp was pressed under final pressure of 300 kPa for 3 min in a laboratory hydraulic press (Type Zoodiak). The juices were heated in Thermomix to 90 °C for 5 min, 0.2 L glass jars were hot filled and immediately inverted for 10 min to sterilize the lids, and then cooled to 20 °C. All processing procedures were replicated. The juices were kept refrigerated (4 °C) for 12 month.

Phenolic compounds were determined by method previously described by Wojdylo et al., (2008).

The total antioxidant power of juices was determined using the ferric reducing ability of plasma (FRAP) assay by Benzie et al. (1996). The free-radical scavenging activity was determined by ABTS radical cation decolorization assay according to the method of Re et al. (1999).

Results and discussion

The phenolic content of selected juices was evaluated by HPLC method and presented in Figure 1. The HPLC analyses allowed the quantification of different phenolic compound groups such as anthocyanins, flavonols, hydroxycinnamic acids, and flavan-3-ols.

Rowanberry juices were richer in phenolic compounds: hydroxycinnamic acids and flavan-3-ols, than flavonols. The hydroxycinnamic acids of rowanberry juices consisted mainly of chlorogenic and neochlorogenic acids. Flavonol content in this juice was 135.18 mg/100 ml. The anthocyanin fraction in rowanberry consisted mainly of three compounds, which have been identified as cyanidin-3-O-galactoside, -glucoside, and -arabinoside, but in this study only cyanidin-3-glucoside was found (20.34 mg/100 ml).

Flowering quince had higher amount of hydroxycinnamic acid than other juices. Flowering quince juice was characterized by the highest flavan-3-ols content. The flavonols of flowering quince juice consisted mainly of quercetin-3-O-galactoside, and -rutinoside and kaempferol 3-O-glucoside and trace amount of isoquercitrin. Any anthocyanins derivatives were detected in this juice.

Flavan-3-ols were the dominant compounds in hawthorn juice, but other phenolic compounds were also present in smaller amounts. Only a trace amount of antocyanins was found in this juice.

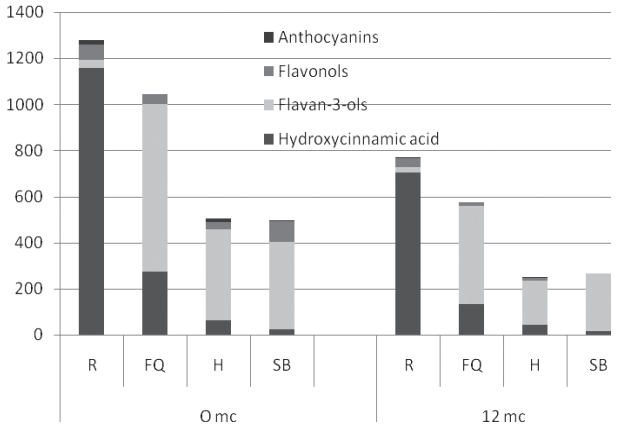


Fig. 1. Bioactive compounds of rowanberry (R), flowering quince (FQ), hawthorn (H) and sea buckthorn (SB) juices [mg/100 ml] before and after storage

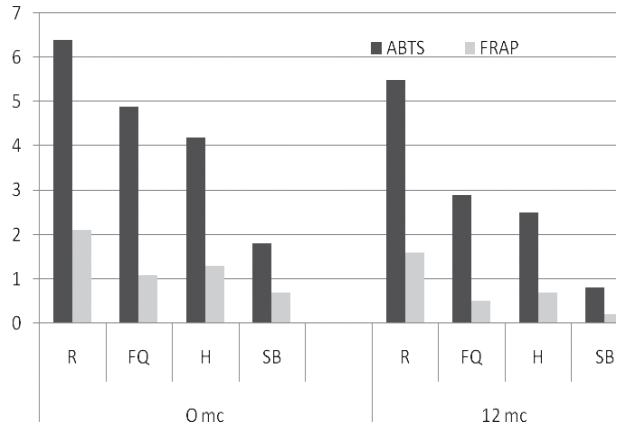


Fig. 2. Antioxidant activity of rowanberry (R), flowering quince (FQ), hawthorn (H) and sea buckthorn (SB) in mM/100 ml measured by ABTS free radical scavenging and FRAP assay before and after storage

Sea buckthorn juice was the richest in flavonols (quercetin-3-O-rutinoside and -glucoside, isorhamnetin-3-O-glucoside), and flavan-3-ols ((+)-catechin and (−)-epicatechin), moreover hydroxcinnamic acid was also present in smaller amounts. These berries are an excellent source of phytochemicals such as ascorbic acid, tocopherols, unsaturated fatty acid, phytosterol and carotenoids [2].

All juices showed a strong free-radical scavenging activity against FRAP and ABTS radicals (Figure 2). However; this activity was different depending on the method and the radical models used. These assays demonstrated that juices the richest in phenolic content (rowanberry and flowering quince) were those showing the highest values in free-radical scavenging activity against FRAP and ABTS radicals. The FRAP values ranged from 2.1 to 0.3 mM/100 ml of juice and the ABTS radical scavenging activity from 6.4 to 1.8 mM/100 ml of juice. This study clearly demonstrated that investigated juices, which possessed high content of total polyphenols, especially flavan-3-ol and high content of phenolic acid, had the highest antioxidant activity.

The temperature was the most important factor decreasing phenolic compound and antioxidant activity ($p > 0.05$). During the storage of 12 month at 4 °C the investigated juices lost about 10–30 % of phenolic compounds and antioxidant activity. The total phenolic content of rowanberry and flowering quince was still higher than in sea buckthorn and hawthorn. The HPLC analysis of anthocyanins in stored rowanberry and hawthorn juices showed that the instability of this compound significantly decreased, because this phenolic group was less stable. The hydroxycinnamic acid derivatives were more stable than flavonoids during the 12 months of refrigerator storage (Figure 1) in all juices.

After the storage the free radical scavenging activity of investigated juices decreased. FRAP values decreased from 12 to 26 % and ABTS values decreased from 19 to 33 % depending on the type of the juice, especially in hawthorn and sea buckthorn.

In conclusion, the low temperatures storage followed by a long-time storage is a good preservative method to maintain the phenolic compounds and free radical scavenging activity of investigated juices.

Acknowledgemnts

This work was supported by program POL-POSTDOC II — PBZ/MEN/01/2006/05.

Literature

1. *Re R., Pellegrini N., Preteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.* (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 9/10, 1231–1237.

2. *Benzie I. F. F., Strain J. J.* (1996). Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. Analitical Biochemistry, 239, 70–76.

3. *Ames B. M., Shigen M. D., Hagen T. M.* Oxidants, Antioxidants and the Degenerative Diseases of Aging. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 1993, 90, 7915–7922.

4. *Heinonen M., Lehtonen P. J., Hopia A. I.* Antioxidant Activity of Berry and Fruit Wines and Liquors. J. Agric. Food Chem. 1998, 46, 25–31.

5. *Nicoli M. C., Anese M., Parpinel M.* Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends Food Sci. Technol. 1999, 10, 94–100.

6. *Lindley M. G.* (1998). The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. Trends in Food Sciences and Technology, 9, 336–341.

7. *Wojdylo A., Oszmianski J., Bober I.* The effect of addition of chokeberry, flowering quince fruits and rhubarb juice to strawberry jams on their polyphenol content, and antioxidant activity. European Food Research and Technology, 2008, 227: 1043–1051.

TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS AND RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF QUINCE JUICES BLENDED WITH RED BERRIES

Aneta Wojdylo*, Jan Oszmianski

Department of Fruit and Vegetable Processing
Wroclaw Environmental and Life Science University, 25 Norwida Street, PL-50-375 Wroclaw, Poland
*E-mail: aneta@wnoz.up.wroc.pl

Introduction

A certain correlation between diets rich in fruits and vegetables and a lower incidence of some major human chronic diseases, including several forms of cancer and cardiovascular disease, among others, has been observed in a wide variety of epidemiological studies [1]. These beneficial effects have been attributed to a wide variety of naturally occurring compounds that have not been traditionally regarded as nutrients, phenolics being one of the most important groups. High levels of these compounds can be found in deep-coloured berries. Berries have been reported to contain a wide variety of phenolics including hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives, anthocyanins, flavonols, flavanols, proanthocyanidins and hydrolysable tannins [2].

Anthocyanins are responsible for red and blue colour of many fruits and berries such as chokeberry, black and red currant, raspberry and strawberry. Matilla et al. [3] and Koponen et al. [4] found that chokeberry, sweet rowanberry, and black currant had more anthocyanins and other principal polyphenols than strawberry.

Quince (*Cydonia oblonga* Miller) is the fruit of the *Rosaceae* family. It is not edible in a raw form because of its taste, hardness, bitterness and astringency. Generally, quince contains more phenolic acids and flavonols than other investigated fruits. Astringent taste of quince fruits indicates the presence of tannins, mainly (-)-epicatechin polymers. The phenolic compound from chokeberry, strawberry, raspberry, and currant was different than quince phenolics. These berries had significantly higher content of anthocyanins and others phenolics substances, and also higher antioxidant activity than apple, pear and quince.

The aim of the study was to establish whether the addition of 20 % of red berries (chokeberry, strawberry, raspberry, red and black currant) during juices processing improves their colour and enriches them in polyphenol compounds other than those found in quince.

Materials and method

Plant materials. Samples of fruits and berry were harvested in Garden of Medicinal Plants in June-October, 2008.

Preparation of mixed juices.

Mix juices were prepared from quince and 20 % of red berry: chokeberry, strawberry, raspberry, red and black currant. The fruits were crushed and heated at 80 °C for 5 min with the use of Thermomix (Vorwerk, Germany). After cooling, the pulp was depectinized at 50 °C for 1 h by adding mix enzymes (Yield Mash, and Berry Color Pectinex, Begerow, Germany). Pulp was pressed under final pressure of 300 kPa for 5 min in a laboratory hydraulic press (Type Zoodiak). The juices were heated in Thermomix to 90 °C for 5 min, 0.2 L glass jars were hot filled and immediately inverted for 10 min to sterilize the lids, and then cooled to 20 °C. All processing procedures were replicated.

Phenolic compounds. Phenolic compounds was determined by method previously described by Wojdylo et al., [5].

Antioxidant activity. The free-radical scavenging activity was determined by DPPH radical cation decolorization assay according to the method of Yen et al., [6].

Colour measurement. The colour of mix juices was measured with Color Quest XE (HunterLab), and result was shown as $L^*a^*b^*$ system.

Results and discussion

The results of the quantification of polyphenols found in juices made from 80 % of quince with 20 % of red berry are shown in Table 1 and was compared to 100 % of quince juice. The sum of phenolic compounds determined by HPLC was distributed in a wide concentration range depending on the type of juices.

The addition of 20 % of black currant and chokeberry to quince juices during their preparation resulted in the increase of phenolic content in final products, especially of anthocyanins and flavonols. Juice prepared only from quince did not contain anthocyanins. The highest level of total polyphenols was found in quince mixed with black currant (2613.79 mg/100 ml) and chokeberry (1840.81 mg/100 ml) than other berries. Juice with chokeberry had more quercetin and anthocyanins than juice prepared from strawberry, red currant and raspberry.

Table 1

Total content of phenolic compounds (in mg/100 g ± SD) and antioxidant activity (μM Trolox/100 ml) in quince juice without and with red berry additives

	F	HA	FL	A	TOTAL	DPPH
QUINCE	105.38	426.53	465.5	0.00	997.41	487.54
Q+RASPBERRY	181.21	374.01	402.13	616.82	1574.17	498.37
Q+STRAWBERRY	119.31	435.86	469.96	593.79	1618.91	605.29
Q+RED CURRANT	107.39	453.47	487.16	622.48	1670.51	770.46
Q+BLACK CURRANT	106.57	536.16	653.08	1317.98	2613.79	1850.35
Q+CHOKEBERRY	174.16	431.51	501.22	733.91	1840.81	1185.45

F — flavan-3-ols; HA — hydroxycinnamic acid; FL — flavonols; A — anthocyanins; TOTAL — total of polyphenols.

Table 2

Changes in colour parameters of quince juice with and without red berry additives

	L	a^*	b^*
QUINCE	34.37	−0.03	3.66
Q+RASPBERRY	28.19	7.16	1.72
Q+STRAWBERRY	27.91	7.38	3.59
Q+RED CURRANT	28.24	7.08	1.27
Q+BLACK CURRANT	23.55	1.23	−0.52
Q+CHOKEBERRY	26.13	3.94	−0.02

Antioxidant activity of mix quince juices described by DPPH methods is presented in Table 1. There was a significant difference in antioxidant activity caused by adding berry to produced juices. Similarly as with the difference in total phenolics content, quince with black currant and chokeberry showed a wider range of antioxidant capacity than quince blended with red currant > strawberry and > raspberry. The effects of this juices preparation on antioxidant capacity measured by DPPH free radical scavenging ranged from 487.54 to 1185.45 μM of Trolox equivalent.

The lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*) values of juices, prepared without and with addition of different red berries shown in Table 2. Results showed that juices prepared from quince fruits had high L^* value ($L = 34.37$). Quince juices blended with red berry had smaller L^* value than control juice but at the same time the highest a^* and b^* values. This variation could be due to the nature of the pigments in these fruit cultivars and the content of anthocyanins which resulted in darker colour.

Conclusion

The results showed that supplementation of quince juices with red berry during processing enriched these products in new phenolic compounds, especially in anthocyanidins. Juice supplementation, especially with black currant and chokeberry fruits had a good effect on phenolic content and antioxidant activity.

Acknowledgements

This work was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education, Project No. N N312 199935.

References

1. *Halliwell B.* (1994) Lancet 344, 721–724.

2. *Aaby K., Ekeberg D., Skrede G.* (2007) J Agric Food Chem. 55, 4395–4406.

3. *Mattila P. H., Hellström J. H., Happonen A. M., Koponen J. M., Törrönen A. R.* (2006) Polyphenols Congress, Winnipeg, Manitoba, 433–434.

4. *Koponen J. M., Happonen A. M., Mattila P. H., Törrönen A. R.* (2006) Winnipeg, Polyphenols Congress, Manitoba, 419–420.

5. *Wojdylo A., Oszmianski J., Bober I.* (2008) European Food Research and Technology, 227, 1043–1051.

6. *Yen G. C., Chen H. Y.* (1995) J Agric Food Chem. 43, 27–32.

SENSORY EVALUATION OF FROZEN CHICKEN AND TURKEY BREAST FILLETS

Korzeniowska Malgorzata, Bobak Lukasz, Kopec Wieslaw, Korzycki Michal, Skiba Teresa

Wroclaw University of Environmental and Life Sciences
25/27 Norwida Str., 50-375 Wroclaw, Poland
E-mail: malgorzata.korzeniowska@up.wroc.pl

Introduction

Freezing is a widespread method used for food including meat and meat products preservation. Using actual technologies foods can be frozen and stored during relatively long periods at reasonable costs, maintaining most of their original quality attributes and increased flexibility in inventory for retailers. Although, storage in freezing state can reduce the meat quality and lower the consumer preferences towards meat that has been frozen and thawed (Campanone et al., 2005, Farouk et al., 2003, Agnelli and Mascheroni, 2002, Wheeler et al., 1990).

The objective of the study was to evaluate the sensory properties of frozen chicken and turkey breast fillets and determine the optimal storage period.

Materials and methods

Materials used in the study were chicken and turkey breast muscles (fillets), hot-boned from birds carcasses, confectioned on plastic trays and deeply frozen in meat processing plant. Frozen meat was then stored at -18 °C for 13 months in industrial conditions. Sensory analysis was performed after 3, 6, 10 and 13 months of frozen storage on frozen and thawed, as well as roasted meat in air at temp. 160 °C up to 72 °C. Sensory properties of the meat was analysed by trained panel (8 people) according to 5 grades scale of acceptance, where: 1 — do not like very much, 2 — do not like, 3 — either like or do not like, 4 — like, 5 — like very much (PN-ISO 4121, 1998). Taste, odour, colour, consistency (softness of the surface), overall appearance, dried areas existence and overall acceptability were analysed. Moreover, degree of acceptance according to 1–10 scale was carried out. Collected results were statistically analysed (Statistica 8.0) by analysis of variance Duncan test at $p \leq 0.05$.

Results and disscussion

There was significant ($p \leq 0.05$) influence of frozen storage period on the sensory characteristics of chicken breast muscles (tab. 1). Meat analysed in frozen state after 3 months of storage was characterized by very high degree of acceptance (9.57). Extended storage (longer than 6 months) resulted in significantly lower degree of acceptance. Those results were confirmed by the scores collected for overall acceptability of stored frozen chicken fillet. Analysis of thawed meat showed that the overall acceptability of breast chicken muscles was reduced after 6 months of frozen storage. There was no further significant lowering in consumer acceptance when stored meat between 10 and 13 months. Meat odour was deteriorated after 10 months of frozen storage; consumer were able to detect strong storage flavor, which was expected but not acceptable. Meat colour after 10 months of storage at -18 °C was less acceptable, however the lowest value of this parameter (3.34) was observed for fillet stored 13 months and was connected with oxidative changes and water evaporation especially on the surface of the products. Those results was also in an agreement with dried areas existence evaluation, which revealed that after 6 months of chicken fillet storage in frozen state, some freeze burns appeared and reduced values for overall appearance. Significant reduction in consumer acceptance of roasted frozen chicken breast fillet after 6 months of storage was noticed The lowest values (less than 4.00) were stated for odour (13 months) and colour (10 months) of meat. Six months of storage in frozen state was also deteriorative period for chicken breast muscles taste. Further reduction in meat taste was analysed after 13 months of frozen storage.

Frozen storage period had a significant $p \leq 0.05$ effect on sensory evaluation of turkey breast fillets (tab. 2). When analysed meat in frozen state lower values of sensory traits were observed after 6 months of storage at -18 °C, with the exception for meat consistency expressed by softness of the surface. Similar trend were observed for thawed meat sensory evaluation. Roasted turkey breast fillets previously stored for 3 months in frozen state gained very high consumer acceptability in all analysed sensory traits. After 6 months of storage significant reduction in sensory characteristics was observed, however obtained results were still quite high. The lowest acceptability was stated for meat stored 13 months. Significant differences in taste were observed for all analysed storage times.

Extended storage in frozen state of chicken and turkey breast fillets negatively effected in sensory characteristics of meat. Significantly lower acceptability was analysed for meat stored in frozen state more than 6 months. Deteriorative effects of frozen storage on sensory properties of chicken breast muscles was also stated among others by Patsias et al. (2008) and Babic et al. (2009).

Table 1

Sensory evaluation stores of frozen. thawed and thermally treated chicken breast fillets

Storage time [months]		Apperance	Odour	Colour	Consistency	Dried areas existence	Overall acceptability	Degree of acceptance
Frozen meat	3	4.65c	4.92d	4.81c	4.97c	4.72b	4.97d	9.57c
	6	4.48b	4.51c	4.61b	4.85b	4.65b	4.81c	8.81b
	10	4.29a	4.15b	4.48a	4.83ab	4.82c	4.70b	8.19a
	13	4.28a	4.00a	4.49a	4.80ab	4.54a	4.53a	8.36ab
Thawed meat	3	4.25d	4.40b	4.03c	4.78de	4.30b	4.38c	9.41b
	6	4.04c	4.30b	3.99bc	4.60c	4.05a	4.24b	8.90a
	10	3.91b	3.99a	3.86b	4.48ab	4.00a	3.94a	8.91a
	13	3.73a	3.90a	3.34a	4.53bc	4.00a	3.86a	8.89a
Thermally treated meat	3	4.77c	4.86c	4.45d	4.75c	5.00a	4.95c	9.86d
	6	4.60b	4.82c	4.22c	4.51b	5.00a	4.85b	9.61cd
	10	4.24a	4.30b	3.91ab	4.41a	5.00a	4.00a	8.59ab
	13	4.24a	3.93a	3.85a	4.45ab	5.00a	3.99a	8.63ab

Table 2

Sensory evaluation stores of frozen. thawed and thermally treated turkey breast fillets

Storage time [months]		Apperance	Odour	Colour	Consistency	Dried areas existence	Overall acceptability	Degree of acceptance
Frozen meat	3	4.24c	4.50d	4.24c	5.00c	4.85d	4.89d	9.83c
	6	3.92ab	4.10bc	4.02b	4.99c	4.29c	4.42c	8.01b
	10	3.85a	4.05b	3.93a	4.80b	4.11b	4.09b	7.54a
	13	3.93ab	3.86a	3.96a	4.58a	3.99a	4.00a	7.70ab
Thawed meat	3	4.25b	4.29d	4.50c	4.83d	4.50c	4.69d	9.44d
	6	4.50c	4.09c	4.34b	4.55c	4.24b	4.60c	8.50c
	10	4.15a	3.89b	4.30b	4.44a	3.94a	4.00b	8.09ab
	13	4.03a	3.67a	3.99a	4.50b	3.86a	3.84a	7.99a
Thermally treated meat	3	4.99c	4.67d	4.87d	4.99c	5.00a	4.99d	9.85d
	6	4.66b	4.39c	4.64c	4.69b	5.00a	4.89c	9.09c
	10	4.06a	4.30b	4.30b	4.56a	5.00a	4.20b	8.44b
	13	4.06a	4.17a	4.09a	4.60a	5.00a	4.00a	7.83a

References

1. *Agnelli M. E., Mascheroni R. H.* 2002. Quality evaluation of foodstuffs frozen in a cryomechanical freezer. J. Food Eng., 52, 257–263.

2. *Babic J., Cantalejo M. J., Arroqui C.* 2009. The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. LWT, 42, 1325–1334.

3. *Campanone L. A., Salvadori V. O., Mascheroni R. H.* 2005. Food freezing with simultaneous surface dehydration: approximate prediction of weight loss during freezing and storage. Int. J. Heat Mass Transfer, 48, 1195–1204.

4. *Farouk M. M., Wieliczko K. J., Merts I.* 2003. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. Meat Sci., 66, 171–179.

5. *Patsias A., Badeka A. V., Savvaidis I. N., Kontominas M. G.* 2008. Combined effect of freeze chilling and MAP on quality parameters of raw chicken fillets. Food Microbiol., 25, 575–581.

6. *Wheeler T. L., Miller R. K., Savell J. W., Cross H. R.* 1990. Palatability of chilled and frozen beef steaks. J. Food Sci., 55, 301–303.

УДК 539.2:660:664

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ И МУЧНОМ КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Н. А. Горбатовская, И. И. Бекбасаров, М. С. Камалова, М. Т. Касымова, А. С. Умирбекова, Н. В. Полежаева

Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, Республика Казахстан
E-mail: info@tarsu.kz

Хлеб и мучные кондитерские изделия играют немаловажную важную роль в питании человека. На сегодняшний день в Казахстане потребляют в основном хлебные изделия из муки сортовых помолов пшеницы. Ученые всегда называли пшеницу уникальной зерновой культурой, которая включает все необходимые для жизнедеятельности человека химические и биохимические компоненты. Истинная ценность пшеницы заключена в целом зерне, содержащем все 10 основных аминокислот, 12–15 % белка, до 75 % углеводов и около 28 важных для организма человека нутриентов.

При переработке пшеницы в сортовую муку 9 жизненно важных элеменов исчезают совсем. Количество кальция снижается с 60 до 19 мг; железа с 5,38 до 1,86 мг; марганца с 3,86 до 0,86 мг; витамина B_1 с 3,8 до 0,8 мг, также снижается содержание других элементов, при этом возрастает калорийность. Однако, рассматривая белок пшеницы и его ценность, следует отметить, что процент его содержания и сбалансированность аминокислотного состава несколько ниже, чем у других культур, по содержанию таких незаменимых (экзогенных) аминокислот, как лизин, валин, цистин, нейцин и др. Крахмал пшеницы сложнее переходит в мальтозу, чем крахмал других злаков. Уступает пшеница и продукты ее переработки и по содержанию свободных липидов, содержание которых в других зерновых культурах намного выше: у овса — от 7 до 9 %, проса — 5,5 %, ячменя — 6 %, в то время как у пшеницы — 3,8 %.

Хлеб в целом служит прекрасным источником белков и углеводов. Что касается витаминов, минеральных веществ, то их содержание зависит от сорта используемой муки. Основной недостаток мучных кондитерских изделий заключается в невысокой витаминной, минеральной ценности и содержанием пищевых волокон.

Повышение пищевой ценности хлеба и мучных кондитерских изделий, получаемых на основе пшеничной муки высоких сортов — важнейшая задача пищевой промышленности. Из-за несбалансированности химического состава хлеба, печенья по содержанию углеводов, белков, органических кислот, минеральных веществ, витаминов, пищевых волокон и других компонентов в настоящее время ведутся исследования в различных направлениях, в том числе в области поиска новых источников биологически активных веществ природного происхождения, включая нетрадиционные.

К таким нетрадиционным источникам можно отнести наноструктурированную муку зерновых культур, которая имеет отличительные особенности по физико-химическим, биохимическим свойствам, а также биодоступности организму человека при потреблении продуктов питания, отнесенных в определенной степени к наноеде.

Наноеда или нанопища — это любые продукты питания, для производства которых использовались нанотехнологии, то есть технологии, основанные на манипуляции отдельными молекулами или атомами, что естественно сказывается и на биохимических основах пищевых производств.

Анализ научной информации показывает, что в настоящее время в Казахстане, в ближнем и дальнем зарубежье проводятся интенсивные исследования в области пищевых нанотехнологий по следующим основным направлениям:

— разработка технологий производства наночастиц, нанокапсул, нанонитей;

— разработка новых упаковочных материалов с использованием нанотехнологий, обеспечивающих высокую сохранность и безопасность готового продукта;

— разработка нанокомпозиций для пищевых продуктов заданного состава с необходимыми вкусовыми и органолептическими показателями.

Последнее послужило выбором наших исследований для решения поставленной цели — повышения пищевой ценности хлеба и мучных кондитерских изделий с использованием наноструктурированной муки, получаемой из зерна овса, как наиболее ценной зерновой культуры, отличающейся по своему химическому и биохимическому природному потенциалу.

Научно доказано, что уникальный злак — овес отличается оптимальным процентным соотношением углеводов, белков, жиров и витаминов группы В. Основной аминокислотой при определении ценности белка является лизин. Овес используется для пищевых и диетических целей, как источник повышенного содержания масла и антиоксидантов. В крахмале овса содержится 25–30 % амилозы, и по своим физическим показателям он выгодно отличается от крахмала других зерновых культур. Зерно овса содержит значительное количество витаминов (тиамин, фолат, пантотеновая кислота), минеральных веществ (железо, магний, медь цинк), белков высокого качества, растворимого в воде β-глюкана, положительно влияющего на организм человека, пищевых волокон (растворимой клетчатки), линолевой кислоты — одной из основных жирных кислот.

В связи с этим, объектом исследований послужила наноструктурированная мука из овса, которая была использована как пищевая добавка при выпечке хлеба и сахарного печенья из муки пшеничной первого сорта, что на наш взгляд позволит получить изделия более высокой пищевой ценности и функциональной направленности.

Наноструктурированная мука получена из целого зерна овса путем сверхтонкогого измельчения по методу А. А. Башкирцева на мельнице-механоактиваторе, которая обеспечивает получение тонкодисперсного продукта с крупностью частиц не более 3–5 мкм.

При сверхтонком измельчении целого зерна, включая все его анатомические части, сохраняются все ценные пищевые компоненты, при этом появляются не менее ценные физико-химические свойства, которые обуславливают процессы тестоведения, выпечки, доступного усвоения организмом каждого химического элемента, которые ранее находились в хелатном соединении.

Исследования проводились в научной лаборатории Таразского государственного университета им. М. Х. Дулати «Наноинженерные методы исследований». Используя японский электронный сканирующий микроскоп JSM-7500F с рентгеноскопической установкой, была изучена микроструктура муки пшеничной 1 сорта, наноструктурированной муки из овса. Было выявлено, что в наноструктурированной муке овса практически крахмальные гранулы, белковая матрица разрушены полностью и это обязательно должно оказать влияние на клейковину теста, его газообразующую способность и другие биохимические особенности тестоведения и выпечки.

Композитные смеси составлялись с учетом характера изделия и тестовых заготовок: в дрожжевое тесто для хлеба внесено — 5, 10, 15 % наноструктурированной муки овса к массе пшеничной муки 1 сорта; для сахарного (недрожжевого) печенья добавки составляли 2, 4, 6, 8 %.

Влияние наноструктурированной муки на качество теста и готовых изделий представлено в табл. 1 и 2. В соответствии с данными таблиц, как в тесте, так и в готовых изделиях получены значения показателей качества, которые могут быть доказаны только с точки зрения влияния именно наночастиц муки овса, их физико-химических свойств и соответствующего поведения в процессе тестоведения и выпечки.

Таблица 1

Влияние дозировок наноструктурированной муки овса
на качество теста и готовой продукции (хлеба)

Показатели	Контрольный образец	Дозировка наноструктурированной муки овса, в % к массе пшеничной муки		
		5	10	15
Количество клейковины, %	31,0	30,05	29,08	29,02
Качество клейковины, ед. приб. ИДК	70,0	66,8	57,2	49,6
Кислотность теста, град	2,8	3,5	4,3	6,2
Газообразующая способность теста, мл	1735	1525	1485	1241
Объем хлеба, $см^3$	1132	1092	790	720
Удельный объем хлеба, $см^3/г$	2,4	2,3	2,2	1,9
Влажность, %	44,5	44,0	43,2	43,0
Кислотность, град	2,8	3,0	4,0	4,2
Пористость, %	76	68	62	54
Физические свойства мякиша $\Delta H_{общ}$, ед. приб.	23	20	13,3	7
Относительная пластичность, %	35,5	25,5	23,1	15,1
Относительная упругость, %	76,9	76,8	74,4	85

Таблица 2

Влияние наноструктурированной муки овса
на качество теста и готовых изделий (сахарное печенье)

Показатели	Контрольный образец	Дозировка наноструктурированной муки овса, % к массе пшеничной муки			
		2	4	6	8
1. *Клейковина муки*					
количество, %	31,0	30,8	29,9	28,4	27,3
физические свойства клейковины, ед. приб.ИДК	70,0	69,6	68,2	66,8	60,9
2. *Тесто*					
влажность, %	17,5	17,7	17,9	18,3	18
температура, °С	27	27	27	27	27
вязкость, пз	$2{,}7 \cdot 10^7$	$2{,}7 \cdot 10^7$	$1{,}1 \cdot 10^7$	$9 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$
3. *Показатели качества печенья*					
щелочность, %	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4
кислотность, %	2,2	2,26	2,3	2,4	2,54
набухаемость, %	150	156	160	163	159
плотность, г/см^3	0,6	0,58	0,57	0,59	0,57

Результаты исследований позволяют определить оптимальную величину дозировок наноструктурированной муки овса при производстве хлеба — до 10 %, сахарного печенья — до 8 %, так как дальнейшее увеличение дозировки приводит к ухудшению органолептических свойств изделий, биохимических процессов, происходящих при брожении теста. Конечная цель, определяемая повышением пищевой ценности определенно достигнута. Полученные данные позволяют отметить увеличение содержания усвояемой и перевариваемой в виде микрочастиц клетчатки (пищевых волокон), минеральных веществ, витаминов и других биологически активных веществ по сравнению с изделиями, изготовленными только из муки пшеничной 1 сорта.

В настоящее время проводятся более глубокие исследования биохимических, коллоидных процессов тестоведения и выпечки, процессов брожения, так как изучение микроструктуры муки и теста в процессе брожения позволяет судить о неадекватности поведения мельчайших частиц муки овса.

Начало исследованиям положено. Считаем, что применение нанотехнологий и наноматериалов приведет к новым открытиям в области биохимии не только хлебопечения, но и в разработке других инновационных продуктов питания.

АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ДРОЖЖЕЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЕЕ КОМПОНЕНТОВ

А. Г. Шлейкин*, Д. В. Дуденко*, Т. А. Махова**

*Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
**СПб ГМА им. И. И. Мечникова

У истоков современных представлений об активных формах кислорода лежат работы А. Н. Баха, который в первой половине 20 века показал присутствие перекиси водорода в водных вытяжках некоторых растений и заложил основы теории перекисного окисления — исторически первой биохимической концепции окислительных процессов в живых системах [1].

В последующие годы учение о биологической роли свободных радикалов и инициируемых ими реакциях активно развивалось и остается актуальным до настоящего времени [2]. Активные соединения кислорода (супероксидный анион и др.) способны инициировать окислительные реакции в пищевом сырье и продуктах, приводящие к их преждевременной порче. Инактивация свободных радикалов кислорода обеспечивается антиоксидантными механизмами защиты. Состав антиоксидантной системы (АОС) клеток и тканей различных организмов является однотипным. АОС содержит низкомолекулярные водорастворимые вещества — восстановленный глутатион и аскорбиновую кислоту, жирорастворимые витамины, а также высокомолекулярные белковые вещества, такие как металлотионеины и ферменты — супероксиддисмутазу, каталазу и пероксидазу. Компоненты АОС предохраняют от окислительной деструкции жизненно важные мембранные структуры клеток, носители клеточного генома — нуклеиновые кислоты, структурные и регуляторные вещества белковой природы.

В норме регулируемая АОС генерация активных форм кислорода является биохимическим звеном физиологических механизмов защитной реакции, реализуемой в разных биологических объектах. Обычно адаптация делится на два типа — срочную и медленную (хроническую). В ходе срочной адаптации происходит мобилизация резерва готовых, стандартных защитных факторов и, одновременно, посредством действия одного или нескольких продуктов срочной адаптации запускается механизм медленной адаптации. Этот, второй механизм требует синтеза новых белков, поэтому для его развития требуется значительно больше времени, а также пластического материала и энергетических ресурсов.

Набор компонентов реакций, участвующих в разных фазах адаптации, обладает видовой, органной и клеточной специфичностью. Например, в лейкоцитах под действием чужеродных белков происходит так называемый дыхательный взрыв, сопровождающийся гиперпродукцией агрессивных прооксидантных веществ, обладающих пирогенным действием. Этому способствует высокая концентрация аскорбиновой кислоты, избирательно аккумулируемой фагоцитирующими клетками.

Дрожжи отличаются от большинства других живых клеток отсутствием аппарата синтеза аскорбиновой кислоты, что приближает эти одноклеточные организмы к немногочисленным представителям мира животных — морских свинок, приматов, человека, а также некоторых видов форелей, попугаев и летучих мышей, ткани которых также не способны синтезировать данный витамин.

В связи с этим исследование АОС дрожжей имеет не только прикладное, но и общебиологическое значение. В частности, дрожжи используются в качестве клеточной модели при изучении молекулярных механизмов старения, деления и размножения клеток, действия стрессорных и мутагенных факторов, эндогенных и экзогенных факторов клеточной защиты.

Целью данной работы было изучение состояния АОС дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при хранении в течение 35 суток при 0–4 °С.

Материалом служили хлебопекарные дрожжи отечественного производства, широко использующиеся в промышленности, но мало изученные биохимически.

Дрожжевые клетки разрушали путем замораживания и быстрого размораживания с последующей гомогенизацией, осадок отделяли путем центрифугирования. В надосадочной жидкости определяли содержание SH- и SS-групп методом амперометрического титрования [3], активность супероксиддисмутазы (СД) и каталазы (КТ) спектрофотометрическими методами согласно [4] и [5].

Результаты исследования показали, что в течение периода хранения содержание низкомолекулярных SH-групп в надосадочной жидкости возрастает от 60 до 120 мкмоль/г, в то время как содержание SS-групп в свежих дрожжах через месяц хранения достоверно не различается (36 и 39 мкмоль/г, соответственно).

Ранее сообщалось об увеличении содержания восстановленного глутатиона в хлебопекарных дрожжах при хранении в течение 12 суток на 40 % от исходного количества [6]. Учитывая, что обнаруживаемые в клетках водорастворимые низкомолекулярные SH-группы принадлежат, главным образом, глутатиону, мы получили сопоставимые данные.

Причина увеличения содержания низкомолекулярных тиолов в дрожжах при хранении остается неясной. Поскольку сумма окисленных форм тиолов, судя по количеству определяемых SS-групп в надосадочной жидкости, в данных условиях не изменяется, то возрастание SH-групп, не является следствием их восстановления. Вероятной причиной увеличения низкомолекулярных тиоловых веществ

является или более высокая экстрагируемость глутатиона из дрожжевых клеток, или частичный гидролиз специфичных для дрожжей белков — металлотионеинов, в которых до 30 % аминокислотного состава приходится на цистеин. Поскольку увеличение глутатиона в дрожжах сопровождается снижением их хлебопекарных качеств, этот вопрос имеет большое прикладное значение и заслуживает дальнейшего изучения.

Активность СД в течение хранения снижалась в среднем на 23 % от исходной. В тех же условиях активность КТ в течение первых 2-х недель хранения не определялась, а в последующем увеличивалась в 8,4 раза.

Таким образом, направленность изменений активности антиоксидантных ферментов в условиях данной модели имеет противоположный характер. Падение активности СД можно объяснить невозможностью заместительного синтеза фермента вследствие отсутствия питания и низкой температуры. В свою очередь, уменьшение скорости реакций дисмутации приводит к понижению образования перекиси водорода — субстрата для каталазы. Следовательно, увеличение каталазной активности в надосадочной жидкости, полученной из относительно старых дрожжей, по сравнению со свежими, нельзя объяснить субстратной активацией, обнаруженной в клетках растений, животных [7], и одного из изоферментов КТ в аскомицете *Neurospora crassa* [8].

Возможным объяснением обнаруженного нами возрастания каталазной активности в старых дрожжах может служить увеличение восстановленности фермента, вызванной возрастающей в процессе хранения концентрацией SH-групп, эквивалентной количеству глутатиона в клетках. Ранее зависимость молекулярной активности КТ от степени ее восстановленности была выявлена в эритроцитах человека [9].

Полученные данные показывают, что АОС дрожжей, будучи аскорбат независимой, по-видимому, зависит главным образом от количества восстановленного глутатиона. Это имеет прямое отношение к хлебопекарным качествам дрожжей, зависящим, в свою очередь, от количества продуцируемой перекиси водорода, устойчивость к которой является отличительной особенностью грибов [1]. Разложение перекиси активированной глутатионом КТ, вероятно, приводит к снижению технологических свойств старых дрожжей. Данное предположение косвенно подтверждается повышением активности хлебопекарных дрожжей с одновременным снижением содержания в них глутатиона под действием аскорбиновой кислоты [6]. При этом в другой работе синергизма антиоксидантного действия СД и КТ в культуре *Saccharomyces cerevisiae* по отношению к аскорбиновой кислоте найдено не было [10].

Не исключено, что установленная нами противофазность изменений активностей СД и КТ при хранении дрожжей является кажущейся, и, так же как результаты, полученные авторами предыдущей работы [10], объясняются лишь несовпадением во времени стадий активации данных ферментов.

Учитывая важное теоретическое и практическое значение рассматриваемого вопроса, в дальнейших исследованиях будут изучаться отдельные компоненты АОС, их изменения под действием различных факторов и влияние на технологические свойства дрожжей.

Специального исследования заслуживает также изучение влияния условий культивирования на накопление в дрожжах глутатиона, что необходимо для оптимизации биотехнологического получения этого биологически активного трипептида [11].

Список литературы

1. *Бах А. Н.* Собрание трудов по химии и биохимии. — М.: Изд-во АН СССР, 1950, 659 с.

2. *Белозерская Т. А., Гесслер Н. Н.* Активные формы кислорода и стратегия антиоксидантной защиты у грибов (обзор). — Прикладная биохимия и микробиология, 2007. Т. 43. № 5. С. 565–575.

3. *Соколовский В. В.* Тиолдисульфидная система в реакции организма на факторы окружающей среды. — СПб.: Наука, 2008. 112 с.

4. *Чумаков В. Н., Осинская П. Ф.* Количественный метод определения Zn-, Cu — супероксиддисмутазы в биологическом материале. — Вопр. мед. химии, 1979. Т. 23. № 5. С. 712–716.

5. *Beutler E.* Red Cell metabolism. A manual of biochemical methods, 1975. № 7.

6. *Еркинбаева Р. К., Поландова Р. Д.* Повышение биотехнологических свойств и микробиологической чистоты хлебопекарных дрожжей. — Мат. Всерос. Конф. РАСН Научно-практические аспекты экологизации продуктов питания. Углич, 2008. С. 95–97.

7. *Durner J., Daniel G. K.* Salicylic acid is modulator of tobacco and mammaliar catalase. — J. Biol. Chem., 1996. V. 271. N 45. Pp. 492–-501.

8. *Shaday Michan et al.* Regulation and oxidation of two large monofunctional catalase. — Free Rad. Biol. Med., 2002. V. 33. N 4. Pp. 521–532.

9. *Cantz M. et al.* Alternative molecular form of erythrocyte catalase. — Experientia. V. 24, (15) fase 2. Pp. 119–121.

10. *Hans Lingnert et al.* Antioxidative effect of superoxide dismutase from *Saccharomyces cerevisiae* in model systems. — J. Agric. Food Chem., 1989. V. 37. Pp. 23–28.

11. *Santos L. O. et al.* Influence of culture conditions on glutathione production by *Saccharomyces cerevisiae*. — Appl. Microbiol. Biotechnol., 2007. V. 77. N 4. Pp. 763–769.

ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

А. М. Мехтиев, Л. В. Красникова, В. Н. Бочков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

На современном этапе актуальными являются исследования, направленные на обеспечение населения функциональными продуктами питания. Функциональными называют продукты естественного или искусственного происхождения, предназначенные для систематического ежедневного употребления и оказывающие регулирующее действие на физиологические функции человека через нормализацию его микроэкологического статуса [1].

Целью настоящей работы явилась разработка биотехнологии функционального напитка на основе молочной сыворотки, содержащей пивное сусло, и ферментированной пробиотическими культурами.

Проблема рационального и полного использования молочной сыворотки существует во всех странах с развитыми молокоперерабатывающими предприятиями. Существует много способов переработки молочной сыворотки, однако наиболее рациональным и экономически выгодным является использование ее в натуральном виде, и в частности, для приготовления напитков [2]. В питании напитки из молочной сыворотки могут быть использованы в качестве диетического и лечебно-профилактического средства. В традиционной и народной медицине накоплен большой опыт по использованию молочной сыворотки в лечении различных заболеваний. Сыворотка, благодаря своему составу, является природным средством при диетическом питании, она укрепляет иммунную систему, нормализует работу желудочно-кишечного тракта, понижает уровень холестерина в крови, улучшает работу мозга, рекомендована для лечения ожирения, диабета, туберкулеза, кожных заболеваний, радиационных облучений [3].

Пивное сусло является источником уникальных углеводов, витаминов, аминокислот, и в нем хорошо размножаются молочнокислые бактерии. В сусло простым выщелачиванием из дробленого солода извлекается 15–18 % экстрактивных веществ, в которые входят 7,5–10 % сахаров, 1,0–1,5 % пентозанов, в том числе пентозы (ксилоза, арабиноза), 2,5–4,0 % низкомолекулярных продуктов распада белков, 0,3–0,5 % пектина, до 0,4 % дубильных и горьких веществ и почти все неорганические вещества [4].

Биотехнология функциональных напитков из молочной сыворотки напитков включала ферментацию молочной сыворотки с добавлением пивного неохмеленного сусла в количестве 20 % комбинацией двух штаммов *L. acidophilus* $22n_2$ и 20Т и последующее введение в продукт фитопрепаратов.

Процесс ферментации осуществляли в среде, состоящей из молочной сыворотки с добавлением разного количества сусла: 10, 20 и 30 %. Контролем служила нативная молочная сыворотка. Перед ферментацией среду нейтрализовали 20 %-ным раствором $NaHCO_3$ до значения pH 6,5–6,7. Температуру культивирования устанавливали 37 ± 1 °С. В процессе ферментации определяли титруемую кислотность, концентрацию клеток, содержание углеводов и витаминов. На рис. 1 показано изменение кислотообразующей активности ацидофильных палочек при размножении в сыворотке с различным содержанием пивного сусла.

С увеличением содержания сусла в сыворотке кислотообразующая активность стартовых культур возрастала и была наиболее высокой в среде с 30 % пивного сусла. Однако органолептические показатели ферментированной сыворотки с 30 % сусла были несколько хуже, чем с 20 %. В напитке появлялся отчетливо выраженный привкус сусла, цвет продукта приобретал коричневатый оттенок. В связи с этим дальнейшие исследования проводили, используя в качестве ферментационной среды молочную сыворотку с 20 % пивного сусла.

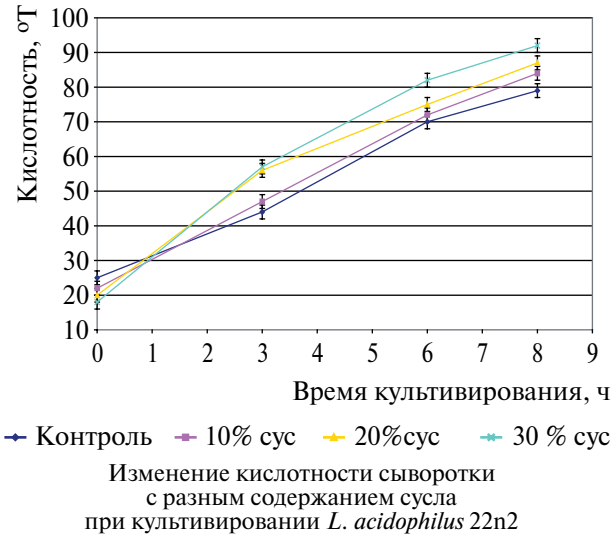
После достижения титруемой кислотности напитка 75 ± 3 °Т ферментацию завершали, длительность процесса составляла в среднем 6–7 ч.

На рис. 2 показано изменение логарифма числа клеток ацидофильных палочек в зависимости от содержания в сыворотке пивного сусла, при этом видно, что чем больше доза вносимого пивного сусла, тем выше концентрация клеток в среде. Это свидетельствует о том, что добавление сусла стимулирует рост ацидофильных палочек в молочной сыворотке.

После ферментации в сыворотку вносили определенные дозы фитопрепаратов. Разработаны рецептуры напитков: гепатопротекторный, успокаивающий, тонизирующий, иммунный, укрепляющий [5].

Исследован компонентный состав питательной среды и готовых напитков.

Добавление к молочной сыворотке 20 % пивного сусла привело к увеличению в среде сухих веществ, в основном за счет углеводов. Содержание углеводов составило в среднем 5,72 %, в том числе лактозы — 4,51 %, глюкозы — 0,86 %, фруктозы — 0,40 %, сахарозы — 0,50 %. В процессе ферментации лактобактерии утилизировали указанные углеводы в среднем на 30 %.



Изменение кислотности сыворотки
с разным содержанием сусла
при культивировании *L. acidophilus* 22n2

Рис. 1. Динамика кислотообразования культурами *L. acidophilus* в молочной сыворотке с разным содержанием пивного сусла

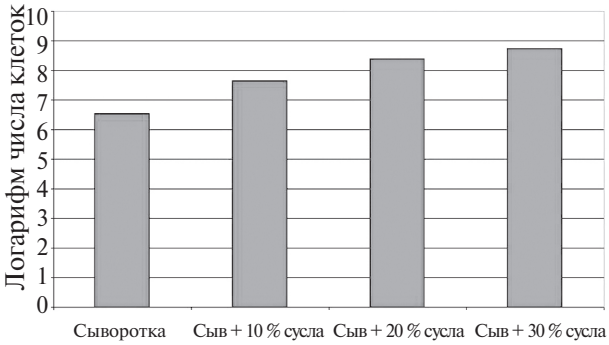


Рис. 2. Логарифм числа клеток ацидофильных палочек в нативной сыворотке и сыворотке с добавлением различного количества пивного сусла

После внесения таких наполнителей, как «Холосас» и клюквенный сироп общее содержание углеводов в готовых напитках увеличилось до 11,25 и 8,75 % соответственно, при этом доля лактозы осталась прежней, а количество глюкозы, фруктозы и сахарозы возросло в 3–5 раз. Содержание молочной кислоты в напитках не превышало 0,5 %.

При определении витаминного состава используемой среды и готовых напитков выяснилось, что за счет добавления к сыворотке 20 % пивного сусла увеличивалось содержание витаминов группы В и тиамина, однако снижалось содержание витаминов С и B_c. После ферментации в культуральной среде снижалось содержание витамина B_1 за счет использования его молочнокислыми бактериями. Введение в ферментированную сыворотку фитопрепарата «Холосас» приводило к существенному повышению содержания в готовом напитке витаминов С, B_2 и РР.

Список литературы

1. *Шендеров Б. А.* Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т. III: Пробиотики и функциональное питание — М.: Изд. «Грантъ», 2001. — 288 с.

2. *Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г.* Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 584 с.

3. *Luft S.* The whey to immunity // The World of Food Ingredients, 2005, № 10/11. P. 56–58.

4. *Меледина Т. В.* Сырье и вспомогательные материалы / Меледина Т. В. — СПб.: «Профессия», 2003 — 304 с.

5. *Красникова Л. В., Мехтиев А., Шапошникова Л. И.* Функциональные напитки на основе молочной сыворотки // Матер. III межд. научно-техн. конф. «Низкотемпературные пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2007 г.). С. 278–284.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШТАММОВ *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*, ПРОДУЦИРУЮЩИХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДЫ, ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДЕСЕРТОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

В. В. Маркелова, Л. В. Красникова

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Многие микроорганизмы способны вырабатывать экзополисахариды (ЭПС), которые могут применяться в качестве добавок или получаться in situ и входить как ингредиент в состав пищи. Они изменяют текстуры пищевых продуктов и влияют на их реологические свойства. Молочнокислые бактерии, продуцирующие ЭПС, являются перспективной альтернативой для улучшения качества молочных продуктов [1, 2]. Существуют мнения, что благодаря полисахаридной капсуле ЭПС-продуцирующие штаммы обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, что позволяет им преодолевать кислотный барьер желудка и способствует адгезии в кишечнике [3, 4]. Показано также, что выделенные из культуральной жидкости ЭПС, в условиях in vitro в несколько раз увеличивали жизнеспособность микроорганизмов [5].

ЭПС, синтезируемые молочнокислыми бактериями, могут быть подразделены на две основные группы: гомополисахариды (ГоПС), состоящие из одного типа моносахаридов, и гетерополисахариды (ГеПС), в состав которых входят два или более моносахаридов. Среди ГоПС следует назвать α-D-глюканы, β-D-глюканы, β-D-фруктаны и полигалактан. ГеПС состоят из повторяющихся звеньев ограниченного количества различных остатков сахаров. Такие звенья состоят, как правило, из остатков нейтральных сахаров D-глюкозы, D-галактозы, L-рамнозы в различных соотношениях. Иногда присутствуют ацетилированные аминосахара, а именно N-ацетил-D-глюкозамин и N-ацетил-D-галактозамин [1].

Как известно, представители молочнокислых бактерий вида *L. acidophilus* обладают пробиотическими свойствами, поэтому их использование служит предпосылкой для создания функциональных продуктов питания. Многочисленными исследованиями установлена высокая антагонистическая активность ацидофильной палочки по отношению к патогенной микрофлоре и лечебный эффект ацидофильных продуктов [5].

Цель данной работы — подбор штаммов *L. acidophilus*, синтезирующих экзополисахариды, для приготовления функциональных десертов из молочной сыворотки.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести сравнительный анализ кислотообразующей активности различных штаммов ацидофильной палочки и их способности синтезировать ЭПС в молочной сыворотке;
- исследовать возможность частичной замены желирующих агентов в составе десертов на основе ферментированной молочной сыворотки полисахаридами микробного происхождения.

При постановке эксперимента в качестве культуральной среды была использована пастеризованная творожная молочная сыворотка (ТУ 9229-110-04610209).

Подготовка сыворотки к ферментации заключалась в нейтрализации 20 %-ным раствором бикарбоната натрия, вносимого в таком количестве, чтобы титруемая кислотность сыворотки не превышала 20 °Т. Доза инокулята составляла 5 %, температура ферментации — 37 ± 1 °С. С целью определения кислотообразующей способности штаммов ацидофильной палочки проводилась ферментация сыворотки в течение 8 часов с отбором проб в контрольных точках для определения титруемой кислотности. В качестве стартовых культур были использованы штаммы *Lb. acidophilus*: 3е, 5е, $7m_{13}$, Н и H_3, образующие в молоке вязкий сгусток. На рис. 1. показана динамика накопления молочной кислоты в сыворотке при расщеплении лактозы указанными штаммами ацидофильной палочки. Установлено, что наибольшей кислотообразующей способностью при данных условиях обладают штаммы $7m_{13}$ и 5е.

Для отбора штаммов ацидофильной палочки, характеризующихся наибольшей вязкостью, были проведены реологические исследования образцов ферментированной сыворотки.

Вязкость определяли при различных градиентах скорости на ротационном вискозиметре (модель LV-DV II+Pro, фирма «Brukfild engineering, inc», США). По результатам анализов были построены кривые зависимости динамической вязкости от скорости сдвига (рис. 2).

На основании сопоставления данных по кислотности и вязкости, для дальнейших исследований были отобраны штаммы *L. acidophilus* $7m_{13}$ и 5е.

С целью получения основы десерта сыворотку сквашивали при температуре 37 ± 1 °С в течение 6–7 ч до достижения титруемой кислотности 70–75 °. Количество жизнеспособных клеток ацидофильной палочки в сыворотке составляло 3×10^8 КОЕ/см^3.

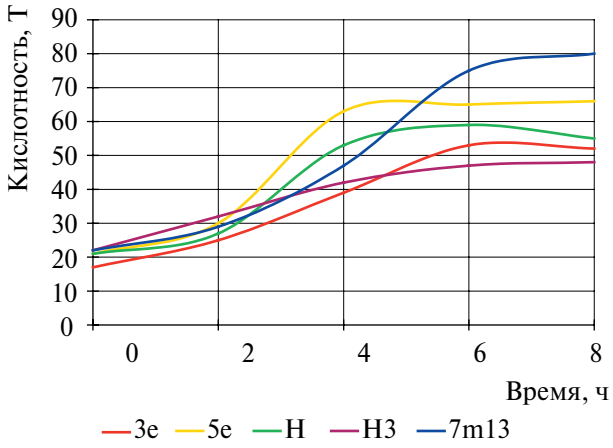


Рис. 1. Кислотообразующая активность штаммов *L. acidophilus* при культивировании в молочной сыворотке

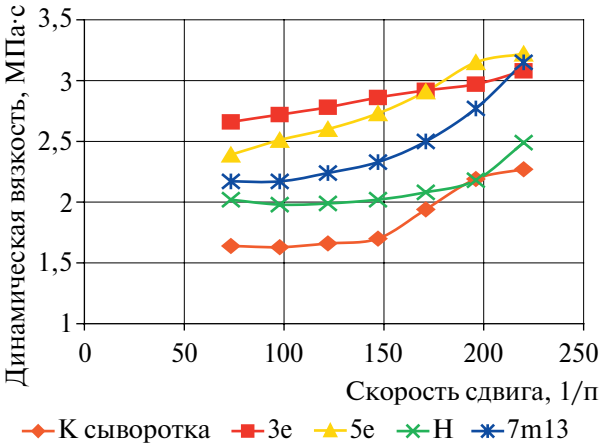


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости разных образцов сыворотки от скорости сдвига

На следующем этапе исследований определяли возможность частичной замены желирующего агента (желатина или пектина) нативными ЭПС, синтезируемыми двумя отобранными штаммами *L. acidophilus*, при изготовлении десертов на основе ферментированной молочной сыворотки. Для придания десертам определенных органолептических свойств в ферментированную сыворотку до введения желирующего агента вносили:

- образец 1 — сироп брусники;
- образец 2 — сироп зеленого чая;
- образец 3 — сироп брусники.

Затем в полученную основу вносили 10 %-ный раствор желатина в таком количестве, чтобы на 100 г сыворотки приходилось 1,0 и 2,0 % сухого желатина. Для сравнения сыворотку ферментировали невязким штаммом *L. acidophilus* $22n_2$ и вносили желатин в том же количестве.

Сопоставление результатов показало, что для получения стабильной системы в присутствии полисахаридов микробиологического происхождения достаточно внесения желатина в количестве 1,0 %. При этом готовые десерты имели плотную однородную консистенцию с блестящей поверхностью и характерный вкус наполнителя. При внесении такого же количества желатина в сыворотку, ферментированную невязким штаммом ацидофильной палочки $22n_2$, эффект стабилизации был гораздо менее выражен, консистенция продукта была рыхлой, слоистой, неоднородной.

Таким образом, использование для ферментирования молочной сыворотки штаммов *L. acidophilus*, обладающих способностью синтезировать ЭПС, позволяет получить синбиотический продукт, содержащий как жизнеспособные клетки пробиотической культуры, так и пребиотики в виде микробных полисахаридов. Кроме того, присутствие в ферментированной среде полисахаридов, образуемых штаммами ацидофильной палочки, позволяет сократить расход желирующих агентов при изготовлении сывороточных десертов.

Список литературы

1. *Luc De Vuyst, Vaningelgem F., Degeest B.* Recent developments in the biosintesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria // 2 International Dairy Journal. — 2001. V. 11. P. 687–707.

2. *Frederic Leroy, Luc De Vuyst* Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry / Trends in Food Science & Technology. — 2004. V. 15. P. 67–68.

3. *Ганина В. И.* Перспективы использования пробиотических культур lactobacillus acidophilus, образующих экзополисахаридную капсулу / В. И. Ганина, Т. В. Рожкова // «Пробиотики, пребиотики, синбиотики и функциональные продукты питания. Современное состояние и перспективы». — Сб. матер. межд. конф. Москва, Россия. 2–4 июня 2004 г. — С. 43–44.

4. *Ганина В. И., Рожкова Т. В.* Анализ зарубежных исследований в области молочнокислых бактерий, синтезирующих экзополисахариды // Известия вузов. Пищевая технология. — 2005. — № 5–6. — С. 65–66.

5. *Рябая Н. Е., Головнева Н. А., Самарцев А. А.* Ферментативная активность пробиотических микроорганизмов как основа создания продуктов функционального питания // Мат. межд. научно-практ. конф. «Биотехнология. Вода и пищевые продукты». Москва, Россия. 11–13 марта 2008. — С. 260.

ПОДАВЛЕНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ ХЛЕБА АНТАГОНИСТИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ШТАММАМИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

О. А. Савкина, Л. В. Красникова

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В современных условиях в связи с нестабильным качеством и микробиологическим состоянием сырья увеличилась частота случаев микробиологической порчи хлебобулочных изделий. Наиболее благоприятными условиями для развития различных возбудителей порчи являются повышенная температура (более 20 °С) и влажность воздуха (более 80 %), особенно в весенне-летний периоды, а также применение воздухонепроницаемой упаковки.

Микробиологическая порча хлебобулочных изделий может быть вызвана развитием в них таких микроорганизмов, как спорообразующие бактерии, дикие дрожжи и плесневые грибы. В последнее время наиболее распространенным видом порчи хлебобулочных изделий является картофельная болезнь. Возбудителями картофельной болезни хлеба главным образом являются спорообразующие бактерии рода *Bacillus*. Современные исследования показали, что картофельную болезнь в хлебе способны вызывать такие виды как *B. subtilis, B. mesentericus, B. licheniformis, B. pumilus, B. cereus, B. anthracis, B. thuringensis, B. vallismortis, B. clausii, B. firmus* [1, 5].

С развитием картофельной болезни в хлебе изменяются его физико-химические, биологические и органолептические свойства. Хлебобулочные изделия, пораженные картофельной болезнью, теряют пищевую ценность, становятся непригодными к употреблению и могут вызывать токсикоинфекции у человека [1, 2]. Пораженный хлеб постепенно теряет свой естественный вкус и аромат, в нем появляется своеобразный сладковатый запах. По мере развития болезни запах усиливается и приобретает гнилостный оттенок. Мякиш становится липким, при разломе наблюдаются слизистые тянущиеся нити.

К основным факторам, ингибирующим развитие картофельной болезни в хлебе, относятся повышенная кислотность, пониженная влажность, увеличенное содержание сахара и жира в рецептуре изделий, присутствие антагонистической микрофлоры. На хлебозаводах и пекарнях наиболее распространенным способом подавления картофельной болезни хлеба является повышение кислотности полуфабрикатов и готовой продукции. С этой целью используются различные подкисляющие компоненты химического и биологического происхождения [1, 2].

К подкисляющим компонентам биологического происхождения относят хлебные закваски. Развитие возбудителей картофельной болезни в хлебе тормозится действием антимикробных продуктов, образуемых молочнокислыми бактериями закваски. Однако антимикробная активность молочнокислых бактерий может быть обусловлена не только образованием кислот, но и быть результатом синергичного действия понижения pH, недиссоциируемых органических кислот и специфических антимикробных обменных продуктов [4, 5].

Антибактериальные метаболиты лактобацилл называются бактериоцинами. Бактериоцины — рибосомально синтезированные протеины или пептиды, которые образуются бактериями и имеют антибактериальное действие. В последние десятилетия несколько десятков бактериоцинов молочнокислых бактерий были охарактеризованы на молекулярном и генетическом уровне, а также был изучен механизм их действия [4, 5].

Большинство бактериоцинов молочнокислых бактерий являются низкомолекулярными, гидрофобными пептидами [4]. Место действия бактериоцинов на микроорганизмы-цитоплазматическая мембрана. Наиболее известные бактериоцины проникают в клетки микроорганизмов через поры в мембране [4, 5].

Активность молочнокислых бактерий не всегда проявляется по отношению к микроорганизмам только других систематических групп. Так, например, доказано, что *Lc. lactis, Lc. cremoris, Lc. diacetilactis* угнетают как представителей своего вида, не образующих антибиотики, так и штаммы других видов лактобацилл и кокков, независимо от их способности продуцировать антибиотические вещества [4, 5].

Одним из известных бактериоцинов является плантарицин, продуцируемый *Lactobacillus plantarum*. Различные штаммы *L. plantarum*, выделенные из разнообразных источников (молочных продуктов и силосов), задерживают рост *Candida albicans* и др. Образование фенилмолочной и 4-гидроксифенилмолочной кислот штаммом *L. plantarum* способствует подавлению роста мицелиальных и одноклеточных грибов в кислом тесте. Помимо фенилмолочной кислоты, *L. plantarum* продуцирует циклические дипептиды, проявляющие аналогичное действие [4, 5].

Детально исследовано антибиотическое вещество, синтезируемое *L. brevis* — лактобревин. Он концентрируется в клетках, имеет полипептидную природу и термолабилен. Клеточные экстракты оказывают ингибирующее действие на золотистый стафилококк, кишечную палочку, дизентерийные бактерии.

Кислотообразующая и антагонистическая активность разных видов молочнокислых бактерий

Вид молочнокислых бактерий	Показатели		
	Титруемая кислотность, град	Зона подавления роста в мм на тест-культурах	
		B. mesentericus	*B. subtilis*
L. brevis	7,9±0,4	18,4±0,9	17,7±0,9
L. plantarum	9,3±0,5	19,5±1,0	18,4±0,9
L. casei	8,5±0,5	16,7±0,8	15,5±0,8
L. fermenti	8,6±0,4	16,9±0,8	15,5±0,8
L. acidophilus	6,3±0,3	11,5±0,6	10,0±0,5
L. jugurti	9,6±0,5	15,5±0,8	13,0±0,7
L. helveticus	9,9±0,5	16,5±0,8	16,5±0,8

А. В. Гудков и Г. Д. Перфильев с соавторами, изучая характер взаимоотношений между лактобациллами и маслянокислыми бактериями, установили, что у видов *L. plantarum* и *L. helveticus* наиболее часто встречались штаммы — антагонисты. Авторы доказали, что большинство штаммов лактобацилл при росте в молоке поглощают растворенные кислород с образованием пероксида водорода, который является токсичным для анаэробных маслянокислых бактерий [3].

L. casei также обладает антагонистическими свойствами по отношению к кишечной и сенной палочкам, пиогенному стрептококку, а также возбудителям тифа и дизентерии [4].

Молочнокислые бактерии помимо бактериоцинов продуцируют и другие вещества, обладающие ингибирующим действием по отношению к патогенной микрофлоре — органические кислоты, диоксид углерода, пероксид водорода, диацетил, этанол, бактериоцины, реутерин, реутерициклин. В частности, уксусная кислота участвует в формировании аромата и предотвращает плесневую порчу кислого теста [4].

Целью данной работы явилось сравнение антагонистической активности разных видов молочнокислых бактерий по отношению к возбудителям картофельной болезни хлеба — *B. subtilis* и *B. mesentericus.* Объектами исследований служили виды молочнокислых бактерий *L. brevis, L. plantarum, L. casei, L. fermenti, L. acidophilus, L. jugurti, L. helveticus* — по пять разных штаммов каждого вида. Антагонистическую активность проверяли методом диффузии в агар. Результаты исследований представлены в таблице.

Установлено, что все исследованные нами виды молочнокислых бактерии подавляют рост спорообразующих бактерий *B. subtilis* и *B. mesentericus.* Наибольшую антагонистическую активность проявляют бактерии видов *L. plantarum* и *L. brevis.* Следует также отметить, что увеличение подавления роста возбудителей картофельной болезни хлеба не связано с нарастанием кислотности культуральной жидкости, используемой для анализа. Это доказывает, что наличие бактериостатических веществ, как и кислотность субстрата, относится к основным ингибирующим факторам.

Таким образом, микробные бактериоцины могут служить альтернативой нитратам, сульфитам, сорбиновой и бензойным кислотам — химическим пищевым консервантам, наиболее часто применяемым в технологиях сохранения пищевых продуктов. Применение заквасок с направленным культивированием микроорганизмов помогает предотвратить развитие картофельной болезни в хлебобулочных изделиях не только за счет подкисления, но и за счет антагонистического действия бактериоцинов. Поэтому разработка новых видов заквасок на чистых культурах молочнокислых бактерий с антагонистическими свойствами является актуальной.

Список литературы

1. *Красникова Л. В., Кострова И. Е.* Микробиология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств: Учеб. Пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. — 81 с.

2. *Афанасьева О. В.* Микробиология хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева; С.-Петер. Фил. Гос. НИИ хлебопекар. Пром-ти (СПбФГосНИИХП). — СПб.: Береста, 2003. — 220 с.

3. *Перфильев Г. Д., Гудков А. В. и др.* Физиолого-биохимические свойства молочнокислых палочек *L. plantarum*, обладающих антагонистическим действием на возбудителей маслянокислого брожения в сырах // Тр. ВНИИМС. 1979. Вып. XXX. — С. 22–25.

4. *Klaenhammer T. R.* Genetics of bacteriocins produsedby lactic acid bacteria // FEMS Microbiology Reviews, 1993, 12. P. 39–86.

5. *Pepe O., Blaiotta G., Moschetti G., Greco T., Villani F.* Rope-Producing Strains of *Bacillus* spp. from Wheat Bread and Strategy for Their Control by Lactic Acid Bacteria // Applied and environmental microbiology, Apr. 2003. P. 2321–2329.

РОЛЬ ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ В МОДИФИКАЦИИ ГЛЮТЕНА И В РАЗВИТИИ ЦЕЛИАКИИ

А. Г. Шлейкин, Н. П. Данилов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Целиакией называют аутоиммунную глютеновую энтеропатию — генетически детерминированное заболевание, связанное с нарушением переваривания одной из фракций растительного белка глютена, глиадина (ГД). ГД содержится в злаках, главным образом в пшенице, в меньшей степени во ржи и отсутствует, по-видимому, в овсе. При целиакии богатый глутамином ГД оказывает повреждающее действие на слизистую тонкой кишки. Единственное средство лечения — полное исключение глютена из диеты. Для провокации целиакии достаточно 20 мг глютена, в состав которого входят пептиды, содержащие не менее 8 аминокислот и концевой глутамин. Заболеваемость целиакией довольно высокая — 1 : 200 в общей популяции [6], что подчеркивает ее социальное значение и обосновывает необходимость поиска путей профилактики и лечения заболевания. Для объяснения повреждающего действия глютена предложены две теории — токсическая и иммунная [1].

Первая теория объясняет развитие целиакии отсутствием в слизистой оболочке кишечника специфичной к ГД пептидазы, вследствие чего богатые глутамином фрагменты глютена плохо расщепляются и накапливаются в слизистой оболочке, оказывая на нее токсический эффект. В пораженном кишечнике изменяется ультраструктура, снижается активность дисахаридаз. Установлена токсичность двух основных последовательностей из 4-х аминокислот, содержащихся в белках злаков: Про-Сер-Гли-Гли и Гли-Гли-Гли-Про. Иммунная теория объясняет развитие болезни тем, что нерасщепленный глютен или его производные вызывают иммунный ответ. У больных целиакией вырабатываются также аутоантитела к собственным белкам слизистой оболочки, в том числе к тканевой трансглутаминазе (тТГ). Это объясняется тем, что тТГ связывает глютен и образовавшийся комплекс поглощается В-лимфоцитами [10]. Глютен — тТГ комплекс внутриклеточно разрушается и глютеновые пептиды связываются с HLA-DQ. Глютенспецифичные Т-лимфоциты распознают HLA-DQ — пептидный комплекс и помогают в производстве тТГ-специфичных антител В-лимфоцитами [8, 14]. Чувствительные к глютену $CD4^+$ Т-лимфоциты распознают эпитопы глютеновых пептидов, ассоциированных с DQ2. Активация этих лимфоцитов, находящихся обычно в инертном состоянии, вызывает продукцию цитокинов и высвобождение γ-IFN, что ведет к повреждению слизистой [11]. Глютамин — наиболее распространенная в ГД аминокислота, на которую приходится 35 % его состава, по-видимому, отвечает за токсический эффект этих белков у больных целиакией. В норме тТГ избирательно дезамидирует глютамин глютена, превращая его в глютаминовую кислоту. Появление отрицательного заряда приводит к тому, что пептиды с высоким сродством связываются с молекулами HLA-DQ2 или HLA-DQ8, имеющими отношение к болезни [8, 15].

Известно, что один из токсичных эпитопов глютена может находиться в N-терминальной части его компонента α-глиадина, в области 31–49 аминокислотных остатков. 33-мерный пептид α-глиадина выступает как доминантный эпитоп, распознаваемый Т-лимфоцитами у пациентов, страдающих целиакией [9]. Этот пептид устойчив к действию пептидаз желудка, поджелудочной железы и мембранной пептидазы кишечных микроворсинок. Специфичность тТГ коррелирует с токсичностью зерновых культур для больных целиакией [12, 13]. Определение аутоантител к этому ферменту используется для скрининга при постановке первоначального диагноза, а также для мониторинга клинической реакции на безглютеновую диету у больных целиакией [5]. Для окончательного подтверждения диагноза проводят биопсию кишечника. Открытие аутоиммунного механизма и специфичного эпитопа в патогенезе глютенчувствительной энтеропатии дает несколько направлений профилактики и лечения этого заболевания:

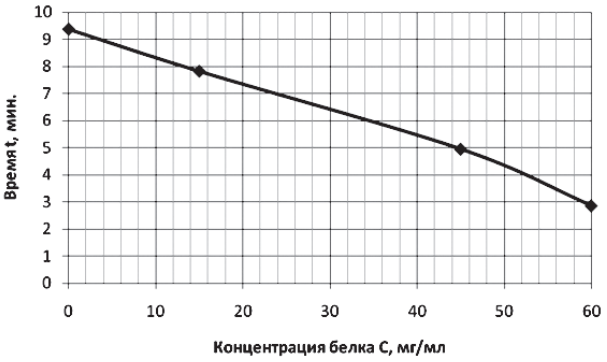
— использование бактериального пролильного эндопептида, аналога специфичного 33-мерного глютенового пептида, для уменьшения токсического эффекта;

— введение толерогенных Т-лимфоцитов или содействие инертности Т-лимфоцитов;

— пероральная вакцинация иммуногенными пептидными эпитопами, устойчивыми к действию желудочных и кишечных пищеварительных ферментов.

Предлагается также блокировать активность тТГ, чтобы предотвратить генерирование Т-лимфоцитов, стимулируемых глютеновым пептидом. Но длительное блокирование тТГ может иметь нежелательные последствия [7].

Возможным подходом к профилактике рецидивов целиакии может служить химическая модификация эпитопов глютена, способных образовывать иммунотропные комплексы с тТГ. Поскольку решающую в комплексообразовании глютена с тТГ играют глутаминовые остатки ГД, являющегося субстратом и для бактериальной ТГ, представлялось интересным исследование возможности модификации глютена путем связывания его с другими белками с помощью бактериальной ТГ. Перспективными в этом отношении являются белки сыворотки молока, по отношению к которым бактериальная ТГ проявляет удовлетворительную специфичность [4].



Влияние ТГ на содержание растворимого белка

В связи с изложенным в данной работе изучалось катализируемое ТГ связывание глютена с сывороточными белками молока.

Молочная сыворотка, обладающая высокой пищевой и биологической ценностью, содержит около 50 % сухих веществ. Ее энергетическая ценность в значительной степени зависит от высокого содержания лактозы, концентрация которой в цельном молоке составляет в среднем 4,6 %. Сывороточные белки оптимально сбалансированы по аминокислотному составу и обладают высокой биологической и пищевой ценностью. В целом сыворотку можно охарактеризовать следующей формулой: «минимум калорий при максимуме биологической ценности». Потери сыворотки ведут к значительному снижению экономической эффективности переработки молока [2].

Кроме решения проблемы безопасности глютена, наши исследования способствуют решению проблемы экологизации производства молочных продуктов, учитывая, что в РФ 68,5 % подсырной сыворотки сливается в сточные воды [3].

Для реакций связывания были выбраны субстраты: Hiprotal, обогащенный β-лактоглобулином (ООО «Союзснаб», СПб) и глютен (ООО «Виади», СПб). Субстраты по отдельности растворяли в дистиллированной воде, центрифугировали при 960 g, фильтровали. Смешивали в отношении 1 : 1 по содержанию белка. Инкубировали при 37–40 °С в течение 60 мин., отбирали пробы каждые 15 мин. После отделения осадка путем центрифугирования и фильтрования в надосадочной жидкости определяли остаточные количества несвязанного белка методом Лоури.

Как показано на рисунке, ТГ вызывает снижение растворимого белка в пробах в течение 1 часа среднем на 30 %. Таким образом, около 1/3 белков субстратной смеси в результате взаимного связывания потеряла растворимость. Поскольку в условиях опыта субстратная смесь содержала примерно равные количества глютена и белков молочной сыворотки, необходимо выяснить, какие из исследуемых белков связались под действием ТГ. С этой целью будет выполнено электрофоретическое исследование растворенных и выпавших в осадок белков. В случае связывания глютена будет изучена иммунологическая активность образовавшихся комплексов.

Список литературы

1. База знаний по биологии человека. Электронный ресурс: http://humbio.ru/ — 2009.

2. *Григораш А. И., Макланов А. И., Юрова Е. А.* Комплексная утилизация молочной сыворотки — новые возможности повышения эффективности переработки молока. Электронный ресурс: ООО «Гелла-Фарма», http://www.floravit.ru. 2006.

3. *Свириденко Ю. Я., Кравченко Э. Ф., Яковлева О. А.* Организация рационального использования молочной сыворотки и локальной очистки стоков — важный фактор экологизации отрасли. Сб. материалов Всероссийской конференции «Научно-практические аспекты экологизации продуктов питания», г. Углич. — 2008. С. 252–257.

4. *Bonish M. P., Huss M., Weitl K., Kulozik U.* Transglutaminase cross-linking of milk proteins and impact on yogurt gel properties. Int. Dairy J. — 2007. 17. 1360–1371.

5. *Mearin M. L., Koning F.* Tissue transglutaminase: master regulator of celiac disease? J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. — 2003; 36. P. 9–11.

6. *Nakachi K., Powell M., Swift G., et. al.* Epitopes recognized by tissue transglutaminase antibodies in celiac disease. J. Immunol. — 2004; 22. 53–63.

7. *Reifa S., Lerner A.* Tissue transglutaminase — the key player in celiac disease: a review. Autoimmunity Reviews. — 2004; 3. P. 40–45.

8. *Schuppan D., Hahn E. G.* Biomedicine. Gluten and the gut-lessons for immune regulation. Science. — 2002; 297. P. 2218–2220.

9. *Shan L., Molberg O., Parrot I., Hausch F., Filiz F., Gray G. M. et al.* Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. Science. — 2002; 297. P. 2275–2279.

10. *Solid L. M., Molberg O., McAdam S., Lundin K. E.* Autoantibodies in celiac disease: tissue transglutaminase — guilt by association. Gut 1997; 41: 851–852.

11. *Sollid L. M., Scott H.* New tool to predict celiac disease on its way to the clinics. Gastroenterology 1998; 115: 1584–1586.

12. *Vader L. W., de Ru A., van de Wal Y., Kooy Y. M., Benckhuijsen W., Mearin M. L. et al.* Specificity of tissue transglutaminase explains cereal toxicity in celiac disease. J. Exp. Med. — 2002; 195. P. 643–649.

13. *Vader W., Kooy Y., Van Veelen P., De Ru A., Harris D., Benckhuijsen W., et al.* The gluten response in children with celiac disease is directed toward multiple gliadin and glutenin peptides. Gastroenterology. — 2002; 122. P. 1729–1737.

14. *Van de Wall Y., Kooy Y., van Veelen P., Pena S., Mearin L., Papadopoulos G., et al.* Cutting edge: selective deamination by tissue transglutaminase strongly enhance gliadin-specific T cells reactivity. J Immunol 1998; 161: 1585–1588.

15. *Van de Wal Y., Kooy Y., van Veelen P., Pena S., Mearin L., Papadopoulos G. et al.* Selective deamidation by tissue transglutaminase strongly enhances gliadin-specific T cell reactivity. J. Immunol. — 1998; 161. P. 1585–1588.

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Н. Н. Скворцова, В. В. Маркелова

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Началом промышленной генной инженерии принято считать 1980 год, когда в США был выдан первый патент на генно-инженерный штамм микроорганизма, способного разлагать нефть [1].

Генная инженерия (ГИ) позволяет перемещать единичные гены, обладающие известными функциями, из одного организма в любой другой. Генная инженерия решила задачи введения в бактериальный геном реципиентной клетки одного или нескольких чужеродных генов или создания новых типов регуляторных связей. Это не меняет видовую принадлежность генетически модифицированного микроорганизма (ГММ), но придает ему несвойственные признаки [2, 3].

Методами ГИ были получены промышленно важные микроорганизмы, способные продуцировать рекомбинантные белки: гормоны и ферменты животных, растений и даже человека. Например, уже в 1982 году было выдано разрешение на использование для лечения рекомбинантного инсулина [2].

ГИ позволяет перевести «индуцибельные» гены (экспрессируются при наличии в среде определенного соединения), в «конститутивные» (экспрессируются постоянно). В том случае, если необходимое вещество синтезируется микроорганизмом, неприспособленным для роста в культуре, достаточно клонировать гены, отвечающие за синтез этого соединения в другой, хорошо адаптированный для роста в биореакторе штамм [4].

Наиболее распространенными объектами ГИ среди микроорганизмов, используемых в пищевой промышленности, являются молочнокислые бактерии, дрожжи и мицелиальные грибы (аспергиллы, пенициллы). Синтезируемые рекомбинантные белки могут накапливаться в цитоплазме клеток, или секретируются непосредственно в культуральную среду [5].

Наряду с бактериальными системами, для экспрессии рекомбинантных генов и получения рекомбинантных белков используют клетки дрожжей. Дрожжи не содержат опасные для здоровья токсичные и пирогенные компоненты, что делает такие системы экспрессии предпочтительными при производстве лекарственных и пищевых рекомбинантных продуктов. Кроме того, дрожжи как эукариоты способны к осуществлению посттрансляционных модификаций рекомбинантных белков. Однако на эффективность экспрессии рекомбинантных генов в клетках дрожжей оказывает влияние множество до конца не изученных факторов, и оптимизация этого процесса при решении конкретных биотехнологических задач в каждом случае требует проведения специальных исследований [5, 6].

ГИ позволяет существенно расширить возможности микробиологического производства, повысить микробную продуктивность и сделать биосинтез экономически более выгодным по сравнению с химическим производством (табл. 1).

Первым коммерческим биотехнологическим продуктом был фермент химозин, заменивший сычужный фермент из желудков телят в сыроварении. Фермент синтезируют микроорганизмы-продуценты (как правило, дрожжи или плесени), в геном которых встроен соответствующий ген, изолированный из клеток желудка теленка. Химозин, произведенный с помощью генетически модифицированных микроорганизмов, содержит 80–90 % активного вещества, а природный сычужный фермент — только 4–8 % активного химозина. Производство химозина с помощью ГММ широко распространено: в настоящее время натуральный химозин в промышленном изготовлении сыров не используется [4, 7].

В качестве примера изменения питательных потребностей микроорганизмов в результате генетической модификации, можно привести модификацию бактерий *Xanthomonas campestris* — продуцентов ксантана. Эти бактерии хорошо растут на крахмало- и сахаросодержащих средах, но не способны утилизировать лактозу.

Побочный продукт сыроварения — сыворотку, образующуюся в большом количестве, можно использовать как источник углерода при выращивании ценных промышленных микроорганизмов. Чтобы *X. campestris* приобрела способность расти на сыворотке, было проделано следующее. Гены лактозного оперона *lacZY E. coli*, кодирующие ферменты β — галактозидазу и лактозопермеазу, встроили в плазмиду с широким кругом хозяев так, чтобы они находились под транскрипционным контролем промотора одного из бактериофагов *X. campestris*. Эту конструкцию ввели в *E. Coli*, а затем перенесли из *E. coli* в *X. campestris* тройным скрещиванием. Трансформанты, содержащие плазмиду, синтезировали β-галактозидазу и лактозопермеазу, используя лактозу как единственный источник углерода, а также продуцировали в больших количествах ксантановую слизь, используя в качестве источников углерода глюкозу, лактозу и сыворотку [1].

Производство стартерных штаммов молочнокислых бактерий также возможно благодаря созданию генетических вариаций с помощью направленного внесения мутаций в геном клетки (табл. 2).

Таблица 1

Примеры использования ГММ в пищевой промышленности

Продукт потребления	Старый метод производства	Новый биотехнологический процесс	Метод использования ГМ	Польза для потребителя
Ксантан	Добыча из водорослей	Применение почвенных бактерий *Xanthomonas campestris*	ГМ продуценты *Xanthomonas campestris*, растущие на молочной сыворотке	Решение проблемы утилизации молочной сыворотки
Сыр	Химозин из желудков телят, ягнят или козлят	Применение молокосвертывающих ферментов растительного и микробного происхождения	ГМ продуценты *Aspergillus niger* и *Kluyveromyces lactis*	Высокая чистота и достаточное количество продукта
Витамин B2	Химический синтез (9 стадий, токсичные полупродукты и отходы)	Одностадийный ферментативный процесс с использованием растительного масла в качестве сырья	ГМ продуценты *Bacillus subtilis* и *Ashbya gossypii*	Повышение рентабельности и снижение токсичности производства

Таблица 2

Возможности создания ГММ штаммов молочнокислых бактерий

Штамм	Тип внесенного изменения	Результат
Lactococcus lactis	Удаление гена, ответственного за метаболизм глюкозы	Получен штамм, не вызывающий скисание молока
	Трансфекция генов, кодирующих пептидазы из штаммов *L. helveticus*	Получен штамм с повышенной протеолитической активностью
	Трансфекция гена глутаматдегидрогеназы из Peptostreptococcus asaccarolyticus	Получен штамм, способный продуцировать α-кетоглутарат из глутамата

В частности, такой подход может применяться для создания лактококков с различной метаболической активностью в отношении утилизации лактозы, поглощения цитрата, а также с различной протеолитической активностью.

Микробиологи университета Гронингена (Нидерланды) создали новый генетически модифицированный штамм лактобактерий, осуществляющий ферментацию молочного сахара лактозы только до глюкозы. Это исключает необходимость добавления в молочную продукцию дополнительных подсластителей, а также значительно снижает содержание в ней лактозы, что делает продукты пригодными для употребления людьми, страдающими лактозной непереносимостью. Бактерии *Lactococcus lactis* используются при производстве кисломолочной продукции. Удаление из генома бактерии генов, ответственных за метаболизм глюкозы, привело к появлению нового штамма, который не вызывает скисания молока, а, напротив, делает его слаще. Это пример создания ГММ с использованием метода нокаутирования генов и рекомбинации собственной ДНК бактерий, без встраивания в геном чужеродного генетического материала [7].

Еще одним направлением в инженерии штаммов является введение в геном одних молочнокислых бактерий генов других бактерий того же рода, либо бактерий других родов.

Путем трансфекции генов, кодирующих пептидазы PepN, PepC, PepX и PepI у протеолитических штаммов *L. helveticus*, были получены штаммы *L. lactis* с повышенной протеолитической активностью. Подобным же образом были получены штаммы, устойчивые к бактериофагам.

Примером введения генов неродственных штаммов является трансфекция гена глутаматдегидрогеназы из *Peptostreptococcus asaccarolyticus* был трансфецирован в штамм *L. lactis*, в результате чего был получен штамм, способный продуцировать α-кетоглутарат из глутамата — присутствующей в сырах аминокислоты [8].

Главной проблемой ГММ в производство молочной продукции заключается в отношении потребителей к генетически модифицированным организмам (ГМО), а также в официальных ограничениях на их использование.

В настоящее время в Российской Федерации разрешены и находятся в обороте 75 видов ферментных препаратов микробного происхождения, полученных с использованием ГММ (в основном родов *Aspergillus, Bacillus*), из них 40 % — препараты α-амилазы, 18 % — ксиланазы, 11 % — липазы (фосфолипазы), используемые в крахмалопаточной, хлебопекарной, масложировой промышленности. В качестве технологического вспомогательного средства разрешена 1 культура ГМ штамма дрожжей рода *Saccharomyces* для спиртовой промышленности. В Российской Федерации не зарегистрированы пищевые продукты, содержащие ГММ в живом или инактивированном виде.

В последние десятилетия во многих странах мира ведутся интенсивные и широкомасштабные исследования по конструированию ГММ, предназначенных для использования в производстве пищевых продуктов. Принимая во внимание сложность оценки риска для здоровья потребителей последствий генных манипуляций, присущих только микроорганизмам, усилен контроль за оборотом пищевой продукции, выработанной из ГММ или их аналогов, или с их использованием.

В 2008 году постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18.02.2008 № 13 утверждены и введены в действие с 1 апреля 2008 г. СанПиН 2.3.2.2340-08 «Дополнения и изменения № 6 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», регламентирующие деятельность Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека при надзоре и контроле за оборотом пищевой продукции, полученной из/или с использованием ГММ.

Перечень пищевой продукции, подлежащей исследованию на наличие ГММ или микроорганизмов, имеющих генно-инженерно-модифицированные аналоги, включает кисломолочные продукты, сыры, ферментированные мясопродукты и овощные продукты, напитки брожения и пиво, стартовые культуры, биологически активные добавки на основе пробиотиков, хлебобулочные изделия из дрожжевого теста, ферментные препараты, витамины, консерванты, полученные методами микробного синтеза; подробный перечень представлен в Приложении 3. Перечень биотехнологических микроорганизмов, имеющих генно-инженерно-модифицированные аналоги, приведен в СанПиН 2.3.2.2340-08 «Дополнения и изменения № 6 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Частота и периодичность проверок и лабораторных исследований пищевых продуктов, выработанных с использованием ГММ или их аналогов, устанавливается в соответствии с методическими и инструктивными документами Роспотребнадзора [9].

Список литературы

1. *Глик Б., Пастернак Л.* Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. — 2002.

2. *Рыбчин В. Н.* Основы генетической инженерии. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002.

3. *Лещинская И. Б.* Современная промышленная микробиология. — Соросовский образовательный журнал. — 2000. — Т. 6. № 4.

4. www.gmo-compass.org

5. *Патрушев Л. И.* Генная и белковая инженерия. Искусственные генетические системы Т. 1. — 2004.

6. *Тейлор Д., Грин Н., Стаут У.* Биология: В 3-х т. Т. 3: Пер. с англ. / Под ред. Р. Сойера — 3-е изд. — М.: Мир, 2004. — 451 с., ил.

7. Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология»: http://www.cbio.ru/

8. www.transgen.de

9. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 20 августа 2008 г. № 01/9044-8-32 «О совершенствовании надзора за пищевыми продуктами, содержащими ГМО и ГММ».

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ И ПИЩЕВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

В. Л. Лазарев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: holod25@yandex.ru

Значительным достижением прошлого века является то, что человечество научилось измерять информацию. Поэтому одним из его названий является век информации. Эта характеристика является доминантой даже по отношению к таким понятиям, как ядерная энергия, лазерная и квантовая техника и др. Хотя в их основе также заложена информационная составляющая. Количественной оценкой информации I о параметре x, формирующейся в результате протекания каких- либо явлений (например, внесения управляющих воздействий, в результате его естественной эволюции, реализации процедур измерения и др.) является изменение величины его вероятностной энтропии. Другими словами, информация для конкретного наблюдателя на каждом этапе наблюдения определяется изменением состояния неопределенности параметра, одной из характеристик которой является его энтропия-H(x). Поэтому можно записать

$$I = H_1(x) - H_2(x), \tag{1}$$

где $H_1(x)$ и $H_2(x)$ — значения энтропий параметра в начале и конце конкретного этапа рассматриваемого явления.

Анализируя изменение энтропий параметров объекта на определенных этапах функционирования можно отслеживать его «информационный след» в пространстве состояний. Это обстоятельство используется при организации информационных технологий мониторинга и управления объектами различной природы [1, 2, 3]. Такой подход получил распространение для исследования эффективности работы каналов связи, устройств кодирования, декодирования и преобразования различных сигналов и др. В этих случаях вычисление энтропий параметров не представляет особой сложности, так как для проведения необходимых измерений и определения вероятностных характеристик электрических сигналов на практике существует внушительный арсенал аппаратных и программных средств. Для ряда параметров, измерение которых требует значительных затрат времени, материальных средств и использования сложного оборудования, оперативное определение соответствующих энтропий, особенно в производственных условиях, оказывается практически не возможным. Таковыми, например, являются параметры, характеризующие состав и свойства сырья, ингредиентов и готовой продукции в пищевой, текстильной, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности. Поэтому, например, определение энтропий содержания влаги, жира, соли, белков и других веществ в колбасных, рыбных, молочных продуктах, хлебобулочных изделия не производится. В этих случаях можно говорить, что реализация соответствующих технологий осуществляется в условиях частичной неопределенности или «информационного вакуума». Эти обстоятельства и обуславливают целесообразность применения методов робастного управления такими процессами и производствами. Более подробно специфика этого вопроса рассмотрена в работах [4, 5].

Одним из перспективных решений по выходу из сложившейся ситуации является переход к унифицированным и обобщенным понятиям энтропийных потенциалов параметров: энтропийный потенциал — (ЭП), комплексный ЭП, многомерный комплексный ЭП [6, 7, 8]. Модели энтропийных потенциалов в общем виде — E можно представить кортежем множеств и отношений вида

$$E = \langle X, N_E, P_E, L_{E,Z} \rangle, \tag{2}$$

где $X = \{x_i, i \in I\}$ — множество параметров, используемых для описания состояния объекта. Это конечное множество может состоять из набора отдельных подмножеств параметров $x_i(\xi)$ различной природы, имеющих соответствующие области изменений — D_i. То есть $X = \bigcup x_i(\xi_i)$, где ξ_i — фактор, определяющий вариацию i — ого параметра (например, временные или пространственные координаты). N_E — набор отображений для подмножеств параметров из X. В качестве таковых в моделях энтропийных потенциалов используются отображения для получения характеристик рассеяния, базовых значений параметров, величин энтропийных коэффициентов, характеризующих дестабилизирующие свойства законов распределений параметров, а также, при необходимости, соответствующих весовых коэффициентов. P_E — конечное множество оценок, критериев, характеризующих состояния неопределенности элементов подмножеств из X и являющихся по сути их предикатами, определенными в области, заданной декартовым произведением областей изменения исходных параметров: $\prod D_i$, $(i \in I)$. $L_{E,Z}$ — набор форм отношений для отображения элементов из N_E в P_E по схеме $N_E \rightarrow P_E$. Z — Номер варианта форм. На данном этапе в теории энтропийных потенциалов (ТЭП) используется два варианта ($Z = 1, 2$), соответствующих линейным и квадратичным формам.

Использование таких «инструментов» позволяет выявлять информационные составляющие исследуемых явлений без непосредственного вычисления энтропий, на основании других информативных характеристик, определение которых требует меньших объемов измерительной информации. В результате появились эффективные методы диагностики, прогнозирования и управления сложными явлениями и системами различной природы. При этом сами модели, описывающие взаимосвязь между «информационным следом» объекта и соответствующими величинами энтропийных потенциалов, получаются достаточно компактными и удобными для практического использования [8]. Новизна и состоятельность предложенных решений подтверждена двумя патентами на изобретения.

Методы ТЭП получают распространение для решения различных задач.

Так, например, в работе [9] сообщается о результатах применения такого подхода для решения практических задач мониторинга и управления процессами возведения намывных гидросооружений. Реализация таких процессов характеризуется априорной неопределенностью в выборе режимов намыва. Эта неопределенность обусловлена неоднородностью состава и физических свойств используемых грунтовых материалов: реологических, дисперсионных, фильтрационных, а также нестабильностью параметров гидросмеси во время транспортировки, вариацией динамических нагрузок и напоров и др. Использование моделей энтропийных потенциалов в таких ситуациях оказывается полезным для проведения анализа состояния возводимых сооружений и выбора режимов управления процессами намыва.

В работах [10, 11] показана возможность и целесообразность применения методов ТЭП для решения практических задач мониторинга сложных объектов, каковыми в частности являются многие социальные, экономические и экологические системы. Состоятельность предложенного подхода проиллюстрирована на примере исследования экосистемы г. Санкт-Петербурга по параметру температурного режима в период с 1865 по 1993 гг. Расчеты по моделированию и исследованию энтропийных показателей проведены с использованием современных компьютерных технологий. На основании полученных результатов осуществлен углубленный анализ эволюции температурного режима системы.

Важное прикладное значение ТЭП имеет место для исследования проблем развития территорий и регионов. Бурное освоение территорий, активная хозяйственная деятельность с использованием высокопроизводительной техники может привести к необратимым катастрофическим последствиям. Поэтому одной из актуальнейших проблем современности является разработка углубленных методов ранней диагностики эволюции столь сложных многопараметрических систем с целью организации их эффективного развития. В этом аспекте методы ТЭП могут оказаться востребованными в ближайшем будущем. В работе [12] на конкретном примере показана целесообразность применения разработанного подхода для мониторинга развития Селигерской природной территории и входящих в нее административных образований.

Необходимо отметить перспективность применения методов ТЭП для организации мониторинга и управления процессами и производствами в пищевой промышленности. С учетом вышеизложенной специфики этой отрасли использование моделей ЭП позволит осуществить оперативную диагностику реализаций отдельных процессов и целых производств. При этом появляются возможности выявлять намечающиеся тенденции их изменений, вносить необходимые коррективы с целью недопущения негативных последствий. Кроме того, с использованием энтропийных моделей появляется возможность проведения углубленного сравнительного мониторинга отдельных технологий и производств.

В настоящее время ведутся работы по патентованию наиболее перспективных методов и технологий мониторинга и управления различными объектами и, в частности, пищевой промышленности.

Список литературы

1. *Колмогоров А. Н.* Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. — 304 с.

2. Прикладные нечеткие системы: Перевод с японского / Под ред. Т. Терано, К. Асаи, М. Сугено. — М.: Мир, 1993. — 368 с.

3. Stable adaptive control and estimation for nonlinear systems: neural and fuzzy approximation techniques / Jeffrey T. Spooner. New York, NY: Wiley-Nescience, 2002. — 545 p.

4. *Лазарев В. Л.* Робастные системы управления в пищевой промышленности: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУНиПТ, 2003.- 150 с.

5. *Лазарев В. Л.* Автоматизированный мониторинг и управление процессами низкотемпературных и пищевых технологий на основе методов теории энтропийных потенциалов / Сб. докл. Международной конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». СПб., 2007. С. 85–92.

6. *Лазарев В. Л.* Энтропийный подход к организации мониторинга и управления // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2005. № 6. С. 61–68.

7. *Лазарев В. Л.* К теории энтропийных потенциалов / Сб. докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2007. В 2-х т. СПб., 2007. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Т. 1. С. 93–96.

8. *Лазарев В. Л.* Технологии моделирования и управления состояниями неопределенности систем на основе теории энтропийных потенциалов / Сб. докладов 5-й Всероссийской научной конференции «Управление и информационные технологии» (УИТ-2006) (в рамках 2-й Российской мультиконференции по проблемам управления). В 2-х т. СПб., 2008. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Т. 2. С. 10–14.

9. *Каминская В. И.* Управление процессами намыва сооружений в условиях неопределенности // Гидротехническое строительство, 2009. № 1. С. 27–29.

10. *Лазарев В. Л.* Мониторинг сложных систем в экологии, экономике, социальной сфере методами теории энтропийных потенциалов / Сб. докладов XXII Международной научно-технической конференции «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании». — Пенза. Приволжский Дом знаний. 2008. С. 197–200.

11. *Лазарев В. Л.* Исследование сложных систем методами теории энтропийных потенциалов на практике / Сб. докладов V Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности». — Пенза. Приволжский Дом знаний. 2009. С. 51–54.

12. *Лазарев В. Л., Федулин В. А.* Мониторинг и организация устойчивого развития территорий на базе теории энтропийных потенциалов / Сб. докладов VII Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». — Пенза. МНИЦ ПГСХА, 2009. С. 83–86.

УДК 637.23, 637.2.024

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЛАЖНОСТИ В МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В. А. Балюбаш, С. Е. Алешичев, В. А. Добряков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: sergspbcprf@rambler.ru

Качественная стабилизация влажности сливочного масла в маслоизготовителе непрерывного действия представляет сложную задачу, учитывая многофакторность объекта со значительным временем запаздывания и наличием ступенчатых внешних неуправляемых возмущений. Для снижения амплитуды отклонений параметра влажности и времени регулирования в переходном процессе стабилизации и обеспечения работы маслоизготовителя в аппаратурно-технологических режимах, рекомендованных технологическими инструкциями, по результатам анализа процесса предложена многоканальная система стабилизации [1].

Система стабилизации включает, как внесение управляющих воздействий при отклонении текущих значений влажности готового продукта, так и предвычисление ожидаемых отклонений при подключении очередного сливкосозревательного резервуара.

Реализация принятой системы стабилизации обусловила разработку алгоритма управления.

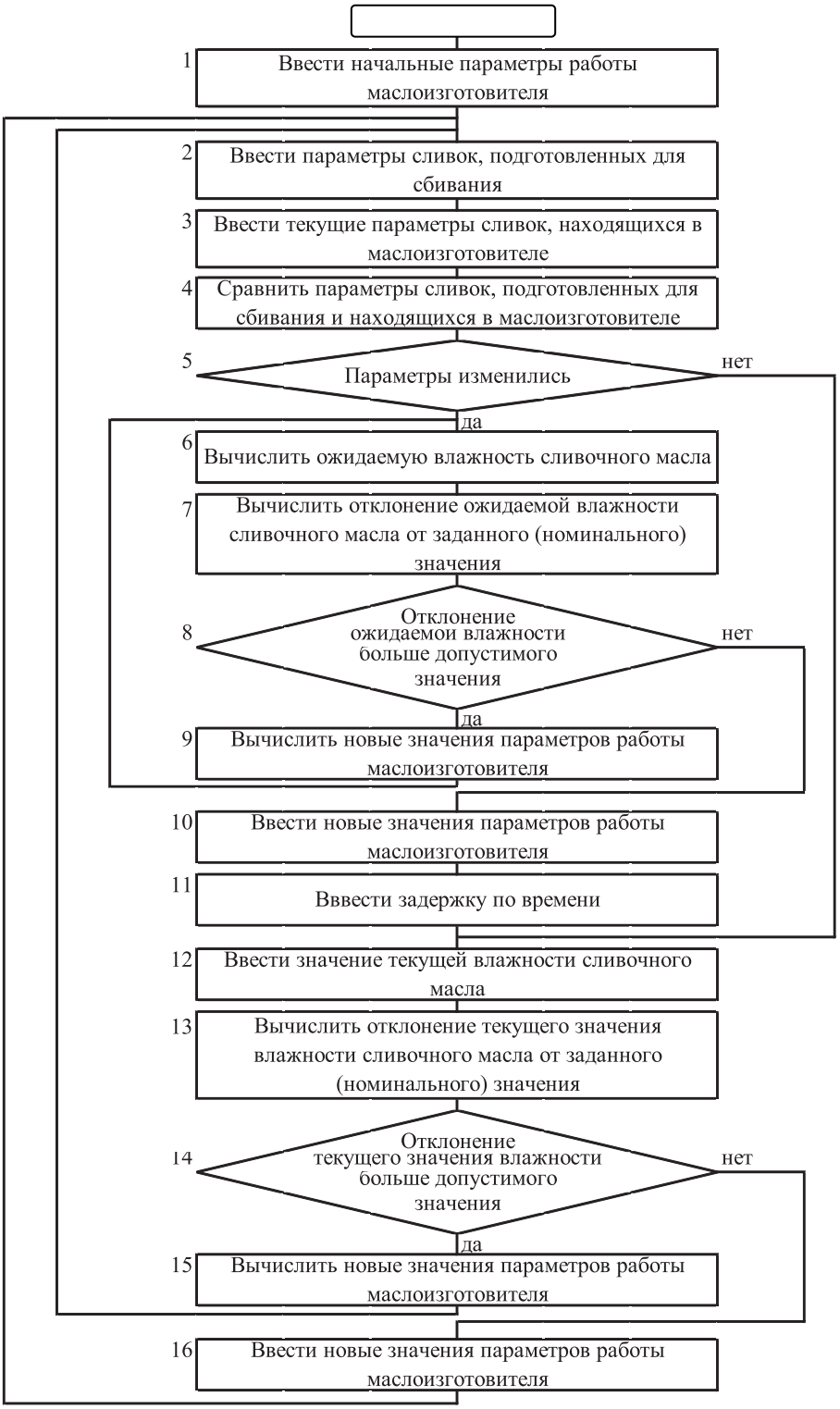
На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма управления, в основу которого положена разработанная математическая модель процесса формирования параметра влажности. Алгоритм обеспечивает контроль, сбор и обработку аппаратурных и технологических параметров процесса, предвычисление потенциально ожидаемых отклонений влажности и формирование управляющих воздействий на основе предвычисленных и текущих отклонений влажности готового продукта на выходе маслоизготовителя. Для поиска оптимальных сочетаний значений управляемых факторов применен метод последовательного перебора [2].

В эксплуатационном режиме работы маслоизготовителя при отклонении влажности масла от заданного значения по сигналу первичного преобразователя влажности формируются управляющие воздействия одновременно по каналам температуры сливок, поступающих на сбивание, изменения частоты вращения мешалки сбивателя и подачи нормализующего компонента. При этом стабилизирующее воздействие по каналу подачи нормализующего компонента практически без запаздывания восстанавливает влажность масла на выходе и по истечении времени запаздывания эквивалентные воздействия по каналам температуры сливок, поступающих на сбивание и изменения частоты вращения мешалки сбивателя «вытесняют» ляющее воздействие по каналу подачи нормализующего компонента до рекомендуемого технологическими инструкциями уровня.

В переходном режиме работы маслоизготовителя по результатам предварительного анализа технологических параметров содержания жира и температуры созревания сливок в очередном для подключения резервуаре вычисляется ожидаемое отклонение влажности масла и формируются необходимые управляющие воздействия по каналам температуры сливок, поступающих на сбивание и частоты вращения мешалки сбивателя с опережением на время запаздывания. Предвычисляемые очередные управляющие воздействия вносятся с опережением на время запаздывания управляющего воздействия соответствующего канала управления. При этом суммарный уровень предвычисляемых управляющих воздействий должен обеспечить компенсацию отклонения влажности масла, вызванного возмущающими воздействиями.

По окончании расчета новые значения управляющих факторов поступают оператору, который, в зависимости от производственной ситуации, может внести необходимые изменения в работу системы стабилизации влажности. Вся информация, полученная в ходе переработки каждой партии сливок, хранится в банке данных.

Предложенный алгоритм управления позволяет оптимизировать взаимодействие каналов внесения управляющих воздействий между собой, более эффективно использовать возможности внесения управляющих воздействий в момент периодического поступления возмущений, а также сократить время стабилизации параметров на нормированном уровне за счет мобилизации нескольких каналов, не нарушая, при этом, рекомендованных аппаратурно-технологических режимов работы. Кроме этого алгоритм позволяет осуществлять стабилизацию параметра влажности при выработке масла с применением различных рецептур.



Блок-схема алгоритма управления процессом стабилизации влажности

Список литературы

1. *Алешичев С. Е., Балюбаш В. А.* Патент РФ на изобретение № 2298918. Способ стабилизации процесса нормализации сливочного масла по влажности. — Опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. — 5 с.: ил.

2. *Алешичев С. Е., Балюбаш В. А., Стегаличев Ю. Г.* Патент РФ на изобретение № 2302108. Способ стабилизации сливочного масла по влажности. — Опубл. 10.07.07, Бюл. № 19. — 7 с.: ил.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 628.543:334

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

А. Е. Дидиков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: didikov@yandex.ru

Поскольку в составе сточных вод пищевых производств загрязняющие вещества присутствуют во всех видах фазово-дисперсного состояния, то на практике схемы очистки сточных вод строятся по общему принципу поэтапного изъятия загрязнений по размерам их частиц [1]. Как правило, на первом этапе очистки из сточных вод удаляются грубодисперсные примеси, чаще всего отстаиванием или флотацией, а также осаждением в центробежном поле. С помощью этих способов из сточных вод удаляют примеси крупностью 5–10 мкм и более. Отстаивание, как первая стадия процесса очистки, применяется практически во всех схемах очистки высококонцентрированных сточных вод в виде разных типов отстойников и жироловушек. В работе [2] указывается, что в наиболее совершенных конструкциях отстойников, содержание в очищенной воде взвешенных и жировых веществ снижается до 320–380 мг/л по взвешенным веществам и до 120–180 мг/л по жирам. Отстойники или жироловушки существуют на всех предприятиях масложировой промышленности. Эффект очистки по жировым веществам на жироловушках составляет 40–50 % [3]. Выпадение взвесей происходит при полуторачасовом отстаивании, а всплывание жировых частиц происходит за 0,3–0,5 ч [4]. Значительные резервы этого способа заключены в использовании принципа тонкослойного отстаивания. В работе [5] описано применение двухступенчатой жироловушки с тонкослойными блоками при очистке сточных вод масложиркомбината. Общий эффект жироулавливания составил 83–96 %. Основным достоинством сооружений гравитационного отстаивания является простота конструкций и надежность в эксплуатации, а также то, что улавливаемые вещества не претерпевают физико-химических превращений.

Наряду с использованием отстаивания, для очистки жиросодержащих сточных вод на стадии предварительной очистки широко используется пенная флотация. В работе [6] расчетным путем найдены оптимальные соотношения размеров частицы и пузырька при микрофлотации. Оказалось, что для извлечения частиц диаметром 5 мкм требуются пузырьки размером 20–50 мкм. Снижение радиуса пузырьков приводит к резкому увеличению скорости их коалесценции. Поэтому получение газовых пузырьков малого размера является сложной проблемой флотации. В работе [7] получали пузырьки газа электролитическим путем. Установлено, что пузырьки сохраняют свои размеры только в активной зоне на расстоянии 15–20 мм от электродов, а во всем остальном объеме флотоячейки их размеры были на 25 % больше. Расчетным путем в этой же работе показано, что в верхней части флотоячейки 60 % пузырьков являются продуктами коалесценции двух, а 40 % — трех исходных пузырьков. Из этого следует, что существует проблема в получении газовых пузырьков малых размеров и возможные минимальные размеры частиц, извлекаемые при электрофлотации, ограничиваются диаметром 3–5 мкм. По способу получения газовых пузырьков для флотации различают механическую, напорную, электролитическую, пневматическую и струйную флотации. Наибольшее применение получили первые три способа.

Механическая флотация осуществляется на флотационных машинах, где при вращении турбинки-импеллера, опущенной в воду, создается вращение жидкости с разряжением в центре вращения. При этом воздух из атмосферы подсасывается в центральную часть импеллера. В воде образуются достаточно крупные пузыри воздуха диаметром 500–1200 мкм. При очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий с помощью каскада флотомащин (3–4) удаляется 62–64 % загрязнений [8]. Существенным недостатком флотомашин является образование больших количеств флотоконцентрата (за счет перелива до 30 % от расхода воды) и значительная энергоемкость: на 1 $м^3$ очищаемой воды затрачивается 1,3–2,6 кВт-ч [8].

Принцип действия напорной флотации основан на явлении изменения растворимости газов в жидкостях в зависимости давления. При этом способе флотации производится предварительное растворение воздуха в воде при повышенном давлении (обычно 0,3–0,6 МПа), а затем резкий сброс давления после прохождения потока воды через редуцирующее устройство. При этом происходит интенсивная десорбция газа в виде мелких пузырьков (30–150 мкм), во всем объеме жидкости. Пузырьки газа образуются непосредственно на поверхности загрязнений, образуя флотокомплексы. При обработке сточных

вод мясокомбинатов методом безреагентной напорной флотации удаляется 55–75 % грубо дисперсных загрязнений [9]. В работе [10] приведены данные сравнительных исследований по очистке сточных вод молочных заводов методами пневматической, импеллерной и напорной флотации. Исследования показали, что при использовании пневматической флотации концентрация жиров снижается на 45–50 %, взвешенных веществ на 35–40 %. Эффект очистки на флотационной установке импеллерного типа составил 50–60 %. При очистке методом напорной флотации снижение концентрации взвешенных и жировых веществ составило 50–60 %. Эти данные показывают, что при безреагентной флотации эффективность извлечения загрязнений (50–60 %) незначительно отличается от результатов обычного отстаивания.

Метод электрофлотации основан на получении пузырьков водорода при электролизе воды. Конструкции аппаратов для электрофлотационной очистки достаточно просты. На дне флотокамеры горизонтально или вертикально размещаются плоскопараллельные электроды [11], часто выполняемые в виде проволочных сеток для увеличения кривизны поверхности катода, что позволяет уменьшить размеры газовых пузырьков до размеров 15–120 мкм. Продолжительность электрофлотационной обработки сточных вод варьируется в пределах от 3 до 60 мин; слой жидкости над электродами 0,5–1,5 м. В работе [12] приведены результаты электрофлотационной очистки сточных вод мясокомбината. При плотности электрического тока на электродах 150 А/м^2 и при продолжительности флотации 15 мин эффект очистки но жирам и взвесям составлял 75 %, а удельный расход электроэнергии 0,45 кВт-ч/м^3. В работе [10] изучалась электрофлотационная очистка сточных вод молочных заводов. Оптимальные параметры процесса оказались иными: плотность электрического тока на электродах 380 А/м^2, продолжительность флотации — 5 мин. Эффект очистки по жировым и взвешенным веществам не превышал 50–59 %. Результаты опытной электрофлотационной очистки сточных вод маслоэкстракционных производств описаны в работе [13]. При плотности электрического тока 25–100 А/м^2 степень очистки от диспергированного в растворе подсолнечного масла составила 86–91 %. В работе [14] проводилась электрофлотация промывочных жидкостей после посудомоечной машины столовой. Режим обработки: плотность тока 150–190 А/м^2, продолжительность — 20 мин. Эффект очистки 90 % при энергетических затратах 4–5 кВт-ч на 1 м^3 воды.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что метод электрофлотации имеет существенные преимущества по сравнению с другими флотационными методами, что делает его привлекательным в локальных системах очистки малой производительности, а именно: простота аппаратов; возможность легкой автоматизации их работы; возможность регулирования степени очистки жидкости путем изменения только одного параметра –плотности тока; высокая дисперсность газовых пузырьков, обеспечивающая возможность извлечения при очистке не только грубодисперсных, но и тонкодисперсных частиц.

Список литературы

1. *Кульский Л. А.* Теоретические основы и технология кондиционирования воды. — 3-е изд., перераб. и доп. — Киев: Наукова думка, 1980. — 564 с.

2. *Колесов Ю. Ф.* Приоритетное направление в создании установок очистки сточной воды молочных заводов // Изв. вузов: Строительство. 1997. № 12. С. 85–89.

3. *Иванов В. И., Кривцун Л. В., Мануйлова Т. А.* Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности // Обзорн. инф. Сер. 23. Сахарная промышленность. 1996. Вып. 3. С. 1–32.

4. *Надысев В. С.* Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 184 с.

5. *Саидаминов И. А., Абдукадыров Д. А.* Разработка и исследование комбинированной жироловушки // Водоснабжение и санитарная техника. 1992. Т. 14. № 11. С. 856–859.

6. *Дерягин Б. В., Духин С. С., Рулев Н. Н.* Микрофлотация. — М.: Химия, 1986. — 112 с.

7. *Рулев Н. Н.* Влияние коалесценции газовых пузырьков на эффективность микрофлотации // Химия и технология воды. 1985. Т. 7. № 3. С. 9–12.

8. *Шифрин С. М., Иванов Г. В. и др.* Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 272 с.

9. *Гандурина Л. В., Фомичева Е. В.* Интенсификация очистки сточных вод // Мясная промышленность. 1994. № 1. С. 30–31.

10. *Калинина-Шувалова С. Ф.* Локальная очистка сточных вод предприятий молочной промышленности. Дисс. канд. техн. наук. — Л., 1977. — 210 с.

11. *Яковлев С. В., Краснобородько И. Г., Рогов В. М.* Технология электрохимической очистки воды. — Л.: Строиздат, 1987. — 312 с.

12. *Ющенко В. Д.* Исследования по предварительной очистке сточных вод мясокомбинатов методами электрофлотации — элктрокоагуляции: Дисс. канд. техн. наук. — Л., 1976. — 231 с.

13. *Шендрик О. Р., Андреева Е. Е., Пономарев М. И. и др.* Электрофлотационная очистка жиросодержащих растворов // Химия и технология воды. 1993. Т. 15. № 1. С. 54–55.

14. *Одарченко Н. С.* Электрофлотация промывочных жидкостей // Изв. вузов: Пищевая технология. 1989. № 1. С. 113–115.

УДК 628.543:334

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОАГУЛЯЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

А. Е. Дидиков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: didikov@yandex.ru

При реагентной обработке природных и сточных вод в очищаемую воду вводят различные коагулянты (электролиты) и флокулянты (полиэлектролиты). Очистка воды от примесей при реагентной коагуляции обусловлена дестабилизацией коллоидной системы загрязнений за счет снижения ее заряда (дзета-потенциала), обычно отрицательного, при увеличении концентрации в виде ионов, обладающих зарядами, противоположными по знаку заряду коллоидных частиц. Реагентную коагуляцию осуществляют с помощью многовалентных ионов, чаще всего $A1^{3+}$ и Fe^{3+}, которые вводятся в очищаемую воду в составе солей (коагулянтов). Аппаратурное оформление включает в себя следующее оборудование: бак для приготовления раствора коагулянта; узел дозирования коагулянта; смеситель и камеру хлопьеобразования [1].

Метод реагентной коагуляции получил широкое распространение в локальных системах очистки сточных вод пищевых предприятий. В работе [2] приведены результаты очистки сточных вод молочных заводов коагулянтами $Al_2(SO_4)_3$ и $FeC1_3$ с последующим отстаиванием. Эффект очистки составил: по взвешенным веществам 72–80 %, по ХПК 42–60 % при $pH = 7$ и расходе коагулянта 100 мг на каждые 1000 мг ХПК. Продолжительность отстаивания — 1,5 ч. Было отмечено, что с ростом pH (свыше 7) необходимо увеличивать дозу коагулянта на 7–50 мг на каждую единицу pH, а при снижении pH ниже 7 дозу необходимо уменьшать на ту же величину против указанных. При использовании схемы реагентная коагуляция — напорная флотация с теми же реагентами, эффект очистки сточных вод молочного завода составил по жирам и взвешенным веществам 80–90 % при продолжительности процесса флотации 20–30 мин [3]. Такая же схема очистки была исследована в работе [4]. Но реагентная коагуляция проводилась при использовании смеси коагулянтов. В работе [5] исследовалась очистка сточных вод мясокомбинатов по схеме: реагентная коагуляция — напорная флотация. Для повышения эффективности метода испытывались ряд традиционных минеральных коагулянтов: сернокислый алюминий, сернокислое окисное и закисное железо, известь и едкий натр в различных сочетаниях. Лучшие результаты были получены с сернокислым алюминием при количестве $A1_2(SO_4)_3$ (в пересчете на Al_2O_3) 90 мг/л и извести (в пересчете на CaO) 100 мг/л. Эффект очистки по жирам составил 97 %, по взвешенным веществам 91 %. Приведенные примеры реагентной обработки сточных вод показывают надежность этого метода очистки в широком спектре свойств сточных вод. Серьезным недостатком является громоздкость аппаратурного оформления, необходимость точного дозирования реагентов, забаластированность активного коагулянта наполнителями, что ведет к вторичному загрязнению воды.

Метод электрокоагуляционной очистки воды реализуется при электролизе воды с помощью электродов, изготовленных из термодинамически нестабильных металлов. В качестве материала электродов чаще всего используется алюминий или железо (сталь). Чаще всего в кислых и нейтральных растворах применяются алюминиевые электроды, а в щелочных или нейтральных — стальные. По конструктивному исполнению наиболее широкое распространение получили электрокоагуляторы с электродами, в виде пакетов параллельных пластин, расположенных на расстоянии не менее 8 мм друг от друга. Серьезными недостаткам электрокоагуляторов с пластинчатыми электродами является использование листового материала, а также возможная пассивация электродной системы и образование отложений на поверхностях электродов [6]. Электрокоагуляционная очистка сточных вод, вследствие перечисленных выше достоинств, нашла применение в пищевой промышленности. В работе [7] исследованы процессы электрокоагуляции и электрофлотации сточных вод мясокомбината. С алюминиевыми электродами оптимальный режим работы следующий: плотность тока 35 А/м^2; продолжительность 3 мин; длительность вторичного отстаивания 30 мин. Эффект очистки по жировым и взвешенным веществам составил 95 %. В случае применения стальных электродов эффект очистки был меньше на 30 %, а объем осадка увеличился до 10 % от расхода воды. Лучшие результаты при использовании алюминиевых электродов получались при $4{,}5 < pH < 7{,}5$, а при использовании стальных при $pH > 7$. При применении вместо отстаивания электрофлотации эффект очистки вырос до 98 %. Параметры электрофлотации были следующими: плотность тока 150 А/м^2; продолжительность процесса — 15 мин; количество пены — 3,9 % от расхода сточных вод. В работе [8] исследования проведены для процессов очистки сточных вод молочных заводов. При использовании алюминиевых электродов параметры следующие: плотность тока 30 А/м^2;

удельное количество электричества на 1 м^3 сточных вод 85 А-ч; продолжительность вторичного отстаивания — 30 мин. Эффект очистки сточных вод составил по жирам 94–95 %, по взвешенным веществам — 90 %. При использовании стальных электродов параметры были следующими: плотность тока — 40 А/м^2; удельное количество электричества на 1 м^3 сточных вод 180 А-ч; продолжительность вторичного отстаивания - 60 мин. Электрокоагуляция с последующей электрофлотацией оказалась более эффективной по степени извлечения загрязнений, чем электрокоагуляция с последующим отстаиванием. В работе [9] описано применение электрокоагуляторов в схемах очистки сточных вод масложиркомбинатов. Для очистки барометрических вод применялся напорный электрокоагулятор и установка напорной флотации. При выборе такой схемы очистки авторы работы указали на универсальность методов очистки, простоту аппаратурного оформления, доступность автоматизации процесса очистки и экономическую целесообразность.

Метод гальванокоагуляции можно рассматривать как разновидность электрокоагуляционного метода очистки. Метод основан на использовании эффекта микрогальванопары, возникающего при пропускании воды через частицы загрузки, состоящей из смеси материалов, обладающих разными электрохимическими потенциалами. За счет тока, протекающего через микрогальванопары, происходит растворение в воде металла-коагулянта. Вместе с тем, работа гальванокоагуляторов по очистке жиросодержащих вод при длительной эксплуатации в условиях периодического поступления сточных вод на очистку, вызывает сомнение. Частицы жира при охлаждении воды могут покрывать поверхность частиц загрузки и затвердевать на них.

Проведенный обзор по использованию различных методов реагентной очистки в практике очистки сточных вод пищевых предприятий позволил выявить наиболее целесообразные для использования в схеме локальной очистки сточных вод с возможностью выделения мелкодисперсных загрязнений. Это электрокоагуляция с последующей электрофлотацией. Указанные методы отличаются простотой процесса, универсальностью применения, компактностью аппаратов, в которых реализуются. Система очистки, основанная на использовании этих методов, требует малых трудозатрат при эксплуатации, легко автоматизируется.

Список литературы

1. *Паль Л. Л., Кару Я. Я. и др.* Справочник по очистке природных и сточных вод. — М.: Высшая школа, 1994. — 336 с.

2. *Шифрин С. М., Мишуков Б. Г.* Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1968. — 120 с.

3. *Шифрин С. М., Иванов Г. В. и др.* Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 272 с.

4. *Теплых С. Ю.* Очистка масло- и жиросодержащих сточных вод: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Пенза, 2000. — 20 с.

5. *Дмитриева Л. П.* Очистка жиросодержащих сточных вод методом напорной флотации: Автореф. дисс. канд. техн. наук. — Л., 1982. — 19 с.

6. *Яковлев С. В., Красноборолько И. Г., Рогов В. М.* Технология электрохимической очистки воды. — Л.: Строиздат, 1987. — 312 с.

7. *Ющенко В. Д.* Исследования по предварительной очистке сточных вод мясокомбинатов методами электрофлотации — электрокоагуляции: Дисс. канд. техн. наук. — Л., 1976. — 231 с.

8. *Калинина-Шувалова С. Ф.* Локальная очистка сточных вод предприятий молочной промышленности. — Дисс. канд. техн. наук. — Л., 1977. — 210 с.

9. *Надысев В. С.* Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 184 с.

УДК 628:33

ЭКОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ ОСАДКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Н. Б.Ульянов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Ежегодный объем влажных осадков, образующихся при очистке сточных вод составляет около 80 млн. тонн. При этом только 10–15 % осадков каким-либо образом обрабатываются (обезвоживаются, высушиваются и т. п.). В мировой практике используются три основных направления утилизации осадков: депонирование в окружающей среде (на полигонах, или путем сбросов в моря), использование в сельском хозяйстве и сжигание. В настоящее время наибольшее количество осадков захораниваются. Утилизация осадков в сельском хозяйстве, по-видимому, ограничится пределом не более 50 %. Несмотря на привлекательность этого метода и наличия в осадках сточных вод биогенных элементов (азота, фосфора и других микроэлементов, полезных для растений), использование их в сельском хозяйстве регламентируется допустимым содержанием в почве токсичных веществ, вносимых с осадками, в первую очередь тяжелыми металлами.

Сжигание является одним из эффективных и экономичных методов ликвидации осадков сточных вод. Сжигание приводит к полному уничтожению органических веществ и патогенных организмов, которые превращаются в газообразные продукты полного сгорания, а минеральная часть осадка выделяется в виде твердой золы. При сжигании органическая часть осадка служит топливом и покрывает большую часть энергозатрат на осуществление процесса сжигания, а при должной подготовке осадков к сжиганию топливо требуется только на начальном этапе процесса — розжиге. За рубежом методы сжигания наиболее интенсивно развивались в 70-е гг. прошлого века, однако после обнаружения в 1978 году в дымовых газах мусоросжигательных заводов новых опасных веществ — диоксинов и фуранов интерес к сжиганию был потерян. В последнее время ввиду того, что, во-первых, серьезной альтернативы сжиганию токсичных осадков не существует и, во-вторых, что испытывается дефицит свободных земель, необходимых под захоронение, сжигание вновь завоевывает популярность в мировой практике обработки осадков. В немалой степени этому способствовали разработки новых методов глубокой очистки дымовых газов, образующихся в результате сжигания осадков, а также схем утилизации теплоты дымовых газов с целью экономии энергозатрат на проведение этого энергоемкого процесса.

Помимо экономичности процесса, возможности использования отработанных на практике конструкций основного оборудования технология сжигания осадка должна обеспечивать и основное условие: превращение осадков в результате проведения процесса в безопасные для окружающей среды продукты. При сжигании осадка всегда образуется два вида такого продукта — это дымовые газы и зольный остаток.

По значениям суммарного показателя загрязнения осадки обладают высокой степенью потенциальной экологической опасности. Содержание тяжелых металлов по элементам 1-го класса опасности может достигать следующих значений: мышьяк — 26 мг/кг; кадмий — 1500 мг/кг; ртуть — 55 мг/кг; свинец — 3000 мг/кг; цинк — 4900 мг/кг; фтор — 300 мг/кг; по элементам 2-го класса опасности: никель — 5300 мг/кг; медь — 3300 мг/кг; стронций — 1000 мг/кг; хром — 4000 мг/кг.

Возможное содержание диоксинов в осадках не столь определенное и имеющиеся в литературе данные разнятся. Однако несомненно что в осадках диоксины присутствуют как следствие хлорирования питьевой воды, попадания в канализацию сливов прачечных и химчисток, органических растворителей, смазочно-охлаждающих жидкостей и т. п. При сжигании поллютанты могут переходить в продукты сгорания.

Сжигание может сопровождаться синтезом новых токсичных веществ, в первую очередь, уже упоминавшихся диоксинов, полиароматических углеводородов, хлорсодержащих соединений (соляная кислота, молекулярный хлор, фосген, фтористый водород), окислов азота, оксидов серы и продуктов неполного сгорания органических соединений (в первую очередь угарного газа).

В настоящее время установлено, что при температурах от 750 до 900 °С идет, главным образом, образование диоксинов I группы (2, 3, 7, 8 — тетрахлордибензо-н-диоксин).

Здесь следует особо отметить то обстоятельство, что именно в этом неблагоприятном режиме работают существующие и предлагаемые установки по сжиганию мусора и осадков, поскольку принятый в странах ЕС стандарт на сжигание отходов предусматривает проведение процесса окончательной температурной обработки дымовых газов при температуре 850 °С в течение 2 с. В таком же режиме работают заводы по сжиганию осадков на ЦСА, ССА и ЮЗОС г. Санкт-Петербурга. Этот факт вынуждены признавать зарубежные специалисты и фирмы, продолжающие в то же время предлагать и экспортировать такие технологии в другие страны, в том числе и в Россию.

При высокотемпературном сжигании диоксины не образуются. Более того высокотемпературные методы используются для уничтожения диоксиносодержащих веществ.

Механизм окисления хлорорганических соединений изучен недостаточно.

Экспериментально установлено, что при 5-ти кратном избытке водяного пара по отношению к Cl_2 уже при температуре 1000 °С молекулярный хлор полностью превращается в HCl. Ввиду того, что в продуктах сгорания осадков содержится много водяного пара, образование в них Cl_2 представляется маловероятным. В отношении фосгена известно, что при температурах выше 900 °С он подвергается диссоциации с образованием CO и Cl_2.

Режимные параметры процесса сжигания осадка не оказывают влияния на содержание серусодержащих соединений в продуктах сгорания. В условиях сжигания (окислительная среда) практически вся сера, входящая в состав органических соединений переходит в газовую фазу в виде SO_2 и частично в SO_3 (не более 3 % исходной серы).

Тяжелые металлы, присутствующие в осадках в процессе сжигания окисляются и в виде оксидов содержатся в зольном остатке. Вместе с тем цинк, свинец и кадмий могут образовывать летучие хлориды этих металлов и содержаться в газах.

Азотсодержащие соединения в дымовых газах представлены в основном оксидами азота, которые образуются в результате окисления азотсодержащих соединений и осадка, а также при окислении азота воздуха, вводимого в печь для сжигания. При температурах газов, характерных для средне- и высокотемпературных условий сжигания (950–1200 °С) из оксидов азота в дымовых газах может находиться только монооксид азота (NO), так как все другие окислы азота в этих условиях являются термически нестойкими.

Обычно при обсуждении проблемы сжигания отходов внимание сосредоточено на токсичных веществах, выносимыми отходящими газами и адсорбированных летучей золой. Однако не менее опасным является присутствие токсикантов в остающейся золе или шлаке, которые подлежат захоронению или каким-либо образом используются. При простом захоронении золы или шлака некоторая часть тяжелых металлов и других токсикантов, образуя подвижные формы, способна мигрировать из состава золы в окружающую среду с вовлечением опасных веществ в биогеохимические циклы. Необходимо дополнительно связывать токсичные вещества в составе зольного остатка. С другой стороны, зольный остаток сжигания может являться и вторичным материальным ресурсом. Потенциальными приемниками золы и шлаков являются строительная и дорожная индустрии.

Самыми распространенными областями применения зольных остатков является их использование при производстве керамзитового гравия, бетона, асфальта, мостового кирпича. Например, керамзитовый гравий с добавками осадка соответствует требованием ГОСТ 95790 «Гравий, щебень и песок — искусственные пористые». Заметной эмиссии токсикантов из этого материала в водных и слабокислых водных растворах не обнаруживается.

Полное связывание токсичных компонентов осадков в структуре вещества можно получить путем использования осадков (сухого осадка, золы или шлака) для производства стекла. Стекло, изготовленное по традиционной технологии, с добавками в шихту фторсодержащего осадка по своим физико-химическим свойствам не отличается от обычного стекла. Из стеклянной массы можно изготавливать бордюрный камень, коврово-мозаичные плитки или малые архитектурные формы.

Проведенный анализ всех сторон процесса сжигания осадков сточных вод позволил выработать концепцию экологически безопасной технологии сжигания осадков промышленных городских сточных вод. В основу технологии положено высокотемпературное сжигание (1400 °С) предварительно подсушенного осадка с выпуском зольного остатка в виде расплава стекольной массы. Технология отличается полной безопасностью газообразных продуктов сжигания и зольного остатка в отношении распространения токсичных веществ. Для глубокой очистки дымовых газов от сопутствующих любому процессу сжигания веществ (NO_x, SO_x, HF, металлы, летучая зола) применена трехступенчатая система газоочистки. При температуре в камере сгорания печи 1400 °С все токсичные компоненты осадка подвергаются термической деструкции. Продукты сжигания (дымовые газы и зола) не содержат диоксинов.

Теплотехнические показатели схемы сжигания осадка

Наименование показателя	Размер	Значение показателя
Количество сжигаемого осадка	кг/ч	2500
То же по сухому веществу	кг/ч	500
Температура сжигания	°С	1400
Температура дымовых газов за системой утилизации теплоты	°С	150
Расход дополнительно топлива (природного газа)	$м^3$/ч	50
Количество дымовых газов при нормальных условиях	$м^3$/ч	3850
Расход дутьевого воздуха	$м^3$/ч	3220
Расход парогазовой смеси в сушильной камере при нормальных условиях	$м^3$/ч	4900
Тепловыделение в схеме сжигания	кВт	2800
Теплота отходящих газов	кВт	216
Удельный расход топлива: на влажный осадок	$м^3$/кг	0,02
на сухое вещество осадка	$м^3$/кг	0,1

Более того токсичные компоненты, остающиеся в твердом остатке сжигания содержатся в стекольной массе и не могут мигрировать из нее в окружающую среду. Отработанный сушильный агент перед сбросом в атмосферу подвергается прокаливанию и термической деструкции при такой же температуре что и осадок (1400 °С). Для снижения энергозатрат на осуществление процесса можно применить схему с глубокой внутренней рекуперацией теплоты продуктов сгорания. Выполненные расчеты такой схемы показывают, что расход дополнительного топлива на осуществление такого процесса является небольшим. Основные теплотехнические характеристики разработанной схемы высокотемпературного сжигания осадка приведены в таблице.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

О. И. Сергиенко[*], Л. П. Булат[*], С. Е. Копыльцова[*], А. И. Шестопалова[*], В. А. Староверова[*], М. Е. Гужва[**], А. С. Виноградов[**]

[*]Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
[**]ЗАО «Криотерм», г. Санкт-Петербург

В настоящей статье рассматривается применение оценки жизненного цикла (ОЖЦ) для целей экологического дизайна, т. е. разработки экологической модернизации продукции, а именно систем охлаждения с термоэлектрическими модулями (ТЭМ), которые находят широкое применение в различных областях, в том числе и на предприятиях торговли и общественного питания, в ресторанах и кафе.

Оценка жизненного цикла — это сбор информации, сопоставление и оценка входных и выходных материальных потоков, а также возможных воздействий на окружающую среду на всем протяжении жизненного цикла продукционной системы.

ОЖЦ состоит из следующих стадий: определение цели и области применения исследования, инвентаризационный анализ, оценка воздействия жизненного цикла на окружающую среду и интерпретация жизненного цикла. Методология ОЖЦ включает выполнение следующих этапов:

1. Определение цели и области применения исследования.
2. Определение исследуемой продукционной системы и функциональной единицы.
3. Проведение инвентаризации соответствующих входных и выходных материальных потоков продукционной системы.
4. Оценивание потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками.
5. Интерпретацию результатов инвентаризационного анализа и этапов оценки воздействия на окружающую среду в зависимости от цели исследования.

Этот метод позволяет оценить экологические аспекты и потенциальные воздействия на протяжении всего жизненного цикла продукции — от добычи сырья до производства, использования готовой продукции и утилизации отходов потребления. Основными категориями воздействий на окружающую среду являются использование ресурсов, здоровье человека и экологические последствия.

Определение цели, области применения, а также выполнение инвентаризационного анализа проводятся в соответствии с требованиями стандарта ИСО 14041 [2].

Для повышения доверия и надежности результатов исследования ОЖЦ или Инвентаризационный Анализ Жизненного цикла (ИАЖЦ) на стадии интерпретации проводят оценку достоверности модели и анализ влияния неопределенностей исходных данных. Полученные результаты ОЖЦ термоэлектрического модуля на стадии интерпретации были проанализированы на чувствительность к изменению исходных данных.

Оценивание следует выполнять в соответствии с целью и областью исследования, учитывая конечное предполагаемое использование результатов исследования.

При оценивании проверяют полученные результаты с точки зрения полноты, чувствительности и согласованности (достоверности). Эти проверки должны дополнять результаты анализа неопределенности и оценивания качества данных.

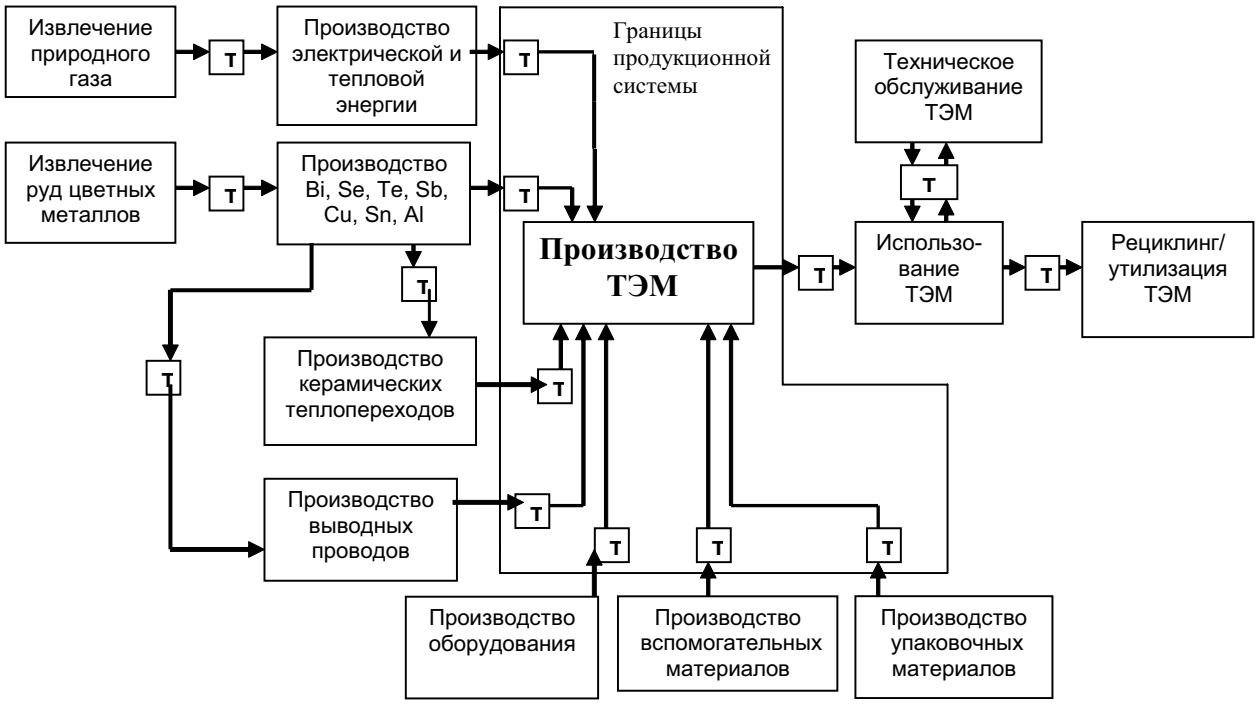
В течение последнего десятилетия среднегодовой прирост мирового производства термоэлектрических охлаждающих модулей составляет 15–25 %. Столь высокие и устойчивые темпы роста свойственны разве что таким высокотехнологичным продуктам, как компьютерная техника и программное обеспечение. По-видимому, главной причиной, вызвавшей всплеск интереса к термоэлектрическому охлаждению, является относительная экологическая чистота этого метода преобразования энергии, в отличие от традиционного парокомпрессионного метода. Данный фактор выдвигается на передний план благодаря осознанию мировым сообществом важности сохранения окружающей среды.

Однако, термоэлектрическим холодильникам присущи следующие недостатки: необходимость преобразования переменного тока в постоянный, что приводит к увеличению массогабаритных показателей, а также низкий холодильный коэффициент. При прочих равных условиях холодильный коэффициент термоэлектрического охладителя оказывается меньше, чем у парокомпрессионной машины.

В связи с этим представляет интерес определение универсальных показателей экологичности ТЭМ на соответствующих стадиях их жизненного цикла (см. рисунок).

Оценка жизненного цикла ТЭМ проводится для продукционной системы, включающей стадии производства ТЭМ и транспортировки сырья и материалов.

Традиционная ОЖЦ в настоящей работе была дополнена выполнением *MIPS*-анализа термоэлектрического модуля [5].



Стадии жизненного цикла ТЭМ и границы рассматриваемой продукционной системы

Как показывают результаты исследования материальных потоков ТЭМ и расчетов MI-чисел по видам ресурсов потреблением воздуха и биотических ресурсов можно пренебречь (менее 1 %). Доля абиотических ресурсов составляет 25 %, доля воды — 74 %.

Основной вклад на стадии производства в материальное потребление вносят: теплопереход — 67 %, провода — 14 %, паяльная паста — 12 %, электроэнергия — 4 %, сурьма — 1 %, флюс — 1 %. Другими материальными потоками (вклад менее 1 %) можно пренебречь.

Из единичных процессов наиболее энергоемким является процесс сборки ТЭМ. В этом процессе основной вклад составляют теплопереход — 85 % и паяльная паста — 15 %. Остальными материальными потоками (вклад менее 1 %) можно пренебречь.

Выполненный анализ чувствительности позволил сделать вывод, что показатель MIPS не чувствителен к увеличению варьируемых факторов (масса теплоперехода и паяльной пасты) и наоборот чувствителен к их уменьшению. По-видимому, это связано со структурой материального потока состоящего из значительного количества потоков веществ и материалов, с небольшой массой. Наиболее чувствителен данный показатель к уменьшению массы паяльной пасты. Очевидно, разработчикам ТЭМ в первую очередь следует обратить внимание на использование паяльного материала.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 14040-99. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура

2. ГОСТ Р ИСО 14041-2000. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ.

3. ГОСТ Р ИСО 14043-2001. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла.

4. *Булат Л. П., Бузин Е. В.* Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. Указания для студентов. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. — 41 с.

5. Основы теории эко-эффективности: Монография / Под науч. Ред. О. Сергиенко, Х. Рона. — СПб.: СПБГУНиПТ, 2004. — 223 с.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р. Ф. Юльметова, М. С. Дубков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Одной из первоочередных задач, направленной на сокращение негативного воздействия отходов на окружающую среду является их переработка и обезвреживание средозащитными сооружениями в процессе очистки сбросов в водные объекты и выбросов в атмосферу. Несмотря на большое количество исследований проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается весьма актуальной в настоящее время. Для выбора наболее рационального пути решения проблемы необходим предварительный учет и оценка отходов. Увеличение темпов роста промышленного производства сопровождается, в том числе, увеличением выбросов вредных веществ и увеличением объемов образования отходов. При этом утилизация вредных выбросов и отходов может рассматриваться не только как аспект уменьшения вредного воздействия на окружающую среду, но и как источник получения дополнительной экономической выгоды.

Для эффективного обезвреживания отходов необходимы технологии, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей природной среде, имеющие низкие капитальные затраты и позволяющие получать прибыль. Разнообразие отходов по химическому составу не позволяет создать универсальную технологию утилизации твердых и жидких промышленных отходов и твердых бытовых отходов для разных отраслей промышленности. В настоящей статье рассматриваются методы утилизации некоторых отходов строительной организации, расположенной в Ленинградской области.

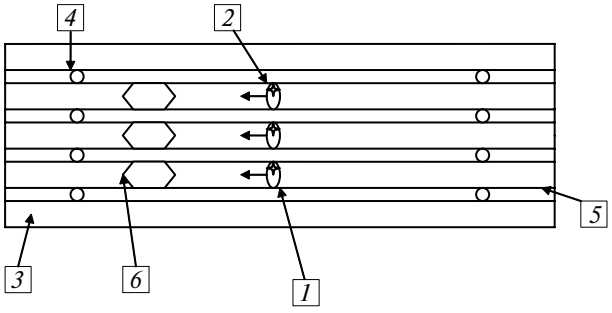
Комбинат строительных материалов оснащен линией по производству предварительно-напряженных пустотных плит безопалубного формования. Основной выпускаемой продукцией являются плиты железобетонные многопустотные предварительно-напряженные безопалубного формования, предназначенные для применения в зданиях промышленного и гражданского назначения первой степени огнестойкости с неагрессивной и слабоагрессивной средой с несущими стенами из кирпича или монолитного легкого бетона, возводимых в обычных условиях строительства. На комбинате установлена новая технологическая линия финской компании «Elematic», которая позволяет выпускать длинопролетные конструкции различного сечения (балки, колонны, плиты), в том числе и предварительно напряженные. Также строительный комбинат изготавливает шахты лифтов, стеновые трехслойные панели, перегородки и любые индивидуальные железобетонные изделия.

Плиты изготавливаются на технологическом оборудовании финской фирмы «Elematic» на стендах длиной 100 м в виде непрерывных полос шириной 1196 мм и разрезаются на плиты необходимой заказчику длины.

Оборудование позволяет изготавливать плиты высотой 150, 220, 265 400 и 500 мм и максимальной длиной до 24 м в зависимости от сечения.

Объем производства железобетонных изделий составляет 50 тыс. $м^3$/год. В номенклатуре выпускаемых изделий более 4000 наименований. Основное производство включает в себя: заготовительно-сырьевой участок, бетонно-смесительный узел, арматурный участок, формовочный цех.

Изготовление железобетонных изделий и конструкций состоит из следующих технологических операций: подготовка форм; установка арматуры и вкладышей; укладка бетона; уплотнение бетонной смеси; затирка поверхностей; тепловая обработка; расформовка изделий; транспортировка изделий на склад готовой продукции или на строительные площадки.



Образование сточных вод производства железобетонных плит

Технологический процесс производства неразрывно связан с образованием вредных веществ, которые сбрасываются в водные объекты со сточными водами. Бетонная смесь доставляется с бетонно-смесительного узла в бетонотранспортной бадье и выгружается в бункера бетоноукладчика (экструдера) через питающую воронку (см. рисунок).

Вода, температура которой 5 °С, подается для охлаждения распилочного диска из центральной водопроводной системы по трубопроводу. Вода, поступающая по резиновому шлангу, охлаждает поверхность диска, зафиксированного на обрезной пиле, затем стекает в канавы между стендами (отстойниками). Отстоявшаяся вода, стекает по трубопроводу в очистные сооружения и далее в канализационные колодцы.

Таблица 1

Годовой выпуск железобетонных плит высотой 150, 220, 265, 400, 500 мм (в штуках)

Месяц/штук	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
150	0	0	20	40	41	0	65	110	93	52	0	8	429
220	824	918	315	453	1000	1010	1300	708	200	124	197	69	7118
265	184	214	0	0	110	227	650	604	117	91	132	218	2547
400	45	96	127	84	547	817	726	104	1118	1220	935	459	6278
500	35	74	116	109	144	57	120	197	317	584	826	822	3401

Таблица 2

Количество бетонной и железной пыли оседающей в сточной канаве за один распил/за один год поперечного сечения плит

Железобетонные плиты высотой, мм	Бетонная пыль		Железная пыль		Итого	
	кг/распил	тонн/год	кг/распил	тонн/год	кг/распил	тонн/год
150	0,408	0,1750	0,016	0,0007	0,424	0,1757
220	0,597	4,2483	0,012	0,0877	0,609	4,3360
265	0.717	1,8273	0,033	0,0853	0,750	1,9126
400	1,059	6,6492	0,023	0,1440	1,082	6,7932
500	1,260	4,2880	0,046	0,1560	1,306	4,4440

Тепловая обработка бетона — теплопрогрев в течении 16 часов при атмосферном давлении и температуре 40–50 °С, производится двухсторонним термовоздействием на нижний слой — за счет нагрева поддона форм уложенными в нем водяными регистрами и на верхний слой за счет работы устанавливаемого на борта форм колпака инфракрасного излучения.

Конденсат, загрязненный нефтепродуктами, от термоформ отводится на нефтеловушку. Ежедневно во время распиливания железо-бетонных плит в сточных канавах (отстойниках) железо-бетонного цеха оседают десятки килограмм бетонной пыли и сотни грамм железной пыли. Годовой выпуск железобетонных плит высотой 150, 220, 265, 400, 500 мм в штуках представлен в табл. 1. Общее годовое количество выпускаемых плит составляет 19773 штук. Количество бетонной и железной пыли, оседающей в сточной канаве за один распил поперечного сечения плит и за один год представлены в табл. 2. Общее количество бетонной пыли, оседающей за один распил, составляет 4,0410 кг; общее количество железной пыли оседающей за один распил — 0,1300 кг. А общее количество бетонной пыли оседающей за один год составляет 17,1878 тонн; общее количество железной пыли оседающей за один год — 0,4737 тонн.

Вся осажденная железная и бетонная пыль в сточных канавах железо-бетонного цеха выгружается рабочими с помощью лопат в железный контейнер, подвешенный на электрическом кране внутри цеха. Далее автопогрузчиком содержимое железного контейнера вывозится на открытую площадку на территории предприятия для временного хранения железобетонных отходов и их дробления. В качестве побочных продуктов образуются обрезки железобетонных плит. Количество образующихся обрезков железобетонных плит всех производимых марок за год в среднем составляет 4516 т. Эти отходы дробятся дробильной машиной на специально отведенной площадке на территории предприятия.

На территории строительного комбината имеются очистные сооружения с производительностью 6,3 $м^3$/час. Песок, задержанный в песколовке, осадок из первичных отстойников и контактного резервуара, а также избыточный активный ил перекачивается в аэробный минерализатор для обработки. Распределение воздуха в аэробных минерализаторах осуществляется керамическими фильтросными пластинами. Для уплотнения осадка и отделения иловой воды предусмотрена зона отстаивания. Отстоянная жидкость отводится в лоток первичных отстойников. Для поддержания в минерализаторах оптимального температурного режима проектом предусмотрена возможность подогрева поступающего избыточного ила и циркуляция минерализуемой смеси через подогреватель осадка. Минерализованный осадок насосами перекачивается на иловые площадки. Накопившийся подсушенный осадок с иловых площадок периодически вывозится на поля. Песок, задержанный в песколовке, перекачивается на песковую площадку, площадью 120 $м^2$. Осадок из первичных и вторичных отстойников перекачивается на иловую площадку — 360 $м^2$. В результате длительного хранения на иловых площадках под влиянием сезонных температурных режимов осадки уплотняются, обезвоживаются (высушиваются); влажность подсушенного осадка составляет 70–75 %, вследствие чего объем уменьшается в 2–5 раз. Постепенно подсушенные осадки вывозятся на сельскохозяйственные поля для использования в качестве удобрения.

В соответствии с СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» п. 6.8. осадки сточных вод и компосты из них могут применяться для удобрения земель, отводимых под посадки древесно-кустарниковых насаждений, питомников, парков, под долголетние культурные сенокосно-пастбищные угодья, а также на паровые поля и при рекультивации земель. После проведения исследовательских работ и согласования с органами санитарного надзора разрешено использование осадков и компостов из них в качестве удобрения.

Кроме загрязнения сточных вод железо-бетонной пылью, сточные воды загрязнены нефтепродуктами. Объем образующихся нефтесодержащих производственных сточных вод составляет — 2,0 тыс. $м^3$. Установка системы комплексной очистки нефтесодержащих сточных вод НЛВ-0,5м-0.3п позволит практически полностью очищать производственные сточные воды от нефтесодержащих компонентов. Существенно снизятся риски ухудшения экологической ситуации в данном районе, повысится эффективность работы производства в целом.

Ожидаемое сокращение сбросов по нефтесодержащим компонентам — 0,158 т/год. Данный проект по очистке нефтесодержащих сточных вод при внедрении его в производство не вызовет изменений в процессе управления предприятием, режимах его работы, изменений в технологических процессах производства. Остановка производства не потребуется, выделения дополнительной площадки для оборудования и его комплектующих на производстве не потребуется.

Также возможно частичное вторичное использование всплывающей пленки из нефтеловушки при очистке конденсата от термоформ. Эта пленка может использоваться для приготовления эмульсола (эмульсол ЭКС-А) для смазки форм в формовочном цехе. Приблизительно в год будет образовываться 158 кг нефтяной пленки.

Введение в эксплуатацию комплексной системы очистки позволит сократить плату за вывоз сточных вод от строительного комбината отдельным транспортом. Это даст возможность предприятию отводить промышленные стоки во внутриплощадочные сети канализации с последующей обработкой и сбросом.

Минимизация образования различных видов отходов на всех стадиях производства, связанных с производством железобетонных изделий, от которых в свою очередь образуются сточные воды, позволит улучшить экологическое состояние водных объектов в рассматриваемом районе.

Сокращение потребления различных видов сырья достигается благодаря наиболее полному вторичному использованию образующихся в процессе производства отходов.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ»

Р. Ф. Юльметова

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Дисциплина «Экологический мониторинг» занимает одно из важнейших мест в блоке специальных дисциплин для студентов, обучающихся по по специальности 280201 — «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». Экологический мониторинг является одним из базовых предметов при подготовке будущих инженеров-экологов.

Согласно определению экологический мониторинг — это система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии природнойокружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов и позволяющая прогнозировать развитие этих изменений.

Экологический мониторинг в ст. 39 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды» определяется как наблюдение за происходящими в окружающей среде физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных объектов, за последствиями его влияния на растительный и животный мир, а также как обеспечение заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде, предупреждениями и прогнозами ее состояния.

Изучение «Экологического мониторинга» включает лекционный курс, лабораторный практикум, выполнение курсового проекта.

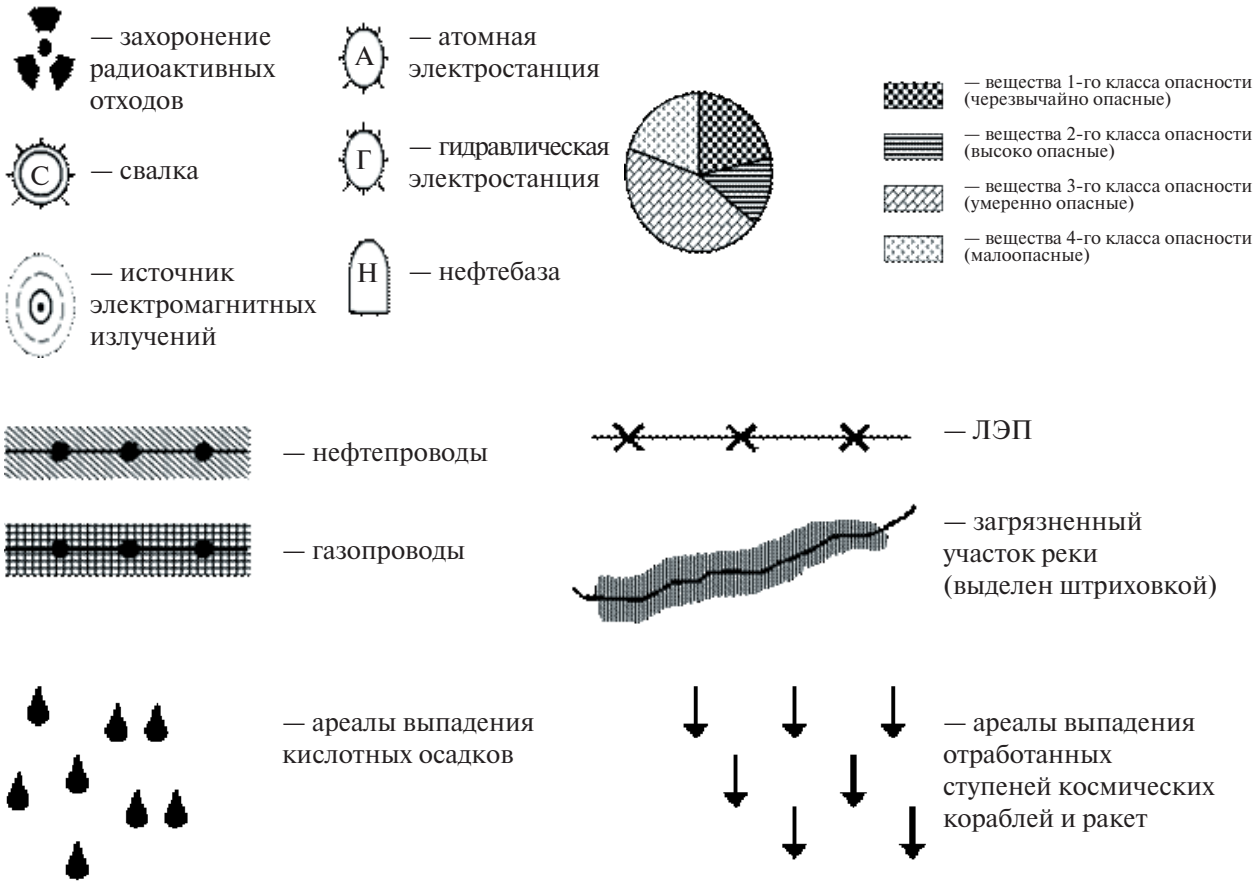
На кафедре промышленной экологии Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий разработан лекционный курс, в котором рассматриваются проблемы загрязнения окружающей среды промышленными и бытовыми отходами и их источники. Рассматриваются выбросы ЗВ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами, сбросы сточных вод в водные объекты, внесение в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ, захоронение и складирование промышленных и коммунальных отходов, техногенные аварии, приводящие к выбросу в окружающую среду опасных ЗВ.

Информация об экологической обстановке при ее движении по иерархическим уровням системы экологического мониторинга определяется с помощью понятия информационного портрета экологической обстановки. Информационный портрет представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределенных данных, характеризующих экологическую обстановку на определенной территории, совместно с картоосновой местности.

Планирование и проведение природоохранных мероприятий требует не только наличия объективной информации об экологической обстановке исследуемой территории, но и ее представления в наглядном и понятном потребителю виде. Поэтому одним из важнейших методов изучения состояния биосферы и ее отдельных компонентов становится картографический метод познания.

На практических занятиях студенты составляют информационный портрет экологической обстановки на локальном и региональном уровнях.

Продукцией экологического картографирования являются экологические карты, отражающие структуру и остроту экологических проблем в пределах конкретных территориальных единиц. На экологических картах используются различные способы картографического отображения элементов тематического содержания; способ значков, условных знаков, линейных условных знаков, способ изолиний. Промышленные предприятия (заводы, фабрики и т. д.), производящие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, а также промышленные центры в целом показывают на экологических картах структурным условным значком (см. рисунок). Размер радиуса значка показывает годовой объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Площадь знака делится на четыре сектора, цвет каждого сектора передает классы опасности загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах (1-й класс — розовый, 2-й класс — красный, 3-й класс — оранжевый, 4-й класс — желтый цвет). Угловая величина сектора отображает удельный вес вещества данного класса опасности в годовом объеме выбросов загрязняющих веществ. Для показа на экологических картах техногенных объектов значительной протяженности (нефте- и газопроводы, главные автомагистрали, высоковольтные линии электропередач и т. п.) используется способ линейных условных знаков. При этом, чтобы привлечь внимание читателя карты к подобным объектам, целесообразно использовать жирные линии, дополненные цветной окантовкой, а в нашем случае — штриховкой. Также линейные условные знаки применяются для отображения природных объектов, сильно пострадавших от воздействия человека (загрязненных участков русел рек и т. п.).



Условные знаки картографического отображения элементов тематического содержания, используемые на экологических картах

Наглядно отобразить характер распространения загрязняющих веществ по исследуемой территории позволяет способ изолиний. Особенно часто он используется на отраслевых экологических картах, показывающих загрязненность исследуемой территории отдельным загрязнителем. На таких картах основными показателями картографирования являются определенная концентрация загрязнителя или превышения значений определенной концентрации над значениями ПДК.

На основании полученных знаний студенты выполняют курсовой проект, включающий мониторинг реальных промышленных объектов. Курсовой проект посвящен разработке ПНООЛР — проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение. ПНООЛР разрабатывается студентами индивидуально для тех предприятий, на которых они проходят производственную практику.

Для разработки проекта образования отходов и лимитов на их размещение студенты собирают следующие данные по предприятию:

- экологическая обстановка на территории расположения предприятия;
- предельно допустимые вредные воздействия отходов, предполагаемых к размещению, на окружающую среду;
- наличие имеющихся технологий переработки отходов;
- площади и вместимости объектов хранения отходов;
- количества предполагаемых к захоронению отходов в соответствии с проектными данными объекта захоронения отходов;
- экономическая целесообразность формирования транспортной партии для вывоза размещаемых отходов.

Согласно ст. 1. закона РФ «Об отходах производства и потребления», отходы производства — это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. К отходам потребления относятся изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического и морального износа, а также ТБО, образующиеся в результате жизнедеятельности людей.

Под опасными отходами понимаются отходы, содержащие вредные вещества, обладающие опасными свойствами: токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой радиацией или способностью возбуждать инфекционные болезни, либо могущие представлять опасность для среды и здоровья человека.

Существует классификация отходов по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработки и использования. В нашей стране вредные вещества характеризуется по четырем классам опасности, от чего зависят затраты на переработку и захоронение.

Класс опасности отходов устанавливается с целью определения безопасных способов и условий размещения, перемещения, обезвреживания, использования отходов.

Предприятия, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, на основании Федерального закона «Об отходах производства и потребления» обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности.

Класс опасности устанавливается на каждый вид образующихся отходов. Критерии, позволяющие отнести опасный отход к определенному классу опасности, представлены в документе «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

Отнесение отходов к классу опасности для ОПС может осуществляться расчетным или экспериментальным путем. Экспериментальный метод отнесения отходов к классу опасности для ОПС осуществляется в специализированных аккредитованных для этих целей лабораториях. Экспериментальный метод используется в следующих случаях:

— для подтверждения отнесения отходов к 5 классу опасности, установленного расчетным методом;

— при отнесении к классу опасности отходов, в которых невозможно определить их качественный и количественный состав;

— при уточнении класса опасности отхода, полученного расчетным методом.

Нормативно-правовыми актами, регламентирующими правовые основы обращения с отходами в РФ, являются законы «Об отходах производства и потребления» и «Об охране окружающей среды». Под обращением с отходами понимается деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по их сбору, использованию, транспортированию, размещению. Законом «Об охране окружающей среды» определены: требования в области охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления (ст. 51), размер платы за размещение отходов (ст. 16), полномочия органов государственной власти субъектов РФ по учету объектов и источников негативного воздействия на окружающую среду на своих территориях (ст. 6), обязательность лицензирования обращения с опасными отходами (ст. 5), установления нормативов образования отходов производства и потребления (ст. 14) и лимитов на их размещение (ст. 24).

Таким образом, изучение дисциплины «Экологический мониторинг» позволит будущим инженерам-экологам профессионально подходить к проблеме образования, хранения и утилизации твердых промышленных и бытовых отходов, которая в настоящее время стоит очень остро.

Список литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2000 № 7-ФЗ «Об охране окружающей природной среды».

2. Федеральный закон от 24.06.98 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

3. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. Приказ МПР РФ № 115 от 15.06.2001.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАО «НОВГОРОДСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

И. А. Елистратова

ГОУ ВПО Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Одним из результатов и достижений XX века в области решения экологических проблем хозяйственно-экономической деятельности человеческого общества является появление концепции экологического менеджмента и системы стандартов серии ИСО 14000. Согласно ИСО 14001-2004 организация должна разработать документацию, достаточную для описания основных элементов системы экологического менеджмента и их взаимодействия. Документация системы экологического менеджмента придает системе официальный статус. Документация делает систему "видимой"для всех заинтересованных сторон. Эффективность системы во многом зависит от того, насколько хорошо она документирована.

Предметом исследования в данной работе явилась документация системы экологического менеджмента предприятия ЗАО «Новгородский металлургический завод». Предприятие расположено на территории Северной промышленной зоны г. Великий Новгород. Предприятие имеет сертификаты соответствия системы менеджмента стандарту управления качеством ИСО 9001-2004, стандарту управления окружающей средой ИСО 14001-2004 и стандарту управления охраной труда OHSAS 18001. Сертификацию проводил Пражский институт техники и тестирования, входящий в швейцарскую систему сертификации IQ-NET.

Анализ существующей документации показал, что процедура выявления значимых экологических аспектов нуждается в совершенствовании, т. к. выбранная методика балльной оценки по масштабу и тяжести последствий не учитывает ряд важнейших для предприятия критериев — соответствие законодательству и общественное мнение.

Для оценки и относительного упорядочивания множества эффектов вредного воздействия на окружающую среду был выбран ABC-метод [1].

Основной принцип методики состоит в том, что каждому выявленному экологическому аспекту, по определенному критерию оценки присваивается определенная категория A, B или C по выбранным критериям.

Категория A означает, что данный экологический аспект очень важный.

Категория B — значительный экологический аспект.

Категория C — незначительный экологический аспект.

Для определения значимости были выбраны следующие критерии: соблюдение законодательства, ущерб окружающей среде, общественные факторы и потенциал опасности.

1. Соблюдение законодательства

A — несоблюдение законов.

B — законы соблюдаются, но законодатели планируют разработку более строгих законов.

C — соблюдение настоящих законов.

2. Ущерб окружающей среде (прогнозирование ущерба)

A — очень существенная экологическая проблема.

B — экологическая проблема.

C — нет никакой экологической проблемы.

3. Общественные факторы

A — сильная критика, требование запрета.

B — критика присутствует в отдельных случаях.

C — не существует никакой критики .

4. Потенциал опасности

A — очень вредное воздействие (вещества первого и второго классов опасности).

B — вредное воздействие (вещества третьего класса опасности).

C — нет никакого вредного воздействия (вещества четвертого и пятого классов опасности).

Для каждого оцененного экологического аспекта необходимо определить среднюю оценку по всем критериям. Для этого необходимо использовать следующую формулу:

$$\text{Средняя оценка} = \frac{NA_3 + NB_2 + NC_1}{NA + NB + NC},$$

где NA — количество критериев, получивших оценку А; NB — количество критериев, получивших оценку В; NC — количество критериев, получивших оценку С.

Описанная методика была включена в процедуру предприятия по идентификации значимых экологических аспектов и опробована в медеплавильном цехе предприятия. Цех предназначен для плавки огневого рафинирования меди и розлива анодной меди в аноды. Основное оборудование — конвертер-ТРОФ емкостью 30 т, анодная печь МЕРЦ емкостью 180 т и разливочная карусельная машина. В соответствии с разработанной процедурой в медеплавильном цехе было идентифицировано 29 экологических аспектов, систематизированных по значимости.

В категорию важнейших аспектов (категория А) попали выбросы в атмосферу свинца и его соединений, оксида меди (II), оксида алюминия, оксида железа, оксида кадмия, оксида никеля.

К значимым экологическим аспектам (категория В) медеплавильного цеха ЗАО «Новгородский металлургический завод» относятся следующие экологические аспекты: выбросы в атмосферу оксида олова (II) оксид, оксида цинк, оксида азота, диоксида серы, бензапирена (3,4-бензапирен), пыли неорганическая, оксида азота, отказ очистных сооружений (рукавных фильтров).

К экологическим аспектам, которые являются штатными проблемами (категория С) медеплавильного цеха, относятся следующие экологические аспекты: выбросы в атмосферу оксида углерода, сажи, керосина, углеводорода, сероводорода, сульфата бария, древесные отходы из натуральной чистой древесины несортированные, загрязненные фильтровальные элементы ГОУ (рукава, полотно), лом черных металлов несортированный, мусор промышленный, отходы огнеупорных материалов медеплавильного производства, отходы полипропилена в виде пленки, отходы полиэтилентерефлотата, пыль из фильтров с содержанием цветных металлов, шлаки от плавки цветных металлов.

После выявления экологически значимых аспектов был проведен анализ документации на наличие соответствующих экологических целей. Установлено частичное соответствие выявленных значимых аспектов и экологических целей, например, организация системы мониторинга за выбросами и повышение эффективности газоочистных установок для снижения выбросов.

Предприятию предложено при пересмотре экологических целей учесть общественный фактор, то есть снизить критику за счет информирования населения об эффективных природоохранных мероприятиях.

Таким образом, в ходе исследования был усовершенствован документ системы экологического менеджмента «Процедура идентификации значимых экологических аспектов предприятия ЗАО «Новгородский металлургический завод», которая позволит учитывать значимость экологических аспектов по нескольким важным для предприятия критериям и далее искать пути снижения значимости аспектов.

Список литературы

1. *Качалов В. А.* ИСО 14001:2004. Системы менеджмента окружающей среды. Конспект системного менеджера. — М.: ИздАТ, 2005. 665 с.

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ РОССИЙСКОГО БИЗНЕСА

А. С. Васильева, О. И. Сергиенко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

История развития корпоративной социальной ответственности (КСО) в России насчитывает всего около десяти лет. Еще шесть-семь лет назад термин «корпоративная социальная ответственность» достаточно редко использовался в бизнес-сообществе, а соответствующая практика ограничивалась заявлениями о следовании принципам этики и благотворительностью. Однако в последние годы это понятие стало более емким и включает в себя следующие основные направления, связанные с интересами различных стейк-холдеров компаний: защита интересов работников; единство экономической свободы и ответственности; улучшение взаимоотношения с потребителями; участие в решении общественно значимых задач на местном, региональном и общенациональном уровне; сохранение окружающей среды.

В рамках корпоративной социальной ответственности в последние годы активно развивается направление экологической ответственности бизнеса. В первую очередь это обусловлено идеями предпринимательской логики, определяемой целями увеличения прибыли.

Стоит признать, что экологические проблемы тогда решаются быстро и эффективно, когда союзниками экологов становятся кредиторы, инвесторы, покупатели, одним словом, когда финансовые интересы сочетаются с экологическими целями корпорации. В связи с этим применение финансовых инструментов для развития социальной и экологической ответственности бизнеса представляет несомненный практический интерес.

Такие показатели, как сокращение количества отходов, потребления ресурсов и образования загрязнения, свидетельствуют об эффективности происходящих в компании технологических модернизаций, а это в свою очередь свидетельствует о большей инвестиционной привлекательности такого технически совершенного производства, отсутствии на нем причин для социальных конфликтов. Однако в России остались еще отголоски советской модели управления бизнесом, и экологическая проблематика часто рассматривается, как помеха для наращивания темпов производства. До сих пор в большинстве случаев преобладают экономические фискальные механизмы охраны окружающей среды, а роль экологизации производства как средства достижения его финансово-экономической эффективности пока еще не достаточно осознается менеджерами.

Отсутствие серьезных и постоянно действующих финансово-экономических стимулов к экологизации производства приводит к огромному разрыву в условиях конкуренции между предприятиями. На сегодняшний день достаточно эффективные корпоративные программы в сфере охраны окружающей среды имеют те компании, которые открыты для общественности или работают на экспорт. В противном случае такие компании не могут выйти на мировые биржи со своими акциями. На внутреннем рынке, как правило, они не занимают лидирующих позиций, поскольку конкурируют с компаниями, которые экономят на экологической безопасности. Это колоссальное искажение конкурентных условий внутреннего рынка не только затрагивает проблемы сохранения экологического благополучия и качества жизни, но и серьезно влияет на экономический аспект развития страны. Такую практику двойных стандартов необходимо преодолеть в ближайшие годы.

Для успешной защиты природы необходимо превратить экологическую эффективность производства в фактор капитализации бизнеса. Тот бизнес, который экологичнее и прозрачнее, должен стоить дороже, чем бизнес менее эффективных и более закрытых компаний.

На развитых рынках для обеспечения социально ответственного управления финансовыми потоками активно применяется технология "просеивания"или выбора для инвестиционных портфелей тех компаний, которые отвечают заданным социальным или экологическим критериям. Рост числа инвесторов, вкладывающих свои деньги в компании, которые ведут себя социально и экологически ответственно, был инициирован давлением общественного мнения, начавшимся еще в конце 60-х годов XX века. В 2008 г. в США был инвестирован с «фильтрацией» по критерию социально-экологической ответственности 1 трлн. долл. Для технического обеспечения процедуры «фильтрации» используются специальные индексы. Самый известный фильтр — индекс устойчивости Доу Джонса. Его определяют

на основе выборки по данным самых крупных мировых и европейских компаний, лучших по финансовым, социальным и экологическим показателям (10 % от числа мировых компаний и 20 % от числа европейских компаний). Соответственно, в Европе на компании, вошедшие в индекс (лидеров рейтинга) ориентированы 250 социально ответственных фондов с активами на сумму более 15 млрд. долл.; этот сегмент рынка растет быстрее 30 % в год.

Система оценки социальной и экологической эффективности бизнеса достаточно разнообразна и активно развивается. По данным Европейского Экологического агентства, в мире насчитывается более 33 различных систем оценок, таких как «Принцип Экватора», индекс «Экологического цитирования», экологические рейтинги, корпоративная социальная отчетность, семейство индексов FTSE4Good и т. д. По мнению Независимого экологического рейтингового агентства, методология оценки экологической и социальной ответственности, используемая на Западе, не всегда применима для нашей страны. Оценка должна проводиться не на основе субъективных, оценочных данных, а на основе физически измеримых показателей.

Простота и даже тривиальность использованных показателей — это принципиальное условие для оценки максимально большого числа предприятий и компаний. Действует жесткая закономерность — чем более детальные сведения используются, тем меньше число предприятий, по которым эти сведения можно собрать. Если данные невозможно собрать для всех субъектов оценки, то их точность теряет смысл, поскольку сравнение невозможно просто из-за отсутствия равноценных сведений.

В русле развития всей системы экологической ответственности бизнеса в 1997 г. была создана Глобальная инициатива по отчетности (GRI — Global Reporting Initiative). Пять лет спустя GRI предложила компаниям текущую версию руководства по подготовке отчетности, основным принципом которой является принцип «триединства» экономической, социальной и экологической сторон деятельности компании. Рекомендации GRI носят необязательный характер, любая компания может принять участие в этом процессе, даже если ее отчет не в полной мере соответствует критериям GRI.

Анализируя современное состояние взаимоотношений между российскими корпорациями и государством, следует отметить, что они находятся в стадии первоначального развития. Специфика взаимоотношений государства и бизнеса при решении социальных вопросов в нашей стране существенно отличается от действующих зарубежных моделей. Главное отличие заключается в том, что в зарубежных странах с развитой рыночной экономикой в течение нескольких последних десятилетий уже сложились модели социальной ответственности бизнеса, определяющие ее содержательную часть, и реализовано разграничение социальных функций государства и бизнеса.

В нашей стране делаются лишь первые шаги в создании институциональных основ государственно-частной системы социальной защиты общества. В связи с этим представляется важным определение основных направлений изучения и адаптации положительного зарубежного опыта в процесс совершенствования системы корпоративной социальной ответственности в российских условиях.

Во-первых, следует отметить, что успешное развитие социальной политики корпораций не представляется возможным без совершенствования законодательства. Это, в частности, касается законодательства о благотворительности, Гражданского и Налогового кодексов, Закона об общественных организациях.

Во-вторых, представляется необходимым (по примеру США) создавать в России инвестиционные некоммерческие фонды, прибыль которых идет исключительно на благотворительные цели и не облагается налогом. Некоммерческие фонды будут профессионально инвестировать средства доноров и тратить на благотворительность инвестиционный доход, который не облагается налогом на прибыль. Решение данной проблемы позволит существенно продвинуться при реализации столь популярных во властных кругах национальных проектов.

В-третьих, нельзя не отметить важность такого показателя взаимоотношений компании с абсолютно всеми общественными группами, как социальный отчет. В современной России данный тип отчетности используют пока лишь наиболее крупные компании, осуществляющие свою деятельность на международных рынках. Информация социальных отчетов имеет большое значение, поскольку дает реальное представление об уровне социальной ответственности корпораций, продукция которых представляет интерес для ее зарубежных покупателей, в том числе и потенциальных.

В-четвертых, реализация социальной ответственности бизнеса весьма затруднительна в условиях недостаточности координации ее действий со стороны государственного органа, ответственного за проведение социальной политики. При этом необходимо отметить, что если в Великобритании в правительстве страны при премьер-министре есть специальная должность министра по социальной ответственности компаний, то в России даже нет министерства, ответственного за социальное развитие страны (в ходе последней административной реформы данные функции были объединены со

здравоохранением). Учитывая изложенное, создание в обозримой перспективе государственного органа (например, комитета (службы) или структурного подразделения в рамках профильного министерства), ответственного за контроль социальной ответственности корпораций, представляется обоснованной мерой.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования. М., Госстандарт России, 2001.

2. *Бобылев С. Н., Медведева О. Е.* Экология и экономика. Пособие по региональной экологической политике. — М.: Акрополь, ЦЭПР, 2004. — 340 с.

3. Корпоративная социальная ответственность: управленческий аспект: монография / под общ. ред. д. э. н., проф. И. Ю. Беляевой, д. э. н., проф. М. А. Эскиндарова. — М.: КНОРУС, 2008.

4. *Сорокин Н. Д.* Вопросы внедрения современных методов управления окружающей средой на предприятии. — СПб.: Формат Т, 2004. — 368 с.

5. ISO/TR 14032:1999 Environmental Management — Examples of environmental performance evaluation (EPE).

6. *Скитина В. В.* Руководство GRI по отчетности: необходимость и готовность применять. http://www.gaap.ru/biblio/management/practice/108.asp

7. http://www.globalreporting.org// Руководство GRI.

JOINT RUSSIAN-FINNISH PARTHERSHIP IN THE FIELD OF CLEANER PRODUCTION

Sergienko Olga*, Arefyeva Anna*, Autio Sakari, Torppala Olli****

*St. Petersburg State University of Refrigerating and Food Engineering
**Lahti University of Applied Sciences

Since last decade several Russian-Finnish programs in the field of cleaner production and environmental management were introduced in St. Petersburg. The programs are based on cooperation between St. Petersburg and Lahti region. During last few years environmental departments of St. Petersburg State University of Refrigerating and Food Engineering and Lahti University of Applied Sciences have arranged student exchange opportunities for students of ecological specialities. In 2008–2009 academic year for the first time in the history of the universities' cooperation a Finnish student visited Russia to learn the cleaner production methodology to be implemented in some Russian company. The paper describes the outcomes of a coursework project, which was cooperated with Russian and Finnish students with the guidance of their most professional Russian and Finnish advisors.

1. General information

In this coursework a group consisted of two ecology students was created to find solutions to increase both economical and ecological values of company Ltd "Ecodot located in St. Petersburg. The company owns waste-sorting stations in St. Petersburg, and one of them is located in the Northern part of St. Petersburg in the district of Kolomjagi.

At the Kolomjagi sorting station such fractions as paper, glass of green, dark and bright colours, as well as tetra packs and metals are separated from municipal waste flow. The waste separation is done by workers at several conveyors. Sorted materials are sold to different customers. Besides, Ltd. Ecodot has own production of paving slab, a kind of plastic bricks, which can be used to cover pedestrian roads.

According to the data from Ltd. "Ecodot the annual input of municipal waste is equal to 40000 tons/year. About 30 % of this amount, which is equal to 12000 tons/year, is sorted at the station. This amount includes 1500 tons/year of sorted paper waste. The amount of unsorted municipal waste is equal to 28000 tons/year. This rest amount is compressed and transported forward to the dump.

Ltd. "Ecodot"cooperates with the State enterprise, called JSC "Avtopark № 6 "Spectrans which transports municipal waste from the city to dumps. Ltd. "Ecodot"gets raw materials and transportation service free of charge from the company "Spectrans". This is possible, because the company Spectrans needs to pay for placing waste to the dumps. After processing waste at the sorting station, the volume of waste is much lower and dumping costs are also lower.

The main ecological problem to be solved by company is connected with non-effective sorting of waste within the station. The residual amount of waste after sorting process is too high. In order to obtain more ecological and economical benefits, the working group generated ideas, which according to cleaner production methodology are divided into two groups, A and B. The ideas of the group A are supposed to be realized without any investments or with only minor investments. The ideas of group B need investments.

2. Cleaner Production assessment and feasibility study of generated ideas

Ideas of group A belong to so-called "good housekeeping"practices. To increase the amount of already sorted household waste, citizens need to have possibility to place already sorted materials somewhere. Another important issue is to increase the awareness of citizens about sorting and recycling. To make it real, some ideas were borrowed from the Finnish environmental and recycling experience.

In the Finnish culture there are long roots of collecting used paper. Nowadays about 70 % of used paper is recycled in Finland. Paper collection was started first time in the late 1920?s. To stimulate people's enthusiasm against collecting waste paper, some competitions were organized since 1947. At first the prizes were something like candies, but later these kinds of competitions were so popular, that prizes began to be much more expensive. Competitions were very popular until the early 70?s. In order to increase the knowledge and enthusiasm about recycling in St. Petersburg some methods could be borrowed from Finnish experience. One way is to arrange some kind of paper collection competitions between students in schools. Another way to increase awareness of population is to arrange public places where information is shared. A possibility to build new informative websites about recycling should also be considered.

Every community in Finland has so called "eco points where citizens can leave their sorted waste fractions. For example in Lahti region there are about 95 "eco points". In "eco point"there is a different container for each waste fraction. In many cases these "eco points"are located near the shopping centres, usually in parking areas.

Fig. 1. Eco point in Finland (Molok system)

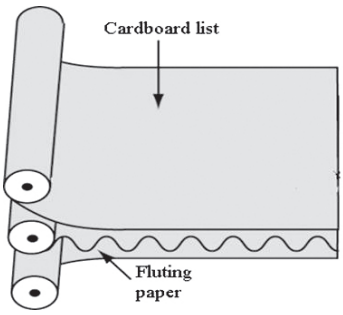


Fig. 2. Corrugated cardboard

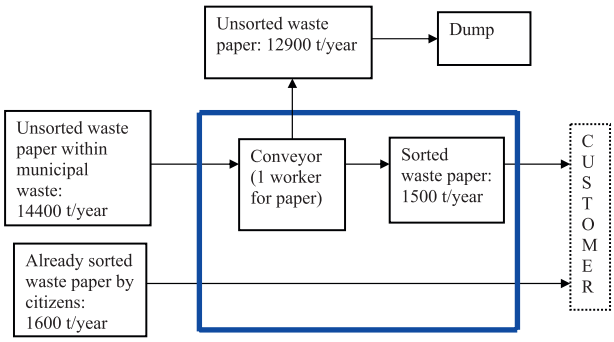


Fig. 3. The flow chart of Ltd "Ecodot" after implementation of project A

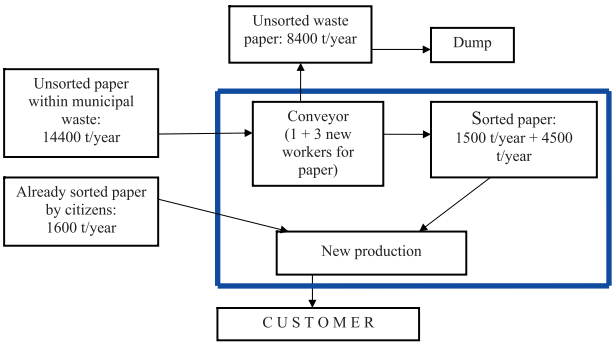


Fig. 4. The flow chart of Ltd "Ecodot" after implementation of project B

Due to this study, some modern underground containers named Molok (Fig. 1), could be placed near the biggest supermarkets. These kinds of "eco points"could also work as a place where information about recycling and environmental issues is shared to the citizens. At first there could be containers for paper and for example for metals. By this way already sorted and clean waste paper could be received, for the new production of corrugated fluting. The flowchart of Ltd. "Ecodot"after implementation of ideas of group A is presented in the Fig. 3.

After employing three more workers to sort paper with the conveyor and reorganizing the system, it is estimated that the amount of sorted waste paper will rise from 1500 tons/year to 6000 t/year. It is also estimated that after implementation of group A ideas about 1600 tons/year already sorted waste paper by citizens could be achieved. This number will come true, if people will sort 10 % of used paper in the Kolomyagy district. Comparable number in Finland is about 70 % and in Norway even up to 81 %. After all, the whole estimated amount of sorted and clean waste paper is equal to 7600 tons/year. Instead of selling this amount directly to customers this amount will be used in a new production of corrugated cardboard. The flow chart of Ltd. Ecodot after implementation of group B ideas is presented in Fig. 4.

Corrugated cardboard is the most common packaging material in the world and its usage is expanding all the time. It is very strong and durable material and also easy to recycle. Because the material includes strong wood fibres, it is very wanted material inside cardboard industry. In Finland about 98 % of corrugated cardboard is utilized. About 92 % is recycled as a material.

Such companies as "Gofrotara "Karton plus "Proletarii SPb "Gofrokorob"are the main producers of packages in St. Petersburg area. They have own production of fluting paper (Fig. 2). The prime cost for them to produce fluting paper is about 1500 rub/t. An offer could be given to them to buy corrugated fluting by the lower price than their prime cost, for example by 1200 rub/t, which could be profitable for the companies.

To fund this new production a financial plan was made. Total investment is about 250 ths USD. It was assessed that the half of the amount is needed to be loaned from the bank. The payback period is estimated to be 3 years.

Conclusions

By organizing things a bit differently a major ecological and economical savings could be achieved. It is possible to decrease negative impacts of consuming to the globe and at the same time have some real economical benefits. In this case less material will be dumped, and economical benefits could be achieved by selling recycled "waste"material or organizing new production. Once organic materials will not end up to the dump and produce greenhouse gasses and on the other hand usage of recycled material will save our limited virgin natural resources.

ВЫСШАЯ ШКОЛА XXI ВЕКА

ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГОВ В ИНСТИТУТЕ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Белкин В. Г., Каленик Т. К., Коршенко Л. О., Текутьева Л. А., Долгова Т. Г.

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток
E-mail: ipttgr@rambler.ru

Одной из характерных черт развития высшего образования на современном этапе является все большее объединение, интеграция процессов учебных, научных и производственных, то есть формирование учебно-научно-производственных комплексов. Формирование исследовательских университетов становится актуальной задачей как для мирового сообщества, так и для нашей страны. Это особый тип учебных заведений, где происходит глубокая интеграция учебного процесса, науки и производства.

Тихоокеанский государственный экономический университет (ТГЭУ) является одним из таких представителей формирующегося типа исследовательского университета на российском Дальнем Востоке.

Наиболее динамично развивающимся в Университете является учебно-научно-производственный комплекс в области биотехнологий, пищевых технологий, товароведения, сертификации и управления качеством, в функции которого входят внедрение результатов научных исследований в учебный процесс и апробация новых технологий в производственных условиях.

Одним из структурных подразделений Тихоокеанского государственного экономического университета является Институт пищевых технологий и товароведения, где работают высококвалифицированные научно-педагогические кадры, осуществляющие многоуровневую подготовку специалистов с начальным, средним, высшим профессиональным и послевузовским образованием в области биотехнологии, товароведения, технологии продуктов питания, сертификации и управления качеством.

В состав рассматриваемого комплекса входят и другие учебно-научно-производственные структуры, осуществляющие инновационную деятельность по апробации и выпуску опытно-промышленных партий разработанной пищевой продукции, оценке их качества и безопасности.

Малотоннажное производство по выпуску рыбы и морепродуктов является первым производственным предприятием ТГЭУ, организованным 15 лет назад на базе цеха по производству пресервов и консервов. В настоящее время ассортимент выпускаемой продукции Малотоннажного производства ТГЭУ составляет более 120-ти наименований, при этом все виды данной продукции разработаны в научно-исследовательских лабораториях ВУЗа.

В состав инновационно — технологического центра в области пищевых биотехнологий входят два производственных цеха по выпуску пищевой продукции. На его базе действуют курсы подготовки специалистов технологов для малого и среднего бизнеса, проводятся практические занятия студентов, выполняются дипломные работы и научные исследования аспирантов.

Каждый из двух производственных цехов представляет собой полуавтоматическую линию. Один по производству колбасно-ветчинной продукции, другой — хлебобулочной и кондитерской продукции, где постоянно идет поиск, отрабатываются и внедряются более совершенные технологии производства и новые виды колбасно-ветчинных и хлебобулочных изделий, разработанные специалистами ТГЭУ.

В связи с открытием в вузе новой специальности «Технология бродильных производств и виноделие» в составе кафедры химии и технологии живых систем организована Лаборатория процессов ферментации и прикладного биокатализа, имеющая многоцелевое назначение как для учебного, так и научного и производственного процессов.

На базе этой Лаборатории выполняются прикладные исследования процессов ферментации, разработка технологий производства напитков брожения, полностью готовых к промышленному использованию, выпускаются и реализуются опытные партии напитков.

Входящий в состав учебно-научно-производственного комплекса ТГЭУ орган по сертификации продукции и услуг осуществляет проведение независимой экспертизы и сертификационных процедур

с выдачей сертификатов и экспертных заключений, лабораторные испытания, аудит на предприятиях. Испытательный центр «Океан» ТГЭУ имеет аккредитованные лаборатории для проведения физико-химических, токсикологических, радиологических, микробиологических исследований сырья и продуктов, которые оснащены современным отечественным и зарубежным оборудованием и является базой для выполнения курсовых, дипломных, диссертационных работ и проведения научных исследований.

Руководители УНТК СПК «Наука-сервис» явились инициаторами открытия в университете таких специальностей, как «Стандартизация и сертификация» и «Управление качеством». Силами специалистов данного подразделения разработана система менеджмента качества ТГЭУ, которая сертифицирована в одной из международных систем.

Лабораторный комплекс ветеринарно-санитарной экспертизы с лабораториями иммуноферментного анализа, ПЦР, физико-химических исследований, технологической экспертизы и микробиологии осуществляет научные исследования в области пищевой биотехнологии, технологии общественного питания, экспертизы и контроля качества и безопасности сырья и продуктов животного и растительного происхождения. В лабораторном комплексе проводится ветсанэкспертиза сырья и продукции растительного и животного происхождения, включая и на генетически измененные организмы, по заявкам предприятий и частных лиц.

Организацию и координацию научных исследований в университете, внедрение результатов НИОКР в производство осуществляет специально созданная для этих целей структура — научно-исследовательский институт экономических исследований и наукоемких технологий.

Профессорско-преподавательский состав ТГЭУ активно участвует в проблемно-ориентированных поисковых исследованиях Федеральных целевых научно-технических программ. За последние годы с Федеральным агентством по науке и инновациям заключены и выполнены ряд государственных контрактов на право проведения научных исследований и создания научно-технического задела по приоритетному направлению развития науки, технологий и техники «Живые системы».

Фундаментальные исследования в области живых систем ТГЭУ посвящены молекулярным основам и механизму действия биологически активных добавок морского и наземного происхождения и обоснованию их применения в технологиях функциональных продуктов питания. В прикладных исследованиях лидирующее положение занимают разработки по созданию новых продуктов питания функционального назначения, уникальность которых заключается в том, что большинство продуктов производится на основе местного сырья с широким спектром биологически активного и физиологического действия по безотходным, ресурсо- и энергосберегающим технологиям.

Новизна разработанных технологий по отмеченным направлениям подтверждена патентами Российской Федерации. За последние 15 лет получено 52 патента и утверждено 160 наименований технической документации на ассортимент функциональных продуктов питания.

Успешное внедрение научных результатов в производство позволило ТГЭУ занять лидирующее положение в регионе по формированию ассортимента пищевых продуктов и внедрению ресурсосберегающих экобиотехнологий, обеспечивающих экономический подъем и успешное развитие ряда пищевых и рыбоперерабатывающих предприятий Дальнего Востока.

Развитие учебно-научно-производственного комплекса во многом стало возможным благодаря тесному взаимодействию со многими научными коллективами. ТГЭУ успешно сотрудничает со специалистами ведущих научных школ вузов, РАН и РАМН: Российским химико-технологическим университетом им. Д. И. Менделеева, Российской экономической академией им. Г. В. Плеханова, Московским государственным университетом прикладной биотехнологии, Московским государственным университетом пищевых производств, Тихоокеанским институтом биоорганической химии ДВО РАН, Биолого-почвенным институтом ДВО РАН, Тихоокеанским научно-исследовательским рыбохозяйственным центром, Тихоокеанским институтом океанологии ДВО РАН, Институтом микробиологии и эпидемиологии СО РАМН, Институтом химии ДВО РАН и др., с которыми проводит совместные исследования химического состава, биологических свойств, пищевой ценности, структурно-функциональных характеристик разработанного ассортимента продукции, изучает пути повышения стойкости продуктов в процессе хранения. Совместно с НИИ климатологии и восстановительного лечения СО РАМН проводятся исследования влияния биологически активных добавок к пищевым продуктам на функциональное состояние человека.

На базе Университета создано и функционирует Приморское отделение общества биотехнологов России, которое объединило научные исследования ученых Дальневосточного федерального округа в области пищевых биотехнологий.

Достижения творческого коллектива ТГЭУ признаны специалистами ведущих научных школ российских ВУЗов, РАН и РАСХН России, неоднократно отмечены медалями и дипломами ВВЦ и международных выставок.

Уровень подготовки выпускников ТГЭУ подтверждается высокой результативностью научно-исследовательской работы студентов. За последние 10 лет по итогам Всероссийского конкурса Ми-

нобрнауки РФ на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам получено 62 награды.

Руководители студенческих научных работ, удостоенных медалями «За лучшую научную работу», неоднократно награждались дипломами Министерства образования и науки Российской Федерации.

Выпускники ТГЭУ, занимающиеся проблемой создания продуктов направленного действия и ресурсосберегающими технологиями, становятся руководителями и ведущими специалистами крупных Российских и международных предприятий и успешно применяют полученные знания в практической деятельности, работая над внедрением и пропагандой функциональных продуктов питания.

К разрабатываемым в ТГЭУ новым технологиям и ассортименту пищевой продукции проявляют повышенный интерес не только Приморские производители пищевых продуктов, но и торгово-производственные фирмы Китая, Кореи, Японии. Реализовано несколько совместных научно-исследовательских проектов с учеными Северо-Восточного сельско-хозяйственного университета (КНР), Харбинского коммерческого университета (КНР), Университета г. Нячанг (Вьетнам) по созданию новых продуктов питания функционального назначения.

Научные исследования по созданию функциональных продуктов питания, профилактике и пищевой коррекции социально значимых заболеваний за период формирования и работы научных школ в Университете позволили выполнить и успешно защитить 8 докторских и более 60 кандидатских диссертаций. Результаты деятельности профессорско-преподавательского коллектива научных школ нашли отражение в научных статьях, монографиях, учебных пособиях, сборниках научных трудов. На базе ТГЭУ ежегодно проводятся симпозиумы и конференции международного уровня, что дает возможность ведущим и молодым ученым обмениваться мнениями, идеями, получать новые знания и способствует развитию инновационно-технических решений.

На сегодняшний день ТГЭУ является уникальным на Дальнем Востоке ВУЗом, способным решать как региональные проблемы развития пищевой и перерабатывающей промышленности, так и фундаментальные, связанные с созданием продуктов направленного действия, отвечающих современной мировой концепции функционального питания.

ЯЗЫК НАУКИ

А. Н. Малахов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В данной статье речь пойдет о языке науки, о его границах, как он возник и в каком направлении развивается, с какими речевыми трудностями и проблемами мы сталкиваемся в век распространения информационных технологий.

Для человека, который приходит в этот мир, каждое явление — новое для него, его свойства и отношения нуждаются в словесном обозначении. Овладение родным языком, а в дальнейшем и другими языками, способствует развитию человека. Речь, будучи объективированной формой существования мышления, формирует его при помощи слов, понятий и предложений. Таким образом,постепенно. в процессе словесного закрепления явлений формируется язык ребенка. Для него явление познано, если оно обозначено словом или жестом, (как ходит Мишка, как курочка клюет зерно, как прыгает зайчик). Речь ребенка включает только те слова, значение которых он понимает. По мере его взросления словарный запас человека постоянно увеличивается, наряду с образно — символическим способом мышления,складывается абстрактно — категориальный, формируется определенный категориальный аппарат для обозначения и описания процессов микромира, макромира и мегамира. Если в донаучной стадии познания мира могут быть использованы сказочные и мифологические образы, выступающие как символы добра и зла, хорошего и плохого, то на ступени деятельности разума и рассудка используются абстрактные понятия, слова.

В Святом писании Слово наделяется активной, созидательной, творческой силой. «В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было Бог». Слово открывает путь, как к Богу, так и человеку в мир. В христианстве Бог открывается в Слове, через Слово он входит в мир и в сознание человека. Тем самым слово, язык становится средством познания мира, общения человека с человеком и с Богом. В общественном сознании распространено убеждение, что молитва, магия, колдовство, заклинание, прорицания есть содержательные элементы процесса коммуникации с трансцендентальным миром, что они позволяют получить сакральное знание и тем самым дать ключ к управлению природными стихиями. Между языком и миром существует параллель — структура языка отражает структуру реальности. Человек выражает себя не только в поступке, но и в слове. Слово — это индикатор человеческой духовности, высказаться по другому — значит стать другим человеком, мзменить своей сущности, изменить свои убеждения, миропонимание, мироощущения. Хорошо зная человека, мы говорим, «он не мог этого сделать, он не мог этого сказать!». Так сказать или поступить мог другой человек, но не он.

Слово — способ самоорганизации личности, форма ее исторического бытия. Если бы человеку была представлена возможность прожить несколько жизней в разные исторические эпохи, то свое видение и понимание мира он выразил бы по разному, разными словами, а свою личную жизнь организовал бы по другому. Американский ученый Бенджамин Ли Уорф исследуя взаимоотношения между языком и познанием, языком и поведением человека,пришел к выводу, что во многих случаях люди ведут себя в соответствии с тем, как они говорят. Это значит, что японец, немец, китаец будут реагировать на одни и те же события по-разному. Известный представитель герменевтичесской философии Г. Г. Гадамар писал, что язык есть всеобъемлющая, предвосхищающая истолкованность мира, что мир для нас всегда есть мир, истолкованный в языке. С изучением родного языка и речи мы открываем его для себя, начинаем понимать его через слово.Вызванное к жизни с помощью сознания, слово создает предельно обобщенный образ предмета, и будучи материализовано в языке, выполняет коммуникативную, когнитивную, регулятивную и оценочную функции в процессе человеческой деятельности.

Язык может быть естественный и искусственный. Естественный язык служит способом выражения мысли и является средством общения. Искусственный (формализованный) язык создается людьми для определенных целей и служит средством познания.

Язык является формой существования и выражения мышления, с его помощью осуществляется передача накопленных знаний от поколения к поколению. В психологии существует понятие «языкового мышления», обозначающее функциональную зависимость стиля, способа и формы мышления каждого человека с его родным языком. Следовательно, культурные различия народов в определенной степени будут определяться их языковым различием. Очевидно, что в определенных пределах о культуре народа можно судить по его словарному багажу. Нетрудно предположить, что народ, имеющий в своем словаре двести-триста слов в своем культурном развитии отстает от народов, насчитывающих в своем словаре сотни тысяч слов.

Объективная реальность опосредуется языком. Языком мы вызываем вещь к духовному существованию в мире культуры. Каждый национальный язык создает своеобразный «портрет» мира. Границы

моего языка определяют границы моего культурного освоенного мира. То, что выражено словом в той или иной степени объяснено, понятно, осмыслено, символически обозначено, а значит не страшно.

В своей речи мы скорее передаем свои впечатления от вещей, наше особое видение, слышание, эмоциональное восприятие. Слово как условный знак, выражающий определенное значение никогда не может точно воспроизвести вещь. Язык конструирует реальность, манипулирует со смыслами. «Чем является мышление, — задается вопросом проф. Касавин И. Т., — как не операция со смыслом? В мышлении человек занимается вопрашением смысла, поиском, обнаружением, приписыванием смысла. Он осмысливает, переосмысливает, открывает соответствия и несоизмеримость смыслов. Фундамент сознания состоит в конструировании смысла» [1].

Поскольку понимание всегда связанно с выявлением смысла текста, произведения литературы или искусства, формальной системы или научной теории, то самое непосредственное отношение к его исследованию имеет семиотика, как теория знакомых систем. Семиотика исследует способы передачи информации, признаки знаков и знаковых систем в обществе.

Семиотика различает: 1) естественные языки — языки национальных сообществ;

2) искусственные языки — языки команд и программ в системе «человек — машина»;

3) метаязыки — языки, которые используются для описания естественных и искусственных языков;

4) вторичные языки — разнообразные языковые культуры, которые возникают на основе естественных языков (символическая система мифа, ритуала, запретов, стимулов, языка различных видов искусств). Семиотика предоставляет широкие возможности исследования текста, его реконструкции.

В рамках самой семиотики выделяют, как известно, три области анализа:

1) синтаксический анализ любой семиотической системы (имеет дело с исследованием ее структуры);

2) семантика, изучающая вопросы интерпретации знаковых систем. С точки семантики знаковую систему можно интерпретировать самыми различными способами и тем самым придать ей множество разных значений. Таким образом, понимание не обязательно сводится к усвоению значения, которое имел в виду автор при написании текста, произведения литературы, при создании картины, музыкального произведения. Нередко интерпретатор может по-новому понять произведение, увидеть в нем другие смыслы, чем автор. Само по себе наличие возможности иной трактовки произведения и его понимания служит основой многократного обращения, например, драматургов, к художественным классическим ценностям прошлых эпох. Как видим, семантический подход дает возможность шире трактовать и понимать значение, чем традиционный герменевтический метод;

3) прагматическое исследование текста особенно существенно для его усвоения и понимания в процессе обучения и образования. Вся череда событий в любом художественном произведении может быть истолкована в определенном прагматическом смысле. Например, гибель Катерины в драме «Гроза» А. Островского дает возможность связать все диалоги в пьесе с ее неизбежным трагическим финалом..

Для более глубокого понимания литеретурных и поэтических текстов помогают особого рода работы, которые являются своего рода путеводителями по художественным произведениям. Например, работа Айзек Азимова Путеводитель по Шекспиру. Английские пьессы М; 2007, или работа Ю. М. Лотмана Коментарии к «Евгению Онегину» А. С. Пушкина. М., 1995.

Опыт по интерпретации различных текстов, накопленный герменевтикой, учит нас тому,что понимание представляет собой системный процесс. Действительно понимание становится возможным лишь в том случае, когда текст рассматривается как единое целое, как определенная знаковая система, обладающая собственной структурой. Понятие *герменевтического круга*, которым широко пользовались предшественники Ф. Шлейермахера, но впервые ясно сформулированного им, дает прекрасную иллюстрацию диалектического взаимодействия частей и целого в процессе интерпретации текста. Возьмем для примера предложение, как наименьшую единицу текста. Чтобы понять значение предложения, необходимо знать значение отдельных слов, из которых оно состоит. С другой стороны, значение отдельных слов зависит, очевидно, от целого предложения. Возникает как будто формально-логическое противоречие: знание целого предполагает знание частей, а знание частей, в свою очередь, требует знание целого. На самом деле здесь мы имеем дело с диалектическим противоречием, которое постоянно разрешается в процессе все более полного и глубокого понимания текста.

Для того, чтобы понять слова, предложение или более обширные фрагменты текста, мы должны начать хотя бы с предварительного, интуитивного понимания целого, т. е. с предпонимания.

Как возникают абстрактные понятия, которыми пользуются в своей научной деятельности ученые и научные сообщества? Процесс абстрагирования является необходимым условием образования самых различных понятий. Всякое познание вообще связанно с процессами абстрагирования. Абстракция (от лат. термина *abstractio* — отвлечение) представляет собой способ или форму познания, заключающуюся в мысленном отвлечении от ряда свойств предметов и отношений между ними и выделения, вычленения, какого-либо одного свойства или отношения, предполагаемого как самого важного. Особенностью абстрактных понятий является то, что они могут выражать целый класс объектов (например, «животные», «растения», «металлы», «атомы»), они получают право относительно самостоятельного существования,

от тех предметов и объектов, с которыми они неразрывно связаны, и свойства которые обозначают, например понятия «красота», «стоимость», «капитал» и т. д.

Для передачи научных знаний ученые используют соответствующий язык науки — систему понятий, представляющих собой обобщение и мысленное выделение существенных признаков и свойств предметов некоторого класса. Понятия имеет тем большую научную значимость, чем более существенные признаки они отражают. Понятия сводятся (по определенным принципам) в определенную систему знания — закон, принцип, теорию. Развитие знаний логически выражается в углублении понятий, в переходах от одних понятий, к другим, фиксирующим более глубокую сущность предметов и, таким образом, представляющим более адекватное их отражение. Интересно то, что понятия науки часто создаются на основе гипотетических предположений о существовании тех или иных объектов, их свойств, их природе. Вначале высказывается как бы догадка, а потом открывается сам объект с его свойствами. Например, социолог вводит в науку понятие «средний класс» и начинает искать его основные признаки: уровень материального благосостояния, наличие всшего профессионального образования и др. Обнаружив эти признаки, он заявляет, что в современной России формируется средний класс. Так в общественное сознание внедряется ложный миф. Как отмечает проф. Симонян Р. Х.: «В настоящее время в отечественной литературе отсутствует четкое представление как о среднем классе, так и о критериях его выделения. Поиск его прототипов среди элементов социальной структуры обнаруживает лишь средний потребительский слой, обладающий культурным и деятельностным потенциалом» [2].

Всякое понятие представляет собой абстракцию, что создает видимость отхода понятия от действительности. На самом деле при помощи понятий происходит более глубокое познание действительности путем выделения и исследования ее существенных сторон.

В XVII в. английский философ, экономист, сторонник сенсуализма Дж. Локк в тракте «Опыт о человеческом разуме» развил теорию познания английского эмпиризма, в которой в качестве основы научного познания определяется наблюдение и эксперимент. Он самым решительным образом отвергает учение Р. Декарта о врожденных идеях. Единственным источником всех идей он объявил опыт и прежде всего опыт чувственный. Идеи, полученные из внешнего и внутреннего опыта, подвергаются обработке с помощью рассудка. В результате этого возникают общие понятия, без которых человек не может мыслить, высказывать свои суждения. Теоретическое исследование, утверждает он, связанно с совершенствованием и развитием понятийного аппарата и направленно на все более обстоятельное и всестороннее познание явлений природы.

Мышление человека понятийно. Формирование понятий происходит в процессе практической и теоретической деятельности человека. С помощью понятий человек отражает свойства объектов, присущие им внутренние связи, взаимоотношения между объектами. Когда в массе явлений человек обнаруживает наличие общих свойств, он наделяет их общим понятием. В этом состоит основное отличие чувственного восприятия мира от рационального.

Понятие в отличие от представлений может связываться в суждения по законам логики. Человек, обладающий понятийным мышлением, способен сознательно управлять процессами категоризации реальности и построения суждений, следуя законам формальной логики. Ярким примером отличия образно-чувственного восприятия действительности от абстрактного, понятийно-речевого мышления служит опыт с обезьяной, которая быстро научается заливать огонь, преграждающий путь к еде, водой из бака, стоящего на плоте посредине озера, но если убрать с плота бак с водой, обезьяна не может зачерпнуть воду из озера и погасить пламя. У нее нет сознания, а, следовательно, она не способна к абстрактному мышлению, т. е. мыслить понятиями, рассуждать.

Отмечая значение абстракций в процессе познания В. И. Ленин писал: «мышление, восходя от конкретного к абстрактному не отходит — если оно *правильное* от истины, а подходит к ней. Абстракция *материи, закона* природы, абстракция стоимости и т. д., одним словом, все научные абстракции отражают природу глубже, вернее, полнее.» [3].

В ходе научного творчества легко убедиться в том, что образование всякого рода абстрактных понятий предполагает наличие способности разума обнаруживать сходство во внешне различных предметах. Великое открытие и труднейшую мысленную процедуру совершил некогда первобытный человек, когда, увидев множество цветов, растущих на лугу, он сумел обозначить их одним абстрактным понятием «цветы». Для этого он должен был понять, что все цветы, растущие на лугу имеют некие общие черты, признаки, свойства, которые он выделил посредством абстрагирования и представил их отдельно словом как общее свойство всех цветов.

Возьмем другой пример. Для того, чтобы понять поэтическую фразу «остроконечных елей ресницы, над голубыми глазами озер», нужно увидеть, опять же с помощью абстракции, сходство, общие признаки озер с девичьими глазами, а хвою ели с ресницами девичьих глаз. Хотелось бы отметить, что понятия и образы, первоначально полученные путем абстрагирования от конкретных явлений обретают собственную жизнь и занимают место в языке, в речи. Способность человеческого разума к созданию абстрактных понятий привела к возникновению идеалистической философии, в которой абстрактные

понятия и идем были возмещены в ранг самостоятельного существования, и объявлены как сущность и первооснова мира.

Процесс абстрагирования явления необходимым условием образования различных понятий. Всякое познание, а тем более научное, связано с процессами абстрагирования, без них невозможно раскрытие сущности явлений. Научное теоретическое познание состоит в таком движении мысли, которое отправляется от чувственного многообразия конкретных вещей и достигает воспроизведения объекта в его всесторонних отношениях. Способом теоретического воспроизведения в сознании целостного объекта является восхождение от абстрактного к конкретному, которое представляет собой всеобщую форму развертывания научного знания, систематического отображения объекта, его вновь открывающихся в процессе познания новых свойств, признаков и качеств, которые находят свое выражение в новых научных понятиях.

В процессе познания каждое новое абстрактное понятие обретает собственную жизнь. Более того, довольно часто, они оказываются более содержательными и продуктивными, чем можно было ожидать. Установление связей между ними помогает ученым раскрыть более глубинные смыслы явлений природы. Так исследуя генезис классической науки, французский историк науки А. Койре, основную линию развития европейской науки увидел в переходе от неточных качественных понятий аристотелевской и средневековой физики к абстрактным идеализированным объектам математической физики Р. Декарта и Г. Галилея.

А. Койре обратил внимание на то, что усиление эвристической роли математики, ее участие в формировании новых понятий в различных областях знания способствовали становлению современной формы научного рационализма. Г. Галилей был одним из первых, кто применил математические методы в своих научных исследованиях. В своей физике Г. Галилей оперирует идеализированными абстрактными понятиями: абсолютно гладкая плоскость, абсолютно твердое тело — понятиями, которые не могли быть извлечены из опыта, но именно они позволили понять и объяснить природу механического движения.Таким образом, было обнаружено, что создание и построение любой научной теории невозможно без появления целого ряда абстрактных понятий, с помощью которых ученому удается проникнуть в сущность природных и общественных явлений, создать развивающуюся научную картину мира.

Итак, создание и развитие любой научной теории невозможно без разработки понятийного аппарата, способного отразить качественную специфику исследуемого объекта. Открывая новые свойства явлений природы, наука не может не совершенствоваться не обогащаться новыми эмпирическими и теоретическими данными, открывая для себя новые природные миры (мегамир, микромир, мир вирусов и бактерий, генетического кода и т. п.), ученые вводят в язык профессионального общения все новые и новые понятия, неустанно участвуют в строительстве «Вавилонской башни» языка науки.

Являясь формой существования и выражения мышления, язык играет необычно большую роль в формировании сознания. Благодаря языку возможно существование и развитие абстрактного мышления. Наличие языка создает возможность для обобщающей деятельности мышления. Однако язык и мышление не тождественны. Раз возникнув, язык является относительно самостоятельным, обладая специфическими законами, отличными от законов мышления. Поэтому не существует тождества между понятием и словом, суждением и предложением. Согласно Г. Гегелю, язык — это объективированное мышление. Язык является средством фиксирования и сохранения накопленных знаний, способом их передачи от поколения к поколению. С помощью языка осуществляется общение между людьми, их взаимопонимание.

Один из представителей философской герменевтики (гр. слово герменевтика обозначает метод интерпретации, искусство толкования текстов) немецкий философ Г. Гадамер в труде «Истина и метод» предложил понимать герменевтику не просто как метод гуманитарных наук, но и как учение о бытии (онтологию). Носителем понимания по Г. Гадамеру является язык. Для него это не столько средство отражения бытия, сколько само человеческое бытие, «дом его бытия». Язык есть бытие субъекта, человек живет в языке. Субъект и объект, таким образом, растворяются в языке. Получается, что границы моего языка определяют, очерчивают границы понимаемого мира. В связи с этим обогащение словарного запаса языка новыми понятиями, терминами, категориями расширяют горизонт воспринимаемого и понимаемого мира, обогащают меня эмоционально и духовно.

Попытка представить герменевтику в качестве универсального учения о понимании и истолкования текстов была свойственна и другому немецкому философу и теологу Ф. Э. Шлейермахеру, который первый обратил внимание на зависимость интерпретатора от духовного мира интерпретируемого обратил внимание на проблему конфликта интерпретации. Дело в том, что интерпретатор связан с интерпретируемым явлением, научным, религиозным текстом или текстом художественной литературы, с помощью посредников (слово, контекст, текст, и др.). «Наше представление о действительности в значительной мере продукт собственной деятельности, наши формы восприятия, способы видения и понимания трансформируются в зависимости от того, какие образцы репрезентации предписываются нам культурой и внедряются практикой и образованием» [4].

Действительно, язык связан с естественными состоянием бытия человека, более того, он является индикатором его интеллектуальной и нравственной зрелости, духовного здоровья. В языке человек частично раскрывает свою сущность. Французский социолог Р. Арон как-то заметил: «Какие очки таков и мир». Это положение можно интерпретировать таким образом, какова речь, язык человека такое у него восприятие, миропонимание, мировоззрение. По отношению к культуре язык выполняет коммуникативную, информативную, регулятивную и прогностическую функции. Язык накапливает, сохраняет и передает наши знания о мире. Вместе с разумом язык переносит человека в воображаемый мир, в виртуальную реальность.

Слово! Как велико оно и значимо в своем действии: оно радует и ранит, тревожит и веселит, вдохновляет и разочаровывает. То, что выражено словом в той или иной степени понятно и объяснено, символически обозначено. В то же время слово как условный знак никогда не может абсолютно точно воспроизвести чувственно воспринимаемые объекты. Глубокие душевные переживания, трудно, а порой и невозможно, передать словом, но их можно передать в музыке, песне, танце, жесте. Молчание, пауза часто бывает более красноречивыми, чем слово. Каждый человек знает это состояние — «знаю, чувствую, понимаю, а сказать не могу». Вот как это состояние вырказил А. А. Фет:

«Как беден наш язык! — Хочу и не могу
Не передать того ни другу ни врагу.
Что буйстсвует в груди прозрачною волною.
Напрасно вечное томление сердец,
И клонит голову маститую мудрец
Пред этой ложью роковою.»

В связи с этим заслуживает внимание мнение немецкого философа и логика, одного из создателей аналитической философии Л. Витгинштейна, который, следуя за И. Кантом, сосредоточивается на проблеме полномочий знания, на поиске тех границ, за которыми неуместно говорить о знании. Мир, по его мнениям раскрывается перед нами в языке, который вносит смыслы в мир. То, что лежит за границей знания не поддается рациональному объяснению. За границей нашего знания и языка лежит нечто не выразимое в слове. «То, что вообще может быть сказано, может быть сказано ясно, о чем невозможно говорить, о том следует молчать» — заключает Л. Витгинштейн. Для него эта мысль полна глубокого смысла. Самые важные, самые интересные философские проблемы жизни, судьбы лежат, по мысли Л. Витгинштейна, за этой границей. Их удается особым образом, косвенно выразить в музыке, поэзии, танце, религиозных ритуалах, в художественном творчестве, в философии. Высказать их повествовательно, словом, нельзя. В своей речи мы скорее передаем свои впечатления он нашего субъективного восприятия вещи. Возникает вопрос об адекватности восприятия текста, о роли духовного, социокультурного контекста в этом процессе. Особенно ярко это обнаруживается в художественном, поэтическом переводе с одного языка на другой.

Таким образом, наше восприятие объективной реальности опосредуется культурой во всем многообразии ее артефактов. Каждый национальный язык создает неповторимую языковую картину мира, язык конструирует реальность и обеспечивает ее существование. Язык пронизывает все поры человеческого существования, являясь универсальным посредником между миром и человеком. Каждый национальный язык дает уникальное видение мира, представляя опыт духовной жизни народа.

Как известно, обращение к проблемам духовности, духовной культуры в жизни общества в настоящее время весьма актуально, поскольку духовная культура личности интегрирует все его социально — значимые качества, она непосредственно связана с фундаментальными вопросами его бытия. Как отмечает В. В. Соловьев: «Духовная культура — это особая интеграция мировоззренческих оснований и связанных с ними представлений, основными элементами которых являются знания, верования, убеждения, эмоции, особый образный и концептуальный язык, правила и способы мышления, устоявшиеся нормы и принципы отношений, ценностные ориентации, то есть все то, что составляет целостное ядро личностной идентификации и обеспечивает осознанное отношение к самому себе и действительности» [5].

Одной из форм духовно — практического освоения мира человеком является наука. В процессе научной деятельности он теоретически овладевает объектом, осваивает его идеально. Это знание идеально по форме, но объективно по содержанию. Оно существует в виде идей (понятий), посредством которых осуществляется духовное освоение объективной реальности, создаются образы существующих и возможных вещей. Оперировать знанием можно лишь постольку, поскольку оно принимает форму языка, закрепляется системой чувственно, и рационально воспринимаемых предметов, процессов, событий.

Язык представляет универсальную форму существования знания. Это значит, что иначе, как через язык, человек не может передать другому человеку свои знания, идеи, представления. Образно говоря язык, выполняет роль социального конструктора, активного участника творения духовного мира другого человека. Немецкий философ и языковед Вильгельм Гумбольт, предложивший в свое время сравнительно-исторический метод исследования языков и занимавшийся одновременно с Фридрихом

Шлейермахером разработкой ряда проблем герменевтики, видел в языке фундаментальное основание социальной жизни, утверждал, что не люди овладевают языком, но язык овладевает людьми. Как это похоже на ситуацию в России, где определенная часть молодежи оказывается в плену новых грамматических и лингвистических форм, так называемый «новояз». В условиях глобализации происходит неизбежный процесс взаимовлияния культур, в силу этого происходит заимствование ряда лингвистических терминов из другого языка. В этом нет ничего плохого. Это было всегда, вспомним, что А. С. Пушкин в поэме «Евгений Онегин» просит у читателя прощение за употребление иноязычных слов, таких как панталоны, фрак, жилет, поскольку их нет в русском языке.

В одной из своих последних работ В. Кронгауз обращает внимание на такую особенность в развитии современного русского языка как эрозию его этических норм. Причину этому он видит в кризисе духовной культуры. Языковая распущенность, по его мнению, признак неблагополучия в развитии общественных отношений (экономических, нравственных, эстетических и т. д.), что обнаруживает себя в низком уровне уважения личности. Грубость и сквернословие, нецензурная лексика и воровской жаргон, свойственная низшим слоям общества, неблагополучной и агрессивной среде. Грязные слова не могут выразить возвышенных чувств и мыслей.

Название вещам, явлениям, процессам дает человек. Слово обозначает вещь, оно привносит существенные признаки вещей в наше сознание. Следует отметить, что естественный язык, как и язык науки, постоянно создает и обогащает свой словарь, некоторые понятия признаются устаревшие и заменяются новыми. Быстрей всего этот процесс происходит в общественных науках, в которых некоторые термины, особенно политические, которые за многие годы приобрели отрицательные коннотации, заменяются в работах западных и отечественных авторов на новые. Например, термин «капитализм» заменяется термином «экономика свободного рынка», хотя империализм не изменил своей классовой природы. В свое время В. И. Ленин писал о наличии в дореволюционной России мелкой, крупной и средней буржуазии, сейчас слово буржуазия вышло из употребления, а для обозначения средней буржуазии введен в науку термин «средний класс» с размытыми и неопределенными критериями.

Наука — интернациональное явление, поэтому при «встрече культур» может происходить заимствование целого ряда лингвистических терминов. Знакомство с культурами других народов предполагает приобщение к произведениям литературы и искусства, к достижениям техники и технологии, религиозных и светских учений, научных знаний, норм и образцов общественной жизни. Все это способствует созданию и укреплению международной лингвистической базы, формированию единой научной терминологии.

Процесс миграции понятий может происходить и между различными отраслями науки. Это объективный процесс, который свидетельствует о наличии универсальных свойств и отношений в природе. Например, общенаучное понятие «информация» сегодня применяется как для объяснения природных, так и общественных процессов.

Процесс миграции понятий из одной области науки в другую, или из одной конкретной науки в другую, наиболее отчетливо виден при формировании новой науки. Как правило, терминологическая основа новой науки создается на базе понятий «старой» науки. Например, процесс становления социологии как науки сопровождался включением в круг операционных понятий новой науки целого ряда биологических терминов («организм», «эволюция», «борьба», «приспособление», из механики — «сила», которое в механике характеризует воздействие одного тела на другое, в общественных науках оно употребляется как «производительные силы» и характеризует активное воздействие общества на природу.

Бурный процесс дифференции научного знания и соответствующая этому процессу узкопредметная, частнонаучная терминология углубляет пропасть между гуманитарным и естественнонаучным образованием. В конечном счете это ведет к дегуманизации и деинтеллектуализации школьного и вузовского образования. Профессиональная культура инженера разделила все достижения и пороки современной цивилизации: она сформировала «одномерного» человека, глубокого, но узкого специалиста. Самым ярким примером дегуманизации специалистов с вузовским дипломом стала чернобыльская катастрофа.

Всякое знание получает свою систематизацию лишь на основе каких-либо общих представлений о мире. Даже в первобытном обществе знания обобщались при помощи некоторых фантастических, анимистических, религиозных и мифологических представлений, которым придавалось универсальное значение.

В рабовладельческом и феодальном обществе обыденные и первоначальные научные знания синтезировались на основе определенных философских воззрений. Только когда появилась первая научная картина мира в XVII в. возникла возможность синтеза научных знаний, что привело к созданию первых научных теорий.

В ходе современного научного познания ученому приходится решать и преодолевать определенные теоретико-познавательные трудности. На наличие таких трудностей и необходимость их преодоления обращали внимание многие представители современной науки: Л. де Бройль, Н. Бор, М. Борн,

С. И. Вавилов, В. И. Вернадский, П. Ланжевен и др. Так, М. Борн отмечал, что «физик на каждом шагу встречается с логическими и гносеологическими трудностями» [6].

Для решения этих задач необходимо преобразование фундаментальных понятий, основных методов исследования и логического строя мышления. Новая неклассическая физика стала оперировать рядом эвристических принципов, которые не вытекали непосредственно из опыта: принцип наблюдаемости, принцип соответствия, принцип дополнительности, принцип простоты и др.

В свое время французский историк науки Александр Койре обратил внимание на взаимосвязь философии и науки. Он возражает против позитивистского заявления о принципиальной несовместимости философии и науки. Он не соглашается с мнением позитивистов, будто бесплодность античной и средневековой науки заключалась в доминировании философии над наукой.

А. Койре приходит к выводу:

1) научная мысль никогда не была оторвана, отделена от философской мысли;

2) что великие научные революции всегда определялись переворотами или изменениями философских концепций;

3) что научная мысль никогда не развивается в вакууме, но всегда находится в рамках идей, фундаментальных принципов, законов, принадлежащих философии. Философия, как всякая другая наука. Обладает своим кругом операциональных понятий (материя, сознание движение, пространство, время, причина, следствие и др.), без усвоения философского смысла которых не один естествоиспытатель не достигент положительных результатов в своей научной деятельности;

4) итак, сделаем выводы. Наука — живой саморазвивающийся организм, вторгаясь в сферу непознанного, двигаясь от незнания к знанию, она фиксирует это знание в соответствующих научных понятиях и категориях, расширяя поле языка науки. При этом новые понятия как правило отражают более глубокие связи и отношения исследуемых явлений, обедняют содержание устаревших понятий, делает их употребление ненужныым.

Фиксируя и сохраняя накопленные знания, язык способствует развитию абстрактного мышления, а следовательно, творческих способностей человека. Язык является основанием духовной и материальной жизни любого этнического образования, потерняв который этнос прекращает свое существование.

Список литературы

1. *Касавин И. Т.* Смысл как проблема эпистемологии и науки // Эпистемология и философия науки. № 3. 2007.

2. *Симонян Г. Х.* Средний класс в Росии // Общественные науки и современность. 2008. № 11. С. 40.

3. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 29. С. 152.

4. *Микешина Л. А.* Эпистемология и наука. № 1. 2007. С. 13.

5. *Соловьев В. В.* Духовная культура в опыте философской рефлексии // Второй Российский культурологический конгресс с международным участием «Культурное многообразие: от прошлого к будущему». Программа. Тезисы докладов и сообщений. Санкт-Петербург: Эйдос. 2008. С. 119.

6. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. М., 1963. С. 7–8.

К ВОПРОСУ О ПАТРИОТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ В СОВЕТСКОЙ НАУКЕ В ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ

А. М. Судариков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Послевоенной реальностью стало превращение США в главного претендента на роль мирового лидера. Препятствием для их притязаний мог стать только Советский Союз. В этом противостоянии неоспоримое преимущество принадлежало Соединенным Штатам, поскольку их огромная экономическая мощь дополнялась монополией на атомное оружие.

Советское руководство нашло возможный ответ на сложившуюся ситуацию: экономическое превосходство Соединенных Штатов можно компенсировать только достижением паритета в военной сфере. Это был единственный шанс, так как на создание экономики, сопоставимой по масштабам и эффективности с экономикой вероятного противника требовалось продолжительное время. Только обладание ядерным оружием и средствами его доставки в какой-то мере гарантировало Советскому Союзу равенство с Соединенными Штатами. Одновременно нужно было максимально обезопасить главные экономические центры страны от возможного ядерного нападения. Так у СССР появились три крупнейших научно-технических программы оборонного комплекса.

Реализация этих программ требовала определенного пересмотра экономической и научно-технической политики. В кратчайшие сроки практически с нуля предстояло развернуть совершенно новые производства: атомную индустрию, производство стратегических бомбардировщиков, ракетостроение, радиоэлектронную промышленность. По своим масштабам и организационной сложности эти задачи не имели прецедентов. Для решения поставленных задач необходимо было активизировать собственные научно-технические усилия.

Научно-техническая политика в СССР выполняла несколько функций. Она служила своеобразным локомотивом технологической гонки с развитыми странами Запада в условиях «холодной войны», представляла собой стержень военно-промышленного производства в Советском Союзе; являлась генератором достижений научной военно-технической революции; была средством трансформирования оборонных разработок и научных достижений, с той или иной степенью успеха, в продукцию гражданского сектора экономики.

Главным признаком третьей общенаучной революции является вмешательство государства в регулирование научных исследований. Беспрецедентная государственная поддержка фундаментальных исследований и соответственно скачкообразный рост науки становятся реальностью в 1945–1955 гг. Широко известными примерами являются широкомасштабные научно-технические проекты военно-промышленного назначения, прежде всего, государственные программы создания ракетно-ядерного и противовоздушного оружия.

Атомная индустрия, авиастроение, радиоэлектронная промышленность, ракетостроение являются весьма наукоемкими отраслями. Их становление и успешное развитие зависят от постоянной подпитки результатами фундаментальных исследований. Рассчитывать на зарубежные разработки в качестве основного источника инноваций в данном случае не приходилось, поскольку ставка на заимствование заграничных научных достижений неизбежно приводит к запаздыванию в их использовании. Поэтому при развертывании новейших видов вооружения был взят курс на создание научно-производственных комплексов, основанных на собственных фундаментальных и прикладных научных исследованиях и конструкторских разработках.

СССР располагал научными школами, работавшими на самом современном уровне, имелся большой опыт практического применения результатов научных исследований. В области ядерной физики в Советском Союзе еще в 1930-х гг. сложились крупные исследовательские центры в Ленинградском и Украинском физико-техническом институтах (Харьков). Эти головные организации привлекали к исследованиям крупных ученых, представлявших другие научные учреждения. Они являлись частью мирового научного сообщества, работавшего в области ядерной физики. Эти исследователи и взяли на себя основную нагрузку по научному обеспечению атомного проекта.

Большие надежды возлагались на данные, полученные при помощи научно-технической разведки. Полученные разведкой сведения позволили значительно сократить время и сэкономить средства при разработке сложнейших научно-технических задач. На такой базе при условии масштабных вложений ресурсов и надлежащей организации работ можно было создавать научно-производственные комплексы, аналоги которых на тот момент имелись только в Соединенных Штатах.

Движение по этому пути было сопряжено с огромными трудностями. Успех во многом определялся наличием научного задела и эффективностью его использования. Впервые пришлось создавать единый научно-технический и производственный цикл, который начинался с проведения фундаментальных исследований. Поэтому научные исследования, связанные с разработкой ракетно-ядерной тематики, обрели в глазах руководства страны особую значимость. Их развитие стало «главной заботой» государства. Энтузиазм ученых при этом не мешало укрепить с помощью идеологической кампании.

Политическая конъюнктура — внутренняя и международная — диктовала потребность ужесточения идеологической борьбы против внешнего противника, а также изоляцию советских ученых от влияния запада. Решить эти задачи в период «холодной войны» можно было за счет насаждения образа врага и создания державного варианта советского патриотизма.

Задачу борьбы с «низкопоклонством» выдвинул весной 1947 г. И. В. Сталин, причем речь шла именно о положении в естественных и технических науках. Задача была поставлена в сталинском выступлении перед руководством Союза писателей 13 мая 1947 г., записанным по памяти Константином Симоновым. И. В. Сталин в ходе обсуждения вопроса о темах, над которыми работают писатели, сказал: «А вот есть такая тема, которая очень важна, которой нужно, чтобы заинтересовались писатели... Если взять нашу среднюю интеллигенцию, научную интеллигенцию, профессоров... у них неоправданное преклонение перед заграничной культурой. Все чувствуют себя еще несовершеннолетними, не стопроцентными, привыкли считать себя на положении вечных учеников... Почему мы хуже? В чем дело? Бывает так: человек делает великое дело и сам этого не понимает... Надо бороться с духом самоуничижения...».

Объявленная И. В. Сталиным идеологическая кампания оказала огромное влияние на развитие целых направлений отечественной науки и отразилась на судьбах множества ученых.

В середине июня 1947 г. ЦК ВКП(б) направил в местные организации специальную брошюру, озаглавленную «Закрытое письмо ЦК ВКП(б) о деле профессоров Клюевой и Роскина». Письмо подчеркивало, что среди советской научной интеллигенции широко распространены раболепие и низкопоклонство перед западом. В деталях объяснялись «исторические корни антипатриотического поведения» русских ученых и их преклонения перед западной наукой. Особое внимание было уделено «ученым-невозвращенцам», таким, как Г. А. Гамов, Ф. Г. Добржанский, В. Н. Ипатьев, А. Е. Чичибабин. В закрытом письме многократно повторялись вариации на тему «потерянного» или «украденного» приоритета русских и советских ученых. Особенно подчеркивалось, что «если мы хотим, чтобы нас уважали и считались с нами, мы должны, прежде всего, уважать самих себя».

Старт патриотической кампании инициировало письмо, которое направил И. В. Сталину один из виднейших ученых того времени академик П. Л. Капица. В письме П. Л. Капица обратил внимание вождя на книгу историка науки и техники Л. И. Гумилевского «Русские инженеры». П. Л. Капица писал, что книга создана по его предложению и в ней собраны примеры замечательных открытий русских ученых и техников, намного опередивших западных коллег.

Потребность опираться в развитии науки, прежде всего, на собственные силы многие ученые осознали еще задолго до письма П. Л. Капицы. Например, ученик крупнейшего русского химика академика В. Н. Игнатьева профессор А. В. Фрост 28 марта 1942 г. послал письмо члену ГКО В. М. Молотову. В целом письмо содержало критику деятельности группы физико-химиков, возглавляемых академиками А. Н. Бахом и А. Н. Фрумкиным. Профессор А. В. Фрост писал: «Ясно, что ученые нашей страны не могут слепо доверять зарубежным и слепо равняться на их образцы. Мы должны строить свою науку, основанную на наших особенностях, особенностях потребностей и ресурсов нашего государства. Нужно воспитывать в наших ученых критическое отношение к фактам, теориям, учить мыслить их самостоятельно, чтобы не попасть на удачу к врагу».

Патриотическая кампания проводилась с серьезными издержками и недостатками. В газетах и журналах постоянно появлялись заметки и статьи о национальном первенстве в разработке пенициллина, создании аэроплана, электролампы. Профессор А. Добрянский, вдохновленный «животворной силой советского патриотизма», утверждал, например, что «русская инженерно-техническая мысль всегда опережала в решающих областях мировую технику».

В течение трех месяцев (с декабря 1948 по март 1949 г.) готовилось Всесоюзное совещание по обсуждению основных методологических вопросов в области физики, которое непосредственно касалось ученых атомного проекта.

Практически полностью подготовленное совещание неожиданно было отменено. 1 апреля 1949 г. министр высшего образования С. В. Кафтанов обратился к секретарю ЦК Г. М. Маленкову с просьбой о переносе Всесоюзного совещания физиков на 10 мая 1949 г. Это письмо пошло в отдел пропаганды и агитации. Заведующий этим отделом Д. Т. Шепилов тут же направил Маленкову записку следующего содержания: «Учитывая неподготовленность совещания и настоятельную необходимость проведения

более глубокого изучения вопросов и подготовки конкретных предложений в области физической науки, вносим предложение перенести Всесоюзное совещание заведующих кафедрами физики высших учебных заведений совместно с научными работниками Отделения физико-математических наук Академии наук СССР на более позднее время. Вопрос о сроке созыва совещания следовало бы решить особо».

Совещание отменили, дабы предотвратить его пагубные последствия для советской физики и атомной науки. Отменить такое совещание мог только сам И. В. Сталин. Никто из его ближайшего окружения никогда не решился бы взять на себя такую ответственность. Вряд ли сам Сталин первым осознал пагубность для советской физики предстоящего совещания. По-видимому, кто-то его определенным образом информировал. Скорее всего, это сделал Л. П. Берия, курировавший работы по атомной проблеме.

Решение, давшее старт очередной идеологической кампании, исходило не только из письма, которое направил И. В. Сталину один из видных ученых того времени академик П. Л. Капица. Очевидно, что крупный ученый и участник атомного проекта, уделявший огромное внимание общему состоянию отечественной науки, своевременно выразил в письме главе государства настоятельную потребность в жизни науки. При всех огромных издержках, перехлестах и глупостях патриотический курс опоры на собственные силы в фундаментальных и прикладных исследованиях позволил СССР создать стратегическое оружие и уникальную систему ПВО Москвы, обеспечившие длительный мир.

«ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ»: МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ВВЕДЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

А. Е. Эмирова, Н. Д. Эмиров

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: aadelina@front.ru

В современных условиях развития образования становятся актуальными разработка и применение целесообразных педагогических технологий, которые позволяют активизировать самостоятельную познавательную деятельность обучающихся и обеспечивают подготовку их не только к деятельности исполнителя, но и к самостоятельной постановке и решению проблем, а также к самообразованию. Но, к сожалению, современное высшее образование повсеместно строится на лекционной технологии. Студент информацию воспринимает, записывает, потом воспроизводит ее на экзамене, благополучно забывает и уходит. Знания есть, иногда даже умения есть, а навыков, прочно закрепившихся, нет. Хотя сегодня эта формула претерпела изменения: *увидеть + услышать + записать + соучаствовать + быть мотивированным на усвоение = эффективное усвоение материала.*

Однако, необходимым условием для указанной выше формулы является дифференцирование излагаемого материала студентам по сложности: на первых курсах — упрощенный вид, а на старших — сложные теоретические знания. К сожалению, это не всегда соблюдается. Проблема состоит так же в том, что реноме преподавателя как источника знаний сегодня ставится под большое сомнение. Все чаще и все настойчивее звучат призывы проанализировать и переосмыслить те профессиональные качества, которыми должны обладать специалисты, на которых обществом возлагается функция обучения, подготовки кадров. При этом на первый план выходят представления о преподавателе как о своеобразном "навигаторе"в пространстве знаний, методисте, технологе обучения, и даже, не побоимся этого слова, - тьютере. При этом существующая система оценки квалификации преподавателей не претерпевает изменений: аспирантура — *кандидатская ученая степень — повышение квалификации в сфере науки (статьи, участие в конференциях, монографии), преподавания (методические указания, учебные пособия, учебники) — звание доцента* и далее и все тоже, с повышением статуса — *докторская ученая степень и звание профессора.* В этой системе практически нет места обучению методике преподавания, педагогике, риторике и повышению квалификации в этой сфере. Только в некоторых вузах сегодня организуются курсы по повышению квалификации в области педагогики и то не для всех желающих. На самом деле потребность в данных курсах и педагогических знаниях и, что очень важно — умениях, намного больше чем имеющееся предложение.

Сегодня конкурентным продуктом в высшем образовании является *комплексный образовательный «продукт» = «теоретические знания» + «практика» + «карьера».*

Только вузы с развитой и хорошо отлаженной системой деловых связей, профессиональной ориентации, организации производственной практики и распределения студентов могут конкурировать в современной индустрии бизнес образования. Однако, в понятие «практика» бизнес и учебное заведение вкладывают разный смысл, и применяемая система практик в вузе должна в большей степени готовить студентов к самостоятельной профессиональной деятельности. Сейчас студенты пытаются самостоятельно решить эту проблему, совмещая учебу с работой, при этом страдают обе эти сферы деятельности и возрастает нагрузка на учащихся.

Одной из таких форм совершенствования процесса обучения студентов экономических специальностей в сфере формирования у них профессиональных навыков и умений, по мнению авторов, может стать метод — «проектное обучение», как один из механизмов соединения потребностей бизнеса и процесса обучения. Метод же «проблемного обучения» является его частью и включает в себя элементы кейсового метода.

Метод проектов имеет длительную историю. Еще в XVI веке в Римской Высшей Школе Искусств (*Academia di San Luca*) к лекциям по основным наукам был присовокуплен важный элемент — «конкурс». Лучшие студенты получали задания изготовить эскиз церкви, памятника, дворца, в ходе работы над которым они учились самостоятельно и творчески применять полученные знания. В XIX и XX веках проектное обучение использовалось в начальном и среднем образовании. В 1911 году Бюро Воспитания США узаконило термин «проект», и он стал все более прочно укрепляться в американской педагогике. Универсальное использование метода проектов обусловило его новое определение, которое дал педагог, философ профессор У. Х. Килпатрик, опубликовав в 1918 году известную работу «Метод проектов». Под проектом он подразумевает всякую активность, всякую деятельность детей, которая ими выбрана

свободно и поэтому выполняется охотно, «от всего сердца». Ребенку может принести пользу только та деятельность, которая выполняется с большим увлечением. Поэтому достоинство всякого проекта определяется степенью заинтересованности, степенью сердечного увлечения ученика при выполнении поставленной цели [1]. Его дальнейшее развитие и возрастание интереса к нему связаны с реформированием образования в странах Западной Европы в 60–70-е годы XX века. Проектная методика пережила свое второе рождение под натиском студенческих требований радикально реформировать систему образования, открыть ее демократическим веяниям и социальным запросам общества. Идеи проектного обучения в той или иной мере отвечали этим задачам, а именно: переходу от традиционных авторитарных методов обучения к педагогике сотрудничества, расширению альтернативных форм обучения, сближению обучения с практикой, ориентации на интересы и потребности учащихся, развитию активности и самостоятельности. Все это нашло свое отражение в концепциях деятельностного и практико-ориентированного обучения. Кроме того, важен факт, что проектное обучение отвечает идеям компетентностного подхода — нового явления в отечественной дидактике. Компетентность представляет собой сложный синтез когнитивного, предметно- практического и личностного опыта. Это способ существования знаний, умений, образованности, способствующий личностной самореализации, признания личности окружающими и осознание ею самой собственной значимости. В качестве специфических методов подготовки компетентных специалистов ученые называют интеграцию учебной и исследовательской работы, задачный, контекстный и проектный способы обучения.

В проектном обучении формируются важные профессионально-ориентированные умения учащихся (гностические, проектировочные, коммуникативные, организаторские). Их особенностью выступает не столько овладение ими как совокупностью операций и действий, сколько перенос и творческое применение в решении задач проектной деятельности.

Проблемой является также то, что проектное обучение не предусмотрено образовательным стандартом, поэтому оно изначально должно быть на добровольной основе. Однако и для экономических специальностей некоторые элементы проектного обучения могут быть использованы в рамках существующих учебных планов.

У авторов данной статьи имеется опыт включения некоторых элементов проектного обучения, названных ими «проблемным обучением» в учебный процесс преподавания некоторых дисциплин на старших курсах экономических специальностей (логистика, маркетинг, организация предпринимательской деятельности, управление продажами). При этом структура дисциплины (соотношение лекций, практических, семинарских занятий и самостоятельной работы студентов) не претерпевает значительных изменений, что позволяет не вносить изменения в учебный план. Изменения касаются только учебного расписания, так как практические занятия переносятся на предприятие, проблема которого и предлагается для решения студентам.

Обобщая личный преподавательский опыт и изученные методические материалы по проектному обучению и кейсовому методу, применяемые для обучения экономическим специальностям предлагаем ознакомиться с методикой организации «проблемного обучения».

Основана эта методика на следующих положениях:

— Существующее разделение на функциональные области знаний и разнообразие названий учебных курсов не способствует формированию целостного понимания управления, как не могут части дать представление о целом. Стержнем, вокруг которого можно объединить курсы в единое целое и сформировать собственное понимание будущей профессиональной деятельности, могла бы стать исследовательская работа над конкретными проблемами бизнеса.

— Подготовка профессионала в области экономики — это не передача знаний от преподавателя — студенту, а самоподготовка, т. е. получение знаний из собственного опыта, где ответственность за результат обучения лежит целиком на самом обучающемся. Обучение также связано с побуждением к совершенствованию, развитию не только профессиональных, но и личностных качеств, свойственных специалисту, повышению требований к самому себе, а также развитию и обучению других.

— Лучшим способом обучения являются методы, представляющие не только в содержательный, но и прикладной аспект для развития необходимых умений специалиста в экономической сфере. Однако, практически ни в одной программе не заложен механизм развития концептуальной области, позволяющий участникам выработать намерения, умения ставить цели и проявлять самостоятельность в действиях. Динамика происходящих изменений в деловой среде требует от обучения не столько квалификационных знаний, сколько развития концептуальной способности понимать логику бизнеса, видеть место организации и возникающие возможности во внешней среде.

— Применений исследований в процессе обучения — это попытка выявить закономерности мира, направление развития и предсказать будущее. Учеба должна готовить к решению будущих задач, а обучение без исследований, в лучшем случае, представляет собой «натаскивание» на решение задач сегодняшнего дня.

Функциональный подход, сегодня распространенный в обучении, пытаются реализовать, преодолевая изолированность предметов, друг от друга, меняя содержание программ, вводя общие, объединяющие предметы, реализуя в методике обучения активные методы, интегрированные кейсы и группы по решению проблем. Преодоление проблемы функциональной разрозненности обучения возможно путем формирования междисциплинарных курсов, которые позволят учиться применять знания и навыки в практической деятельности. По нашему мнению, даже в существующих учебных планах можно увидеть дисциплины, которые обобщают профессиональные знания и построены на основе ранее изученных дисциплин, обычно это ведущие специальные дисциплины, преподаваемые на старших курсах. Переход на «проблемную» форму обучения возможен именно для таких дисциплин. Надо понимать, что проблемное обучение невозможно чисто академическим способом, без вовлечения в реальные процессы реального бизнеса.

Сущность проблемного обучения — самостоятельная работа студентов в группе (команде) над реальной проблемой бизнеса (поставленной задачей) и разработка предложений и практических рекомендаций.

Список литературы

1. *Килпатрик У. Х.* Метод проектов. Применение целевой установки в педагогическом процессе. Л.: Брокгауз–Эфрон, 1925.

РОССИЙСКАЯ ГЕОПОЛИТИКА: АРКТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ

Г. Н. Нурышев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Сегодня важным военно-стратегическим полигоном в геополитической экспансии США в мире является Арктика. Не случайно, еще в начале 50-х годов США начали реализовывать широкую программу военного обустройства Севера. К «североамериканской системе обороны» специальными соглашениями была привязана в первую очередь Канада.

При этом укреплялся и расширялся военный комплекс на Аляске, включающий практически все рода войск. В поселке Туле на северо-западе Гренландии была построена крупная воздушная база США. Были созданы специальные отряды резервистов из эскимосов на Аляске. При этом были приняты во внимание особые способности народов Севера существовать в экстремальных условиях. От Аляски до Гренландии была сооружена цепь радиолокационных станций «раннего обнаружения самолетов». Новую эпоху в жизни арктического плацдарма открыли атомные подводные лодки (АПЛ) США подледного плавания.

Все это, безусловно, затрагивало геостратегические интересы нашей страны, так как центральные области нашей страны наиболее доступны в военном отношении именно с районов вокруг полюса. Советский Союз был вынужден на своем арктическом фронте осуществлять не менее широкую военную программу. С начала 50-х годов на побережье и островах, от Земли Франца-Иосифа до о. Врангеля, строились базы, предназначенные для старта или «подскока» дальней бомбардировочной авиации, затем появились ракетно-пусковые комплексы. Была сооружена сеть радиолокационных опорных станций. Ракетно-космическому строительству в Арктике способствовало бесспорное превосходство СССР в этой области.

На подступах к Аляске, в Анадыре, была дислоцирована мотострелковая дивизия, в тактико-техническом отношении приспособленная к арктическим условиям. На Чукотке было построено «метро» — подземная железная дорога для снабжения передовых войсковых и пограничных баз. Дизельные подводные лодки успешно освоили сквозные плавания по Северному морскому пути. В 1963 году советская атомная лодка прошла подо льдом Северного Ледовитого океана и дошла до полюса. Военное советско-американское противостояние в Арктике непрерывно усиливалось и сложилось определенное стратегическое равновесие.

Однако в конце 80-х годов советский арктический плацдарм начал стремительно разваливаться. Арктика оказалась на периферии российской геополитики. В связи с глобальным потеплением перед Россией встали серьезные арктические вызовы и угрозы.

С 1985 года Северный Ледовитый океан потерял почти половину своих многолетних льдов. Уже в 2005 году температура воды на поверхности у полюса оказалась на пять градусов выше, чем ожидалось, и побила прогнозы ученых, ожидавших эти процессы лишь к 2070 году. В Гренландии уже выращивают картошку и брокколи. Летом 2007 года впервые в истории Северо-Западный проход вдоль берегов Канады оказался свободен ото льдов на всем своем протяжении. Через год такая ситуация возникла и на Северном морском пути. По прогнозам Американского геофизического союза, уже в 2013 году Арктика будет свободна ото льда в течение всего лета.

Таким образом, по Северному Ледовитому океану открывается возможность, как и в Атлантике, ходить на обычных военных и торговых кораблях без ледокольного сопровождения. Генштабы государств уже в ближайшие годы пересмотрят карты театров боевых действий на случай военного конфликта, что для России, с ее колоссальной арктической береговой линией, станет одним из главных вопросов национальной безопасности. Достаточно отметить, что меридианная ширина нашей страны, от берегов Северного Ледовитого океана до южных границ, нигде не превышает 3000 км, то есть Россия фактически «простреливается» насквозь.

Все эти факторы вместе означают кардинальное перекраивание «карты национальных интересов» едва ли не всех мировых держав в ближайший десяток лет — даже если они находятся от Арктики на расстоянии в тысячи километров. По оценкам Геологической службы США, Арктика таит в себе четверть всех неразведанных запасов углеводородов в мире. Отсюда ресурсная геополитика приполярных государств направлена на доказательство своих прав на новые территории Северного Ледовитого океана, богатых запасами углеводородов. Арктический шельф — это прежде всего моря, омывающие берега России. Здесь же, у российских берегов обнаружены самые большие на сегодня запасы нефти и газа. Важным следствием арктического потепления станет резкое переформатирование всей сети межконтинентальных торговых путей между Европой, Азией и Америкой. Достаточно отметить, что сегодня торговый

путь от Роттердама до Шанхая через Суэцкий канал, нестабильные Аденский залив и Малаккский пролив составляет 10409 морских миль, а через Северный Ледовитый океан и Берингов пролив составит порядка 7500 морских миль проблематичный километров. Общая экономия существенна настолько, что свободная ото льдов Арктика изменит весь баланс мировой торговли. С Арктикой «граничат» Россия, Канада, США, Норвегия и Дания (остров Гренландия). Исландия, Швеция, Финляндия, хотя и не имеют с Арктикой океанических границ, тоже относят себя к этому региону. Интерес к разработке арктических ресурсов проявляют многие страны. КНР тоже имеет серьезный интерес к этому региону: они открыли исследовательскую станцию на Шпицбергене и уже дважды отправляли в северные моря свой ледокол «Снежный дракон», который обычно работает в Антарктиде.

В новую Большую игру включатся все сколько-нибудь значимые страны планеты. Канада уже заявила, что готова отстаивать свои права на арктические территории и вооруженным путем. Так в настоящее время начинается борьба за Арктику. Для России принимает форму важнейшего геостратегического вызова вопрос: смирится ли мир с тем, чтобы мировые торговые пути пролегали вдоль северных берегов России, фактически по Северному морскому пути, с его портами и станциями слежения, с его базами данных о течениях и солjности воды, и во многом зависели от позиции нашей страны? Тем более, что уже в ближайшие годы Северный Морской путь вполне может оказаться под контролем иностранных судовых компаний. Многие страны уже озвучили свои претензии на эту российскую стратегическую магистраль. Открытие воздушного пространства Арктики кардинально изменит мировую инфраструктуру авиационных перевозок.

В 1997 году Россия ратифицировала Конвенцию по морскому праву, фактически отказавшись от своих претензий на громадную часть Арктики. Сегодня в нашу Арктику может заходить кто угодно, включая военные суда и, естественно, транспортные караваны.

После погружения аппаратов «Мир» у Северного полюса в августе 2007 года мы практически дали старт арктической гонке. И вот уже Канада приступает к строительству глубоководного порта на острове Баффинова Земля, собирается спускать на воду новые патрульные суда для Северного Ледовитого океана и строит в бухте Резолют-бэй тренировочный центр по подготовке к работе в Северо-Западном проходе. Канада, Норвегия и Дания подали заявки в комиссию ООН по границам континентального шельфа на владение дополнительными территориями в Арктике. Дания заявляет права на все тот же хребет Ломоносова (как и Россия), а также и на Северный полюс.

В январе 2009 года была опубликована директива президента США Дж. Буша, согласно которой Соединjнные Штаты имеют широкие и основополагающие интересы национальной безопасности в регионе Арктики и собираются решительно защищать свои интересы в сфере доступа к природным богатствам. Так приближается конфликт за Арктику, возникают территориальные споры у России, Норвегии, Канады, Дании и США. В связи с этим на первый план вышел вопрос: готова ли современная Россия к такой жесткой геостратегической конкуренции или же государства Северного Ледового океана предпочтут самостоятельно, без участия ООН, прочертить границы на Арктике и поделить между собой полезные ископаемые региона. Таким образом, для России, для самого протяженного с запада на восток арктического государства проблема формирования широтной геополитической и геоэкономической оси становится жизненно необходимой задачей. Без решения этой задачи обеспечение национальной безопасности России становится проблематичной. Крайне важно, чтобы принятиеСовбезом РФ в сентябре 2008 года «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» не оказалось декларативным шагом, а послужило началом целенаправленной ,систематической работы по реализации геополитических, геоэкономических интересов России в Арктике.

ЭКОНОМИКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И РИСК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Л. К. Шамина

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: lkshamina@rambler.ru

Глобальный кризис, поразивший мировую экономку, существенно повлиял на внутренний рынок нашей страны. Особенно пагубно последствия кризисных явлений сказались на функционировании промышленных предприятий.

Кризис функционирования промышленных предприятий представляет собой крайнее ухудшение финансово-экономического положения предприятия, падение значимых для предприятия показателей платежеспособности, ликвидности, деловой активности до значений ниже нормативных.

Подобная динамика указанных показателей может привести к чрезмерному разбалансированию экономики предприятия с соответствующей неспособностью продолжения финансового обеспечения производственной деятельности.

Кризисные ситуации, для которых не было принято соответствующих профилактических мер, могут протекать с определенной степенью остроты, в целом они крайне негативно воздействуют на предприятие и снижают возможность эффективного управления таким предприятием. Хотя кризисы не обязательно являются разрушительными. Ситуацию кризиса можно рассматривать как мощнейший стимул для мобилизации внутренних резервов предприятия, для поиска прорывных инновационных решений. Для решения задач прогнозирования кризиса необходимо, в том числе и установление конкретных причин его вызывавших.

Причины кризиса могут быть внутренними и внешними. Внутренние связаны с рискованной стратегией компании, конфликтами в организации, какими-либо недостатками в процессе производства, несовершенством управления, инвестиционной или инновационной политикой. Внешние — с макроэкономическими тенденциями мирового развития, конкурентной, политической или экономической ситуацией в стране.

В экономической литературе не существует единого взгляда на типологию кризисов. В зависимости от причин, приводящих к кризису, авторами [1, с. 414] выделялись следующие виды кризисов предприятия: кризис менеджмента, кризис сбыта, кризис издержек, финансовый кризис. По мнению других специалистов [2, с. 5] — пять типов корпоративных системных кризисов, которые проявляются в работе современных российских компаний: управленческий, инновационный, репутационный, переходный и кризис стабильности. Управленческий кризис характеризуется наличием острой психологической несовместимости между менеджерами. Инновационный кризис проявляется в случае неудачного введения новшеств на предприятии. Репутационный кризис может быть связан с судебными исками против компании по причине наличия серьезных дефектов в продукции, которую компания производит. Переходный кризис — кризис перехода от одной стадии развития компании к другой. Кризис стабильности — кризис застоя.

В [3] кризисы делятся на объективные, которые связаны с циклическими потребностями реструктуризации и модернизации, и субъективные, которые отражают ошибки в управлении.

Однако, по нашеу мнению, современные реалии диктуют необходимость иного деления кризисов по типам в зависимости от причин его вызвавших.

Учитывая результаты многочисленных исследованиях других авторов и основываясь на собственных исследованиях, результаты которых опубликованы, предлагаются следующие три основные причины возникновения состояния кризиса на промышленном предприятии: в результате смены фаз жизненного цикла предприятия, под воздействием внешних и внутренних причин, вызывающих кризис, как результат неопределенности и риска предпринимательской деятельности.

Объективно кризис характеризуется множеством взаимосвязанных ситуаций, повышающих сложность и риск управления.

Кризис и риск, обусловленный неопределенностью внутренней среды предприятия и внешней среды, неразрывно связаны друг с другом.

Необходимо делать различие между понятиями «риск» и «неопределенность».

Г. Б. Клейнер [4, с. 183–184] определяет категорию риск как возможность отклонение от цели, несовпадение фактически полученного результата с намеченным в момент приятия решения. Риск — обобщенная субъективная характеристика ситуации принятия решений в условиях неопределенности, отражающая возможность появления и значимость для субъекта принятия решений ущерба в результате последствий принятия того или иного решения [4, с. 283]. При этом риск при принятии стратегических, тактических и оперативных решений анализируется раздельно.

Риск рассматривается по отношению к цели, на достижение которой направлено решение и представляется как возможность, принимая решение, не достичь выбранной цели вследствие существующей неопределенности [5, с. 94].

Под рисками понимается опасность убытков, недополучения ожидаемых эффектов и недостяжения необходимой эффективности, возникающие из-за неопределенности наступления событий, которые заранее не могут контролироваться носителем рисков [6, с. 141]. Риск, это вероятность наступления определенных событий для промышленного предприятия.

М. Г. Лапуста, характеризует категорию «риск» как такую ситуацию, когда наступление неизвестных событий весьма вероятно и может быть оценено количественно, а категория «неопределенность» — когда вероятность наступления таких событий оценить заранее невозможно [7].

В реальной ситуации решение, принимаемое предприятием в кризисной ситуации, практически всегда сопряжено с риском, который обусловлен наличием ряда факторов: прежде всего самим кризисом, а также факторов неопределенности, заранее не предвиденных.

Анализируя многочисленные определения риска, можно выделить следующие основные моменты, которые являются характерными для рисковой ситуации [8, 9]:

— случайный характер события;
— наличие альтернативных решений;
— известны или можно определить вероятности исходов и ожидаемые результаты;
— вероятность возникновения убытков;
— вероятность получения дополнительной прибыли.

Категория «риск» определяется большинством авторов как угроза того, что фирма понесет потери в виде дополнительных расходов или получит доходы ниже тех, на которые она рассчитывала. Или как опасность потенциально возможной вероятности потери ресурсов или недополучения доходов по сравнению с вариантом, который рассчитан на рациональное использование ресурсов.

Однако, авторами фактически не учитывается существующая возможность получения дополнительной прибыли. Такая возможность указывает на неоднозначно негативный характер рисковой ситуации для предприятия.

Таким образом, неопределенность и риск многократно увеличиваются в условиях кризиса. Однако на ряду с негативным влиянием на функционирование предприятия необходимо рассматривать и некоторые позитивные аспекты влияния риска и кризиса на деятельность предприятия.

Список литературы

1. *Попов Р. А.* Антикризисное управление: Учебник / Р. А. Попов. — М.: Высш. шк., 2004.

2. *Самоукина Н. В.* Антикризисное управление компанией. — СПб.: Питер, 2003.

3. Антикризисное управление / Под ред. Э. М. Короткова. — М.: Инфра-М, 2000.

4. *Клейнер Г. Б., Тамбовцев В. Л., Качалов Р. М.* Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегия, безопасность. М: ОАО «Изд-во «Экономика», 1997.

5. *Цельмер Г.* Учет риска при принятии управленческих решений // Проблемы МСНТИ. 1980. № 3.

6. *Фоломьев А. Н., Ревазов В. Г.* Инновационное инвестирование. — СПб.: Наука, 2001.

7. *Татаркин А. И., Суховей А. Ф., Волынкина М. В.* Инновационные процессы в УрФО: угрозы, возможности и перспективы развития // Инновации. 2003. № 8.

8. *Козлов В. В., Иванов В. В.* Интеграция Российской академии наук в национальную инновационную систему // Инновации. 2003. № 4.

9. *Бочаров А. В., Шмелев Ю. М.* Государственная инновационная политика — формирование национальной инновационной системы // Инновации. 2003. № 2.

ИНСТРУМЕНТЫ АКТИВИЗАЦИИ И МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. С. Минко, С. В. Шешегов

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: sheshegov-s@mail.ru

Области применения холода и холодильной техники в народном хозяйстве очень многообразны. В производстве и эксплуатации техники низких температур заняты сотни тысяч людей. Холодильная и криогенная техника (промышленные холодильные установки, холодильные машины в сфере торговли и на транспорте, бытовые холодильники, системы кондиционирования воздуха) потребляет около 15 процентов от общей генерируемой в стране электрической энергии. [1, стр. 12]. Это свидетельствует о важной роли холодильной промышленности и ее потенциале.

В данной статье рассматриваются причины, по которым необходимо активизировать инновационную деятельность в области производства холодильного оборудования для пищевой промышленности, а также инструменты ее активизации.

В настоящее время в условиях мирового экономического кризиса выросла актуальность обеспечения продовольственной безопасности России. Холодильное хозяйство является неотъемлемым звеном в обеспечении продовольственной безопасности, так как оно обеспечивает сохранность качества пищевых продуктов. В пищевой промышленности с каждым годом растет доля замороженных продуктов и полуфабрикатов в общем объеме производимого продовольствия. Холодильная техника сопровождает весь цикл производства и реализации большинства пищевых продуктов — от хранения семян и сырья до доставки конечной продукции потребителям. В этом цикле используется различные холодильные машины и оборудование: производственные холодильники для первичной термической обработки в районах заготовки продукции, устройства «шоковой заморозки», холодильный транспорт для доставки в места переработки и непосредственного потребления, чиллеры на перерабатывающих заводах, распределительные холодильники, торговое холодильное оборудование, домашние холодильники.

Большая часть этого оборудования в России в настоящее время является либо импортной, либо собранной на российских заводах из импортных узлов (компрессоры и т.д.) Это объясняется тем, что после развала СССР открылись пути доставки импортного оборудования (не только холодильного), и выяснилось, что отечественные образцы во многом уступают импортным. Не выдержав конкуренции со стороны зарубежных производителей, некоторые предприятия — изготовители холодильной техники закрылись, на других была налажена сборка холодильных машин из импортных комплектующих.

Одна из причин невозможности конкурировать с зарубежными производителями кроется в низком уровне научно — исследовательской и конструкторской базы в области холодильной техники.

Существуют недостатки и в организации инновационных процессов в этой области. Не проработаны механизмы реализации инновационной политики на уровне федеральных законов, регионов, конкретных предприятий.

Решением этой проблемы может быть создание благоприятных условий для инновационной деятельности на всех уровнях управления (страной, регионом, организацией) и во всех ее звеньях (научных и проектных организациях, вузах, предприятиях). Должен быть создан механизм, обеспечивающий стимулы на всех стадиях инновационного процесса.

На уровне страны реализация инновационной стратегии, принятой правительством, необходима для сохранения общей безопасности и политического влияния в мире.

В настоящее время на федеральном уровне управление разработкой и внедрением инновационной продукции ведется с помощью определения и поддержки приоритетных направлений науки и техники, указанных в утвержденном перечне. К таким направлениям холодильная промышленность не относится, хотя является необходимой для поддержания государственной продовольственной безопасности.

Для регионального уровня реализация поставленных инновационных задач связана социально-экономическим развитием региона и повышением качества жизни населения. На уровне регионов выбор инновационных программ, порядок их разработки, утверждения и реализации определяют сами органы государственной власти субъектов Российской Федерации [2]. Это может не всегда соответствовать общегосударственной инновационной политике по тематике и срокам выполнения инновационных проектов. Также в регионах при поддержке их администраций создаются технопарки, бизнес-инкубаторы и другие элементы инновационной инфраструктуры, предлагающие на льготных условиях права аренды экспериментального исследовательского оборудования, пользование уникальным научным оборудованием, юридическое сопровождение инновационного бизнеса и другие услуги малым и средним инновационным предприятиям.

Модель управления инновационной деятельности в холодильной промышленности

Но на решение важной стратегической задачи создания «прорывных» технологий они не способны ввиду того, что это сложный в техническом, юридическом и организационном отношении процесс, требующий сплоченной работы многих коллективов специалистов разных областей науки, техники и

отраслей народного хозяйства. Малые фирмы могут стать хорошим дополнением крупной организации, занимаясь, например, обслуживанием, наладкой оборудования, изготовлением и испытанием опытных образцов и т. д.

Для предприятий разработка и вывод на рынок, и использование инновационной продукции это единственный путь устойчивого роста в долгосрочном периоде.

На уровне предприятий также существует немало проблем инновационной деятельности. Одна из основных это отсутствие достаточных стимулов для разработки и продвижения инноваций. Крупные предприятия, потерявшие после распада Советского Союза связи с научно-исследовательскими и проектными институтами и университетами, сами оказались не в состоянии разрабатывать конкурентоспособную продукцию.

Выход предприятий — производителей холодильной техники из стадии стагнации может дать предоставление им государственной финансовой поддержки. Она может оказываться для стимулирования инновационной деятельности целенаправленно в форме снижения налоговых ставок, таможенных пошлин; финансирования государственных заказов; предоставления долгосрочных кредитов и др. Другим, не денежным инструментом государственной поддержки предприятий может быть частичное ограничение ввоза холодильной техники и комплектующих из-за рубежа, квоты на выпуск продукции холодильного машиностроения иностранными предприятиями, находящимися на территории РФ, и некоторые другие меры. Также необходимо создать основу для постоянного сотрудничества предприятий, проектных, исследовательских организаций и вузов, а не только временную, основанную на разовых контрактах. Ощутимую помощь предприятиям может дать покупка лицензий в сочетании с проведением собственных разработок.

Таким образом, активизация инновационной деятельности в области холодильной техники невозможна без системного подхода, затрагивающего все звенья инновационного процесса (от разработки идей до производства конечного инновационного продукта). Она должна включать разнообразные меры государственного регулирования экономики (от корректировки законодательной базы до использования финансовых инструментов воздействия на предприятия). Можно предложить следующую модель управления инновационной деятельностью, отражающую содержание перечисленных мероприятий (см. рисунок).

Список литературы

1. *Калнинь И. М.* Энергоэффективность и экологическая безопасность холодильных систем // Холодильная техника, 2008. № 3. С. 12–14.

2. ФЗ «Об инновационной деятельности и государственной инновационной политике в Российской Федерации».

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ОТРАСЛИ

И. С. Минко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Is_minko@mail.ru

Инновационная деятельность в пищевой промышленности, как и в экономике России в целом, едва заметна. Попытки ее активизации наталкиваются на множество проблем, которые можно свести к трем основным.

Первая проблема — определение целей инновационного управления производством. Для ее решения целесообразно составить как можно более полные перечни различных задач производства, решаемых с помощью инноваций. Например, это могут быть задачи, относящиеся к совершенствованию продукции предприятия, задачи по совершенствованию технологии производства, оборудования, задачи, относящиеся к управлению предприятием, к персоналу, охране природы и другие. Выбор инновационных целей связан с особенностями конкретного пищевого предприятия. При высокой материалоемкости производства цель состоит в снижении расхода сырья и материалов на производство продукции, повышении выходов полезной продукции из единицы сырья. Вследствие высокой энергоемкости производства ставится цель — снижение энергозатрат. В трудоемких процессах актуальными становятся инновации, направленные на экономию живого труда (механизация и автоматизация работ, замена ручного труда машинным). При неудовлетворенности потребителей качеством продукции целью инноваций будет совершенствование технологических процессов, систем контроля и организация безупречной исполнительской дисциплины персонала.

Из поставленных целей, которые на предприятии можно считать конечными целями инноваций, вытекают промежуточные, частные цели и соответствующие им задания — проведение научных исследований и разработок, размещение заказов на создание оборудования, реконструкция и модернизация отдельных участков производства или предприятия в целом.

Частные инновационные задачи далее целесообразно разбить на задачи, решаемые на основе кардинальных инноваций, на основе частичных инноваций, на основе псевдоинноваций, а также классифицировать их по другим признакам (наличие у предприятия запатентованных решений, пригодных для выполнения тех или иных задач, обеспеченность инновационной деятельности материально-техническими ресурсами и т. д.).

Второй проблемой следует назвать реализацию комплексного подхода в процессе управления инновациями. Он должен соблюдаться как на этапах планирования, так и на стадиях реализации инновационных проектов. При планировании инноваций, которое начинается с выбора целей на базе предпланового анализа, подлежат учету все предвидимые факторы, условия, последствия планируемых инноваций. Их выявление зависит не только от квалификации разработчиков планов и программ, их вооруженности методологией и информацией для системного анализа, но и от добросовестности и профессиональной честности. Последнее становится особенно важным для пищевых производств, поскольку в стремлении к экономичности предприятия заказывают и применяют новые технологии и рецептуры пищевых продуктов, наносящие прямой ущерб здоровью потребителей (например, для производства «мясных» изделий современные технологии и оборудование позволяют использовать подпорченное сырье и такие части туш животных, которые никак пищевыми не являются — сухожилия, кожные покровы и другие). При системном и комплексном планировании в план должны включаться лишь разработки и инновации, обеспечивающие изготовление и доставку на массовый рынок абсолютно безвредной и качественной пищевой продукции. От составителей планов требуются также широкий кругозор, знание основ научных дисциплин и областей знаний, прямо или косвенно используемых при подготовке и реализации управленческих решений в инновационной сфере. Такие области науки и знаний могут быть выявлены путем логических умозаключений, основанных на существующих источниках информации. Учесть возможные последствия предполагаемых инновационных проектов особенно необходимо при проведении исследований, разработок и формировании технических заданий на последующие этапы работ.

Комплексность должна обеспечиваться и при реализации планов — в процессе управления инновационной деятельностью. Основные решения, от которых зависит комплексность, предопределяются планами — взаимная увязка стадий по срокам, показателям, ресурсам, исполнителям и другим аспектам. Предполагается, что каждый инновационный проект изначально является комплексным и в нем отражены все правовые, финансовые, экономические, технические, санитарно-гигиенические, экологические, энергетические и иные факторы и вопросы, сопровождающие ход работ над проектом.

В качестве третьей проблемы можно назвать проблему оценки эффективности инноваций. Выше говорилось о том, что чисто экономический подход к такой оценке чреват масштабными негативными социальными последствиями инновационной деятельности в пищевой промышленности. Безусловно, производитель оценивает целесообразность затрат на инновации с позиции их прибыльности, рентабельности для своего предприятия. Однако, необходимо, чтобы инновации имели высокую, положительную социальную эффективность. Сочетание предпринимательской и общественной эффективности инноваций, вероятно, достижимо путем развития систем жесткого контроля качества продукции, процессов ее производства и самого менеджмента на базе стандартов ISO с учетом системы KODEX ALIMENTARIUS. Невозможно заставить предпринимателя внедрять новинку, если это не повысит рентабельность или не снизит убытки фирмы. И невозможно помешать ему использовать экономически выгодное новшество, наносящее вред потребителям, иначе, как проводить обязательный контроль и применять меры материальной и, в предусмотренных законом случаях, уголовной ответственности.

УДК 36.365

РАЗВИТИЕ ПИЩЕВЫХ ПРЕПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Л. С. Ивановская

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Каждое предприятие, в том числе и в пищевой отрасли, в условиях изменяющейся рыночной ситуации, в частности, в условиях экономического кризиса, ужесточения конкурентной борьбы ставит своей задачей поддержание стабильности и дальнейшее развитие. Добиться этого можно лишь в том случае, если предприятие ориентировано на увеличение продаж и удовлетворение потребностей населения в массовых видах продукции, поддержание высокого уровня ее качества, расширение ассортимента и снижение затрат на ее производство и реализацию. Для достижения этих ориентиров требуется постоянное совершенствование и развитие многообразной деятельности пищевых предприятий по всем ее аспектам.

Одним из основных направлений развития предприятий является совершенствование системы и структуры управления. В практике управления проявляются тенденции перехода от функции «поддержание стабильности» к функции «управление изменениями». При этом объектами управления становятся не только структура управления предприятием, методы ее оптимизации, стратегия, но и человеческие поведенческие аспекты организации (состав персонала, культура предприятия, психологический климат и пр.).

Важнейшим направлением повышения эффективности управления производством и сбытом является усиление службы маркетинга, которая становится ведущим подразделением, определяющим всю хозяйственную деятельность предприятия, поскольку только ей присущими методами обеспечивается необходимый уровень приспособляемости к изменяющейся внешней среде, инициируются требуемые изменения внутренней структуры и взаимосвязей подразделений. Маркетинг выступает как одна из ведущих функций управления с правом давать рекомендации другим службам. Маркетинг тесно связан не только с производством и сбытом, но также и с отделом материально-технического снабжения, поскольку от качества сырья, своевременности его доставки напрямую зависит и качество готовой продукции.

Целесообразно, как это свидетельствует зарубежный опыт, подчинить отделы материально-технического снабжения, производственно-технологического и отдела сбыта единой службе «Логистика», занимающейся оптимизацией снабженческих, производственных и сбытовых потоков на всех стадиях системы снабжение–производство–сбыт. Важное значение имеет перестройка финансовой службы, создание условий для прогнозирования и оперативного управления финансовыми потоками, осуществление концепций контроллинга в планировании, учете и контроле всей деятельности предприятия.

В связи с необходимостью постоянной переподготовки кадров следует создать службы работы с персоналом.

Обеспечение разработки новых направлений деятельности предприятия требует создания службы управления изменениями, основной задачей которой становится организационное обеспечение адаптации производства и технологических процессов к меняющимся рыночным условиям.

Для увеличения объема продаж, расширения торговли пищевые предприятия ведут активную работу в сфере обращения. Сюда входит налаживание тесных контактов с торгующими организациями, а также широкое развитие сети фирменной торговли.

Работа с торгующими организациями включает в себя установление партнерских отношений на основе долговременных хозяйственных договоров, предусматривающих ориентацию предприятий на увеличение объемов продаж, а не на повышение цен, участие в акционерном торговом капитале. Развитие фирменной торговли позволяет предприятиям значительно увеличить объемы продаж, является существенным фактором выживания в условиях острой конкурентной борьбы.

В целях обеспечения устойчивой сырьевой базы предприятия, занятые переработкой сельскохозяйственной продукции, вступают с предприятиями-производителями сырья в тесные договорные отношения, помогая главным образом товарными кредитами. Стабилизация поставок сырья способствует выпуску высококачественной продукции, повышая ее конкурентоспособность. Кроме этого, важными условиями конкурентоспособности являются постоянная работа по совершенствованию тары, внешнему оформлению, соблюдение технологической дисциплины, тщательная водоподготовка и высокое санитарное состояние оборудования.

Конкурентоспособность продукции в немалой степени обеспечивается и ценовой политикой предприятия, которая во многом зависит от снижения затрат на ее производство и реализацию.

В целях уменьшения затрат, кроме снижения норм потерь основного сырья, которые уже сведены к минимуму, целесообразно обратить внимание на полное использование всех отходов производства, а также сокращение удельного расхода энергоресурсов, особенно в связи с тем, что энергоемкость российской продукции зачастую в два-три раза превышает аналогичные показатели развитых стран. Установка счетчиков, как показывает опыт лидирующих предприятий, существенно снижает расход воды и энергоресурсов.

Важным направлением развития предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности необходимо считать их диверсификацию, связанную, прежде всего, со сложностью рыночных процессов. Это позволяет сгладить сезонность перерабатывающих производств, организовать высокорентабельные подразделения по переработке возобновляющихся природных ресурсов (дикорастущего сырья, рыбы, древесины и т. п.). Обладая финансовыми ресурсами, свободными производственными площадями, а часто и соответствующим оборудованием, высококвалифицированными кадрами технологов, несложно организовать непрофильное производство, являющееся финансовой защитой основного.

К вышесказанному следует добавить, что изменения внешней и внутренней среды предприятия в условиях кризиса происходят, как известно, непрерывно. Поэтому каждое предприятие должно постоянно работать над своим развитием по тем направлениям, которые в данный момент наиболее актуальны.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

О. П. Яковлева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

В мировой практике выделяют банковский, финансовый, производственный менеджмент, а также управление издержками и менеджмент рисков.

В данном изложении рассмотрены вопросы управления расходами, величина которых находится в зависимости от производственного менеджмента. Покрытие рисков (убытков) увеличивает расходы, особенно в период кризиса.

В поле деятельности менеджмента в период нормального состояния экономики, включающей следующие аспекты работы:

1. Повышение рыночной стоимости собственных средств или биржевая капитализация. При этом используется показатель рентабельности акций, отражающих стоимость предприятия, когда участникам рынка известна разница между компаниями с хорошим и плохим менеджментом.
2. Управление качеством продукции.
3. Управление отношений с клиентами.
4. Управление ресурсами предприятия.
5. Управление производством.
6. Управление издержками.

Отправной позицией для реализации указанных направлений является межфункциональный менеджмент, ориентированный на долгосрочный перспективный период.

Руководство компании определяет цели по направлениям, выходящим за рамки отдельных функций, и означает координацию деятельности различных отделов для достижения целей фирмы на основе разработанных мероприятий.

На год составляется программа по система Кайзен по нескольким направлениям (например программа по универсальному управлению качеством):

— определяются нормативы времени (технологический цикл и др.);
— рассчитываются затраты и эффективность их использования;
— оптимизируются технологические процессы;
— разрабатываются мероприятия по технике безопасности.

Межфункциональный менеджмент необходим для управления производственными и экономическими процессами в условиях кризиса и должен быть направлен в первую очередь для ликвидации расточительства.

Ликвидация расточительства рассматривается как высшая цель, преследуемая на всех уровнях от высшего руководителя до самого низшего рабочего места.

Каждый иерархический уровень ставит себе годовую цель с ежемесячным планированием по функциональным отделам.

Для этого используются следующие ориентиры:

1. Классификация типов расточительного использования.
2. Формируется проблема по каждому типу расточительства и идеальное состояние для достижения цели.
3. Отнесение проблемы к одному из 5 М: машина, материал, man (человек), метод, messung (измерение).
4. Разрабатываются мероприятия по ликвидации потерь.
5. Назначается ответственное лицо (сотрудник).
6. Определяются сроки выполнения мероприятия.
7. Прогнозируются результаты для определения приоритета.

Менеджмент исследует возможности дивестиции — продажи малорентабельных бизнес-единиц.

Менеджмент анализирует непроизводственные затраты (неиспользуемые ресурсы), не требуемые для выпуска продукции, оказания услуг.

На основе анализа непроизводственных затрат намечаются такого рода мероприятия.

1. Расчет необходимо ограничивать реальными масштабами, соответствующими требованиям рынка.
2. Не допускать возникновения избыточных ресурсов, производственных мощностей.
3. Целесообразна продажа или сдача в аренду избыточных ресурсов, не требующихся для производственного процесса.
4. Возможно сокращение кадров, переобучение, перемещение на другое место.

5. Производить закупку продукции, услуг на стороне вместо собственного производства (аутсорсинг).

6. При наличии пиковых загрузок производства осуществлять наем временных рабочих, привлекать новых поставщиков и лизинг.

7. Применение бенчмаркинга, как сравнения своей фирмы с лучшими по отрасли (по доле собственного капитала, обороту, научным исследованиям разработкам и другим показателям) для выявления отклонения по отношению к лидеру.

Для анализа и контроля производимых затрат целесообразно использовать визуальный менеджмент по методикам транспарентной (наглядной, прозрачной) обработки информации по отдельным элементам и доведения ее до рабочих мест.

Для достижения намеченных целей традиционные показатели: прибыль, поток наличных средств, уровень затрат на единицу продукции, рентабельность, дополняются оценкой отношений с клиентами, рассмотрением аспекта квалификации и развития персонала, исследованием внутренних процессов производства.

Для рассмотрения отношений с клиентами привлекаются такие показатели, как доля рынка, т. е. размер оборота к общей сумме продаж фирмы, размер повторных покупок, коэффициент новых клиентов, невыполненные в срок поставки и др.

Аспект повышения квалификации и развития персонала означает совершенствование этой системы (методы руководства, курсы иностранных языков, вертикальный тренинг, премирование и т. д.)

Совершенствование внутренних процессов предполагает оптимизацию организации производства с целью сокращения производственного цикла, рационализацию, анализ инновационного потенциала.

На основе изложенного следует сделать общий вывод: каждая фирма в период кризисной экономики должна перестроить процессы управления расходами путем организации специального менеджмента для сохранения финансового равновесия фирмы. Для этого следует во всех функциональных отделах выделить обязанности и лиц, ответственных за антикризисные меры.

ПРОБЛЕМЫ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РОССИИ

А. А. Лагирев

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Lagirew2007@yandex.ru

Проблема развития конкурентоспособного технологического потенциала страны в настоящее время является одной из ключевых. Инновационный путь развития, заставляет искать новые подходы к реализации научно-технического потенциала. В значительной степени решение данной проблемы зависит от возможности и умения использовать современные финансовые инструменты и механизмы для привлечения в высокотехнологичную сферу экономики внебюджетных инвестиций. Одним из наиболее перспективных путей реализации высоко рисковых наукоемких инновационных проектов является венчурное инвестирование, эффективность которого подтверждена мировой практикой.

Немаловажной проблемой венчурного инвестирования является отсутствие в России достаточного количества высокотехнологичных венчурных проектов. На сегодняшний день очень немногие отечественные фирмы и предприниматели практикуют привлечение венчурных инвестиций. Основываясь на данных социологических опросов, о венчурном инвестировании имеет представление лишь незначительная часть предпринимателей. Еще меньшая часть владеет объективной и достоверной информацией о механизмах венчурного инвестирования (рис. 1).

У многих предпринимателей сильны опасения по поводу «захвата» их бизнеса венчурным фондом, и на первый взгляд, они обоснованны, ведь фонд выкупает значительный пакет акций компании. Владеющие же информацией предприниматели стремятся вложиться не в высоко-технологичные проекты, как практикуется в развитых Западных странах, а в быстроокупаемые. По данным РАВИ 27 % средств венчурных фондов, работающих в России, было направлено в пищевую промышленность, 9 % в медицину и фармацевтику, 5 % в упаковку, а в высокотехнологичную сферу телекоммуникаций лишь 25 % (рис. 2) .

10 октября 2008 г. В Санкт-Петербурге проходила Девятая Российская Венчурная Ярмарка. Здесь было представлено более 56 компаний, нуждающихся в инвестировании, которые могут составить достойную конкуренцию европейским. По итогам отбора по 7 номинациям лидерами стали следующие компании:

— в номинации **«Лучшая компания Ярмарки»** было признано победителем **ООО «НТЦ «РАТЭК»**, Санкт-Петербург. Фирма производит установки обнаружения любых видов взрывчатых, радиоактивных и делящихся веществ на основе методов ядерной физики, в том числе методов нейтронного анализа; компания **ООО «Теле-М»** из Нижнего Новгорода была награждена Золотым дипломом в номинации **«Перспективный бизнес»**.

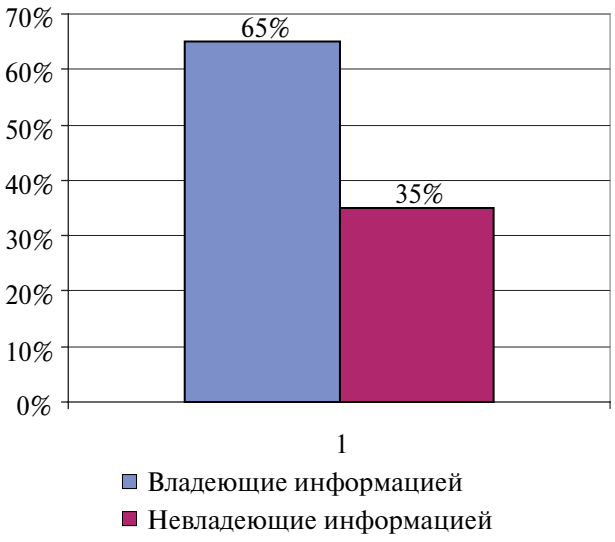


Рис. 1. Данные социологического опроса

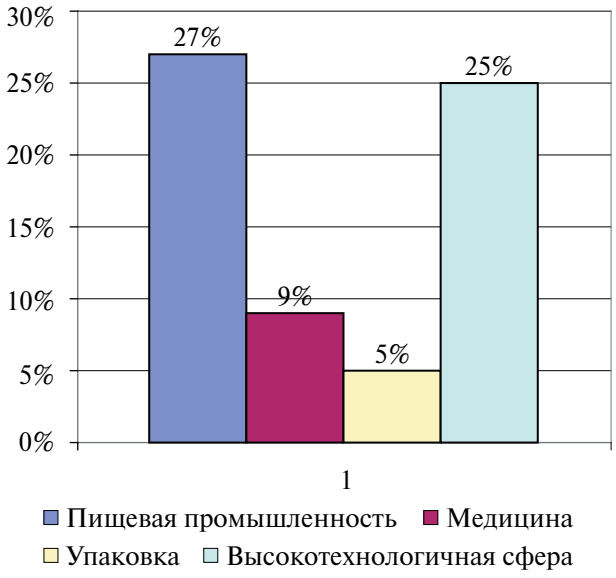


Рис. 2. Данные РАВИ

Продукция компании — SuperVisor — это система контроля действия охранников на подконтрольных объектах, которая позволяет автоматически в режиме реального времени отслеживать и регистрировать передвижения охранников с точностью до единиц метров, анализировать его физическое состояние и поведение, а в случае необходимости — поднимать тревогу. Система позволит повысить эффективность контроля со стороны руководства охранных предприятий за своим персоналом, а страховым компаниям снизить риски наступления страховых случаев.

— серебряного диплома в номинации **«Перспективный бизнес»** удостоилась компания **«Церс»** из Ростов-на-Дону. Компания производит уличные, архитектурные и промышленные светильники на светодиодах, являющиеся экологически чистыми и не требующими специальных условий по обслуживанию и утилизации.

— в номинации **«Перспективный бизнес»** Бронзовым дипломом была награждена компания **ООО «НПП «Белама Плюс»**, г. Минск. Компания выпускает сельскохозяйственные машины и оборудование для растениеводства и кормопроизводства: опрыскиватели, протравливатели семян, оборудование для внесения консервантов в силос, зерно.

— в номинации **«Лучшая презентация»** была признана победителем компания **ООО «НПК Информационные технологии»**, Санкт-Петербург. Компания разрабатывает и производит электронные детские книги, игрушки, говорящие книг, говорящие игры и пазлы; в номинации **«Лучший маркетинг»** была признана победителем компания **ООО «АГРОКОМ»**, г. Оренбург. Компания производит крупы быстрого приготовления с улучшенными потребительскими свойствами произведенные по инновационной технологии и крупы удобного приготовления в пакетиках для варки.

— в номинации **«Оригинальная бизнес-идея»** была признана победителем компания **ООО «Целоформ»**, г. Казань . «Целоформ» — биосовместимый медицинский сорбент, обладающий высоким уровнем не только сорбционной, но и дренирующей способности, выраженным бактерицидным, противоспалительным, обезболивающим, противоотечным и ранозаживляющим действием. Многие из них нашли инвесторов в лице европейских компаний и банков, занимающихся финансированием инвестиций. Следовательно решением данной проблемы может явиться более частое проведение подобных ярмарок, конференций, мониторингов.

Большой проблемой, тормозящей развитие венчурного инвестирования, является нежелание большинства отечественных банков осуществлять финансирование инвестиций. В настоящее время лишь немногие банки, такие как КМБ-банк, группа «Дельта», «Русский банкирский дом» занимаются финансированием инвестиций. По словам начальника кредитного отдела А. Артюх банка «Русский банкирский дом», доля венчурных кредитов в кредитных портфелях многих банков в настоящее время не велика. По моему мнению, это временный фактор, банки начнут все-таки заниматься финансированием инвестиций тогда, когда прибыль от кредитования станет невелика и конкуренция начнет вытеснять их с рынка. Первыми этим начнут заниматься небольшие банки, т. к. конкуренция в первую очередь вытеснит их с рынка. Изначально банкиры начнут заниматься посредничеством между компаниями и предприятиями, желающими начать новый бизнес и венчурными фондами, имеющие возможность их инвестировать. Т. о. постепенно банковская система все больше и больше будет погружаться в инвестиционный бизнес.

Отсутствие высококвалифицированных специалистов также негативно влияет на сферу венчурного инвестирования. Данный фактор несомненно оказывает влияние на нехватку достойных инвестиционных проектов. Решением же данной проблемы может стать оказание Министерством образования должного внимания данной проблеме. В высших учебных заведениях необходимо более досконально изучать данную дисциплину, необходимо также приглашать иностранных коллег для проведения лекций, конференций и так далее, важным шагом также может стать заключение договоренности учебных заведений и иностранных компаний, с целью прохождения практического обучения. При соблюдении данных условий в России появятся квалифицированные специалисты, а, следовательно, не заставят себя ждать появление качественных инвестиционных проектов.

Безусловно немаловажной проблемой венчурного инвестирования является недоработанная законодательная система РФ. Во многих высокоразвитых странах законодательная база приспособлена для деятельности венчурных структур, в других случаях инвесторам приходится сотрудничать с иностранными фирмами, и таким образом образовывая совместную структуру, пользоваться правами других стран. Существующая же в нашей стране нормативная база венчурного финансирования достаточно ограничена. К сожалению, отечественное законодательство сегодня практически не содержит нормативных актов, регулирующих деятельность венчурных фондов. Для создания правовых основ, способствующих активизации инновационной деятельности в нашей стране, необходимо доработать и принять федеральный закон «Об инвестиционной деятельности и государственной инновационной политике» и федеральный закон «О венчурной деятельности» и ряд других нормативных правовых актов. Также для развития венчурного инвестирования необходимо обеспечить благоприятные правовые условия, в том числе касающиеся прав интеллектуальной собственности. До сих пор нет четкой, законодательно установленной позиции по поводу прав на результаты интеллектуальной деятельности, созданные с

привлечением средств федерального бюджета. Кроме того, для стимулирования активности участников рынка чиновникам следовало бы предусмотреть дополнительные налоговые или иные льготы для инвесторов в области венчурного инвестирования.

Нельзя не отметить, что некоторые положительные действия со стороны государства уже предприняты. В частности, речь идет о реализации мероприятий с участием МЭРТ (Министерство экономического развития и торговли) по созданию частно-государственных венчурных фондов для инвестирования в высокотехнологичные проекты. Чиновники прекрасно понимают, что развитие венчурного бизнеса не только поможет встать «на ноги» малому и среднему инновационному бизнесу, что решит одну из основных экономических проблем современной России, но и положительно скажется на состоянии фондового рынка в целом.

Главной же проблемой как венчурного инвестирования, так и экономики в целом является финансовый кризис, охвативший экономики как малоразвитых стран, так и преуспевающих в развитии стран всего мира. Последствия кризиса явно заметны во всех областях экономики (как в сельскохозяйственной сфере, так и в промышленности и банковской деятельности). Но именно последствия финансового кризиса смогут повысить спрос на венчурный капитал. Мнения многих экспертов сводятся к тому, что перспективы быстрого роста инновационной экономики сомнительны, поскольку инновации на нашем рынке не востребованы, в первую очередь, потребителем. А без заказов со стороны крупных партнеров, в условиях краткосрочной ликвидности и разлаженной банковской системы жизнь высокотехнологичных компаний сильно усложняется. Но выходом из сложившегося положения может стать деятельность венчурных инвесторов, скупающих активы тех компаний, которые предлагают конкурентоспособный продукт. А предприятиям чтобы предоставить такой продукт придется обратить свой взгляд в сторону инновационных разработок. Финансирование же данных разработок будет осуществляться за счет банковских займов, которые будут предоставляться при наличии перспектив прорыва. Причем, поскольку кризис мировой, то и венчурный капитал, и инновации будут стремиться через границы туда, где они более востребованы. России необходимо воспользоваться этой ситуацией.

УДК 658.512

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НАЛОГООБЛАГАЕМОЙ ПРИБЫЛИ В КИСЛОРОДНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В. П. Плешков

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Для повышения конкурентоспособности предприятия важную роль играет снижение затрат на производство продукции.

Известно, что на поведение издержек производства, главным образом оказывает влияние проведения организационно-технические мероприятия.

Однако, существующая система нормативного регулирования бухгалтерского и налогового учетов позволяет изменить проведение планируемой налогооблагаемой прибыли.

С 1998 года введено в практику счетоводства Положение по бухгалтерскому учету.

«Учет основных средств» ПБУ 6/97, а с 2004 года «Налоговый кодекс Российской Федерации». Эти документы устанавливают методологические основы формирования в бухгалтерском и налоговым учетах информацию об основных средствах, находящихся в организации на праве собственности, хозяйственного ведения, оперативного управления и договора аренды. В них рассматривается нормативное регулирование амортизации объектов основных средств.

Предусматривается порядок расчета амортизации объектов основных средств, который может базироваться на следующих способах начисления амортизационных отчислений.

При линейном способе годовая сумма начисления амортизационных отчислении определяется, исходя из первоначальной стоимости объекта основных средств и нормы амортизации, исчисленной на основе срока полезного использования этого объекта (первый способ). Под первоначальной стоимостью основных средств, приобретенных за плату, признается сумма фактических затрат организации на приобретение, сооружение и изготовление за исключением общехозяйственных расходов и возмещаемых налогов. Невозмещаемые налоги включаются в фактические затраты.

Срок полезного использования объекта основных средств определяется самим предприятием объекта к бухгалтерскому и налоговому учетам. Причем, его величина рассчитывается с учетом ожидаемого срока полезного использования этого объекта основных средств в соответствии с ожидаемой производительностью или мощностью применения, ожидаемого физического износа, естественных условий, влияния агрессивной среды, системы организации планово-предупредительных ремонтов, нормативно-правовых и других ограничений. При использовании способа уменьшаемого остатка годовая сумма амортизационных начислений определяется, исходя из остаточной стоимости объекта основных средств на начало отчетного года и нормы амортизации исчисленной на основе срока полезного использования этого объекта (второй способ).

Начисление амортизационных отчислений приостанавливается при реконструкции, модернизации и консервации на срок более трех месяцев по решению руководителей организации.

Способ снижения стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования основан на применении первоначальной стоимости объекта основных средств и годового соотношения, где в числителе число лет,

Остающихся до конца срока службы объекта, а в знаменателе — сумма чисел лет срока службы объекта (третий способ).

При начислении амортизационных отчислении по объектам основных средств, приобретенных с использованием бюджетных ассигновании, в расчет берется стоимость объекта за минусом величины полученных сумм.

При способе списания сумма амортизации определяется пропорционально объему продукции (работ). Начисление амортизационных отчислении осуществляется, исходя из натурально показателя объема продукции (работ) в отчетном периоде, умноженной на соотношение первоначальной стоимости объекта основных средств и предполагаемого объема продукции (работ) за весь срок его полезного использования (четвертый способ). Амортизационные отчисления начисляются до полного погашения стоимости этого объекта либо снятия этого объекта с бухгалтерского учета в связи с прекращении права собственности или иного вещного права. Кроме этого начисления амортизации приостанавливается на период восстановления объектов основных средств, продолжительность которого превышает 12 месяцев.

В соответствии с Налоговым Кодексом Российской Федерации налогоплательщик может применять нелинейный метод начисления амортизации. При этом норма амортизации объекта амортизируемого имущества определяется по формуле:

Доля элемента «Амортизация основных средств (в %)»
в общих затратах на производство продуктов разделения воздуха
при использовании различных способов начисления амортизации основных средств

Доля затрат по статье «Амортизация основных фондов в %» при различных способах начислении амортизации			
1 способ (линейный)	2 способ	3 способ	5 способ (нелинейный)
12,0–14,0	6,0–8,0	4,0–8,0	18,0–20,0

$$K = \frac{2}{n} \times 100\ \%,$$

где K — норма амортизации в процентах к остаточной стоимости, применяемая к данному объекту амортизируемого имущества; n — срок полезного использования данного объекта амортизируемого имущества, выраженной в месяцах.

При этом с месяца следующего за месяцем, в котором остаточная стоимость объекта достигнет 20 % от первоначальной (восстановительной) стоимости этого объекта, амортизация по нему начисляется в следующем порядке:

1) Остаточная стоимость объекта амортизируемого имущества в целях начисления амортизации фиксируется как его базовая стоимость для дальнейших расчетов.

2) Сумма начисляемой за один месяц амортизации в отношении данного объекта основных средств определяется путем деления базовой стоимости данного объекта на количество месяцев, оставшихся до истечения срока полезного использования данного объекта.

Проведены расчеты по влиянию различных способов начисления амортизационных отчислении на изменение затрат по производству продукции.

В качестве объектов исследования использовалась информация по кислородному производству. (Фондоемкое производство — удельный вес по элементу «Амортизация основных фондов» в общих затратах на производство составляет 15–20 %).

Результаты расчетов приведены в таблице.

Расчеты по способу снижения стоимости пропорционально объему продукции (четвертый способ) не проводились из-за ограниченного потока информации.

При определении показателей, приведенных в таблице, учитывалось,что стоимость основных средств по подгруппе «Рабочие машины и оборудование» со сроком полезного использования 8–10 лет и более составляла 60–70 % от общей их стоимости.

При планировании поведения налогооблагаемой прибыли можно рекомендовать обязательное сочетание различных способов начисления амортизации.

Выбор оптимального варианта расчета амортизационных отчислении в составе информации в учетной политике предприятия в бухгалтерской и налоговой отчетности позволит получить необходимый финансовый результат его производственно-хозяйственной деятельности.

Список литературы

1. Налоговый кодекс Российской Федерации (Части I и II), М.: ЮРКНИГА, 2008.

МАРКЕТИНГ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСТОРАННОГО ХОЗЯЙСТВА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СПЕЦИФИКА

Т. В. Шталь

Харьковский государственный университет питания и торговли
E-mail: Tatyana_shtal@yahoo.com

Социальная политика государства тесно связана с соответствующим развитием социальной инфраструктуры, которая в условиях стойкого развития экономики, общества нуждается во всесторонних исследованиях. Важной составляющей социальной инфраструктуры выступают объекты ресторанного хозяйства (РХ).

Анализ современного состояния РХ свидетельствует о наличии значительных количественных и качественных изменений под влиянием экономических трансформаций: структурные превращения в сети РХ Украины (появление на рынке заведений с инновационной ориентацией, тенденция к росту количества частных предприятий РХ, что оказывает содействие развитию «здоровой» конкуренции, недостаточное количество заведений доступного ценового сегмента); тенденция роста спроса на квалифицированные кадры; изменились ценности и ориентиры потребителей; тенденция к сокращению вместительности заведений; рост потока прямых иностранных инвестиций и т. д. Сегодня маркетинг в условиях сложных проблем и увеличенной неопределенности внешней среды становится важнейшей составляющей успеха деятельности предприятий ресторанного хозяйства.

Таким образом, развитие ресторанного хозяйства в ближайшие годы будет требовать все большего числа профессионалов в области маркетинга, понимающих его глобальные проблемы, способных реагировать на возрастающие потребности клиентов, способных творчески подходить к разработке стратегии, опираясь на законы маркетинга.

Главным фактором медленного внедрения маркетинговых функций в ресторанном хозяйстве есть слабое развитие процессов концентрации. На протяжении длительного времени в структуре ресторанного хозяйства Украины были распространены разнообразные формы индивидуальных заведений, которые имели небольшую долю на рынке и были ориентированы на удовлетворение локальных потребностей. Но маркетинг является средством мышления и действия, прежде всего больших предприятий, корпоративных сетей. В таком случае маркетинг применяется более эффективно в связи с тем, что широкомасштабная предпринимательская деятельность создает благоприятные условия для развития маркетинговых функций и позволяет внедрять на предприятиях развитые организационные подсистемы маркетинга.

Ресторанной бизнес во всем мире считается одной из рискованных сфер вложения капитала, поэтому маркетинг помогает адаптировать деятельность предприятий к неоднозначности и нестабильности социальных процессов и в целом к неопределенности экономической среды, а также обеспечивает:

— способность быстро реагировать на ассортиментные изменения в спросе потребителей, постоянное обновление и усовершенствование продукции и услуг;

— способность обеспечить высокое качество продукции и услуг при оптимальных расходах производства;

— адекватно и быстро реагировать на изменения внешней и внутренней среды в реальном времени.

За последние годы наблюдаются все более благоприятные условия для развития маркетинга в ресторанном хозяйстве. Ускорение процессов концентрации и возникновение сетевых (системных) заведений оказывают содействие распространению законов маркетинга.

Эволюция маркетинга ресторанного хозяйства позволяет определить, что на начальных этапах развития маркетинг был связан с функциями сбыта, а позднее под этим термином начали понимать все действия и функции предприятия, которые дают возможность реализовывать товары и услуги на рынке. Предпринимателю необходимо четко понимать, какой тип услуги (товара) он собирается предлагать целевому рынку. От этого зависит выбор средств его продвижения.

Учитывая особенности ресторанного хозяйства как специфической области экономики и результаты проведенного анализа, определим маркетинг в этой сфере.

Маркетинг в сфере деятельности предприятия ресторанного хозяйства — это совокупность действий, основанных на предусмотрении, изучении и удовлетворении запросов потребителей путем создания, предложения блюд и напитков, предоставления услуг, которые оказывают содействие организации досуга и обеспечивают получение прибыли на основе дифференцирования стратегических возможностей,

фокусирование на потребностях и целевых сегментах, а также с использованием уникальных ресурсов (брендов, патентов, ноу-хау) предприятия.

Предметом маркетинга в сфере деятельности предприятия ресторанного хозяйства является изучение, отбор и принятие рациональных решений, начиная от задумки создания предприятия конкретного типа и класса к выводу о необходимости его перепрофилирования, в случае если услуги РХ перестали пользоваться спросом.

Специфической особенностью услуги предприятий ресторанного хозяйства является то, что возникает она каждый раз только по требованию абсолютно определенного потребителя. Удовлетворяя конкретные индивидуальные потребности, услуга носит социальный характер, поскольку ej целью есть наиболее полное удовлетворение потребностей населения в рациональном питании. Специфические особенности услуги предприятия ресторанного хозяйства можно охарактеризовать следующими признаками:

— услуга выступает в форме результата деятельности;

— потребителя интересует не сама работа, а степень ej полезности (эффект);

— время потребления работы, которая предоставляет услугу, и является величиной, которая формирует стоимость услуги;

— невозможность накопления услуг (в чем их схожесть с рабочей силой, поскольку их потребление возможно только в процессе функционирования);

— непосредственное удовлетворение потребности лица, которое покупает услугу;

— совпадение во времени процессов производства, реализации и потребления услуги.

В современных условиях хозяйствования предприятия РХ сосредоточили свое внимание на постоянном поиске возможностей усовершенствования своего продукта с учетом нужд потребителей целевых сегментов рынка.

В ресторанном хозяйстве можно выделить два основных направления: усовершенствование продукции и усовершенствование услуг (основных — организация питания и обслуживание; дополнительных — предоставление транспортных, фотоуслуг и т. д.). Вместе с тем сам процесс усовершенствования может касаться разных сторон производства товара в ресторанном хозяйстве: усовершенствование блюд в меню может касаться пищевой ценности, ассортиментной структуры, оформления (внешнего вида), вкусовых качеств. Достичь максимального результата сразу по всем направлениям достаточно сложно и не всегда эффективно [1]. Итак, на наш взгляд, усовершенствование товара может быть реализовано на основе эффективного использования имеющихся материальных и нематериальных ресурсов предприятия, а также на фокусировании на его базовых видах деятельности.

В основе подхода к интенсификации коммерческих усилий лежит представление о том, что потребитель не будет покупать товары предприятий, которые прилагают недостаточно усилий относительно их продвижения и стимулирования продаж. Использование этого подхода в ресторанном хозяйстве наиболее эффективно при открытии ресторанов, которые предлагают подбор национальных или экзотических кухонь.

Ф. Котлер, Г. Армстронг, Дж. Сондерс, В. Вонг определяют маркетинг как философию, которая предусматривает, что достижение компаниями своих целей является результатом определения потребностей и запросов целевых рынков и наиболее эффективное, сравнительно с конкурентами, удовлетворение потребителей. Основным объектом внимания подхода к интенсификации коммерческих усилий являются услуги (товары) предприятия.

Маркетинг чаще используют в своей деятельности предприятия, которые вырабатывают услуги (товары) широкого потребления, чаще всего этобольшие, сетевые предприятия. В качестве примера применения маркетингового подхода в сфере ресторанного хозяйства может рассматриваться сеть заведений быстрого обслуживания «мcDonald's». Миссия деятельности этой сети, которая была начата еще в 1955 году Р. Шагом, высказывается тремя словами: «качество» «сервис» «чистота». В целом результаты деятельности корпорации «мcDonald's» свидетельствуют, что она мастерски освоила искусство маркетинга услуг на основе предоставления торговых привилегий. Корпорация тщательно избирает места для размещения новых предприятий сети; кандидатов на получение своих лицензий; дает фундаментальную подготовку руководителям заведений; поддерживает высококачественной рекламой и программами стимулирования сбыта; постоянно следит за качеством блюд и сервиса; а также направляет значительные усилия на усовершенствование технологий их приготовления, стараясь упростить производственный процесс, сократить расходы и время обслуживания. Последние годы опыт корпорации «мcDonald's» начали перенимать украинские предприятия быстрого обслуживания: «Швидко», «Домашня кухня» и прочие. В своей деятельности они опираются именно на маркетинг и стараются по возможности лучше отреагировать на изменения потребностей и приоритетов населения Украины — рост спроса на услуги

предприятий ресторанного хозяйства, которые организуют качественное питание с умеренными ценами и быстрым обслуживанием [2].

Рассматривая эволюцию маркетинга, следует обратить внимание на альтернативные подходы относительно корректирования маркетинга-микс для сферы услуг. Маркетинговый микс есть одним из ключевых аспектов современной теории маркетинга. Как известно, классический маркетинговый микс состоит из 4Р — продукт (product), цена (price), продвижение (promotion), место (place).

Таким образом, в условиях нестабильности бизнеса-среды, предприятие должно избирать те целевые группы потребителей, нужды которых превыше всего отвечают ключевым организационным возможностям фирмы. Кроме того, изменение окружающей среды вызывает необходимость идентификации и предусмотрение запросов потребителей, условий потребления, постоянное приведение деятельности предприятия в соответствие с рыночной ситуацией, а также выбор своего маркетинг-микса с целью поддержания стратегии и конкурентных позиций на рынке. Предприятия РХ могут контролировать и манипулировать теми компонентами маркетингового микса, которые предоставляют наибольшее воздействие на создание спроса и уровень удовлетворенности клиентов целевого рынка.

Список литературы

1. *Пятницкая Г. Т.* Ресторанное хозяйство Украины: рыночные трансформации, инновационное развитие, структурная переориентация. — К.: КНТЕУ. — 2007. — 465 с.

2. *McDonald M., Payne A.* Marketing Planning for Services, Bullcrworth-Heinemann, Oxford 1997. S. 7.

3. *Kotler P., Armstrong G., Saunders J. and Wong V.* (1999) Principles Marketing. 2nd European end. Hemel Hempstead: Prentice Hall.

4. *Booms B. H. and Bitner M. J.* (1981). 'Marketing strategies and organization structures for service firms' in Donnelly J. and George W. R. (eds) Marketing Services. Chicago, IL: American Marketing Association.

ПОМОЩЬ ПАРТНЕРОВ ПО КАНАЛУ СБЫТА В ФОРМИРОВАНИИ И ПОДДЕРЖКЕ БРЕНДА КОМПАНИИ

А. Д. Ляпунов, М. А. Макарченко

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Alexey.lyapunov@gmail.com

Мы живем в мире великого множества брендов и легкодоступности технологий, в мире, где инновационный продукт, система, услуга или процесс созданная кропотливым трудом сотрудников одной компании может с легкостью быть воспроизведен конкурентами. Это порождает «серьезную стратегическую проблему дифференциации предприятий и их товаров» [3, с. 16]. Облегчить решение этой непростой проблемы могут сильные бренды. Они дифференцируют компанию и ее продукт от товара конкурентов, облегчают доступ на новые рынки, открывая для Вас двери «орлов» — самых лучших партнеров по каналу дистрибуции. Сердцем же любого сильного бренда является его идентичность. Идентичность бренда — представление о том, как этот бренд должен восприниматься целевой аудиторией [1, с. 57]. Она часто выражается одним словом (стержневая) или емкой фразой. Однако, если она становится расплывчатой или похожей на «чужую», то вероятность создания успешного бренда резко снижется. При конкретизации идентичности она становится более определенной, что положительно скажется на восприятии бренда. Не малую роль в положительном восприятии могут сыграть партнеры компании (дистрибьюторы, поставщики комплектующих, партнеры по аутсорсингу и т. п.), так как во многом от них зависит, как будет принят бренд конечными потребителями.

Создание и поддержание сильного, с ясной идентичностью бренда это не простая задача, справится с которой, становится все труднее и труднее в связи с удлинением каналов продаж, а также увеличением многообразия их видов. Решение этой задачи усугубляется в том случае, если бренд-менеджер при управлении вверенным ему брендом уделяет внимание, лишь конечным потребителем товара или услуги. Необходимо всячески подключать партнеров по каналу сбыта к поддержке существующих и формировании новых брендов. Ведь именно представители дистрибьюторов, реселлеров, розничных продавцов становятся «доверенными лицами» представляющими интерес ваших брендов, как только продукт или услуга попадает на полки магазинов, включается в каталоги, выкладывается на сайты интернет магазинов. Если они не будут разделять, понимать и принимать идентичность вашего бренда, осознавать каждое измерение (функциональное, ментальное, социальное, духовное) его «поля» [5, с. 22] это может привести, в конечном счете, к потере доли рынка.

Отлично иллюстрирует вышеуказанную проблему пример того как компания CNH Group занимающаяся производством малолитражных тракторов не была готова вовлекать партнера по каналу сбыта в управление брендом. Поиском причины в компании озаботились лишь после утраты лидирующих позиций на рынке. В результате проведенного исследования, целью которого было выяснения причин потери 30 % доли ключевого рынка, были получены следующие неутешительные результаты:

- Покупатели малолитражных тракторов (конечные потребители) не видят большой разницы между ее брендом и конкурирующими брендами.
- На принятие конечными потребителями решения о покупке наибольшее влияние оказывали их отношения с дилерами [4, с. 29].

Таких серьезных потерь можно было бы избежать, подключив к формированию бренда дилеров компании CNH Group. Но каким же образом партнеры по каналу могут помочь в формировании сильного, с ясной идентичностью бренда?

Например, партнеры компании могут помочь в конкретизации идентичности. Идея заключается в том, чтобы подключить их к созданию «Представления конкретизированной идентичности бренда» о которой пишет Дэвид А. Аакер в своей книге «Бренд-лидерство: Новая концепция брендинга». Под этим термином автор понимает «...некий инструмент коммуникации... оформленный в виде книги, видео записи, подборки визуальных материалов и справочник» [1, с. 90–91]. Однако Аакер пишет об использовании конкретизации идентичности сотрудниками фирмы и ее клиентами, мое предложение заключается в расширении применения этой методики для партнеров по каналу сбыта. Предложив партнерам, то есть тем, кто должен знать, чем является бренд, и непосредственно участвовать в реализации его концепции, оформить свое представление о нем, что позволит достичь следующих результатов:

1. Выявить наиболее заинтересованных в сотрудничестве компаний; об этом можно будет судить по качеству предоставленных материалов

2. Выявить эффективность текущих маркетинговых коммуникаций направленных в сторону партнеров компании; об этом можно будет судить по тому насколько «представления конкретизированной идентичности» созданные партнером отвечают Вашим представлениям о рассматриваемом бренде.

3. Участие партнеров в разработке идентичности бренда продемонстрирует им, «что они [дистрибуторы] входят во внутренний круг производителя, тем больше они станут тратить сил на продвижение вашего нового товара...» [2, с. 165–166]. Такие действия демонстрируют партнерам открытость и нацеленность компании на рынок, что неизбежно положительно скажется на дальнейших взаимоотношениях.

Партнеры могут помочь процессу конкретизации и уточнения идентичности бренда, поделившись своим восприятием бренда. Стоит предложить партнерам назвать визуальные метафоры отражающие элементы стержневой идентичности (например, лидерство и инновационость). Эти образы, взятые ими из повседневной жизни, могут оказаться чрезвычайно разнообразными: животные, люди, города или растения.

Более интерактивным и потому возможно более эффективным может оказаться предложение сфотографировать или снять на видео образы, которые по их ощущениям соответствуют вашему бренду либо ему противоположны на предоставленные камеры. Благодаря таким действиям, можно получить доступ к визуальным метафорам, связанным с брендом, которые возникают в сознаниях партнеров. Это упростит дальнейшем поиск подходящих визуальных метафор, то есть создаст первоначальный комплекс визуальных стимулов, задающих направление дальнейших творческих поисков, в том случае, если находится еще на стадии формирования идентичности бренда. Либо это поможет понять насколько выбранная Вами визуальная метафора, в действительности соответствует сформированной идентичности бренда, если идентичность уже сформирована.

Вовлечение партнеров по каналу сбыта поможет создать и поддерживать наиболее гармоничный и понятный бренд, который более привлекателен для конечного потребителя на столько, что он предпочтет его даже в том случае, если конкурирующий бренд с менее ясной идентичностью обладает более высоким качеством. Что, в конечном счете, приведет к росту доли на рынке, либо даже создания собственной ниши, и соответственно росту доходов.

Одной из целей призыва партнеров по каналу сбыта на помощь заключается также в том, чтобы добавочная ценность бренда (ментальное измерение 4-мерной модели Томаса Гэда), рожденная из личных ассоциаций у конечного клиента при взаимодействии с партнером, была как можно больше.

Как это работает? Посредством вовлеченности в формирование бренда сотрудники компании партнера по каналу сбыта чувствуют сопричастность и начинают относиться к бренду товара более лояльно, почти как к своему, рекомендуют его своим клиентам, выделяя его из линейки конкурентов находящейся в их распоряжении. При этом, понимая истинную ценность бренда, все четыре измерения его поля, они доносят их до конечного потребителя, тем самым повышая его добавочную ценность. Что в свою очередь позволит повысить ценовую премию поставщику этого продукта, и, соответственно, предложить более привлекательную компенсационную программу дистрибьюторам, что соответственно усилит оборот между партнерами и еще больше укрепит позиции данного поставщика в умах сотрудников партнера по каналу сбыта.

Как известно, выход на новый рынок всегда сопряжен с существенными финансовыми затратами, особенно если на рынке уже закрепились основные конкуренты. Партнеры по каналу сбыта также могут помочь в формировании идентичности бренда на новом территориальном рынке, что существенно может снизить затраты и увеличить доход от занимаемой доли рынка.

Хорошим примером для иллюстрации помощи партнера по каналу сбыта в формировании идентичности бренда может служить пример партнерства компании ПРОМТ, разработчика систем машинного перевода, и одного из крупнейших дистрибуторов ПО Avanquest с которым было принято решение сотрудничать при выходе на розничный рынок Франции. К моменту выхода на рынок (2008 г.) на нем уже прочно закрепились основные конкуренты ПРОМТ — Systran и Babylon. О бренде PROMT — а именно такой бренд продвигается на западе компанией ПРОМТ — на момент выхода, на рынок было известно весьма ограниченному кругу лиц. На рынках России и СНГ, бренд PROMT прочно закрепился в умах клиентов ассоциирующийся с высокотехнологичными и в тоже время предлагающимися по умеренной цене решениями для автоматизированного перевода. Компания же Avanquest присутствует более 25 лет на рынке Франции программного обеспечения в Европе, став за это время шестым в мире по объемам продаж издателем программного обеспечения. За эти годы бренд Avanquest стал ассоциироваться с высокотехнологичным программным обеспечением, по доступной цене, потому как в компании очень тщательно подходили к выбору поставщиков распространяемого программного обеспечения.

В ходе разработки совместной маркетинговой деятельности было принято решение о том, что на всех коробках @promt 8.0 распространяемых во Франции с лицевой стороны будет размещен логотип Avanquest. Сразу же после выхода на рынок линейка продуктов @promt 8.0 заняла более 20 % рынка. Стоит отметить, что маркетинговые затраты на продвижение @promt 8.0 составили около 2 % от полученной прибыли в первый же год присутствия на рынке, что является показателем высокой эффективности осуществленных мероприятий. Таким образом, поддержка локально известного бренда партнера обеспечила доверие со стороны французских клиентов к новичку местного рынка. Этот пример демонстрирует, как российские компании, выходя на высококонкурентные западноевропейские рынки

и привлекая на свою сторону локальных партнеров по каналу сбыта с сильным брендом, могут с легкостью отвоевывать у крупных игроков существенные доли рынка без излишних маркетинговых затрат.

Все приведенные мною примеры показывают насколько сильно влияние партнеров по каналу сбыта компании на формирование и поддержку бренда. При этом они могут выступать не только как последний форпост на пути поставки от производителя к конечному потребителю продукта или услуги, но и как активный участник конкретизации и уточнения идентичности бренда. Таким образом, вовлечение партнеров по каналу сбыта поможет создать и поддерживать наиболее гармоничный и понятный бренд, что, в конечном счете, приведет к росту доли на рынке, либо даже создания собственной ниши, и соответственно росту доходов. Привлечение партнеров по каналу сбыла при выходе на новый территориальный рынок, в свою очередь, ведет к снижению издержек и одновременно высоким стартовым объемам продаж.

Список литературы

1. *Аакер Д., Йохимштайлер Э.* Бренд-лидерство: новая концепция брендинга. 2003. М.: Гребенникова ИД. — 380 с.

2. *Лорницки К.* Управление каналами дистрибуции. М.: Добрая книга, 2006. — 368 с.

3. *Темпорал П.* Эффективный бренд-менеджмент. СПб.: Нева, 2003. — 319 с.

4. Управление каналами дистрибуции. Линда Горчелс, Эд Мариен, Чак Уэст. 2005. М.: Гребенникова ИД. — 248 с.

5. *Гэд Т.* 4D брендинг. Взламывая корпоративный код экономики. СПб.: Стокгольмская школа экономики, 2005. — 232 с.

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИЙ

А. Н. Карелин

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: Alen-Karelin@yandex.ru

Необходимость перестройки приоритетов экономики регионов-субъектов все в большей степени осознается руководителями административно — территориальных образований. В «Основных направлениях социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу» подчеркивается необходимость решения «актуальных задач структурно-технологической модернизации». Научно-технологический прогресс уже давно превратился в важный фактор экономического роста и повышения благосостояния человечества. В кономике ведущих стран мира наблюдается устойчивая тенденция возрастания роли наукоемких, ресурсосберегающих технологий и производств.

В развитии экономики страны мегаполисы играют определяющую роль. В этом состоит ответственность и обязанности системы управления городом перед населением города и обществом страны в целом. Велико значение городов в реализации процессов экономической и социальной интеграции государства, выборе приоритетов его развития. Руководство мегаполисом решает систему задач управления, но одна из ведущих функций — это создание механизма инновационного развития.

Сегодня Петербург не входит в список ведущих мировых инновационных центров, а Россия, согласно исследованиям европейских специалистов, не относится ни к лидерам, ни к последователям, ни к новичкам на мировой инновационной арене.

Главная проблема развития инноваций в Санкт-Петербурге — отсутствие системного подхода при оказании этому направлению государственной поддержки. Вторая проблема заключается в том, что наука и образование работают отдельно, а промышленность без государственной поддержки не может преодолеть разрыв инновационного цикла. В Санкт-Петербурге в конце 2008– начале 2009 года подготовили комплексную программу мероприятий по развитию инновационной деятельности в Санкт-Петербурге, где сформулированы задачи инновационной политики, указан полный перечень проектов и мероприятий, источники, сроки и объемы финансирования, определены ответственные органы. Она то и должна в какой-то степени решить эти проблемы.

Но, на мой взгляд, в программе есть существенное упущение — не обращено внимание на проблему комплексной оценки эффективности инновации. Эта проблема постоянно находилась и находится в центре внимания ученых-экономистов и руководителей-практиков различных уровней и рангов. За последние десятилетия было издано большое число научных работ, посвященных этой проблеме, разработано множество разнообразных вариантов методических указаний и рекомендаций в области экономического обоснования капитальных вложений в различные объекты инвестирования, предназначеных для различных уровней применения. Однако возникает вопрос о степени новизны и соответствия подобных рекомендаций реальным экономическим условиям и возможности их использования для оценки инновационных проектов.

Общая значимость инноваций может быть оценена с позиции регионального уровня управления хозяйствующего субъекта. Общая значимость условно может иметь три уровня оценок:

- первый (высший) — решение первоочередных проблем;
- второй — решение приоритетных проблем;
- третий — решение рядовых проблем.

Но так как инновации воздействуют на ряд сфер жизни региона (мегаполиса) — научно-техническая, экономическая, социальная, экологическая — следует разработать ряд оценок по каждой отдельной категории.

Научно-технические оценки должны ответить на следующие вопросы: насколько принятые технические решения соответствуют современным технологическим требованиям, способствуют движению к новому технологическому укладу производства; каковы уровень и масштаб новизны проекта, его составных частей, наличие интеллектуального продукта или защищенной патентами интеллектуальной собственности; насколько перспективны заложенные в проект принципы технологии и технического оснащения; на какой рынок (внутренний, внешний) ориентируется выпуск новой продукции. Для

научно-технической оценки инноваций могут быть отобраны один — четыре существенных параметра, интересующих пользователей продукции, услуги, технологии, способов выполнения работ. Все другие параметры должны укладываться в рамки некоторых стандартов или общепринятого уровня, т. е. участвовать в оценке в качестве ограничений.

Экономические оценки инноваций должны представлять собой систему показателей, отражающих соотношение затрат и результатов каждого его участника. Наряду с основными могут быть определены дополнительные экономические оценки инноваций — оценки улучшения использования ресурсов: трудовых, материальных, финансовых, потенциала территории; оценки выручки от продажи интеллектуальной собственности, создаваемой в ходе осуществления инновационной деятельности, и другие с точки зрения федеральных, региональных, отраслевых интересов и интересов хозяйствующих субъектов.

Социальные оценки должны отражать вклад инноваций в улучшение социальной среды и, в конечном счете — повышение качества жизни людей, характеризуемое оценками: уровня жизни, образа жизни, здоровья и продолжительности жизни.

Экологические оценки инноваций могут состоять из оценок: выбросов и отходов в окружающую среду (водный, воздушный бассейны, земельные ресурсы, лесные ресурсы, животный мир). Особую значимость в экологической оценке инновационных проектов приобретают аспекты экологической безопасности.

На всем протяжении своей истории Санкт-Петербург выполнял множество функций, которые эффективно дополняли друг друга, что являлось основой его устойчивого развития. Превращение Санкт-Петербурга в город, открытый миру, крупнейший международный центр делового и политического сотрудничества, интегрированный в мировую экономику, крупнейший российский торгово-транспортный центр международного значения на Балтике, а также центр инновационно-управленческой деятельности создаст материальные предпосылки достижения главной цели Санкт-Петербурга — обеспечения европейских стандартов качества жизни для всех.

Список литературы

РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА КОРПОРАТИВНЫХ ОБЛИГАЦИЙ В УСЛОВИЯХ МИРОВОГО ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА

И. Г. Сергеева

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: irsergeeva@mail.ru

В результате мирового финансового кризиса произошел резкий обвал российского фондового рынка, затронувший как рынок акций, так и рынок облигаций. Одним из основных факторов ухудшения ситуации на рынке корпоративных облигаций является усиление оттока иностранного капитала в результате неблагоприятной конъюнктуры мировых финансовых рынков и роста политических рисков вследствие конфликта с Грузией и корпоративных проблем в компании ТНК-ВР. В результате наблюдалось значительное снижение ликвидности, падение стоимости и рост доходности как рублевых облигаций, так и еврооблигаций.

Кроме того, усиление оттока капитала на рынке рублевых корпоративных облигаций привело к сокращению возможностей по рефинансированию текущих долговых обязательств в первую очередь компаний второго и третьего эшелонов. В результате у этих компаний возникли ситуации технических дефолтов по исполнению оферт и погашений, выплатам купонов. Технические дефолты наблюдались преимущественно по облигациям компаний пищевой промышленности и розничного сектора.

Одной из негативных тенденций на рынке корпоративных облигаций стало резкое сокращение объема первичных эмиссий и количества эмитентов в рублевом и валютном сегментах рынка. Одновременно произошла серьезная переориентация большинства эмитентов с внешнего на внутренний рынок корпоративных заимствований. При этом основной объем рублевых и валютных эмиссий на рынке корпоративных облигаций пришелся на банковский сектор, так как в период кризиса финансовые компании испытывают постоянную потребность в заемных средствах для рефинансирования накопленной задолженности.

Существенное удорожание стоимости заемных средств привело к изменениям параметров размещения корпоративных долговых обязательств. В частности при осуществлении первичных размещений рублевых и валютных облигаций увеличился размер премий и сократилась дюрация выпусков. Эмитенты корпоративных облигаций были вынуждены отказаться от размещения долгосрочных бумаг в пользу средне- и краткосрочных обязательств. Причем выпуск облигаций с годовой офертой приводит к тому, что действительный срок их обращения не превышает одного года. В результате роста премий, повышения уровня кредитных рисков и сокращения дюрации первичная эмиссия облигаций стала практически невозможна для эмитентов с относительно низким кредитным рейтингом.

Серьезные структурные изменения на рынке рублевых облигаций в связи с кризисом мировой финансовой системы, повышение уровня процентных ставок и снижение интереса к рублевым облигациям как со стороны инвесторов, так и потенциальных эмитентов, ограничение возможностей по безрегрессному финансированию проектов, в т. ч. концессионных, создало предпосылки для создания такого перспективного инструмента финансирования как инфраструктурные облигации.

Инфраструктурные облигации будут способствовать активизации притока долгосрочных инвестиций для строительства и модернизации объектов инфраструктуры. Они являются новым инструментом для вложения средств консервативных инвесторов, удовлетворяя их потребности в финансировании инфраструктурных проектов «длинными» деньгами. Инфраструктурные облигации способствуют развитию рынка ценных бумаг и разработке механизмов предоставления государственных гарантий в рамках инфраструктурных проектов.

По своей природе инфраструктурные облигации почти не отличаются от рублевых, за исключением более длительного срока их обращения. При существующей рыночной конъюнктуре размещение инфраструктурных облигаций без предоставления инвесторам обеспечения практически невозможно, поэтому в качестве обеспечения может использоваться гарантия со стороны Российской Федерации, ее субъекта, муниципального образования, института развития, такого как ВЭБ, IFC, World Bank или ЕБРР, а также участника консорциума. При наличии государственных гарантий или государства в качестве основного акционера эмитента, выпуски инфраструктурных облигаций будут иметь квазисуверенный риск, что привлечет инвесторов, имеющих ограничения по вложениям в бумаги с данной категорией риска. Механизм выпуска и обращения инфраструктурных облигаций отличается от остальных видов ценных бумаг. Инфраструктурные облигации должны быть структурированы таким образом, чтобы они удовлетворяли

достаточно жестким требованиям Бюджетного кодекса и тем требованиям, которые предъявляются к инструментам, подлежащим государственной гарантии.

Целью размещения инфраструктурных облигаций является финансирование строительства или реконструкции одного или нескольких объектов инфраструктуры. Инфраструктурные облигации могут стать одним из ключевых инструментов развития для региональной и муниципальной инфраструктуры. Инфраструктурные облигации выпускаются тремя основными категориями заемщиков:

— компании — субъекты естественных монополий, обслуживающие объекты транспортной, коммунальной и промышленной инфраструктуры;

— компании, созданные для финансирования строительства или реконструкции инфраструктурных объектов;

— компании, которые управляют инфраструктурными проектами и размещают под них облигации.

В качестве основных потенциальных инвесторов, которые обладают «длинными» деньгами и могут проявить интерес к инфраструктурным облигациям, выступают страховые компании и пенсионные фонды. Кроме того, возможно возникновение спроса на инфраструктурные облигации со стороны крупных коммерческих банков и управляющих компаний.

Для формирования работающего института инфраструктурных облигаций следует разработать концепцию правового обеспечения оборота инфраструктурных облигаций с определением перечня рисков как со стороны эмитента, так и с позиции государства. Далее необходимо разработать и принять федеральный закон, определяющий круг правоотношений, связанных с выпуском, обращением и погашением инфраструктурных облигаций.

Инфраструктурные облигации являются специальными долговыми инструментами, которые разрешено приобретать наиболее консервативным инвесторам, которые смогут их использовать в качестве обеспечения для финансирования по сделкам прямого РЕПО в ЦБ РФ. Инфраструктурные облигации предоставляют инвесторам оптимальное соотношение между риском и доходностью. Уровень доходности по инфраструктурным облигациям зависит от наличия или отсутствия государственной гарантии. Если эмитентом является государственная корпорация или выпуск имеет государственную гарантию, то средний уровень доходности рассчитывается относительно кривой доходности ОФЗ плюс 2–3 % годовых на соответствующий срок. Такой уровень доходности удовлетворит как инвесторов, так и эмитентов инфраструктурных облигаций.

Инфраструктурные облигации носят долгосрочный стратегический характер в рамках реализации проектов государственно-частного партнерства и направлены на решение задач по укреплению национальной экономики.

Наряду с инфраструктурными облигациями, которые являются долгосрочными инструментами, на российском рынке корпоративных облигаций появился новый краткосрочный финансовый инструмент — биржевые облигации. Биржевые облигации не имеют аналогов на российском фондовом рынке по критериям удобства и стоимости организации выпуска:

• для осуществления их эмиссии не требуется государственной регистрации, так как фондовая биржа в соответствии с действующим законодательством самостоятельно присваивает регистрационный номер выпуску биржевых облигаций, что значительно сокращает сроки, необходимые для проведения их размещения;

• не требуется государственной регистрации и отчета об итогах выпуска (после подведения итогов размещения биржа сама направляет соответствующее уведомление в ФСФР);

• нет необходимости платить государственную пошлину за регистрацию выпуска;

• стандарты проспекта биржевых облигаций значительно либеральнее по сравнению со стандартами проспекта корпоративных облигаций.

Биржевые облигации имеют ряд преимуществ перед другими краткосрочными долговыми инструментами. Биржевые облигации являются эмиссионными ценными бумагами, которые выпускаются в бездокументарной форме, следовательно, при их выпуске отсутствуют риски, связанные с возможностью их подделки. Они размещаются и торгуются на открытом биржевом рынке, потому обладают высокой ликвидностью и прозрачным ценообразованием. Для их выпуска эмитентам не надо применять механизмы обеспечения. Поэтому биржевые облигации являются удобным инструментом управления ликвидностью, диверсификации кредитного портфеля, покрытия кассовых разрывов.

К сожалению, появление данных долгосрочных и краткосрочных долговых инструментов практически совпало с наступлением мирового финансового кризиса. Поэтому использование их для целей финансирования компаний затруднено. В настоящее время наблюдается стагнация российского рынка корпоративных облигаций с тенденцией к сокращению рынка в рублевом и валютном сегментах с увеличением стоимости заемных средств.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В. Л. Василенок, Н. А. Шапиро

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
E-mail: v-shapiro@mail.ru

Одна из главных проблем современного образования заключается в необходимости не только декларативного, но и реального признания изменения как нормы жизни, что предполагает умение адекватно реагировать на изменения, делая их фактором развития, а не считать лишь препятствием к воспроизводству прежних институтов и процессов.

Сфера образования, как одна из консервативных областей человеческой деятельности, воспринимает изменения с большим трудом. Этому способствует сама процедура образовательной деятельности затратная по времени, поскольку прежде чем начать что-либо изучать, необходимо перевести научное знание в готовые информационные конструкции (учебные дисциплины), позволяющие людям, за относительно короткий срок получить необходимый уровень профессиональных компетенций в какой-либо сфере профессиональной деятельности. Однако, несмотря на все достижения информационных технологий, нет иного инструментария для создания учебных дисциплин кроме мыслительной способности человеческого мозга, носителем которого являются люди разного ума и таланта.

В постоянном движении находится и сама наука — основной «эндогенный фактор» процесса образования. Она развивается как вглубь, погружаясь в предмет исследования, что находит выражение в новых концепциях и теориях, так и вширь, углубляя разделение труда и специализацию, что выражается в появлении все новых и новых отраслей науки или новых наук. Научная картина мира и в том и другом случае динамично меняется. Тезис о том, что процесс познания бесконечен, становится все более и более актуальным, он на «повестке дня». Так, например, номенклатура экономических специальностей и областей исследования, представленных в паспорте специальностей, разработанном экспертным советом ВАК Минобразования России по экономике, исчисляется не одним десятком. Тогда как объем первого учебника по политической экономии, появившегося в начале XIX века (Ж. Б. Сей), системно объединяющего экономические знания, составлял меньше ста страниц современного печатного текста. За два столетия число экономических специальностей увеличилось, чуть ли, ни на два порядка, а объем учебников по многим дисциплинам можно измерять на вес.

Успех процесса образования напрямую зависит и от того, насколько адекватно дисциплинарная форма научного знания подчинена логике предполагаемого применения в самых разнообразных контекстах (для практики в народном хозяйстве, политической деятельности, для научной работы, для идеологической пропаганды и пр.), а также взаимосвязана с другими дисциплинами системы образования, объем и содержание которых, определяются в соответствии с существующим социумом (учебными стандартами, меняющимися в зависимости от потребностей общества, целей и задач работодателей, карьерных мотиваций и пр.).

Еще совсем недавно, ответ на вопрос о том, как овладеть многообразием профессиональных знаний, сводился к рекомендации овладеть методом, то в нынешних условиях воспользоваться такой рекомендацией трудно, поскольку число методов нисколько не меньше, чем число проблем или теорий, которые приходится изучать и решать профессиональным экономистам (состояние «постмейнстрима» или «постмодерна»). Знание метода оборачивается в проблему знаний о методах, которая может быть снята частично, если предлагать студентам тот или иной вариант упорядочивания известных методов, но не менее важно устойчиво прививать мысль, что в современных условиях самое лучшее решение — это новое решение. И что всякий раз, когда он (человек/индивидуум) действует и проявляет предприимчивость, он делает это характерным личным и неповторимым образом, отражающим его попытку достичь какую-либо цель через собственное видение мира (через нюансы, а не общеизвестные положения или аспекты).

Любая учебная дисциплина может научить только тому, что уже есть. Научить инновационному мышлению нельзя, научить создавать инновации нельзя, поскольку всякий «дубль» — это уже не инновация. Следует привить веру в то, что только новое позволяет двигаться вперед, не забывая о том, что реальное разнообразие является служанкой опыта традиций и фантазии (Дж. М. Кейнс). Задача образования состоит в наиболее релевантном ознакомлении с опытом традиций, а фантазия есть результат индивидуальной креативности. Максимально производительны для общества и организации специфические навыки и знания каждого отдельного работника. Этот вывод должен служит для студента стимулом и подтверждением того, что в данной конкретной форме и в данных обстоятельствах, нестандартное решение может принять только он один. Именно такой подход должен ориентировать каждого человека приобретать — в соответствии с собственными целями и конкретными обстоятельствами —

определенные знания или информацию, которые в идентичной форме недоступны восприятию никакого другого человека (включая преподавателя). Никакое общество, государство, министерство или вуз не может брать на себя задачу воспитать всесторонне развитую личность. Институт образования может и должен лишь способствовать становлению развивающейся личности.

«Экзогенный» фактор для экономического образования — современная экономика — также не уступает по скоростям изменений современной науке, она уже получила соответствующее название «инновационной», что означает ее постоянное обновлении. В конкуренции рыночной экономики выигрывает тот, кто принимает уникальные решения. Наиболее убедительным доказательством инновационного динамизма в экономике, является то, что в современных условиях у работающего человека появляется реальная возможность пережить организацию, в которой он работает (П. Ф. Друкер). Стаж работы одного человека оказывается длиннее, чем срок существования большинства современных организаций, в которых молодые специалисты начинают трудовую деятельность. Этот факт делает необходимым осознание обществом и институтом образования того факта, что нельзя выучить человека раз и навсегда так, чтобы профессиональных компетенций хватило на всю трудовую жизнь и, объективно встает проблема второй карьеры, чтобы быть занятым на протяжении всей трудоспособной жизни, тогда как она становится длиннее сроков жизни организации.

Таким образом, в современных условиях нет ни одного (единственно верного) метода, ни единого стандарта образования, который мог бы быть принят в качества образца или идеала и обеспечивал работнику долгую профессиональную жизнь.

Институт непрерывного образования, когда человек на любом этапе жизни может начать или продолжать учебу, вызван к жизни именно указанными обстоятельствами (не столько ростом объемов знаний, как скоротечностью жизни организаций относительно трудоспособного возраста работника). (В этом направлении образование обязано совершенствовать методики по ориентации на разные возрастные группы, а не только на молодых людей до 35 лет.) При этом сами образовательные «блоки», позволяющие получить необходимый уровень профессиональных компетенций не должны быть чрезвычайно продолжительными, как показывает опыт, не более 3 лет, поскольку разумный уровень дискретности делает такое образование привлекательным и эффективным как для человека, так и экономики. Временные образовательные периоды должны быть совместимы со скоростью происходящих в обществе инновационных перестроений. (Например, если соискатель пишет диссертацию по социально-экономическим наукам более пяти лет, то он с неизбежностью попадает в «переходный период» институциональных изменений, что делает затруднительным как определения границ исследуемой проблемы, так и само ее логическое завершение.)

Учитывая все выше сказанное, можно сделать вывод, что институциональные изменения в системе отечественного образовании, происходящие в русле Болонского процесса, направлены на внедрение таких форм и методов, которые бы позволили преодолевать отсталость образования от динамизма реальной жизни. Разумное дискретность при жизненной непрерывности, т. е. введение двух уровневой системы высшего профессионального образования способствует, как минимум, двум положительным тенденциям. Во-первых, уменьшению периода получения обратной связи вузом от практики, используемой как сигнал для совершенствования образовательного процесса. Во-вторых, позволяет человеку углублять, расширять свое прежнее образование или изменить его в принципе, не только из-за «ошибок молодости», но и, как было отмечено, из-за необходимости второй карьеры, актуальность которой возрастает из-за падения рождаемости, увеличения продолжительности жизни и пр. демографических факторов, требующих эффективного вовлечения в практику имеющихся людских ресурсов.

Сроки жизни организаций или фирм в условиях инновационной экономики сокращаются, а период человеческой жизни увеличивается, рождаемость снижается, поэтому многообразие форм и уровней образования призвано разрешать данные противоречие. Состояние демография (наряду с глобальной конкуренцией и др.) характеризует ту среду, в которой вынуждено существовать общество в будущем. Стратегия развития образования может быть разумной тогда, когда она ориентирована на подготовку имеющихся человеческих ресурсов для выживания в будущем со всеми его возможностями и проблемами.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Aneta Wojdylo, 407; 409
Arefyeva Anna, 455
Autio Sakari, 455
Bobak Lukasz, 411
Jan Oszmianski, 409
Kopec Wieslaw, 411
Korzeniowska Malgorzata, 411
Korzycki Michal, 411
Skiba Teresa, 411
Torppala Olli, 455

А

Абдулмагомедова З. Н., 296
Агаев М. У., 164
Албул Е. В., 394
Алексеев Г. В., 317
Алешичев С. Е., 433
Алымкулова Н. Б., 266; 268
Антуфьев В. Т., 314; 317
Арсеньев И. А., 69
Артюхов Д. Ю., 80
Афонин Д. В., 360
Ахмедов М. Э., 288
Ахмедов Н. М., 288

Б

Байдалинова Л. С., 217
Балюбаш В. А., 211; 433
Баракова Н. В., 231
Бараненко Д. А., 253; 255
Баранов А. Ю., 75; 96
Баранов И. А., 75
Баранов И. В., 153
Барелко И. Б., 266
Баткибекова М. Б., 155; 385; 397
Баядилов К. О., 374
Бекбасаров И. И., 413
Белекова Г. Ш., 264
Белкин В. Г., 457
Берязева Л. Н., 137
Бестужев А. С., 29; 323
Богатырев А. Ф., 122
Богданов В. Д., 257
Болашенко Т. Н., 283
Бондаренко В. Л., 61; 340
Борбиева Д. Б., 293
Борзенко Д. Е., 78
Борзенко Е. И., 90
Бочков В. Н., 418
Бройко Ю. В., 255
Булат Л. П., 442
Буравой С. Е., 117
Буракова Е. В., 200
Быканова О. Н., 234

В

Василенко В. Н., 321
Василенко З. В., 283
Василенок В. Л., 501
Васильева А. С., 452
Вержук В. Г., 182
Вертяков Ф. Н., 320
Ветошкина А. А., 379
Ветрова Н. Т., 363
Виноградов А. С., 442
Вишняков И. Г., 358
Воскресенский В. Ю., 177
Выборнова Т. В., 247

Г

Габитов И. А., 338
Гаджиев А. М., 173
Гаджиев Я. М., 296
Гаджиева А. М., 296
Галимова Л. В., 21; 25
Гапонова Л. В., 225
Гидуримова Д. А., 167
Гиссин В. И., 249
Глушаков М. А., 285
Голубева О. А., 325
Горбатова К. К., 404
Горбатовская Н. А., 413
Горшенина Г. В., 280
Горшков В. Г., 18
Горшков Ю. Г., 314
Горячевская А. Н., 48
Григорьев А. Ю., 99; 105
Гришин А. С., 185
Громцев С. А., 317
Грунская В. А., 251
Губа А. А., 160
Гудова О. В., 264
Гужва М. Е., 442
Гуиди Тоньон Клотильде, 25
Гунькова П. И., 404

Д

Даминова Р. К., 374
Данилов И. М., 196
Данилов Н. П., 424
Данилов П. А., 220
Данин В. Б., 38; 312
Двирный В. В., 40
Дедегкаев А. Т., 350; 360
Дедовская Е. П., 312

Демина Л. Ю., 143
Демьяненко Т. Ф., 347
Джунушалиева Т. Ш., 155; 385; 397
Дидиков А. Е., 435; 437
Диканова Л. Ф., 35
Дикусар Г. К., 335
Добряков В. А., 433
Долгова Т. Г., 185; 457
Доморощенкова М. Л., 347
Драганова Е. И., 394
Дубков М. С., 444
Дуденко Д. В., 416
Дьяченко Т. В., 340
Дьяченко О. В., 340

Е

Евдулов О. В., 169
Егизбаева Т. К., 374
Елистратова И. А., 450
Елькина О. В., 372
Емельянов А. Л., 111; 113; 115; 117
Ермак И. М., 299
Ермаков С. А., 80
Ермолаев В. А., 191

Ж

Железный В. П., 132
Жемчужников М. Е., 188
Жердев А. А., 66

З

Забелина Н. А., 253
Забодалова Л. А., 193; 196; 225
Задворнова Т. А., 220
Зайцев А. В., 54; 78
Зобков П. Н., 71
Зотов А. П., 212
Зуев Н. А., 309

И

Иванов В. И., 95; 71
Иванов Д. Н., 64
Ивановская Л. С., 482
Иванченко О. Б., 344; 358
Ивченко Д. А., 132
Изтаев А. И., 270
Ильченко Л. И, 146
Исабеков И. М., 288
Исмаилов Т. А., 42; 108; 158; 175; 288
Исмаилов Э. Ш., 296
Исламов М. Н., 388; 391

К

Кабанов А. В., 237
Каган Е. С., 278
Казарян А. Г., 276
Казначеев Д. А., 38
Казумов Р. Ш., 42
Каленик Т. К., 185; 200; 299, 457
Камалова М. С., 413
Каменькова Н. В., 231; 247
Камнев А. А., 21
Карелин А. Н., 497
Касымова М. Т., 413
Кенжеходжаев М. Д., 270
Кипрушкина Е. И., 220
Клочко Н. Ю., 214
Клыков А. Г., 228; 376
Коджегулова Д. А., 268
Кожахметова Т. К., 402
Кожобекова К. К., 264; 266
Колодязная В. С., 15; 220; 253; 255
Копылов М. В., 321
Копыльцова С. Е., 442
Корчагин В. П., 376
Коршенко Л. О., 299; 457
Корячкина С. Я., 370
Костюченко В. И., 347
Кравченко С. Н., 278; 372
Красникова Л. В., 418; 420; 422
Кременевская М. И., 198
Кротов А. С., 66
Кудрявцева И. В., 58; 140; 143
Кудрявцева Т. А., 209; 243
Кузнецова Л. И., 354
Кузнецова Н. В., 347
Кука Петерис, 400
Кука Мара, 400
Кукин М. Ю., 239
Курпелянская Ю. Б., 262
Куслиева Е. В., 73; 153
Куцакова В. Е., 198

Л

Лаврищев И. Б., 211
Лагирев А. А., 486
Лазарев В. Л., 430
Лазарева Т. Н., 370
Лаптев Ю. А., 119; 130; 135
Лапшин В. Д., 35
Лесов Б. Б., 374
Лесова Ж. Т., 374
Логачев В. В., 259
Логашина В. С., 273
Логовская В. П., 382
Лозовский Т. Л., 132
Лупашко А. С., 335
Любимов А. Н., 83
Ляпунов А. Д., 494

М

Магомедов М. Р., 169
Макажанова Х. Х., 402
Макаров Б. А., 66
Макарченко М. А., 494
Максимов А. Б., 94

Малахов А. Н., 460
Малинина О. С., 45
Малышев А. А., 15; 17; 48
Малышева Т. А., 96
Мареева А. Д., 96
Маркелова В. В., 420; 427
Масанский С. Л., 290
Маслак В. А., 80
Масленникова Е. В., 365; 368
Махова Т. А., 416
Майер И., 327
Майтаков А. Л., 305
Медведев Я. В., 405
Медведева Е. В., 185; 299
Меерович Л. А.,
Мезенова О. Я., 214
Меледина Т. В., 358; 360
Мехтиев А. М., 418
Мехтиев В. С., 347
Минко И. С., 477; 480
Миспахов И. Ш., 163
Москвичев А. С., 198
Москвичева Е. В., 198
Мурашев С. В., 182; 188
Мынбаева А. Б., 270

Н

Назарова В. В., 211
Незовитина М. А., 122
Нестеренко Е. А., 358
Нетреба Н. Н., 335
Никифорова Т. А., 237; 245; 247
Новинюк Л. В., 243
Новожилова Е. С., 382
Носков А. Н., 51
Нудьга Л. А., 220
Нурышев Г. Н., 473

О

Оганнисян В. Г., 356
Олейникова К. М., 257
Оничкина Л. Е., 73
Орлова О. Ю., 249
Остриков А. Н., 212; 320; 321
Островская Н. В., 149
Острых И. А., 310

П

Панкова Г. А., 196
Пархомов М. М., 51
Пахомов О. В., 54
Пилькина Ю. А., 231
Пискова Н. Н., 243
Платунов Е. С., 111; 151; 153
Плешков В. П., 489
Повалихина О. В., 125; 128
Полежаева Н. В., 413
Пономарева О. И., 352
Попель С. С., 394
Попов А. В., 18
Потапов В. А., 329
Прилуцкий А. И., 64; 69; 83; 92
Прилуцкий И. К., 64; 69; 92; 94
Приходько Ю. В., 228; 376
Пронин В. А., 102

Р

Рабаданов Г. А., 296
Рагимова Т. А., 88
Райнус М. О., 80
Расщепкин Е. Н., 191
Рахманалиев А. Р., 302
Рашидханов А. Т., 165
Роговая Е. Н., 243
Ромашихин П. А., 283
Ростовская М. Ф., 228
Рубцов И. А., 105
Руднев Б. И., 125; 128
Рукшан Л. В., 379; 382
Рыбакова Т. М., 290
Рыжков А. А., 92; 94
Рыков В. А., 58; 140
Рыков С. В., 58; 143
Рябченко И. Б., 203
Ряжских В. И., 320

С

Савельева А. В., 75
Савкина О. А., 422
Садибаев А. К., 270
Саидсултанова Ж., 374
Салатина И. А., 327
Салмин А. А., 259
Сейтпаева С. К., 262
Семенюк Д. П., 329
Семенюк Ю. В., 132
Сергачева Е. С., 222; 239
Сергеев С. В., 151
Сергеева И. Г., 499
Сергиенко О. И., 442, 452, 455
Серикбаева А. Д., 402
Серпунина Л. Т., 273
Сидорова А. Ю., 96
Сидорова Т. А., 368
Силантьева Л. А., 203
Симоненко Ю. М., 61
Скворцова Н. Н., 196; 427
Славин Р. Б., 21
Соболев В. В., 360
Соболева Е. В., 222
Соколов А. Н., 180
Соколов Н. А., 180
Соловьева М. С., 193
Спецакова И. Д., 347
Старков А. С., 54
Староверова В. А., 442
Старовойтов С. А., 102

Столетова А. А., 278
Сударикова А. М., 467
Суслов А. Э., 29; 323
Сыдыкова Ш. С., 293

Т

Танашкина Т. В., 376
Тарабакин Д. Л., 90
Тарбеев О. Г., 137; 363
Татаренков Е. А., 321
Текутьева Л. А., 200; 299, 457
Терновский Г. В., 354
Тимофеевский Л. С., 45
Титлов А. С., 32
Трикоза О. О., 99
Троценко А. С., 376
Тюрин Н. Ю., 251

У

Ульянов Н. Б., 439
Умирбекова А. С., 413
Усубалиева А. М., 385

Ф

Фатыхов Ю. А., 29; 323
Фищенко Е. С., 185

Х

Хазамова М. А., 167; 171
Химич А. Н., 372
Ходкевич О. А., 241
Хожамуратова С. Ш., 374; 402

Ц

Царь В. В., 113; 115
Цветков О. Б., 17; 119; 130; 135
Цветков О. Н., 31
Целовальникова М. В., 209
Цислинская Н. Я., 394
Цинкманис Ингмарс, 400
Цой А. П., 327; 332

Ч

Чаксте Илзе, 400
Чайка В. Д., 146; 149
Черевач Е. И., 365; 368
Черноусова Н. Ю., 212
Чижикова О. Г., 299

Ш

Шамина Л. К., 475
Шангереева Б. А., 175
Шапиро Н. А., 501
Шарова Н. Ю., 231; 237; 241; 247
Шарыгина Я. И., 217
Шахмаева А. Р., 158
Шевцов А. В., 78
Шестопалова И. А., 442
Шестопалова А. И., 206
Шешегов С. В., 477
Шибанов А. И., 309
Шингарева Т. И., 285
Шлейкин А. Г., 416; 424
Шрамова А. Л., 95; 71
Шталь Т. В., 491

Э

Эмиров Н. Д., 470
Эмирова А. Е., 470

Ю

Юдина Т. П., 365; 368
Юльметова Р. Ф., 444; 447
Юсуфов Ш. А., 108; 173

Я

Якименко А. И., 342
Яковлева М. В., 48
Яковлева О. П., 484
Яковлева Ю. А., 225
Ярица В. А., 90

IV Международная научно-техническая конференция

«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»

(Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2009 г.)

Материалы конференции

Верстка *К. А. Карасев*

Подписано в печать 02.11.09. Формат 60×84 1/8.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 58,82. Тираж 200 экз. Заказ

Отпечатано в типографии СПГУТД
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26