

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА



**VIII Международная
научно-техническая конференция**

**«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ
И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»**

(Санкт-Петербург, 15–17 ноября 2017 г.)

Материалы конференции



Санкт-Петербург

2017

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

VIII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 15–17 ноября 2017 г.). Материалы конференции. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 503 с.

ISBN 978-5-7577-0574-3

В сборнике представлены материалы конференции по следующим направлениям: низкотемпературная техника и системы низкопотенциальной энергетики, надёжность материалов оборудования биотехнологий и низкотемпературных систем, автоматизация процессов и устройств, криогенная техника и технологии СПГ, системы кондиционирования и жизнеобеспечения, теоретические основы тепло- и хладотехники, техника и процессы пищевых производств, пищевые технологии, биотехнологии, промышленная экология и техносферная безопасность, экономика и управление производством.

Сборник подготовлен при участии Комитета по науке и высшей школе Администрации Санкт-Петербурга и Международной академии холода.

Редакционная коллегия: И.В. Баранов, А.А. Малышев, А.В. Цыганков, О.Б. Цветков, С.А. Вологжанина, Л.А. Забодалова, В.С. Колодязная, Е.И. Верболоз, В.Л. Иванов, А.Ю. Баранов, А.В. Фёдоров, О.И. Сергиенко, В.Л. Василенок



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, 2017
© АВТОРЫ, 2017

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 544.01, 551.435.38

ПОДГОТОВКА К НАУЧНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК В АНТАРКТИДЕ

**С.А. Булат, В.Ф. Ежов, А.А. Захаров, Д.Ю. Минкин, В.А. Соловей,
Ю.О. Четвериков**

НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, г. Гатчина, Россия

arcady.zakharov@gmail.com

Озеро Восток является крупнейшим из подледниковых озер Антарктиды. Оно было открыто в 1994 году и изучалось с помощью методов авиационной и наземной радиолокации, сейсмического зондирования и геофизического моделирования, а также по спутниковым данным. Площадь озера составляет приблизительно 155 тыс. км², объем более 6100 км³, длина – около 275 км и ширина – около 65 км. Толщина ледового покрова над озером – от 3700 до 4200 метров. Максимальная оценка глубины озера составляет 1000 метров.

Более 14 млн. лет озеро было изолировано ледовым панцирем от поверхностной биоты Земли. Экстремальные условия, характеризующиеся высоким давлением, отсутствием света, специфическим газовым составом воды, и продолжительная изолированность озера Восток предполагают возможность возникновения и эволюции здесь форм жизни, существенно отличающихся от известных современной науке, возможность сохранения реликтовых форм и проявления иных, неизвестных путей эволюции, изучение которых будет способствовать лучшему пониманию процессов развития жизни, как на нашей планете, так и на других объектах солнечной системы. Озеро Восток может рассматриваться в качестве аналога подледных океанов на спутниках Юпитера (Европа) и Сатурна (Энцелад) и тем самым служить полигоном для отработки технологий и методов поиска внеземной жизни.

Бурение ледовой скважины к озеру Восток проводилось электро-механическим способом специалистами Санкт-Петербургского Горного университета с использованием специальной незамерзающей буровой жидкости. Глубина ледовой скважины до поверхности озера составила 3769 метров при минимальном диаметре 135 мм. Температура в верхней части скважины составляет -55°C и постепенно повышается к забою до -3°C. Первое вскрытие подледникового озера Восток произошло в феврале 2012 года, повторное вскрытие состоялось в январе 2015 года. Во время вскрытия, вследствие недокомпенсации давления, некоторое количество воды поступает из озера в скважину и впоследствии замерзает в ней, образуя пробку между буровой жидкостью и озерной водой [1].

Научные исследования озера Восток через ледовую скважину планируется проводить в три этапа:

1-й этап – изучение воды озера Восток, поступающей в скважину при вскрытии озера, с помощью приборов и пробоотборников, которые опускаются в нижнюю часть скважины заполненную водой;

2-й этап – исследование водной толщи озера и донных отложений непосредственно под скважиной с помощью научных приборов и пробоотборников, опускаемых на тросе из транспортного контейнера находящегося в скважине;

3-й этап – исследование водного бассейна и дна озера с помощью автономных мобильных аппаратов, опускаемых в озеро через скважину с помощью транспортного контейнера.

Сочетание высокого давления, температурных градиентов, большой глубины и маленького диаметра скважины практически не позволяет использовать стандартное оборудование и научные приборы без адаптации к условиям в скважине. Изучение подледникового озера через скважину требует разработки уникальных технологий, которые позволят экологически чистым образом исследовать водную толщу озера и его донные отложения. Более того, изучение полученных образцов требует применения самых современных методик и особо чистых условий.

Планы по бурению и отбору проб воды впервые были опубликованы в статье [2]. На первом этапе изучения озера Восток предполагается осуществить отбор пробы озерной воды и измерение содержания в ней кислорода с помощью специального научного оборудования, разработанного и изготовленного в НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ. Сейчас это оборудование проходит полевые испытания в скважине 5Г на полярной станции Восток.

При бурении ледяного покрова озера используется буровая жидкость, состоящая из авиационного керосина ТС-1 и фреона R-141b. Фреон служит утяжелителем буровой жидкости для создания гидростатического давления в скважине, которое предотвращает смыкание стенок скважины на большой глубине.

Препятствием для изучения водной среды озера Восток является то, что в момент вскрытия озера при соприкосновении буровой жидкости с водой в скважине образуется пробка из клатратного гидрата фреона R-141b. Так, при повторном бурении замерзшей воды в скважине, в ней была обнаружена белая пробка. Буровым снарядами было извлечено 10,5 метров керна белого цвета, содержащего клатратные гидраты фреона R-141b. Вследствие перемешивания жидкостей, пробка помимо клатратного гидрата содержит керосин и замерзшую воду [3]. Аналогичная пробка была обнаружена при бурении скважины на станции Kohnen в Антарктиде [4]. Наличие в скважине пробки между буровой жидкостью и водой практически исключает возможность погружения научного оборудования в воду.

В НИЦ КИ – ПИЯФ была проведена серия экспериментов с целью изучения процесса образования клатратных гидратов R-141b [5] и способа для предотвращения их появления. Проведенные эксперименты показали, что образование клатратных гидратов фреона при соприкосновении с водой становится невозможным при использовании силиконовой (полиметилсилоксановой) жидкости при концентрации силиконовой жидкости в буровой жидкости более 25% об.

Использование гидрофобной экологически чистой силиконовой жидкости в качестве буфера между буровой жидкостью и водой предотвратит образование клатратных гидратов фреона и устранил закупоривание скважины. Силиконовая жидкость выбирается таким образом, чтобы значение ее плотности в забое скважины находилось между плотностью буровой жидкости и плотностью воды. Компенсация давления в озере производится столбом жидкостей таким образом, чтобы высота подъема воды в скважине при вскрытии озера составила примерно 10 метров.

Перед предстоящим вскрытием озера Восток в забой скважины на высоту около 50 метров с помощью специального модуля будет загружена силиконовая жидкость ПМС-10, что обеспечит экологически чистый доступ научного оборудования к озерной воде, которая поднимется в скважину. При погружении научного оборудования в герметичном транспортном модуле в воду через слой силиконовой жидкости, пленка

буровой жидкости с поверхности модуля будет удалена и растворена силиконовой жидкостью.

Работы, связанные с подготовкой и проведением научных исследований подледникового озера Восток в Антарктиде на первом этапе, проводятся при поддержке грантами РФФИ № 16-55-16021, 15-05-08849 и 16-05-00845.

Литература:

1. Lukin V.V., Vasiliev N.I. Technological aspects of the final phase of drilling borehole 5G and unsealing Vostok Subglacial Lake, East Antarctica. *Annals of Glaciology* 55(65) 2014 p.83-89.
2. Lukin V. and Bulat S. Vostok subglacial lake: Details of Russian plans/activities for drilling and sampling. *Geophysical Monograph Series* 2011, 192, pp. 187–197.
3. Манаков А.Ю. и др. Образование клатратного гидрата фреона HCFC-141b в глубокой скважине на станции Восток. *Криосфера Земли*, 2017, т. XXI, № 3, с. 32–40.
4. Murshed M. M., Faria S. H., Kuhs W. S. et al. The Role of Hydrochlorofluoro-carbon Densifiers in the Formation of Clathrate Hydrates in Deep Boreholes and Subglacial Environments // *Ann.Glaciol.*2007. V. 47. P. 109–114.
5. *Захаров А.А.* Образование клатратных гидратов в буровой жидкости, используемой в скважине подледникового озера Восток в Антарктиде. Препринт ПИЯФ-2992, Гатчина, 2016. 22 с.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАРТОФЕЛЯ И ТОПИНАМБУРА В МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

С.Д. Кирю

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург, Россия

s.kiru@vir.nw.ru

Картофель – важная пищевая, кормовая и техническая культура земного шара. Благодаря высокой урожайности, с единицы площади он дает почти в 3 раза больше протеина, чем пшеница, и в 1,2 раза, чем кукуруза (PalmaV., VeganiantsL., 1983). По данным Акционерного общества по сельскохозяйственным исследованиям Бразилии (PalmaV., VeganiantsL., 1983), в суточном рационе взрослого человека за счет картофеля обеспечивается 4–5% калорий, 5% белка и железа, 8% фосфора, 10% тианина, 11% ниацина, 50% витамина С, значительное количество витамина В₆, меди, магния и йода. Белок картофеля содержит 14 аминокислот и по пищевой ценности превосходит все растительные белки, уступая только белку сои. Картофельный сок оказывает эффективное лечебное действие при лечении цинги, желудочно-кишечных и других заболеваний (Холмквист А.А., 1963).

В качестве кормов в картофеле используются не только клубни, но и зеленая ботва, из которых приготавливают высококароотиновые гранулы (Гладков А., 1981).

По последним данным ФАО, мировая площадь под картофелем составляет более 18 млн га, из которых на долю Европы приходится более 13 млн, Азии – более 3,5 млн,

Северной Америки 8 млн., Африки около 0,8 млн., Южной Америки – 0,7 млн., Океании – около 50 тыс. га. Благодаря интенсификации и росту урожайности, достигнутому 1–2% в год, мировое производство картофеля удерживается на сравнительно высоком уровне (около 3,5 млн тонн) несмотря на наблюдающуюся тенденцию к сокращению площади – почти на 2% ежегодно.

Стремительное развитие разных направлений селекции картофеля способствует росту урожайности. Так, в последнее десятилетие наивысшая урожайность картофеля в Нидерландах составила 37 т/га, в США – 34 т, в Великобритании – 31 т, в Китае – 27 т и т.д.

Высокая способность адаптации этой культуры к разным климатическим условиям, способствовала ее распространению на пяти континентах Земли. Сегодня картофель – один из главных продуктов в большинстве стран мира, несмотря на то, что его распространение с Южно-Американского континента началось всего четыре с половиной столетия назад.

Интродукция картофеля в Россию. Согласно преданию, в Россию картофель был интродуцирован из Голландии при Петре I, т.е. в конце XVII – начале XVIII вв.

Исследованиями В.С. Лехновича установлено, что в 1730 г. картофель уже был включен в каталог растений Петербургского ботанического сада (Аптекарского огорода). «Вероятно, - пишет он, - картофель имелся там и до 1730 г., но, очевидно, не ранее 1713–1714 гг., когда был основан город». В 1741 г. картофель представили к придворному столу. Ссылаясь на многочисленные документальные данные, В.С. Лехнович приходит к выводу, что в Россию картофель был завезен несколькими путями: 1) через побережье Белого моря – из Англии, 2) через побережье Балтийского моря – из 3) из Пруссии, с армией во время семилетней войны.

Не исключены и другие пути – из Австрии, Чехии или Венгрии через Западную Украину в Киев, где картофель появился в огородах горожан в 1764 г.

Участник Семилетней войны, капитан русской армии, позднее знаменитый агроном XVIII в. А.Т. Болотов отмечал, что во время войны солдаты русской армии узнали о картофеле в Пруссии и, возвращаясь домой, привезли его главным образом в северо-западные и центральные районы страны.

Однако крестьяне России разводили картофель очень неохотно из-за суеверного страха перед ним; простой народ считал новый овощ запрещенным и называл его «чертовым яблоком».

Распространение картофеля в стране было ускорено специальным указом Сената от 19 января 1765 г. «О разведении картофеля». Поводом к его изданию послужило то, что в Выборгской губернии возникла эпидемия сибирской язвы и сыпного тифа, что, по мнению медицинской коллегии, было вызвано частым голоданием крестьян. Во все губернии рассылались «земляные яблоки на расплод» и печатные наставления «О разводе и употреблении земляных яблок». В наставлении было дано описание двух главнейших сортов картофеля – белого и красного. Год выхода указов Сената многие стали считать датой возникновения русского картофелеводства.

Большую роль в развитии картофелеводства в России в 18–19 вв. сыграло Вольное экономическое общество, широко пропагандировавшее культуру картофеля в своих трудах. Оно было почти единственным распространителем практических знаний о его возделывании.

По данным Б.А. Писарева, первая статья о картофеле в России была напечатана в 1758 г. в журнале «Сочинения и переводы к пользе и увеселению служащие», издаваемом Академией наук. В ней говорилось о выращивании картофеля в садах и на огородах Петербурга, указывались некоторые приемы его выращивания.

К популяризации и разведению картофеля в России много усилий приложил А.Т. Болотов, который уже в 1770 г. опубликовал первые «Примечания о картофеле». Позднее он опубликовал многочисленные статьи, в которых не только изложил собственный опыт выращивания нового растения, но и дал практические советы по употреблению картофеля.

В первой половине XIX в. картофель уже находит широкое применение в России. Из него стали готовить патоку, крахмал, использовать в винокурении и на корм скоту. В 1840-1843 гг. картофель настолько распространился, что стал обычным растением на всей территории России.

Роль мировой коллекции картофеля ВИР в развитии отечественной селекции. Мировая коллекция картофеля ВИР, насчитывает сегодня более 9000 образцов. Образцы коллекции постоянно используются селекционерами в качестве исходного материала для создания новых сортов. Ежегодно в мире создаются сотни новых сортов картофеля. Старые сорта не выдерживают конкуренции не только потому, что не соответствуют современным коммерческим требованиям, но и потому, что появляются новые расы и штаммы болезней, к которым они не устойчивы, что приводит к значительному недобору урожая. В связи с этим селекционеры испытывают большую потребность в новых генетических источниках таких признаков, как устойчивость к наиболее вредоносным патогенам картофеля – фитофторозу, ризоктониозу, парше обыкновенной и серебристой, вирусам X, Y, S, M и золотистой картофельной нематодой *Heterodera rostochiensis* Woll. Поэтому основная задача современных исследований – комплексное изучение образцов коллекции ВИР с целью выделения форм, обладающих высокой устойчивостью к вышеперечисленным патогенам. Основные источники таких признаков – дикорастущие и культурные виды картофеля. Наиболее богаты источниками устойчивости к вышеперечисленным болезням и вредителям дикие виды рода *Solanum* L., произрастающие в Южной, Центральной и Северной Америке. По последним данным сегодня открыто более

230 клубнеобразующих видов рода *Solanum*L. Однако в практической селекции используется не больше 40. Это связано с тем, что многие из этих видов еще не изучены комплексно, а многие из тех, которые изучены, по разным биологическим особенностям не скрещиваются с другими видами. Тем не менее, благодаря современным достижениям биотехнологии эти препятствия уже перестают быть непреодолимыми. Поэтому самый важнейший вопрос в современной селекции – эффективный исходный материал для создания новых сортов. Генетическое разнообразие картофеля мировой коллекции картофеля ВИР позволяет, благодаря комплексным исследованиям постоянно выделить из него новые ценные генотипы. Ежегодно в ВИРе выделяются десятки источников и доноров таких ценных признаков, как устойчивость наиболее вредоносным патогенам, продуктивность, раннеспелость, качество клубней.

При создании качественно новых сортов картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков селекционерам не обойтись без межвидовой гибридизации. В этой связи, широчайшее видовое и внутривидовое разнообразие мировой коллекции ВИР будет всегда актуальным. Подтверждением этому может служить статистика: на основе коллекции ВИР было создано и выделено более 300 сортов картофеля, в том числе сотрудниками института совместно с другими учреждениями – 32. Из созданных с участием сотрудников института сортов, в настоящее время районировано в Российской Федерации, республиках Беларусь и Казахстан – 14.

Сегодня мировой научной общественностью признано, что российские ученые были первооткрывателями видового разнообразия картофеля и его значения для селекции. Собранный и изученный материал позволил открыть новую эру в селекции этой культуры. Возделываемые до этого события сорта картофеля, полученные на основе отбора из интродуцированных в Европу в 16–18 вв. андийских и чилийских аборигенных сортов или простых скрещиваний между ними имели хорошие хозяйственные качества, но не обладали устойчивостью к различным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, существенно отличающейся от южноамериканских. Такая устойчивость возможна только у сортов, обладающих генами контролирующими ее. Возможность придания этого свойства вновь создаваемым сортам культурных растений Н.И. Вавилов обосновал в своей работе «Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям».

Интродуцированный из Южной Америки материал начали изучать уже в 1933–1935 гг. Первые же результаты исследований показали широкое видовое и внутривидовое разнообразие представителей рода *Solanum* не только по морфологическим, но и по анатомическим, и цитологическим признакам. Было начато изучение плоидности интродуцированных образцов. В те же в тридцатые годы были проведены первые межвидовые скрещивания с целью изучения возможности гибридизации различных по плоидности видов и степени наследования нужных признаков. Изучение коллекции позволило выявить образцы ранее неизвестных видов картофеля, обладающие устойчивостью к болезням и пониженным температурам.

Чтобы защитить посадки картофеля от проникновения из западных стран распространенной там болезни – рака, селекционеры использовали устойчивые к ней зарубежные сорта мировой коллекции ВИР: Берлихинген, Карнеа, Остботе, Парнассия, Пепо, Юбель и др.

Благодаря широкому использованию ракоустойчивых сортов Всесоюзному институту растениеводства удалось добиться значительных успехов. В короткий срок было создано важнейшее направление в отечественной селекции – выведение ракоустойчивых сортов, что позволило создать надежный заслон распространению этой опасной болезни. Сейчас основные площади в стране занимают отечественные ракоустойчивые сорта.

Планомерно изучать мировую коллекцию картофеля ВИР на устойчивость к раку начали на Всесоюзной научно-исследовательской станции по раку картофеля в 50-е годы. Одним из приоритетных направлений в селекции картофеля всегда было выведение сортов устойчивых к фитофторозу. Первый фитофтороустойчивый сорт (Сеянец 8670) был выведен в нашей стране в Институте картофельного хозяйства. Его получили в результате скрещиваний мексиканского дикого вида *S. demissum* сортами Гранат и Народный. Этот вид особенно широко используется в отечественной селекции. При его участии выведено большинство сортов с различной степенью устойчивости к фитофторозу.

Интрогрессия генов диких и культурных сородичей картофеля была столь плодотворной, что сегодня почти все возделываемые в производстве сорта картофеля являются межвидовыми гибридами.

Ежегодно проводимое комплексное изучение генофонда позволяет выделить новые формы с ценнейшими для селекции хозяйственно-ценными признаками – высокой продуктивности, раннеспелости, устойчивости к фитофторозу, вирусам, бактериальным гнилям, картофельной нематодой. Благодаря постоянным поступлениям в коллекцию новых образцов, такие признаки выявлены у новых, ранее не изученных видов.

Большую роль в изучении коллекции для целей селекции играет эколого-географический скрининг выделенного материала и полученных на его основе межвидовых гибридов проводится на опытных станциях института – Полярной, Екатерининской, Майкопской, а также Московского отделения, а также в научно-исследовательских учреждениях нашей страны, и республик Беларусь, Казахстан и Украина.

На основе коллекции ВИР было создано более 300 сортов картофеля, в том числе сотрудниками совместно с другими учреждениями – 32. Из созданных с участием сотрудников института сортов, в настоящее время районировано в Российской Федерации, республиках Беларусь и Казахстан – 14 сортов.

В отделе ВИРе постоянно ведется работа по созданию доноров ценных для селекции признаков на основе сложной межвидовой гибридизации. Эти гибриды используются в селекцентрах нашей страны и стран СНГ.

При создании качественно новых сортов картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков селекционерам не обойтись без межвидовой гибридизации. В этой связи широчайшее видовое и внутривидовое разнообразие мировой коллекции ВИР будет всегда актуальным.

Пребридинг. В ВИРе постоянно ведется работа по поиску новых генетических источников ценных признаков. Все вновь поступившие образцы коллекции включаются в экспериментальные скрещивания. Совместно с другими НИУ разрабатываются современные методы выявления генов (в т.ч. и молекулярно-генетических) и интрогрессии нужных признаков.

По результатам оценки сложных межвидовых гибридов в ВИРе ежегодно выделяются доноры ценных признаков, наиболее актуальных и широко востребованных селекционерами, – высокой продуктивности, скороспелости, качества, устойчивости к нематодой, вирусам и фитофторозу которые тут же передаются селекцентрам страны для включения в работу по созданию сортов картофеля различных направлений.

Институтом ведется постоянная работа по исходному материалу со всеми селекцентрами занимающимися картофелем. Институтом заключены договоры о сотрудничестве с 8 основными селекцентрами России (НИУ и опытные селекционные станции). Ежегодно ВИР рассылает в селекцентры (по заявкам и рекомендациям) сотни образцов коллекции селекционных сортов, культурных и дикорастущих видов перспективных для использования в качестве исходного

материала. И, поскольку наиболее остро стоит проблема устойчивости к самым вредоносным патогенам (вирусы, фитофтороз и нематода) институт работает больше всего в этом направлении.

На Полярной станции ВИР (г.Апатиты, Мурманской обл.) где практически отсутствуют переносчики вирусной инфекции – в здоровом состоянии поддерживается коллекция 2100 сортов картофеля, образцы которой предоставляются селекционерам для использования в работе.

ВИР выполняет совместные научные исследования с ВНИИКС им. Лорха по пятилетнему координационному проекту по селекции картофеля.

Сегодня одна из крупнейших в мире (более 8900 образцов) коллекция картофеля ГНЦ ВНИИР им. Н. И. Вавилова (ВИР) является генетическим источником важнейших для картофелеводства России хозяйственно ценных признаков, в том числе высокой продуктивности, качества и устойчивости к болезням и вредителям. Она включает в себе более 2100 сортов из почти всех картофелепроизводящих стран мира, а также более 170 дикорастущих и культурных видов (более 5000 образцов).

Изучение хронологии развития селекции картофеля в нашей стране показывает, что по мере пополнения и расширения генетического разнообразия коллекции картофеля ВИР, особенно в течение последних трех десятилетий заметно повысились качественные характеристики отечественных сортов картофеля. Этому способствует использование новых генетических источников и новых исходных форм, которые систематически выделяются и создаются в ВИРе, в результате многолетнего изучения широчайшего генетического разнообразия культурных и дикорастущих видов.

В настоящее время сокращение посевных площадей под картофелем при одновременной интенсификации отрасли приводит к необходимости выведения нового поколения сортов сочетающих высокую продуктивность с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам. Для решения этой проблемы необходимо выделение новых источников ценных признаков для важных направлений селекции картофеля. Перед российской селекцией стоит задача повышения эффективности селекционной работы и ускорению темпов создания новых сортов. Этого можно добиться только при использовании самых современных технологий и источников ценных признаков одного из самых богатых по разнообразию в мире генофонда картофеля – ВИР.

Топинамбур как одна из самых полезных и перспективных сельскохозяйственных культур. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.), знакомый многим не только как полезное сельскохозяйственное растение, но и как сорняк, имеет, тем не менее, огромный потенциал применения в будущем. Хотя он родом из центральных районов Северной Америки, это растение можно успешно выращивать на всех территориях 5 континентов, где есть почвенно-плодородный покров при различных температурах и режимах выпадения осадков. Несколько племен североамериканских индейцев использовали топинамбур в пищу до прибытия европейских поселенцев. Естествоиспытатель Самюэль Чемплэйн привез топинамбур из Северной Америки во Францию в 1605 году (Langtonetal., 1929). По некоторым данным название растения происходит от слова «топинамбу» – так называлось индейское племя, члены которого впервые посетил Францию в 1613 году. Поэтому считается, что именно во Франции это растение впервые назвали "топинамбур". Сообщалось, что индейцы использовали топинамбур не только в качестве пищи и корма, но и как универсальное лекарственное средство. К середине XVII века топинамбур стал широко использоваться человеком в качестве пищи и корма для животных в Европе больше чем на американском континенте. В Россию топинамбур попал еще в петровские времена. Вначале этой культурой (другое ее название – земляная груша) занимались только энтузиасты. Позднее топинамбур стал возделываться более широко, но к сожалению, до сих пор он не обладает той

популярностью, которую заслуживает, благодаря своим замечательным свойствам. И.А. Навроцкий в «Новой полной поваренной книге» 1786 года при перечислении овощей, которые можно сушить наравне с «тартуффелем» (картофель), упоминал земляную грушу (топинамбур).

Возделывание топинамбура в Советском Союзе имело различные темпы развития. В 1921 году по заданию Народного комиссариата труда и обороны в США была отправлена делегация с целью закупки семян для голодающей России. Возглавил ее молодой Н.И.Вавилов, работавший над теорией центров происхождения культурных растений. Во время путешествия по Америке он изучал флору континента, собирая семена для своей уникальной коллекции растений мира. Во время экспедиции он отобрал несколько образцов и привез в Петроград. В 30-е годы Н.И. Вавилов организовал движение по распространению нетрадиционных сельскохозяйственных культур в стране, в числе которых был и топинамбур. Николай Иванович стал инициатором не только широкого внедрения новых сортов топинамбура в Советском Союзе, но организации селекционных работ с этой культурой. В 1933 году состоялась Первая Всесоюзная конференция по солнечнику клубненосному, а в 1937-м было принято специальное постановление Наркомата по земледелию об обязательном выращивании колхозами топинамбура. В 50-е годы XX-го века в СССР топинамбур возделывали на небольших площадях и использовали в основном на корм животным, а в 1960-е годы стали перерабатывать и на спирт. Уже в 1972-1980 гг. получило распространение выращивание топинамбура на пищевые цели. Его стали употреблять как в свежем, так и в переработанном виде. Топинамбур стал культурой многоцелевого использования, в т.ч. культурой, альтернативной сахарной свекле, так как из топинамбура стали производить, наряду с другой продукцией, фруктозный сахар. Только в 60-е, 70-е годы, благодаря результатам научных исследований, были определены энергетическая, пищевая и кормовая ценности этой культуры, значительно расширены земельные площади под ее возделывание. Начиная с 1975-1980 гг. сорта из коллекции ВИР широко использовались не только в селекции, но и в производстве. Площадь, занятая сортами ВИР в СССР к 1985 году достигала более 70 тыс. гектаров из общей площади 180 тыс. га. Однако в 1990-2000-е годы топинамбур в стране стали возделывать значительно меньше и общая площадь, занятая этой культурой, составляла чуть меньше 100 тыс. га. В 90-е годы благодаря усилиям энтузиастов началась новая волна проявления интереса к топинамбуру и его внедрения в различные агроклиматические зоны (Пасько, 1988, 1999). Возрождение интереса к топинамбуру связано с появлением новых аспектов его использования кроме кормопроизводства - пищевое, биотехнологическое и медико-биологическое. Это растение имеет ряд преимуществ: при включении его в диету человека и животных, а также при его использовании как сырья для производства биотоплива (Бобровник и др. 1990; Зеленков, 1999). В последнее десятилетие возобновилось расширение площадей под его возделывание. Сегодня его начали возделывать усиленными темпами практически во всех агроклиматических регионах России. Благодаря высоким адаптивным способностям этой культуры, ее возделывание будет расширять свои географические границы не только на запад и восток, но также на север и юг страны.

В отличие от большинства культур, которые запасают углеводы в виде крахмала, полимер глюкозы в углеводах топинамбура сохраняется в виде инулина – полимера фруктозы. Это обстоятельство весьма положительно влияет на ценность и полезность урожая. Чрезвычайно важным преимуществом инулина из топинамбура является его питательная ценность. Ценнейшее свойство инулина – способность снижать количество холестерина в крови.

Другое положительное качество топинамбура заключается в его способности вегетативного размножения, что позволяет производителям выращивать свои собственные семенные клубни, которые, в отличие от гибридов полностью сохраняют

свою генетическую стабильность. Приобретение нового семенного материала для размножения каждый год не требуется, следовательно, сокращаются затраты и снижается себестоимость продукции. Топинамбур хорошо приспосабливается к широкому разнообразию почв и местообитаний инеприхотлив к их минеральному составу и структуре.

Биологические особенности. Топинамбур – многолетнее растение, клубненозное. По внешним признакам сходно с подсолнечником. Стебель прямостоячий и хорошо облиствен, высота – 2–4 м, кустистость – 1–5 стеблей на растение. Листья в фазе всходов имеют вид розетки, в фазе бутонизации – очередные. Корневая система мочковатая, глубина проникновения 2 м, рабочая поверхность в 6–8 раз больше, чем у картофеля. В подземной части побега образуются столоны. Верхние междоузлия столона (4–6) превращаются в клубни. Клубни – грушевидные, бело-красно-фиолетовые. На одном растении 20–30 клубней. Вес клубня – 10–100 г. Клубни не имеют пробкового слоя, поэтому плохо хранятся при низкой влажности воздуха.

Агротехника возделывания топинамбура аналогична технологии возделывания картофеля. Под топинамбур глубоко пахут зябь, проводят интенсивные междурядные обработки в период вегетации, почва обильно удобряется. Топинамбур является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур. Особенностью топинамбура являются большие клубневые гнезда 1,5–2 раза большие, чем у картофеля и высота стеблей до 3 м и более метров, в зависимости от сорта и условий выращивания. Высаживают клубни поздней осенью, что бы они не успели до заморозков прорасти, или весной. При посадке осенью топинамбур легче адаптируется и осенью следующего года дает высокий урожай.

Клубни зимуют в почве. Надземные органы отмирают. Весной клубни прорастают (1–3 побега на клубень) и образуют куст. Максимальный рост стеблей бывает во второй половине лета – июль–август. Клубнеобразование начинается в июне–июле. Урожай формируется в сентябре–октябре. Топинамбур устойчив как к низким, так и высоким температурам. Весной всходы переносят заморозки до -5°C , а осенью растения вегетируют вплоть до заморозков $-7-8^{\circ}\text{C}$. Под снежным покровом клубни многих сортов зимуют в земле при морозах до $-30-40^{\circ}\text{C}$, не теряя при этом жизнеспособность и всхожесть.

Растение короткого дня, требовательно к свету, при заглушённых посевах урожай снижается. Культура засухоустойчива, нетребовательна к почве, за исключением солонцов, лучшими почвами являются супесчаные почвы. Не выносит кислых почв. Очень отзывчива на внесение навоза, с урожаем выносятся $\text{N} - 50 \text{ кг}$, $\text{P} - 80$, $\text{K} - 110 \text{ кг}$ на 1 га.

Лучшими предшественниками при закладке многолетних плантаций являются многолетние и однолетние травы. Не следует размещать топинамбур после подсолнечника, корнеплодов и других культур, поражаемых склеротинией, раньше 4–5 лет.

Перед закладкой плантаций вносят 30...40 т навоза на 1 га и 60...90 кг NPK по д. в. Навоз и P, K вносят осенью под основную вспашку, а азотные – весной. При многолетней культуре минеральные удобрения вносят весной.

Химический состав топинамбура зависит от биологических особенностей сорта и заметно меняется в зависимости и почвенно-климатических условий выращивания. Среднестатистические данные показывают, что основную массу сухих веществ в клубнях топинамбура составляют углеводы (24–35 %), преимущественно фруктозаны, среди которых наиболее ценится инулин – резервный полисахарид. Фруктоза образуется при гидролизе сахарозы, трисахарида раффинозы и полисахарида инулина. Из других высокополимерных углеводов клубней топинамбура практический интерес представляют гемицеллюлозы (до 2 % на сырую массу) – пищевые диетические волокна.

Проводимые в разных странах исследования топинамбура, как источника сахарозы показывают, что уровень урожая клубней (в зависимости от скороспелости сорта) составляет 40–70 т/га, а выход сахарозы до 7–8 т/га. В ВИРе проведены многолетние биохимические исследования по основной части имеющихся в коллекции сортов из 24 стран мира. Биохимические показатели этих сортов значительно варьируют. Выбрана группа сортов с самыми высокими показателями содержания инулина в клубнях. На долю инулина приходится около 70–80% всех углеводов и примерно 50% всего сухого вещества клубней. Выход его при осенней уборке клубней составляет от 5 до 8 т/га и находится в прямой зависимости от сорта и величины урожая. Общий выход углеводов (без целлюлозы и гемицеллюлозы), включая моносахарид и легко гидролизуемые углеводы (сахара, инулин, крахмал), составляет от 6 до 10 т/га в зависимости от сорта и условий выращивания (Barta, 1993; Baal, 1993; Schorr-Galindo, 1995; Vukov, 1993; Bornet, 2001;).

В результате роста промышленного производства в развитых странах в последние годы наблюдается резкое увеличение химической нагрузки на биосферу. В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства и контакта с пестицидами в мире ежегодно получают отравление более 2 млн человек. Атмосфера более 100 городов России и стран СНГ насыщена органическими и неорганическими соединениями, концентрация которых выше предельно допустимых норм.

Детоксиканты – это вещества, способные связывать и выводить из организма тяжелые металлы, пестициды, нитраты и другие токсические соединения, попавшие извне, а также токсины внутреннего происхождения. Их называют также энтеро- или фитосорбентами, регулирующими обменные процессы, нормализующими содержание холестерина, улучшающими работу печени и почек и выводящими из организма ядовитые вещества. К числу таких веществ-детоксикантов относится инулин и продукты на его основе (Hennig, 2000)

Инулин – растительный полисахарид, главным источником которого являются такие сельскохозяйственные растения как цикорий и топинамбур. Впервые это вещество было выделено в 1804 году из корней девясила (*InulaHewleniumL.*), относится к группе полифруктанов. Его молекула представляет собой полифруктозную цепь, в которой остатки D-фруктозы (до 96 %) связаны 2,1-фруктозидными связями, причем каждая цепь с нередуцирующего конца заканчивается молекулой D-глюкозы Berghofer, 1993; Aravina, 2001; Grinenko, 2008).

Одна из особенностей инулина – его способность значительно улучшать процесс усвоения кальция. Именно дефицит кальция – главная причина таких грозных заболеваний, как остеопороз. Кроме того, инулин является мощнейшим детоксикантом и стимулятором регенерации суставов. Попадая в желудочно-кишечный тракт, он расщепляется соляной кислотой и ферментами на короткие фруктозные цепочки, которые проникают в кровеносное русло. Оставшаяся нерасщепленной часть инулина быстро выводится, связав с собой большое количество ненужных организму веществ, таких как тяжелые металлы, радионуклиды, кристаллы холестерина, жирные кислоты, различные токсические химические соединения, попавшие в организм с пищей или образовавшиеся в процессе жизнедеятельности болезнетворных микробов кишечника (Eihe, 1976; Zittan, 1981; Vukov, 1993). Кроме того, инулин стимулирует сократительную способность кишечной стенки, что заметно ускоряет очищение организма от шлаков, непереваренной пищи и вредных веществ. Антитоксический эффект инулина усиливается за счет действия клетчатки, также содержащейся в топинамбуре. Регулярное употребление инулина в пищу обеспечивает многочисленные оздоровительные эффекты в организме человека; в частности, инулин снижает повышенный уровень глюкозы в крови, регулирует не только углеводный, но и липидный обмен, улучшает усвояемость организмом таких важных

гипогликемических микроэлементов как цинк и медь (Churbet, 1928; Carpenter, 1987; Andersson, 1999).

Все это дает возможность применять инулин для лечения и профилактики сахарного диабета. По данным Минздрава РФ, сегодня в России сахарным диабетом страдает более 12 млн. человек, причем наблюдается тенденция к росту числа людей с этим заболеванием. Поэтому инулин, который еще называют «растительным инсулином», получил широкое применение в мировой медицинской практике. Инулин как природный детоксикант растительного происхождения может быть отнесен к одному из уникальных и важных ингредиентов профилактического и лечебного питания. Являясь составной частью овощей, фруктовых плодов и ягод инулин признан Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ) абсолютно токсикологически безопасной пищевой добавкой и рекомендован к ежедневному употреблению в количестве 4–7 грамм.

Согласно последним исследованиям компании ACNielsen сегодняшний Европейский рынок пищевых ингредиентов оценивается в более чем 2,2 млрд евро в год с доминирующими продуктами, имеющими пробиотическое (инулин, пищевые волокна) действие. Тренд потребления инулина, фруктоолигосахарида и пищевых волокон, несмотря на экономический кризис, исключительно положительный с сильным ростом. Пробиотики присутствуют в 93% продуктов, представленных в супермаркетах Европы (данные FROSTandSULLIVAN, 2008г). Наиболее активно потребление таких продуктов в Германии, Испании и Франции и безальтернативно в США и Японии (Fuchs, 1993; Causey, 2006).

В этой связи следует отметить, что строительство заводов по производству инулина в нашей стране позволило бы создать не только импортозамещающее производство, но и производство с сильным экспортным потенциалом, с большими возможностями по экспортной экспансии в страны Европейского Союза и Китай, где наблюдается устойчивый рост потребления данных продуктов.

Области применения и использования инулина – пищевая, фармацевтическая и медицинская промышленность. В пищевой промышленности наиболее широкое применение нашло использование инулина для производства фруктозного сахара и фруктозо-глюкозного сиропа как заменителя жиров в молочных продуктах и десертах, для производства пищевых продуктов лечебно-диетического назначения при следующих заболеваниях: сахарный диабет I и II типа; ожирение; атеросклероз; ишемическая болезнь сердца; остеохондроз; почечнокаменная и желчекаменная болезни; иммунодефицит.

Благодаря своим структурно-химическим особенностям инулин не влияет на вкусовые свойства пищевых продуктов, выступая в роли балластного вещества, хорошо поддерживает чувство сытости. Его избирательное действие на кишечную микрофлору улучшает микробиологическую среду в пищеварительном тракте, способствует усиленному культивированию бифидумбактерий в организме человека и резко замедляет рост нежелательных микроорганизмов. Высокий процент больных сахарным диабетом с потерей трудоспособности, ранняя инвалидность превратили диабет в тяжелую социальную проблему, решать которую необходимо объединив усилия медиков, технологов и самих больных. Установлено, что при инсулинозависимом сахарном диабете важным профилактическим и лечебным фактором является диетотерапия на основе продуктов их топинамбура.

В настоящее время в мире разработаны и получают широкое распространение специфические корма для животных на основе инулина.

В фармацевтической промышленности инулин используется при производстве препаратов с противотуберкулезной активностью, противоопухолевого, антикоагуляционного и антиартритного действия. В последнее время на основе инулина созданы лекарственные средства для лечения ВИЧ.

В медицинской практике некоторые комплексные соединения и производные инулина используются как заменители крови, как инъекционные препараты антишокового действия и для введения железа, для стимуляции перистальтики и в качестве противовоспалительных препаратов. Инулин из топинамбура отличается высоким молекулярным весом, что расширяет область его применения в медицинских целях.

Фруктоолигосахариды (ФОС) широко используется как в фармацевтической промышленности при производстве чистого медицинского инулина, так и в пищевой промышленности при производстве биологически активных добавок – пребиотиков – углеводов, являющихся источником питания для полезной микрофлоры кишечника. Они способны селективно стимулировать рост бифидобактерий в толстом кишечнике. Фруктоолигосахариды способны выполнять свою основную функцию благодаря тому, что они не расщепляются ферментами верхних отделов ЖКТ и доходят в неизменном виде до толстого кишечника. Там они подвергаются процессу ферментации бифидобактериями и служат для них факторами роста. Фруктоолигосахариды подвергаются гидролизу бактериальными ферментами с образованием более мелких частиц, которые затем захватываются бактериальной клеткой и подвергаются дальнейшему метаболизму с образованием определенного количества кДж энергии и некоторых конечных продуктов, например, короткоцепочечных жирных кислот. При росте бифидобактерий на этих субстратах (ФОС) подавляется размножение потенциально патогенной микрофлоры бактероидов, клостридий и колиформ.

Сырье. В европейских странах натуральный инулин в основном производят из цикория. Однако, себестоимость инулина из цикория в несколько раз выше, чем из топинамбура. В качестве производственного сырья для получения инулина и фруктозного сиропа наиболее экономически выгодно использование свежих (свежезамороженных) клубней топинамбура. Для обеспечения круглогодичного функционирования завода клубни топинамбура закладывают в хранилище закрытого типа. Для технологической переработки пригодны клубни таких сортов, как Киевский белый, Красный, Веретеновидный, Патат, Майкопский, Киевский белый, Скороспелка, Находка, Волжский-2, Вадим, Ленинградский, Северокавказский, Интерес, Краснодарский 1, Краснодарский 2, а также сорт топинамбур Новость ВИРа, и другие сорта и новые селекционные линии с содержанием углеводов в сырой массе клубней от 18 % и больше.

Культивирование топинамбура. В России до 1990 года в Госреестре было районировано больше 15 сортов топинамбура, которые произрастают в различных климатических зонах и дают урожай клубней от 20 до 60 т/га и зеленой массы 30–40 т/га. Неприхотливость культуры снимает с повестки дня вопросы исходного сырья, а также возможные риски, связанные с неурожаем топинамбура. Самые распространенные в России сорта: Скороспелка, Интерес, Находка, Диетический (приспособлен для климата в Сибири) и Экстра. В настоящее время в Госреестр РФ по разным объективным и субъективным причинам включено всего 3–4 сорта топинамбура. При этом не налажена система семеноводства топинамбура, которая довольно успешно существовала до распада СССР.

В последнее десятилетие резко возрос спрос на производство инулина, фруктозы, биотоплива, биогаза. Особое внимание уделяют этой культуре в Китае, где намечено значительное расширение площадей до 400 тыс. гектаров, в т. ч. ранее неиспользованных или засоленных земель. Топинамбур прекрасно растет даже на таких почвах, значительно улучшая их структуру.

Перспектива возделывания топинамбура в России. Сегодня топинамбур возделывается в Российской Федерации в промышленных масштабах на площади более 2 тыс. га. в Нижегородской, Тверской, Рязанской, Тульской, Ульяновской, Костромской, Волгоградской, Омской, Брянской, Московской, Саратовской,

Ярославской областях, Чувашии, Краснодарском, Ставропольском краях и др. На Майкопском филиале ВИР им. Н.И. Вавилова поддерживается крупнейшая в мире коллекция топинамбура, насчитывающая около 400 сортов образцов. Эта культура обладает высокой пищевой и энергетической ценностью, кормовым выходом с единицы площади.

Основная проблема, сдерживающая распространение топинамбура в нашей стране заключается в недостаточно сформированном спросе на эту ценную культуру. В настоящее время развивается инвестирование в строительство предприятий по переработке топинамбура на инулин, но отсутствие в промышленных масштабах сырья и отсутствие на рынке комплекса машин для механизированной технологии возделывания топинамбура ставит под угрозу реализацию этих инвестиционных проектов. Потребность в инулине по оценке профильных научных институтов сегодня составляет более 20 тыс. тонн. Себестоимость производства инулина из топинамбура около 30 руб/кг, цена на импортный более 160 руб/кг. В связи с отсутствием отечественного инулина, предприятия, производящие детское питание, содержащее пробиотики, полностью зависят от импорта. На международном конгрессе «Инулин и инулинсодержащие растения», проходившем в Шанхае в 2010 г., наряду с многими странами мира присутствовали представители России. Среди главных направлений работ конгресс отметил необходимость широкой переработки топинамбура для получения инулина, фруктозных сиропов, новых сахаристых веществ, подсластителей, спирта (этанола), кормовых дрожжей, а также продукции высокой биологической ценности с целью использования ее в пищевой, медицинской промышленности и в сельском хозяйстве. Одним из перспективных направлений являются новые сферы использования инулина именно из топинамбура. В Нидерландах и Германии разработаны эффективные методы получения из инулина гидроксиметилфурфурола (ГМФ) и его производных. Структура ГМФ представляет собой исключительно большие возможности для химического синтеза и трансформации с целью получения разнообразных лекарственных препаратов, красок, полупроводников, фотопроводников, фотохромных и других материалов для оптоэлектроники. Имеются перспективы получения из ГМФ ароматизирующих соединений, жидких кристаллов, ингибиторов коррозии. В нашей стране пока нет таких технологий. Топинамбур как сырье для кормопроизводства позволит усовершенствовать структуру производимых кормов, повысить их протеиновую и энергетическую питательность, экологизировать кормопроизводство при одновременной экономии всех видов ресурсов и затрат за счет широкомасштабного освоения достижений науки. В последние годы в рецептуре комбикормов существенно уменьшилась доля кукурузы и возросла доля других видов зерна (ячмень, овес, рожь), включение которых значительно повышает содержание в комбикорме трудно гидролизующихся и ингибирующих веществ, нарушающих процессы пищеварения, снижающих продуктивность животных и повышающих затраты кормов. Введение в состав комбикормов отходов производства инулина и биоэтанола обеспечивает повышение экономической эффективности животноводства и гарантирует экологическую безопасность животноводческой продукции. В особенности эффективны новые корма для молодняка крупного рогатого скота, свиней, прудового рыбоводства, а также при выращивании молодняка пушных зверей (норка, песец, нутрия и др.).

Развитие производства топинамбура становится важной стратегической задачей. Необходимо выделить следующие цели: разработать технологию промышленного производства и переработки топинамбура, сформировать рынок производства продуктов здорового питания, кормов и биоэтанола из топинамбура. Для достижения указанных целей необходимо решить следующие основные задачи: разработать и внедрить научно-обоснованные схемы семеноводства и современные технологические регламенты быстрого размножения оригинального, элитного

и репродукционного семенного топинамбура; разработать и внедрить современную систему обеспечения качества и сертификации семенного топинамбура; разработать и внедрить эффективные технологии возделывания и хранения топинамбура; разработать и внедрить инновационный комплекс сельскохозяйственной техники по возделыванию и уборке топинамбура, эффективный в различных климатических условиях; разработать высокоэффективные безотходные ресурсосберегающие технологии получения продуктов питания и инулина с использованием последних достижений наноиндустрии (нанографитовые бактерицидные фильтры и концентраты сред, мембранная фильтрация и др.); разработать рецептуру и промышленную технологию для производства функционально-экологических поликомпонентных продуктов здорового питания нового поколения из топинамбура; разработать технологию и организовать производство пищевого инулина; разработать промышленную технологию и оборудование производства биоэтанола и кормов из топинамбура.

В решении проблемы повышения конкурентоспособности особенно актуальное значение имеет необходимость налаживания семеноводства. Сеть региональных базовых предприятий по оригинальному (первичному) семеноводству должна обеспечивать ежегодное производство клубней гарантированного качества лучших сортов в объеме потребностей производства. Основные меры по развитию семеноводства топинамбура в России: формирование региональной сети учреждений и сельхозорганизаций, выполняющих функции базовых центров по оригинальному (первичному) семеноводству топинамбура при использовании инновационных технологий микроразмножения; оснащение лабораторий клонального микроразмножения современным лабораторным оборудованием, приборами для диагностики фитопатогенов методами ИФА и ПЦР, экспресс-анализа, а также комплектами полевой техники для первичных питомников; модернизация базы хранения с применением современного оборудования, технологии и эффективных систем «климат-контроля». Разработанные во ВНИИКС ускоренные методы размножения топинамбура позволяют в течение 3-х лет выйти на объемы промышленного возделывания соответствующие требованиям производства. Для этого необходимо: организовать банк здоровых сортов топинамбура для промышленного производства; разработать, провести производственную проверку и рекомендовать производству инновационные технологии быстрого размножения высококачественных семян топинамбура; разработать, провести производственную проверку и рекомендовать производству эффективные ресурсо-, влагосберегающие, засухоустойчивые грядковые технологии возделывания топинамбура; разработать и рекомендовать производству эффективные ресурсосберегающие технологии хранения топинамбура; разработать и рекомендовать специальную технику для возделывания и уборки топинамбура; разработать высокоэффективные технологии получения продуктов питания, инулина, биоэтанола и кормов.

Заключение. Топинамбур – уникальное по своему биологическому потенциалу растение. Это один из самых редких окультуренных человеком видов растений, который может дать такое разнообразие продуктов, очень нужных для жизнедеятельности человека – от продуктов питания и кормов до обеспечения лекарствами, теплом и энергией. Учитывая экономические выгоды от универсального использования этого растения, есть уверенность, что это действительно – одна из самых перспективных культур будущего и чтобы сделать ее таковой нужно приложить и координировать серьезные усилия всем – от ученых, агрономов, фермеров, предпринимателей, банкиров до губернаторов, министров и даже президента страны.

В 2012 году в правительствах Российской Федерации и Республики Беларусь одобрен, утвержден и внесен Минсельхозом России в Совет Министров Союзного государства России и Беларуси Проект Концепции программы

«Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013–2016 годы. Концепция программы направлена на решение задач по увеличению объемов производства и глубокой переработки картофеля и топинамбура с выпуском принципиально новых продуктов: здорового и диетического питания, кормов для сельскохозяйственных животных, оксигинатов (биоэтанола). Ожидается разработка около 19 новых технологий.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ

А.В. Щербаков¹, Е.Н. Щербакова¹, Е.И. Кипрушкина²

1 – Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Изучение растительно-микробных систем (РМС) – стремительно развивающееся направление науки, возникшее на стыке микробиологии, физиологии растений, биохимии, молекулярной биологии, генетики и других наук, которое имеет ярко выраженные фундаментальные и прикладные аспекты (Проворов с соавт. 2012). Более 130 лет назад на основе изучения РМС в биологию было введено понятие «симбиоз» (de Bary, 1879), определенное «как длительное сосуществование разноименных организмов» и включавшее в себя симбиозы мутуалистические – полезные для обоих партнеров, и антагонистические – полезные для одного, но вредные для другого. РМС характеризуются чрезвычайным биологическим разнообразием: в них участвуют представители всех основных групп грибов, бактерий, а возможно даже архей, которые колонизируют поверхности растений, их ткани, внутритканевые полости и сосуды, а иногда и клетки.

Во всем разнообразии растительно-микробных взаимодействий можно выделить четыре основные категории в зависимости от характера таких взаимодействий между микросимбионтом и растением-хозяином: симбиозы с ризобиями, ризосферной и эпифитной микрофлорой, а также с так называемыми эндофитными микроорганизмами.

Прежде всего, следует выделить бобово-ризобияльный симбиоз – взаимодействие бобовых растений с ризобиями (рода *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*), которое приводит к образованию специальных органов – клубеньков, где формируется система межклеточных и внутриклеточных компартментов, используемых для размещения бактерий и для организации их тесных контактов с клетками растений (Проворов с соавт. 2012). Обладая высоким физиологическим и морфологическим разнообразием (около 19000 видов распространены от экватора до высоких широт), бобовые растения вносят решающий вклад в азотный баланс многих наземных агроценозов.

Ризосферные микроорганизмы населяют внешнюю поверхность корня и прикорневой слой почвы, располагаясь неравномерно, а наиболее сконцентрированы в местах активной эксудации растением различных органических субстратов (сахаров, органических и аминокислот). При этом бактерии образуют на поверхности корня микроколонии или биопленки (англ. *biofilms*). Одной из основных адаптивных стратегий ризосферной микрофлоры заключается в защите растений от их естественных врагов – патогенных микроорганизмов и животных фитофагов; такой весьма эффективный биоконтроль осуществляется бактериями, создающими защитные барьеры на поверхности корня. Кроме того, физиологическая активность бактерий в ризосфере растений осуществляется в виде прямой стимуляции хозяина за счет синтеза и/или регуляции уровня фитогормонов, ассоциативной азотфиксации, синтеза летучих метаболитов и витаминов (Lugtenberger et al., 2001).

Эпифитная микрофлора относится к особой экологической группировке, характерными особенностями которой являются: способность жить на поверхности растений, не проникая в их ткани, и питаться выделениями растений; повышенная устойчивость к летучим фитонцидам растений; олиготрофность, т. е. способность использовать питательные вещества при их малых концентрациях (Возняковская, 1969). Американские ученые G.A.Beatie и S.E.Lindow (1999) в свою очередь ввели термин «филобактерии», объединяющий эпифитные микроорганизмы со следующими признаками: не паразитируют на растениях, развиваются за счет нормальных выделений растительных тканей, формируют биопленки на поверхности растений (Carmichael et al., 1999), численность и разнообразие выше в участках выделения растениями продуктов метаболизма.

Особый научный и практический интерес к настоящему времени представляют так называемые эндофитные микроорганизмы. Термин «эндофитные бактерии» («бактериальные эндофиты») или «эндофиты» включает в себя бактерии, населяющие внутренние ткани здоровых (!) растений и не вызывающие образование специализированных органов. Такие бактерии, проникая во внутренние ткани (чаще всего проводящие сосуды – флоэму, ксилему) и органы (корни, стебли, листья, цветки, плоды, семена), имеют сходную с ризосферной микрофлорой физиологическую активность: синтез и/или регуляция уровня фитогормонов, ассоциативная азотфиксация, синтез летучих метаболитов, биоконтроль фитопатогенных организмов, синтез антибиотиков и экзоферментов, прямая конкуренция за экониши, индукция системной устойчивости растения.

К настоящему времени биологизация земледелия в мире, а особенно в Евросоюзе, переживает настоящий «мейнстрим». В данном случае, использование эндофитных микроорганизмов, как продуцентов высокоэффективных микробиологических препаратов, является современной тенденцией прикладной микробиологической науки. На последнем международном симпозиуме «MICROPE: Microbe-assisted crop production opportunities, challenges and needs» (Вена, 23–25 ноября 2015) было заявлено о все возрастающем интересе мировых химических агроконцернов к биологическим пестицидам и перспективе развития рынка биопрепаратов. Яркими подтверждениями таких процессов являются участвовавшие случаи ассимиляции крупными корпорациями – производителями пестицидов более мелких компаний, которые непосредственно являются разработчиками, регистрантами и производителями биопестицидов. Так, компания Bayer Crop Science в 2012 году выкупила компанию Agro Quest (425 млн \$), компания Syngenta в 2012 году выкупила компанию Pasteuria (113 млн \$), BASF ассимилировал Becker Underwood (1,02 млрд. \$), Monsanto приобрели Novozymes (2014). Такие процессы объясняются рядом факторов. Прежде всего, это возникновение проблемы резистентности – появление резистентных к химическим фунгицидам и гербицидам возбудителей опасных заболеваний с/х культур и сорных растений. Так, количество отмеченных случаев резистентности сорняков к гербицидным обработкам в США в 1980 году составляло менее 10, в 1990 году составляло около 35, в 2015 году такая цифра достигает уже около 160; в Евросоюзе – 5 случаев в 1980, 60 случаев в 1990 году и 130 случаев – в 2015. Во-вторых, в последнее время серьезно обострилась проблема деградации почв: происходят серьезные нарушения в структуре почвенной микробиоты, снижение микробиологической и ферментативной активности, снижение числа агрономически-ценных группировок микроорганизмов и рост фитопатогенного фона. В-третьих, это проблема экологического загрязнения, т. е. загрязнения почвенных агроценозов остаточными количествами пестицидов, агрохимикатов, тяжелых металлов, радионуклеидов. Нужно сказать, что европейское сообщество уже предприняло ряд шагов по предотвращению внесения ряда опасных химических агентов в аграрный сектор: так с 2016 года в Евросоюзе введен полный запрет на использование глифосата

(Microbe-assisted..., 2015). Первой вступила в борьбу с гербицидом глифосатом, который продается в виде препарата Roundup, Франция, а европейские супермаркеты убирают с полок продукты с ним. На глифосат в 2013 году, по данным базирующейся в США консалтинговой компании MarketsandMarkets, приходилось почти две трети мирового оборота гербицидов. Иными словами, борьба с сорняками на большинстве полей мира происходит с использованием именно этого препарата (Российская газета, 2015). В-четвертых, отмечается, что применение высоких доз минеральных удобрений уже никак не может соответствующим образом компенсировать потери качества с/х продукции, а получение органических продуктов, выращенных без применения химических пестицидов, является современной мировой тенденцией.

Эффективной альтернативой и обязательным дополнением химическим пестицидам в современном сельскохозяйственном производстве могут, и должны служить микробиологические (микробные препараты) *Микробиологический (микробный) препарат* – специально отселектированная по полезным свойствам культура живых бактерий и продуктов их метаболизма, нанесенная на твердых носителе или находящаяся в жидкой среде (Тихонович с соавт., 2007). Ряд многочисленных примеров, крохотная часть которых приведена ниже, говорит о том, что микробные препараты могут превосходить по эффективности химические пестициды, в тех случаях, когда «химия» бессильна. Так, в ходе реализации европейского проекта под названием Endo Seed была получена технология биологизации семян эндофитными микроорганизмами, в дальнейшем развитии которой мы видим будущее микробных препаратов, и которая способна произвести переворот на рынке удобрений и средств защиты растений. Не менее интересна технология использования микробного препарата на основе эндофитных штаммов *Trichoderma* spp. для такой важнейшей для Южной Европы культуры как виноград. Данная технология позволяет эффективно бороться с острым и хроническим синдромами болезни винограда, вызванной фитопатогенами *Phaeoemoniella chlamydospora* и *Phaeoacremonium aleophilum* благодаря именно эндофитному характеру подавления грибной инвазии. Применение биологического гербицида BioChop на основе эндофитного гриба *Chondostereum purpureum* позволило эффективно очистить до 90% лесов Северной Европы (в частности Голландии) от черемухи поздней (*Prunus serotina*), завезенной из Северной Америки в середине 20 века, и заполонившей нижний ярус европейских лесов.

Во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии активно осуществляются исследования по разработке и научному обоснованию применения микробных препаратов следующего поколения на основе эндофитных бактерий. Создана коллекция хозяйственно-ценных штаммов, выделенных из семян озимой пшеницы и внутренних тканей сфагновых мхов. Активно проводятся исследования эндосферы семян и вегетативных частей древесных растений (в частности ряда хвойных). С помощью внедрения плазмид, несущих гены флуоресцентных белков, в клетки эндофитных бактерий изучается стратегия колонизации и области распределения бактерий во внутренних тканях винограда с целью создания высокоэффективного средства защиты винограда от наиболее опасных заболеваний. Изучение хозяйственно-ценных и функциональных свойств эндофитных бактерий (продуцирование биоконтрольных и ростстимулирующих веществ, индукция устойчивости к стрессовым факторам), а также механизмов их взаимодействия с растениями-хозяевами позволит создать самодостаточные высокопродуктивные растительно-микробные системы, в которых эндофитные бактерии будут обеспечивать растениям-хозяевам функции, которые растения не имеют (фиксация атмосферного азота, индукция иммунитета, устойчивости к стрессам). Создание таких растительно-микробных систем будет иметь большое практическое значение для сельского хозяйства и позволит получать конкурентоспособную сельскохозяйственную продукцию высокого качества

в экологически безопасных, низкзатратных системах земледелия. Эндифитные бактерии, имея тесные связи с растениями-хозяевами, будут оказывать на них значительное влияние за счет комплексного воздействия на растения, улучшения их питания и защиты от болезней и вредителей.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.564

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАЗИИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ

В.Л. Юша, Е.В. Сухов, С.С. Бусаров

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

yusha@omgtu.ru

В условиях всё возрастающих требований к энергетической эффективности и экологической безопасности в сегменте парокомпрессионных холодильных машин широкого диапазона рабочих температур и назначений прослеживается тенденция к крупномасштабному применению 3-х из пяти базовых природных рабочих веществ (Группа-5): R717 (аммиак), R744 (диоксид углерода) и R290 (пропан). Известные технологические ограничения, связанные с термодинамическими свойствами двух оставшихся хладагентов из Группы-5 (R718 (вода) и R729 (воздух)) пока ограничивают их массовое применение в промышленности; но они имеют высокий потенциал использования в теплоиспользующих и газовых холодильных машинах [6].

Исследования Кошкина Н.Н. и Пекарева В.И. [2] показывают, что при впрыскивании парожидкостного хладагента в рабочую полость, независимо от типа компрессора, процесс сжатия в принципе может протекать по правой пограничной кривой (линия сухого насыщенного пара). В этом случае снижаются необратимые потери процесса сжатия, а эффективность холодильного цикла определяется режимом работы машины и термодинамическими свойствами рабочего тела. Так, например, при температурных режимах температуры кипения $T_0 = -15^\circ\text{C}$ и конденсации $T_K = +15^\circ\text{C}$ в зависимости от хладагента увеличение теоретического холодильного коэффициента по сравнению с адиабатным сжатием составляло от 2% до 12,5% [1, 2]. При этом наибольший эффект достигался для R717 – хладагента со сравнительно наибольшим потенциалом скрытой теплоты парообразования.

В последующих работах [3, 4], посвященных исследованию винтового маслозаполненного компрессора с впрыском парожидкого рабочего вещества в рабочую камеру в диапазоне температур кипения $-30^\circ\text{C} \dots 0^\circ\text{C}$ и конденсации $+25^\circ\text{C} \dots +45^\circ\text{C}$ было подтверждено, что охлаждение рабочего вещества в процессе сжатия ведет к изменению этой работы. В ходе теоретического эксперимента процессов сжатия с впрыском масла и жидкого рабочего тела приrost относительной работы сжатия (до 8%) при впрыске хладагента уменьшался (до 4%) по мере приближения точки впрыска к окну нагнетания (с учетом степени сухости впрыскиваемого хладагента) компрессора; из-за скоротечности процесса сжатия (около 0,01 с) капли впрыскиваемого хладагента не успевают существенно нагреться и испариться, охлаждение газа происходит за счет смешения с паровой фазой впрыскиваемого хладагента после предварительного дросселирования; расчет процесса сжатия в области влажного пара хладагента был затруднен. Отдельно отмечено, что снижение

политропы сжатия при интенсифицированном охлаждении процесса имеет перспективы снижения массогабаритных показателей холодильной машины с маслозаполненной рабочей камерой компрессора, в том числе за счет полного отказа от маслоохладителя. При исследовании влияния свойств хладагентов на процесс сжатия с впрыском установлено, что хладагенты с повышенными значениями скрытой теплоты парообразования (R717) имеют наименьший прирост работы сжатия компрессора с впрыском парожидкостного рабочего вещества, что объясняется более интенсивным теплоотводом при вскипании впрыскиваемой жидкости с образованием относительно малого количества пара, ухудшающего энергетические характеристики компрессора. Вышесказанное позволяет сделать вывод, что при увеличении времени рабочего цикла представляется возможным раскрыть сравнительно больший потенциал скрытой теплоты парообразования холодильных агентов.

В отдельных случаях появляется возможность обеспечить квазиизотермическое сжатие при отсутствии дополнительной охлаждающей или смазывающей жидкости в проточной части компрессора. Как показали предварительные теоретические и экспериментальные исследования, применение в компрессорных агрегатах бесшмазочных длинноходовых поршневых ступеней с продолжительным рабочим циклом и интенсивным внешнем охлаждении позволяет обеспечить сверхнизкие температуры нагнетания даже при сравнительно высоких отношениях давления нагнетания к давлению всасывания [5, 7, 8, 11].

Проведём сравнительную оценку холодильных циклов при различных процессах сжатия хладагента в компрессоре (рисунок 1). Предварительные аналитические расчёты по упрощённой методике проводились на основе классических уравнений взаимосвязи температуры со степенью сжатия и коэффициентом политропы сжатия компрессора, индикаторной работы политропного идеального компрессора [9, 10], теоретического холодильного коэффициента и тепловой нагрузки на конденсатор [6] для следующих исходных данных: типы природных хладагентов – R717, R744, R290; температура кипения T_0 , °C – +6, –30, –50; полезный перегрев в испарителе ($T_1 - T_0$), °C – 10; температура конденсации T_K , °C – +35; переохлаждение в конденсаторе ($T_3 - T_K$), °C – 2; температура T_3 на выходе из газоохладителя (для R744), °C – +33; оптимальное давление газоохлаждения P_2 (для R744), МПа [1] – 8, 417; парожидкостной субкритический (R717, R290) и газожидкостной сверхкритический (R744).

В табл. 1 представлены отношения давлений нагнетания и всасывания для указанных выше рабочих тел и режимных параметров.

Таблица 1

Степени сжатия природных хладагентов

Рабочее вещество	Температура кипения		
	$T_{01} = +6^\circ\text{C}$	$T_{02} = -30^\circ\text{C}$	$T_{03} = -50^\circ\text{C}$
R717	2,5	11,3	33,1
R290	2,2	7,3	17,3
R744	2,1	5,9	12,4

Результаты предварительных расчётов показали, что во всех случаях снижение температуры нагнетания (и, соответственно, политропы процесса сжатия) позволяло снизить индикаторную мощность идеального политропного компрессора. При этом эффект снижения температуры нагнетания ярко выражен для природных хладагентов с высоким показателем адиабаты R717 и R744 – снижение холодильного коэффициента до 8 % и 6 % для высокотемпературных применений систем кондиционирования ($T_0 = +6^\circ\text{C}$) и до 31 и 18 % для низкотемпературных морозильных холодильных машин ($T_{03} = -50^\circ\text{C}$) соответственно.

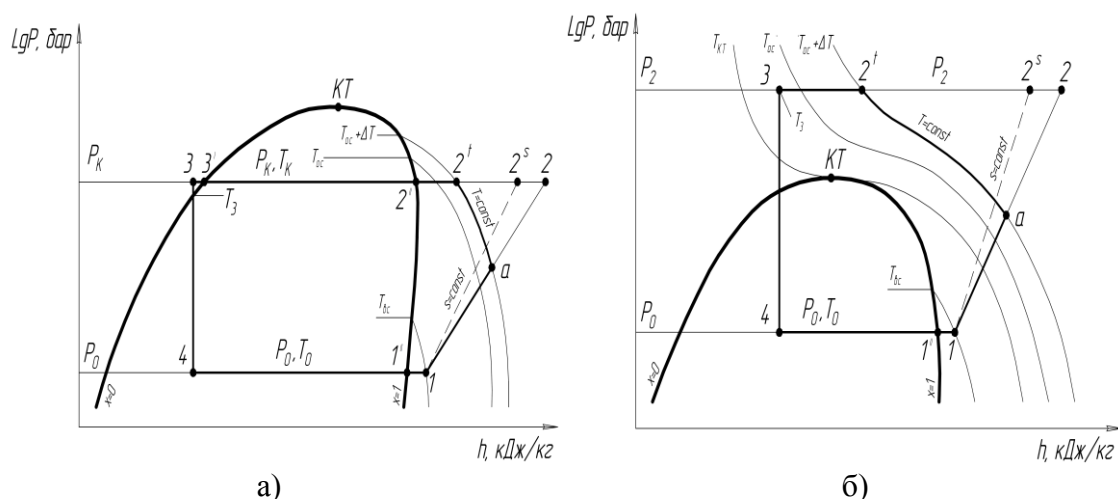


Рис. 1. Диаграммы $\lg P$ - h к описанию квазиизотермического сжатия хладагентов:
а) – субкритический цикл, б) – сверхкритический цикл R744

Особенно стоит отметить, что определение индикаторной мощности компрессора с процессом сжатия вблизи правой пограничной кривой (линия насыщенного пара) классическим способом по тепловым диаграммам P - h [6] приводило к значительным погрешностям. Этот факт также подтверждается результатами исследования [2].

Благодаря сравнительно большим значениям скрытой теплоты конденсации R290 по отношению к теоретической удельной работе сжатия снижение температуры нагнетания по мере приближения к правой пограничной кривой для R290 приводило к не значительному выигрышу тепловой мощности конденсатора. Снижение же тепловой мощности (теплообменной поверхности) конденсатора / газоохладителя для рабочих веществ R717 и R744 имело у обоих хладагентов примерно одинаковый характер – от 1% до 8,5% для средней и низкой температур кипения. Таким образом, применение таких природных хладагентов как R744 и R717 с повышенными значениями показателей адиабаты позволяет повысить холодильный коэффициент и снизить массогабаритные характеристики теплообменного и компрессорного оборудования холодильных машин при приближении политропы сжатия к правой пограничной кривой. При этом увеличение степени сжатия ступени усиливает данный эффект. Отдельно стоит отметить, что возможность повышения холодильного коэффициента за счет снижения политропы сжатия R744 имеет перспективы снижения расчетного давления транскритических холодильных установок, работающих на перспективном для отрасли R744.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что отличительные особенности действительного рабочего процесса тихоходного поршневого компрессора могут внести свои поправки в представленные выше выводы и рекомендации [5, 7, 8]. В качестве примера рассмотрим рабочий процесс такого компрессора при сжатии двуокиси углерода (рисунок 2). Как видно из представленных на этом рисунке диаграмм, изменение температуры газа в рабочей камере характеризуется не только его интенсивным охлаждением во время процесса сжатия, но и существенным охлаждением в процессе нагнетания. К этому добавляется дополнительное снижение температуры газа в процессе обратного расширения. Наряду с более интенсивным массообменом через неплотности рабочей камеры, это вносит значительные отличия в рабочий процесс по сравнению с быстроходными компрессорами.

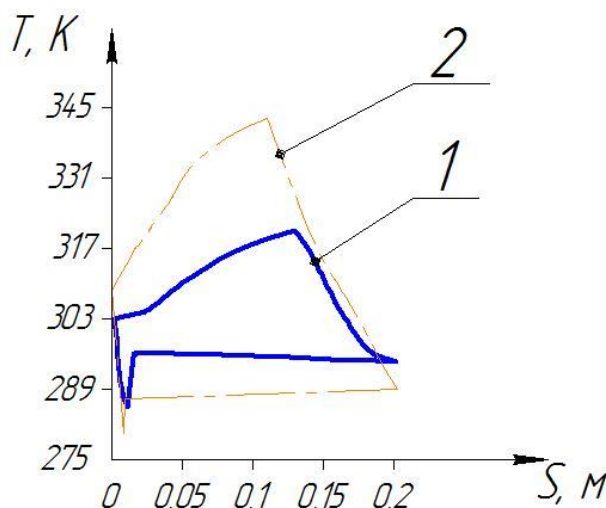


Рис. 2. Диаграммы изменения температуры в рабочей камере тихоходного (1) и быстроходного (2) поршневого бесшмазочного компрессора при сжатии CO_2 ; $T_{\text{вс}} = +16^\circ\text{C}$; время цикла $\tau = 0,25\text{с}$; $\alpha = 5000\text{ Вт/м}^2\text{ К}$

Применительно к рассматриваемому случаю становится актуальным определение некоторого «условного (квазиизотермического) показателя политропы сжатия», без которого невозможна разработка корректной инженерной методики расчёта холодильных циклов, подобных описанному выше, и индикаторной мощности компрессора в этом цикле. По-видимому, это одна из ближайших задач при исследовании компрессоров такого типа. Важно подчеркнуть, что при этом одним из важнейших факторов остается существенно более низкая, чем в быстроходных компрессорах, величина средней температуры нагнетания; это подтверждает возможность отказаться от дополнительного охлаждения сжатого газа после ступени или, по меньшей мере, существенно снизить массу и габаритные размеры конденсатора (газоохладителя), то есть добиться тех же результатов, что и при впрыске жидкости в рабочую камеру [2–4].

Выводы исследования:

Применение таких природных хладагентов как R744 и R717 позволяет повысить холодильный коэффициент и снизить массогабаритные характеристики теплообменного и компрессорного оборудования холодильных машин при приближении процесса сжатия к правой пограничной кривой. При этом увеличение степени сжатия ступени усиливает данный эффект. Реализация такого процесса сжатия возможна в бесшмазочной тихоходной поршневой ступени с интенсивным внешним охлаждением. Отдельно стоит отметить, что возможность повышения холодильного коэффициента за счет снижения политропы сжатия R744 имеет перспективы снижения расчетного давления сверхкритических холодильных машин, работающих на перспективном для отрасли R744.

Литература:

1. Компания Danfoss [Электронный ресурс]: Программное обеспечение Coolselector@2 // URL: <http://refrigerationandairconditioning.danfoss.ru/knowledge-center/software/coolselector/#/> (дата обращения: 10.05.2017)
2. Кошкин Н.Н., Пекарев В.И. Теоретический анализ эффективности цикла при сжатии пара по пограничной линии // Исследования по термодинамике. М.: Наука, 1973. С.187–190.
3. Пекарев В.И., Матвеев А.А. Математическая модель винтового маслозаполненного компрессора с впрыскиванием жидкого рабочего вещества // Вестник Международной академии холода. 2013. №3.

4. *Пекарев В.И.* Влияние различных факторов на эффективность винтового компрессора при впрыскивании жидкости // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. №2.

5. *Пластинин П.И.* Поршневые компрессоры. Том 1. Теория и расчет. 3-у изд., доп. М.: КолосС, 2006. 456 с.

6. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; Под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с.: ил.

7. *Юша В.Л.* Анализ температурного состояния интенсивно охлаждаемой длинноходовой тихоходной ступени поршневого компрессора / В.Л. Юша, С.С. Бусаров, А.В. Недовенчаний, Б.С. Сажин, А.Ю. Громов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2016. - № 9. - С. 11-8. (Yusha, V.L. Analysis of thermal state of intencely cooled long-stroke low-speed piston compressor stage / V.L. Yusha, S.S. Busarov, A.V. Nedovenchanyi, D.S. Sazhin, A.Yu. Gromov // Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 52, Nos. 9-10, January, 2017).

9. V.L.Yusha, V.G.Dengin, V.I.Karagusov, S.S. Busarov, Theoretical analysis of the working process of the superlow rotary low expense piston compressor with the increased piston stroke, 8th International Conference on Compressors and Coolants, 2013, Papiernicka, Slovakia. Book of abstracts.- p.22.

10. V.L. Yusha, S.S. Busarov, R.Yu. Goshlya, A.V. Nedovenchanyi, B.S. Sazhin, M.A. Chizhikov, I.S. Busarov, The experimental research of the thermal conditions in slow speed stage of air reciprocating compressor, International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016. - p. 297-302.

11. *Филькин Н.Ю., Юша В.Л.* Теоретическая оценка влияния конструктивных параметров проточной части коротких диффузоров на их газодинамическую эффективность // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 68–72.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А.П. Цой ¹; А.В. Бараненко ², А.С. Грановский ³, Д.А. Цой ⁴

1 – Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

2, 4 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

3 – ТОО «Тениз», г. Алматы, Республика Казахстан

teniz@bk.ru, baranenko@mail.ifmo.ru, granovskiy.a@rambler.ru, ditsoy@gmail.com

В современном мире актуально внедрение технологий с использованием возобновляемых источников энергии. Одним из природных источников энергии является холод космического пространства, основанный на физическом процессе радиационного теплообмена Земли (объектов). Эта технология позволяет понижать температуру охлаждаемого объекта в результате теплового излучения в космическое пространство [1–3, 12, 13]. При этом в зависимости от климатических условий и места нахождения объекта, определяется количество энергии, которое уносится в небесную сферу [4, 5, 17, 18, 20]. В результате радиационного охлаждения температура технического объекта в зависимости от климатических условий, оказывается ниже температуры окружающего воздуха на 5–10°C [6–9]. Таким образом, холодильная система, имеющая холодильную машину и установку с радиационным охлаждением, позволяет использовать естественный холод, уменьшать потребление энергии, а также дает возможность сократить применение холодильных агентов [10, 11, 14, 16].

Однако эффективность холодильной системы с использованием радиационного охлаждения, находящейся в определенной климатической зоне, работающей с заданным температурным режимом охлаждения объекта, зависит от правильного технического подхода к составлению принципиальной схемы холодильной установки [15, 19]. Поэтому актуальной проблемой является разработка и создание холодильной системы с использованием холода космического пространства для различных температурных режимов работы охлаждаемого объекта в конкретных климатических условиях.

По климатическим условиям условно можно выделить условно две зоны – северную и южную. Рассмотрены основные температурные режимы, применяемые в холодильной промышленности и системах кондиционирования воздуха.

Установлено, что в зависимости от региона расположения и режима работы объекта, можно применять установки с радиационным охлаждением или холодильные системы, состоящие из традиционной парокомпрессионной холодильной машины и дополнительной установки с радиационным охлаждением. Разработаны принципиальные схемы для круглогодичной эксплуатации холодильной системы для северных и южных регионов, определены их энергетические возможности. Большинство холодильных систем с конденсаторами воздушного охлаждения должны иметь последовательно установленный конденсатор жидкостного охлаждения, что позволит повысить энергоэффективность машин в теплое время года.

Литература:

1. Ali A.H.H. Passive cooling of water at night in uninsulated open tank in hot arid areas // Energy Convers. Manag. 2007. Vol. 48, № 1. P. 93–100.
2. Dobson R.T. Thermal modelling of a night sky radiation cooling system // J. Energy South. Africa. 2005. Vol. 16, № 2. P. 20–31.
3. Etzion Y., Erell E. Thermal storage mass in radiative cooling systems // Build. Environ. 1991. Vol. 26, № 4. P. 389–394.
4. Degnes-Ødemark H. A study of night sky radiation, and heating and cooling of buildings with thermal solar collectors [Text] : Master thesis. – Oslo: University of Oslo, Department of Physics, 2009. – <https://www.duo.uio.no>.
5. Temperature Control in Electronics [Text] / Zomeworks Corporation; Stephen C. Baer & David C. Harrison. – Albuquerque, 2008.;
6. ChalomM., StickneyB. Potentials of night sky radiation to save water and energy in the state of New Mexico / Governor Richardson’s water innovation fund, – New Mexico, 2006;
7. David Houghton. Radiant Night-Sky Heat Rejection and Radiant Cooling Distribution for a Small Commercial Building. Resource Engineering Group, Inc. – Santa Fe, 2006;
8. BendewaldM., HarrisonJ., PradhanA. Factor Ten Engineering Case Study // Rocky Mountain Institute. – 2011. – February. Global Ecology Center at Stanford University Stanford. – 2011;doi:10.1016/j.egypro.2014.02.075.
9. PrommajakT., PhonruksaJ., PramuangS. Passive Cooling of Air at Night by the Nocturnal Radiation in Loei , Thailand // Int. J. Renew. Energy. 2008. № 3. P. 33–40.
10. QingyuanZ., YuL. Potentials of Passive Cooling for Passive Design of Residential Buildings in China // Energy Procedia. 2017.№ 57.P. 1726–1732. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.161.
11. KimballB. Cooling performance and efficiency of night sky radiators // Sol. Energy. 1985. № 34. P. 19–33. doi:10.1016/0038-092X(85)90089-1.
12. Theoretical evaluation of the nightcool nocturnal radiation cooling concept [Text] : contract report / Solar Energy Center; Danny S. Parker. – Florida, April 2005. – 40 p. – FSEC-CR-1502-05. – FSEC Contract No. 20126003. – DOE Award No. DE-FC26-99GO10478.
13. Кондратьев К.Я. Актинометрия. Ленинград:Гидрометеорологическое изд-во, 1965.
14. Бараненко А.В., Ховалыг Д.М., Цой А.П., Синицина К.М. Энергоэффективность и экологическая безопасность техники низких температур // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. № 1.
15. Цой А.П., Эглит А.Я. Работа холодильных установок с воздушными конденсаторами в климатических условиях Казахстана // Холодильная техника. 2013. №6. С. 24-27.
16. Цой А.П., Бараненко А.В., Эглит А.Я. Использование эффективного излучения в холодильной системе открытого катка // Вестник Международной Академии Холода. 2012. №4. С. 8-11.
17. Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Холодильная Техника. 2014. №12. С. 2-7.
18. Цой А.П., Грановский А.С., Бараненко А.В. Моделирование и математическая программа для расчета величины эффективного излучения // Вестник Международной академии холода. 2014. №1. С. 7–10.
19. Максименко В.А., Фот А.Н. Особенности расчета последовательно включенных конденсаторов при их комбинированном охлаждении // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. Материалы6-й международной научно-технической конференции (Омск, 25–30 апреля 2016 г.). С. 61–62.
20. Лаповок Е.В., Ханков С.И. Влияния пропускания атмосферой теплового излучения земной поверхности на климат Земли // Вестник Международной академии холода. 2017.№1. С. 62–65.

ПЛАСТИНЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ В АБСОРБИЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРАХ (АБТТ)

К.И. Степанов¹, Д.Г. Мухин¹, О.В. Волкова²

1 – Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

stepanov_ki@mail.ru

Теплообменная группа абсорбционных бромистолитиевых термотрансформаторов (АБТТ) является ключевой в контексте энергоэффективности и металлоемкости АБТТ.

Повышение энергетической эффективности АБТТ путем увеличения степени рекуперации теплоты в растворном теплообменнике АБТТ является актуальной проблемой.

Существует большое количество конструкций и циклов АБТТ [1–5]. В данной работе будет рассмотрена теплообменная группа цикла АБТТ с двухступенчатой десорбцией (рис. 1.) и паровым обогревом, как одного из часто встречающегося (наряду АБТТ с прямым газовым обогревом) и, в то же самое время, включающего несколько теплообменных аппаратов с различными условиями работы.

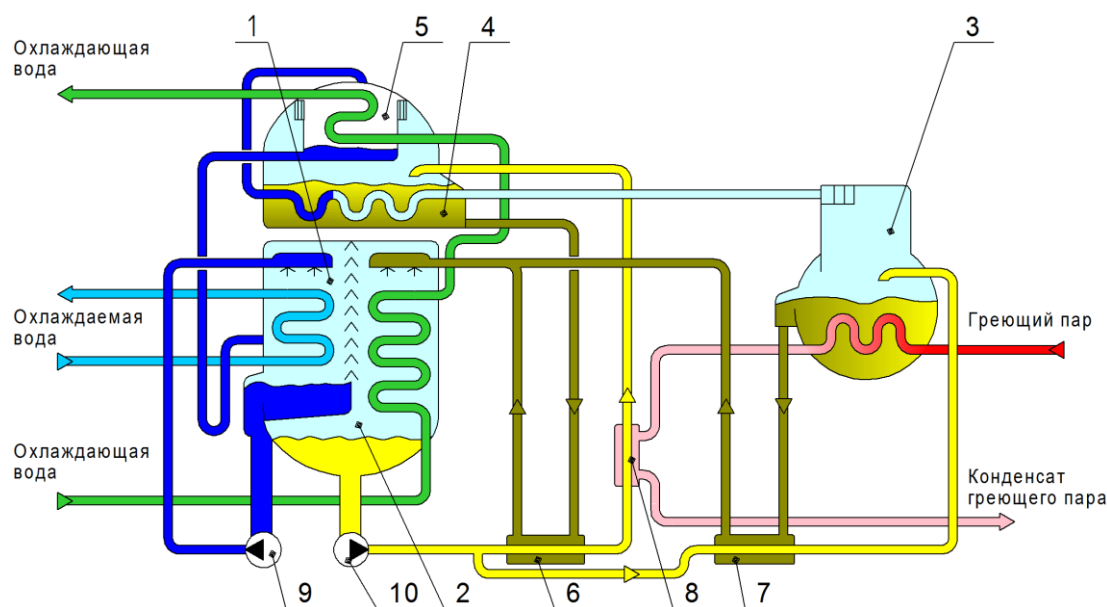


Рис. 1. Схема принципиальная АБТТ с паровым обогревом и двухступенчатой параллельной регенерацией раствора:

- 1 – испаритель; 2 – абсорбер; 3 – генератор высокого давления;
4 – генератор низкого давления; 5 – конденсатор; 6 – теплообменник низкотемпературный;
7 – теплообменник высокотемпературный; 8 – подогреватель;
9 – насос хладагента; 10 – насос растворный

При неизменной холодопроизводительности и параметрах внешних источников тепла, улучшение работы растворного теплообменника АБТТ является практически

единственным способом увеличения эффективности(1) внутреннего цикла АБТТ и снижения потребления оборотной воды и теплоты греющего источника:

$$\eta = \frac{q_0}{q_h} \quad (1)$$

где q_0 – удельная тепловая нагрузка в испарителе, Дж/кг; q_h – удельная тепловая нагрузка в десорбере, Дж/кг; η – тепловой коэффициент.

Основным фактором, сдерживающим повышение эффективности низкотемпературного теплообменника, следовательно, и АБТТ в целом, является малый располагаемый перепад давления по стороне крепкого (концентрированного) раствора между генератором низкого давления 4 и абсорбером 2 – порядка 10 кПа. С учётом плотности крепкого раствора (~1700 кг/куб.м) это составляет приблизительно 0,6 м.ст.ж.

Очевидно, что при столь малом располагаемом перепаде давления повышение коэффициента теплоотдачи (α , следовательно, и коэффициента теплопередачи) при вынужденной конвекции путём увеличения скорости потока жидкости в канале является ограниченным гидравлическим сопротивлением теплообменника растворов. Данный недостаток можно устранить путём применения дополнительного циркуляционного насоса на линии крепкого раствора. Однако это решение снижает эксплуатационную надёжность работы АБТТ, усложняет систему автоматизации, и увеличивает капитальные и эксплуатационные затраты.

В высокотемпературном теплообменнике располагаемый перепад давления по крепкому раствору в 8–9 раз больше чем в низкотемпературном. Поэтому здесь нет существенных ограничений по повышению скорости потока жидкости в канале.

В настоящее время основным типом рекуперативных теплообменников АБТТ являются теплообменники кожухотрубного типа.

Такое решение является наиболее простым с технической и технологической точки зрения, однако имеет недостатки – перерасход дорогостоящего абсорбента и низкую энергетическую эффективность. Для устранения этих недостатков на отечественных АБТТ предлагается использовать пластинчатые теплообменники.

Отечественной промышленностью герметичные, паяные медью или никелем, пластинчатые теплообменники, не выпускаются. Применение же на АБТТ герметичных пластинчатых теплообменников, серийно выпускаемых зарубежными производителями, такими как Funke, Alfa Laval, Sondex, Danfoss, Swep и др. встречает на своем пути следующие ограничения:

- геометрия пластин и расположение патрубков, как правило, не вписываются в существующую конструкцию, увеличивая, в конечном счёте, габариты АБТТ;
- ограниченный диаметр патрубков (или портов) – до 100 мм сопровождается относительно высоким значением гидравлических потерь в них. Так, например, для АБХМ мощностью 3000 кВт и выше, гидравлическое сопротивление в портах теплообменника сопоставимо располагаемому напору;
- высокая стоимость теплообменников;
- невозможность применения при температурах раствора абсорбента выше 100°C ввиду высокой коррозионной активности последнего.

Все вышеизложенные обстоятельства в разной степени снижают возможный эффект повышения эффективности АБТТ и указывают на необходимость разработки специальных пластинчатых теплообменников для отечественных АБТТ.

Авторами была проведена проработка различных конструкций пластинчатых теплообменников для АБТТ.

В качестве низкотемпературного теплообменника предлагается использовать пластинчатый теплообменник с упрощёнными волнистыми структурами пластин

(рис. 2). Голфоброобразные волнистые структуры, обеспечивают волнообразность (криволинейность) потока и его устойчивую турбулизацию с целью интенсификации теплообмена.

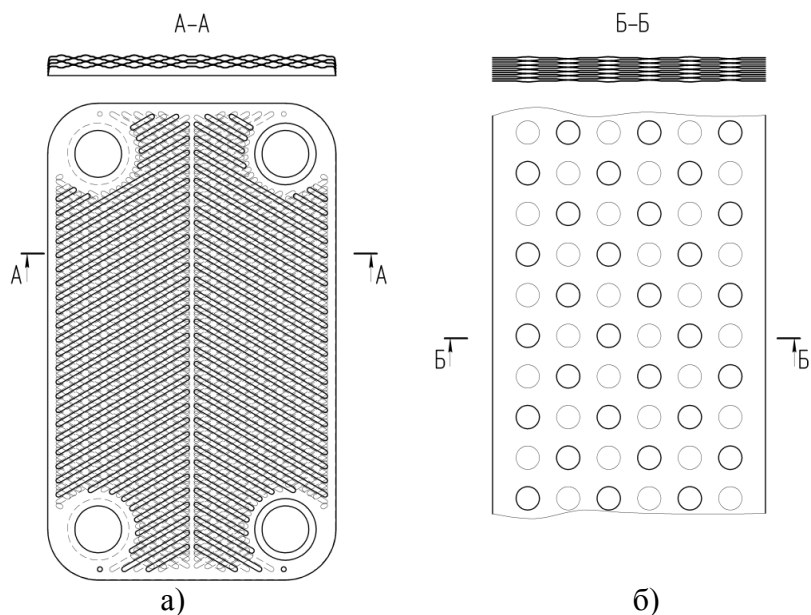


Рис. 2. Внешний вид волнообразных (а) и круговых структур (б) пластин

Конструкции с волнистыми структурами пластин [6] являются проверенными годами техническими решениями всех без исключения мировых производителей пластинчатых теплообменников. Однако в нашем случае для изготовления данного теплообменника потребуются разработка и производство специальных дорогостоящих штампов.

Ввиду малого объема производства отечественных АБТТ (не более 1 шт. в год) развитие производства специальных растворных пластинчатых теплообменников с волнистыми структурами пластин в России в настоящее время несколько нерентабельно. Производство отечественных пластинчатых теплообменников для АБТТ имеет смысл только в условиях серийного производства АБТТ.

В этой связи в качестве высокотемпературного теплообменника для АБТТ предлагается использовать пластинчатый теплообменник с плоскими пластинами и расстоянием между пластинами 1–2 мм (рис. 3).

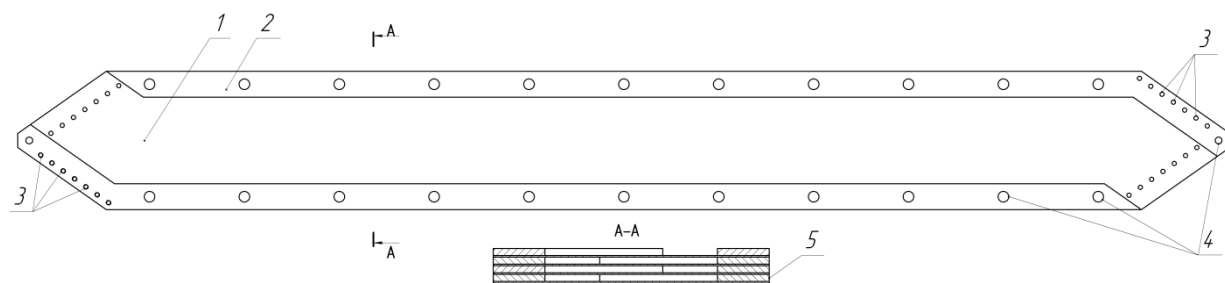


Рис. 3. Внешний вид пакета плоских пластин прототипа высокотемпературного растворного теплообменника:

- 1 – плоская пластина; 2 – прокладка;
- 3 – отверстия для стягивания пластин с прокладкой в щелевых каналах подвода и отвода жидкости;
- 4 – отверстия для стягивания пластин и прокладок по корпусу; 5 – разрез пакета пластин.

У данного теплообменника есть существенные достоинства:

- простота и технологичность конструкции;
- малые масса и габариты.

Среди недостатков теплообменника следует отметить достаточно значительные гидравлические потери при течении жидкости в канале с малым гидравлическим диаметром. Однако, с одной стороны, между ступенями десорберов двухступенчатой АБТТ (рис. 1) имеет место относительно высокий располагаемый перепад давления (до 100 кПа), с другой стороны, во избежание проскоков парожидкостной смеси в низкотемпературную ступень десорбера, столь высокое значение располагаемого напора необходимо компенсировать. Наиболее рациональным решением является применение высокотемпературного теплообменника с соответствующим гидравлическим сопротивлением.

Для упрощенного расчета пластинчатого теплообменника течение жидкости можно рассматривать как неразрывный поток в плоском миниканале, поперечный размер которого сопоставим либо меньше капиллярной постоянной [7]. Эффективная теплопередача при вынужденной конвекции в таких каналах сопровождается значительными гидравлическими потерями. Предварительный теплогидравлический расчёт пластинчатого теплообменника с плоскими пластинами (рис. 3) в составе АБТТ показывает, что теплогидравлическая характеристика предложенной конструкции удовлетворяет требованиям компактизации основных аппаратов АБТТ.

Гидравлическое сопротивление варьируется длиной пластины и гидравлическим диаметром, значение которого для теплообменников рассматриваемого типа, по предварительной оценке, лежит в диапазоне от 3 до 8 мм.

Учитывая достаточно простую технологию изготовления с плоскими пластинами, не требующую специальной оснастки, данный теплообменник может быть использован на отечественных АБТТ. Окончательные рекомендации будут даны по результатам проведения экспериментальных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Проект № 17-48-543278 «Интенсификация процессов тепломассопереноса в абсорбционных термотрансформаторах»).

Литература:

1. Бараненко А.В., Тимофеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. Абсорбционные преобразователи теплоты. СПб.:СПбГУНиПТ. 2005. С. 214-266.
2. Herold K., Radcrmacher R., Klein S. Absorption Chillers and Heat Pumps. CRC Press. USA. 1996. pp. 101–174.
3. Степанов К.И. Анализ COP термодинамического цикла АБХМ с двухступенчатой абсорбцией при получении отрицательных температур охлаждения / Степанов К.И., Мухин Д.Г., Волкова О.В., Бараненко А.В. // Вестник Международной академии холода 2016. № 1. С. 86–92.
4. Stepanov K.I. Special type of absorption chillers/ Stepanov K.I., Mukhin D.G. // International Seminar with elements of scientific school for young scientists (ISHM - II). Novosibirsk 20–21 may. Book of abstracts. P. 23.
5. Stepanov K.I. The development of lithium bromide absorption chillers with two-stage absorption. / Stepanov K.I., Mukhin D.G., Volkova O.V., Alekseenko S.V. // Proc. of International Symposium of Heat Transfer and Heat Powered Cycle 2016 Nottingham, IET - 2016, No. HPC890
6. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Москва. 1973. 119 с.
7. Кузнецов В.В. Тепло- и массообмен в микросистемах при фазовых превращениях и химических реакциях // Минский международный форум по тепломассообмену. 10–13 сентября 2012 г.

АНАЛИЗ ПРИЧИНО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИСИКАВЫ

И.Е. Седойкин, Л.В. Галимова

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

klei-pva@mail.ru

Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины, энергоэффективные системы разделения воздуха, диаграмма Исикавы, причинно-следственные связи

Для оценки работы абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в энергоэффективных системах разделения воздуха был применен инструмент, обеспечивающий системный подход к определению фактических причин возникновения проблем. На основе метода «Диаграмма Исикавы» предусматривается изучение, отображение и обеспечения технологии поиска истинных причин рассматриваемой проблемы для эффективного их разрешения [1, 2].

На рисунке 1 представлена причинно-следственная диаграмма для энергосберегающих систем воздуходелительных установок (ВРУ) на базе абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин (АБХМ).

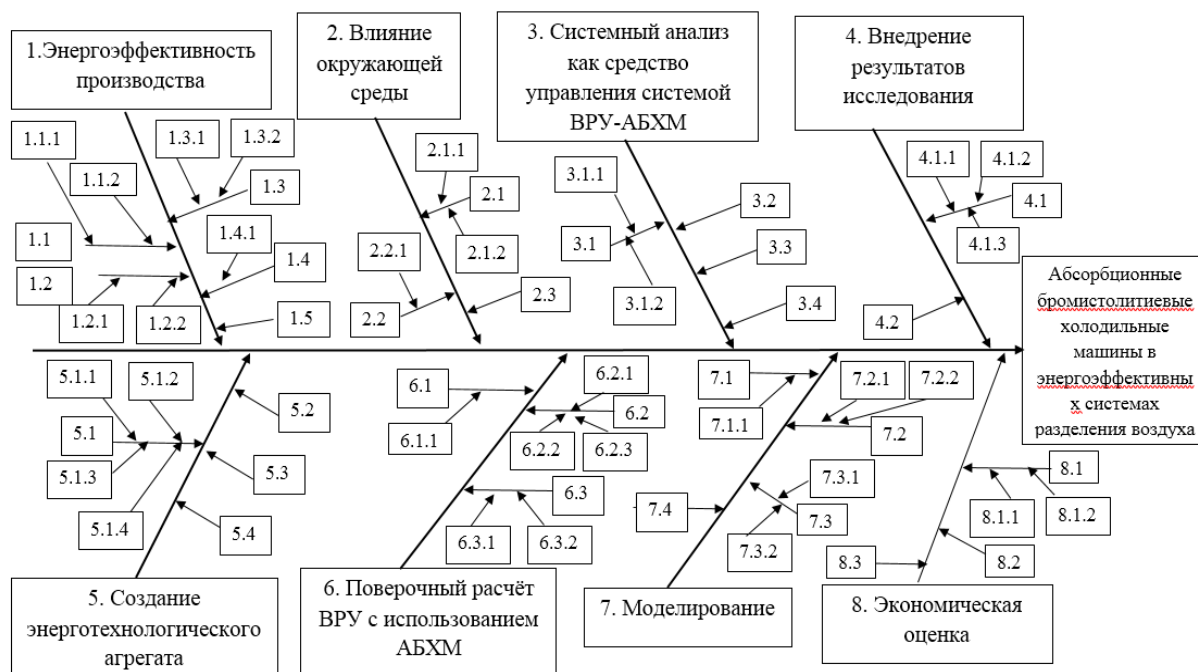


Рис. 1. «Диаграмма Исикавы» для абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в энергоэффективных системах разделения воздуха

Диаграмма (другое название «рыбий скелет») позволяет в простой и доступной форме систематизировать все потенциальные причины рассматриваемых проблем, выделить самые существенные и провести поуровневый поиск первопричины.

Причины:

1. Энергоэффективность производства.
 - 1.1. Высокая энергоёмкость продукции.
 - 1.1.1. Перегрузка или недогрузка технологического оборудования.
 - 1.1.2. Увеличение потребления энергоресурсов на основные и вспомогательные технологические процессы.
 - 1.2. Отклонения от требований технологического регламента.
 - 1.2.1. Несоответствие климатических условий производственных помещений.
 - 1.2.2. Отклонения от требований проведения работ по испытаниям.
 - 1.3. Недостаточный объем или низкая достоверность информации о работе энергетической инфраструктуры.
 - 1.3.1. Редкое проведение энергоаудита.
 - 1.3.2. Методические погрешности в расчетах энергобалансов.
 - 1.4. Не полное использование потенциала вторичных энергоресурсов.
 - 1.4.1. Отсутствие совершенных технологий, внедрения установок по утилизации вторичных ресурсов.
 - 1.5. Увеличение затрат энергии при сжатии в компрессоре воздуха с большим содержанием влаги.
2. Влияние окружающей среды.
 - 2.1. Высокая температура сжатого воздуха на входе в блок комплексной очистки в летнее время года.
 - 2.1.1. Высокие значения температуры и влажности наружного воздуха.
 - 2.1.2. Большое количество влаги в воздухе после компримирования.
 - 2.2. Недостаточная эффективность работы градирни.
 - 2.2.1. Низкие значения коэффициента эффективности градирни.
 - 2.3. Не достаточная эффективность работы промежуточных холодильников.
3. Системный анализ как средство управления системой ВРУ-АБХМ.
 - 3.1. Назначение и содержание системного анализа.
 - 3.1.1. Сложность исследования, связанная с невозможностью вмешательства в производственный процесс.
 - 3.1.2. Подбор необходимой АБХМ.
 - 3.2. Оценка эффективности работы энергосберегающей системы.
 - 3.3. Анализ для подтверждения эффективности работы ВРУ с АБХМ.
 - 3.4. Экономическая оценка.
4. Внедрение результатов исследования.
 - 4.1. Высокие капитальные затраты на создание энергосберегающей системы.
 - 4.1.1. Стоимость заводского оборудования.
 - 4.1.2. Стоимость изготовления элементов.
 - 4.1.3. Монтаж энергосберегающей системы.
 - 4.2. Пуско-наладочные работы.

Следствия:

5. Создание энерготехнологического агрегата.
 - 5.1. Создание энерготехнологического агрегата.
 - 5.1.1. Разработка энергетического узла, использующего тепло технологического процесса и вырабатывающего энергию для обеспечения функционирования системы.
 - 5.1.2. Необходимость проведения модернизации производственного оборудования.
 - 5.1.3. Контроль за энергоемкостью морально и физически устаревшего основного технологического процесса.

5.1.4. Обязательные мероприятия по замене и установке приборов учета и внедрение централизованных автоматизированных систем учета энергоресурсов.

5.2. Обеспечение организационного энергосбережения, предполагающее меры, направленные на повышение культуры сотрудников предприятия.

5.3. Оценка эффективности и целесообразности энергозатрат в производственных процессах на основе определения КПД и КПИ, а также на удельных расходах энергии, относимых к единице продукции.

5.4. Совершенствование технологии, внедрение установок по утилизации вторичных ресурсов.

6. Поверочный расчёт ВРУ с использованием АБХМ.

6.1. Натурный производственный эксперимент.

6.1.1 Определение возможности использования тепла компримирования.

6.2. Определение расчетного режима для проведения исследования.

6.2.1. Анализ зависимости концентрации кислорода от температуры воздуха на входе в блок комплексной отчистки при круглогодичной работе установки.

6.2.2. Целесообразность применения АБХМ для организации предварительного охлаждения воздуха в ВРУ.

6.2.3. Энергосберегающая система на базе АБХМ с использованием тепла компримирования.

6.3. Обоснование выбора и проведение расчёта холодильной машины.

6.3.1. Конструктивный расчёт элементов энергосберегающей системы.

6.3.2. Исходные данные для установления адекватности модели.

7. Моделирование.

7.1. Обоснование вида моделирования, разработка модели и программного обеспечения для определения технических характеристик действующей системы и системы ВРУ-АБХМ.

7.1.1 Характер изменения технических характеристик в различных условиях.

7.2. Оценка эффективности работы энергосберегающей системы по результатам моделирования.

7.2.1. Подбор и анализ работы АБХМ.

7.2.2. Численный эксперимент по определению технических характеристик энергосберегающей системы. Сравнение с действующей.

7.3. Энтروпийно - статистический анализ ВРУ и энергосберегающей системы.

7.3.1. Методика энтропийно - статистического анализа.

7.3.2. Численный эксперимент по определению работы, необходимой для компенсации производства энтропии в элементах исследуемых систем. Анализ результатов численного эксперимента.

7.4. Методика экономической оценки.

8. Экономическая оценка.

8.1. Анализ выпускаемой продукции.

8.1.1. Выбор изготовителя.

8.1.2. Выбор подрядной организации;

8.2. Обучение персонала.

8.3. Определение срока окупаемости [3–5].

Результаты оценки работы абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в энергоэффективных системах разделения воздуха:

1. На базе АБХМ разработан энерготехнологический агрегат, использующий тепло технологического процесса для повышения эффективности систем разделения воздуха.

2. Длительное наблюдение за работой систем показали отклонения от регламентных значений в наиболее трудный период работы. Натурно-производственный эксперимент позволил определить технические параметры, изучить

характер воздействия окружающей среды на ВРУ, и оценить эффективность работы установок.

3. Предлагаемая энерготехнологическая система в установках разделения воздуха включает энергетический узел, использующий тепло компримирования и вырабатывающий энергию для обеспечения технологического процесса. По предлагаемой энергосберегающей системе получен патент на полезную модель «Установка разделения воздуха» № 151886 от 27.03.2015

4. Использование АБХМ на ВРУ позволяет повысить чистоту продуктов разделения воздуха, а также уменьшить энергозатраты и тепловые потери установки в летнее время года, за счет поддержания температуры воздуха перед блоком компримирования и блоком комплексной очистки на уровне 10–15 °С.

5. Разработанная модель и программное обеспечение (Свидетельство № 2015662746 от 01.12.2015) позволяет анализировать работу энергосберегающей системы с возможностью подбора АБХМ для различных типов ВРУ с учётом их особенностей при любом сочетании режимных параметров, а также оценить эффективности работы энергосберегающей системы.

6. Анализ работы АБХМ показал, что за счет непосредственной зависимости тепловой нагрузки на генератор АБХМ от тепловой нагрузки на котел-утилизатор происходит саморегулирование холодопроизводительности и теплового коэффициента при изменении температуры окружающей среды. При увеличении температуры окружающей среды тепловой коэффициент снижается в среднем на 20 %, т. к. среднее отклонение тепловой нагрузки на генератор АБХМ значительно выше тепловой нагрузки на испаритель.

7. Проведенный анализ работы ВРУ с АБХМ показал, что использование АБХМ в составе энергосберегающей системы позволяет повысить холодильный коэффициент установок в среднем для АК-1,5 и АК-0,6 на 30 %, а для КЖАЖ-0,04 на 16,6 %.

8. Энтропийно-статистическим анализом установлено, что степень термодинамического совершенства энергосберегающей системы на 26 % выше действующей ВРУ.

9. Проведенные расчеты показывают, что спроектированные теплообменники по своим техническим и экономическим показателям могут быть эффективно использованы в составе энергосберегающей системы и предложены на рынок страны.

10. Экономическим анализом установлено, что индекс рентабельности больше единицы, проект эффективен и может быть внедрен.

11. Период возврата капитала по условиям реализации всей продукции предприятия составляет: для АК-0,6 – 1 год; для АК-1,5 – 1 года и 4 месяца; для КЖАЖ-0,04 – 2 года и 6 месяцев.

Литература:

1. Метод «Диаграмма Исикавы» <https://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0019/>
2. Галимова Л.В., Кайль В.Я., Веденеева А.И. Оценка степени термодинамического совершенства на основе анализа работы действующей абсорбционной холодильной установки системы синтеза аммиака // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4.
3. Галимова Л. В., Седойкин И. Е., Кобозев А.И., Славин Р.Б. Аппаратное оформление энергосберегающей системы разделения воздуха // Холодильная техника. 2015. № 2.
3. Седойкин И.Е., Галимова Л.В. Моделирование и анализ энергосберегающей системы на базе абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины для установок разделения воздуха // Холодильная техника. 2015. № 7.
4. Галимова Л.В., Седойкин И.Е., Еремин А.С. Использование методологии исследования энергосберегающей системы на базе абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины для крупных промышленных установок разделения воздуха // Холодильная техника. 2016. № 5.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКРУББЕРОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА

В.А. Пронин, О.В. Долговская

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

maior.pronin@mail.ru, zilkina@yandex.ru

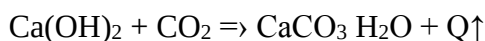
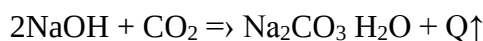
В настоящей работе рассмотрена целесообразность применения абсорберов поглощения углекислого газа в системах регенерации воздуха с точки зрения безопасности, эффективности и энергосбережения [1, 3].

Веществами, легко связывающими углекислый газ, являются:

- оксиды (например, K_2O),
- пероксиды (например, K_2O_2),
- надпероксиды (например, K_2O_4),
- озониды (например, K_2O_6),
- гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов.

Оксиды, а тем более озониды, в данной работе не рассматриваются из-за их бурной реакции с водой.

Реакции поглощения и связывания углекислого газа с наиболее распространенными гидроксидными металлами проходят по реакциям:



Из вышеприведенных уравнений очевидно, что для поглощения одной молекулы углекислого газа необходимо две молекулы гидроксида лития, (гидроксида натрия, гидроксида калия) и только одна молекула гидроксида кальция.

Согласно закону Авогадро, один моль углекислого газа имеет объем 22,41383 л и весит 44 г. Исходя из уравнений реакции для связывания одного моля углекислого газа необходимо по два моля гидроксида лития, натрия, калия и один моль гидроксида кальция. В табл. 1 представлены данные по количеству CO_2 , поглощаемого одним килограммом вещества.

Из представленной таблицы можно сделать вывод, что наибольшей эффективностью (весовой) по поглощению углекислого газа обладает гидроксид лития, на следующем месте находится гидроксид натрия.

Произведем расчет требуемого количества щелочных растворов используемых как поглотители, для поглощения углекислого газа для различных режимов жизнедеятельности человека.

Результаты расчета требуемого количества щелочных растворов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Количество CO₂, поглощаемое 1 кг вещества

Наименование вещества	Молекулярный вес	Необходимое кол-во вещества (г)	Кол-во CO ₂ , поглощаемое 1 кг вещества (г)
LiOH	23,94	47,88	466
NaOH	39,99	80,0	280
KOH	56,1	112,2	200
Ca(OH) ₂	74,08	74,08	303

Таблица 2

Результаты расчета потребного количества щелочных растворов

Уровень нагрузки	5 % р-р NaOH (кг)	10 % р-р NaOH (кг)	5 % р-р LiOH (кг)	10 % р-р LiOH (кг)
Сон	0,9/9,04	0,45/4,5	0,56/5,6	0,28/2,8
Отдых или легкая работа	1,36/13,6	0,67/6,7	0,86/8,6	0,43/4,3
Обычная работа	6,89/68,9	3,45/34,5	4,3/42,9	2,15/21,5
Тяжелая работа	23,96/239,6	11,98/119,8	15,0/150	7,5/75

Одним из технических решений аппаратного обеспечения процесса поглощения углекислого газа щелочными растворами является скруббер противоточный насадочного типа [7].

Скруббер (абсорбер) представляет собой колонну, загруженную насадкой. Наличие насадки позволяет значительно увеличить площадь контакта фаз. К наиболее распространенным насадкам относятся насадки, в виде тонкостенных колец (например, колец Рашига) высотой, равной диаметру кольца, а также наполнители нового типа [4, 5]. Схема работы скруббера представлена на рис. 1.

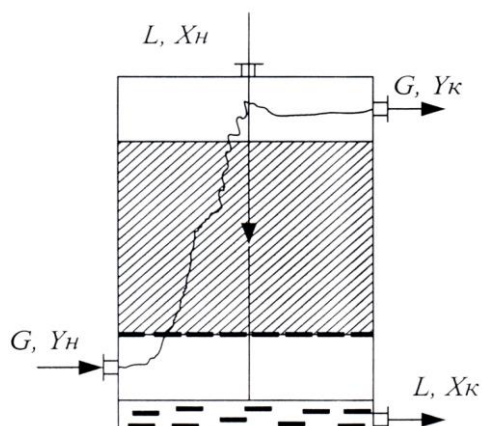


Рис. 1. Схема работы скруббера

Основные размеры абсорбера (например, диаметр, высота) определяют путем расчета, исходя из заданных условий работы (производительность, требуемая степень извлечения компонента и т. д.). Для расчета необходимы сведения по статике и кинетике процесса [9]. Данные по статике находят из справочных таблиц, рассчитывают при помощи термодинамических параметров или определяют опытным путем. Данные по кинетике в значительной степени зависят от типа аппарата и режима его работы. В ряде случаев подобные данные отсутствуют и приходится прибегать к расчету или опытам. Наиболее надежные данные, полученные по результатам экспериментов, проведенных при одних и тех условиях [8].

В настоящее время существует несколько методов, позволяющие определять коэффициент массопередачи путем расчета, либо на основе лабораторных или модельных опытов.

Теоретический расчет скруббера основан на решении уравнения материального баланса для потоков [2, 6], которое представлено формулой (1):

$$G_H + L_H = G_K + L_K \quad (1)$$

где G_H – массовый расход газовой смеси, входящей в скруббер; L_H – массовый расход поглотителя, входящего в скруббер; G_K – массовый расход очищенной газовой смеси, выходящей из скруббера; L_K – массовый расход поглотителя, выходящего из скруббера.

Поскольку начальные и конечные массовые расходы равны, то уравнение материального баланса по распределяемому компоненту имеет вид

$$M = G(Y_H - Y_K) = L(X_K - X_H)$$

где G – массовый расход газовой смеси; Y_H – начальная концентрация поглощаемого компонента в воздухе при входе в скруббер; Y_K – конечная концентрация поглощаемого компонента в воздухе, выходящего из скруббера; L – массовый расход жидкости поглотителя; X_K – конечная концентрация поглощаемого компонента в жидкости поглотителя, вытекающего снизу из скруббера; X_H – начальная концентрация поглощаемого компонента в жидкости поглотителя, подаваемой в верхнюю часть скруббера.

Предварительный расчет скруббера (абсорбера) позволяет перейти к экспериментальным расчетам на стадии технического проектирования устройства для поглощения углекислого газа.

Литература:

1. Шпилин Д.И., Пронин В.А. Повышение эффективности очистки и дезодорации газоздушных выбросов пищевых предприятий в орошаемых колоннах насадочного типа с полимерной насадкой // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 4. С. 195–203.
2. Цыганков А.В., Пронин В.А., Шпилин Д.И., Алешин А.Е. Гидродинамический расчет орошаемой колонны с пористыми насадочными телами // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С. 36–34.
3. Шпилин Д.И., Пронин В.А., Долговская О.В. Совершенствование насадочных абсорбционных систем газоочистки в системах жизнеобеспечения // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 45–48.
4. Пронин В.А., Верболоз А.П., Утин А.В., Лебедев В.В. Насадочный скруббер: патент 113170 Российская Федерация. 2012.
5. Пронин В.А., Верболоз А.П., Утин А.В. Насадочный скруббер: патент 125877 Российская Федерация. 2013.
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. 400 с.

7. Буренин В.В. Новые конструкции воздушных фильтров-пылегазоуловителей // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 2. С. 20–27.

8. Химвинга М., Панов С.Ю. Интенсификация процесса абсорбционной очистки газов в аппаратах распылительного типа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 1. С. 58–67.

9. Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модель сепарации аэрозолей в аппаратах насадочными элементами // Химическая промышленность. 2008. Т. 85. № 3. С. 156–162.

АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ БИНАРНОЙ СТАНЦИИ БЭС – 2,5

Ю.М. Петин¹, И.И. Гогонин¹, А.Е. Попов², Д.В. Колесников³, А.А. Любин³

1 – ФГБУ Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, Россия

2 – ВНИИ Холодмаш, г. Москва, Россия

3 – ОАО ГЭОТерм, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

gogonin@itp.nsc.ru

В настоящее время ГЭОЭС эксплуатируются в 26 странах с ежегодной выработкой электроэнергии около 7300 ГВт. Ожидается значительный рост установленной мощности геотермальных электростанций к 2020 г. примерно на 21000 МВт [1].

Известно, что в СССР в 1969 г. была пущена первая в мире фреоновая станция, которая успешно проработала в течение нескольких лет [2].

В 2011 г. был закончен монтаж и проведены пусковые испытания фреоновой электростанции БЭС – 2,5 на реке Паратунка (Камчатка). Расчеты и техническая документация выполнялись на основании задания, представленного специалистами ЗАО ГЭОИНКОМ [3]. Неоднократные попытки пуска станции не привели к успеху. Станция до настоящего времени не работает.

Невольно возникают вопросы: почему в 1969 г. была создана работоспособная фреоновая станция на р. Паратунка и почему спустя почти 50 лет подобную станцию пустить не удалось. Принципиально станции (кроме мощности) не отличаются друг от друга. На обеих станциях реализован цикл Ренкина. Используются одноступенчатые радиально – осевые турбины. Теплообменники с горизонтальными трубами используются однотипные, погружного типа. Обогревающая термальна вода движется внутри труб, а фреон – в межтрубном пространстве.

Основные параметры станции показаны в табл. 1.

Таблица 1

Параметры станции

Станция	Q, КВт	N, КВт	T, °C терм. вода	фреон	T _{кр.} , °C	T _s , °C
Паратунка	1500	750	80	R12	96	60
Паужетка	28700	2500	120	R134a	101,5	72
Станция	$\Delta T_{вх},$ °C	F _{испар} , м ²	F _{пароген.} , м ²	$\bar{q},$ Вт/м ²	q ₁ , Вт/м ²	q ₁ /q _{ср} , Вт/м ²
Паратунка	20	483	120	17,9·10 ³	43·10 ³	0,15
Паужетка	48	286	27,5	61·10 ³	212·10 ³	0,72

R12, q_{ср.1} = 2,8 10⁵ Вт/м²; R134a, q_{ср.2} = 2,95 10⁵ Вт/м²;

На рис. 1 приведена принципиальная схема электростанции на р. Паратунка УЭФ – 90/0,5.

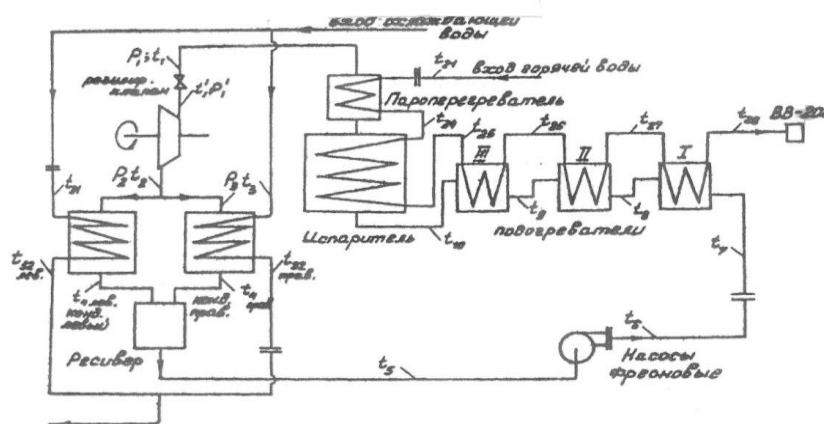


Рис. 1. Принципиальная схема фреоновой электростанции УЭФ – 90/0,5

На рис. 2 показано размещение теплообменников на Паужетской станции.

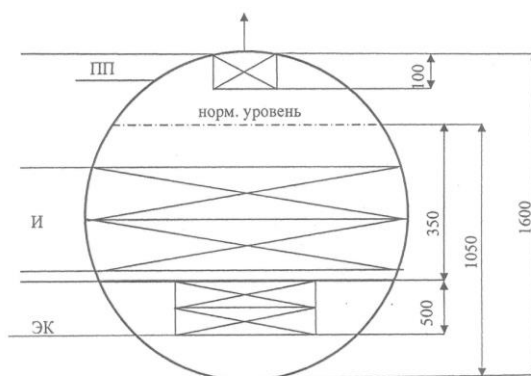


Рис. 2. Принципиальная схема теплообменников на станции БЭС – 2,5

Видно, что все они размещены в одном сосуде диаметром 1,6 м и длиной 7 м.

На рис. 2 показаны основные параметры теплообменников, смонтированных на Паужетской фреоновой станции.

Обращают на себя внимание два обстоятельства: очень высокая разница температур между теплоносителями на входе $\Delta T_{\text{вх}}=48^\circ\text{C}$. Очень малое расстояние между уровнем жидкости в теплообменнике и паропроводом на выходе из него $H_1=400\text{мм}$. При работе станции уровень повысится на $H_1\sim 200\text{мм}$ (набухание).

Рассмотрим теплообменник, когда обогревающая термальная вода движется внутри горизонтальных труб, а кипение фреона R134a происходит на наружной поверхности труб.

При обогреве трубы без фазового превращения внутри трубы переменным параметром является температурный напор по длине трубы и, следовательно, удельный тепловой поток. Известно, что температура обогревающего теплоносителя изменяется по экспоненте [4].

Теплообменник двухходовой, поэтому длина труб $L=13,2$ м. Осредненный удельный тепловой поток равен: $\bar{q} = \frac{Q}{F} = \frac{17389,8 \cdot 10^3}{286} = 61 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$. Однако на входе в теплообменник удельный тепловой поток будет много больше, чем его осредненное по длине трубы значение. На 1-ом метре от входа $\Delta \bar{T} = 46,7^\circ\text{C}$; $k_1=4,54 \cdot 10^3$; $q_1 = 2,12 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$; $q_{\text{ср}}=2,95 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$; $q_1/q_{\text{ср}}=0,72$. Во время пусковых режимов при таком тепловом

потоке очень просто перейти в пленочный режим кипения. Известно, что при пусковых режимах наблюдаются колебания расхода обогревающей воды, колебания давления и колебания уровня фреона в парогенераторе.

Ограничением для удельного теплового потока на самом напряженном входном участке парогенератора является значение критического теплового потока. Должно выполняться условие $q < q_{cr}$.

Другим ограничением является значение массовой скорости пара, выходящего из межтрубного пространства теплообменника. Если парогенератор является источником пара для турбины, то скорость пара из межтрубного пространства парогенератора имеет ограничение. Пар в турбину должен подаваться сухим или с очень ограниченным значением влажности. Влажность пара определяется массовой скоростью парового потока. Как показал опыт эксплуатации бинарной фреоновой электростанции на реке Паратунка, моторесурс турбины существенным образом зависит от влагоудержания пара, подаваемого в турбину [5].

Выбор предельных значений скорости пара в парогенераторе погружного типа. Теплообменники погружного типа обладают неустойчивой гидродинамикой двухфазного потока.

Пар в межтрубном пространстве движется снизу вверх, все время, увеличивая свою скорость по мере увеличения числа труб (счет снизу вверх). Жидкость под действием силы тяжести движется вниз. Такой двухфазный поток по определению неустойчив. Необходимо иметь в виду, что пар из межтрубного пространства в паровой объем попадает при барботировании слоя жидкости, расположенного выше трубного пучка. Такой пар является обязательно влажным, и количество влаги зависит от массовой скорости пара. В данном случае интерес представляет максимальное значение скорости пара (верхний участок трубного пучка). Именно с такой скоростью пар барботирует слой жидкости, расположенный выше трубного пучка.

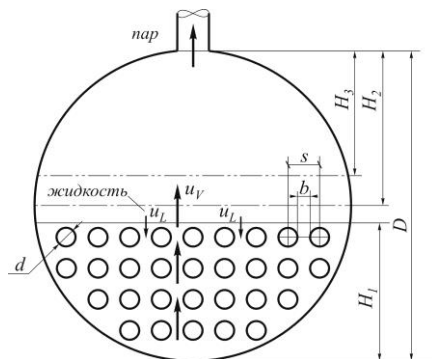


Рис. 3. Неустойчивость гидродинамики двухфазного потока в теплообменнике погружного типа

Оценить предельное значение скорости возможно двумя путями. Необходимо воспользоваться картой режимов течения двухфазного потока Кутателадзе – Сорокина [6]. Карта режимов течения двухфазных потоков [6] построена в координатах:

$$We = f(N). \quad (1)$$

Здесь $We = \frac{U_V \sqrt{\rho_V}}{\sqrt[4]{g\sigma(\rho_L - \rho_V)}}$ – критерий устойчивости двухфазного потока (критерий

Вебера). $N = \frac{U_L \sigma^{1/2}}{gD^{1/2}(\rho_L - \rho_V)^{1/2}b} = \frac{\sqrt{Fr_L}}{Bo}$; $Fr_L = \frac{U_L^2}{gD}$; $Bo = \frac{b}{\sqrt{\sigma/g(\rho_L - \rho_V)}}$ –

безразмерное расстояние между трубами.

В табл. 2 приведены числа Вебера для парогенераторов, которые вычислены по скоростям пара для Паратунской и Паужетской станции.

Таблица 2

Станция	q_1 , Вт/м ²	We_1	We_1 / We_{cr}	$\bar{q}$, Вт/м ²	We	ω_1 , %	U_{V1}	$D_{испар}$, м ²	H , м	ω_1 / ω^*
Паратунка	$43 \cdot 10^3$	1,75	0,54	$17,9 \cdot 10^3$	0,72	0,34	0,85	1600	0,25	6,8
Паужетка	$212 \cdot 10^3$	5,06	1,6	$61 \cdot 10^3$	1,55	8	1,6	1600	0,2	160

Как следует из табл. 2, скорость пара из межтрубного пространства в несколько раз превышает скорость, приводящую к инверсии двухфазного потока. Связано это, прежде всего, с очень высоким значением удельного теплового потока и малым расстоянием в межтрубной щели.

В монографии А.И. Кутепова [7] приведены зависимости, позволяющие вычислить предельные значения скорости пара на выходе из межтрубной щели, при которой влагосодержание не превышает 0,05 %.

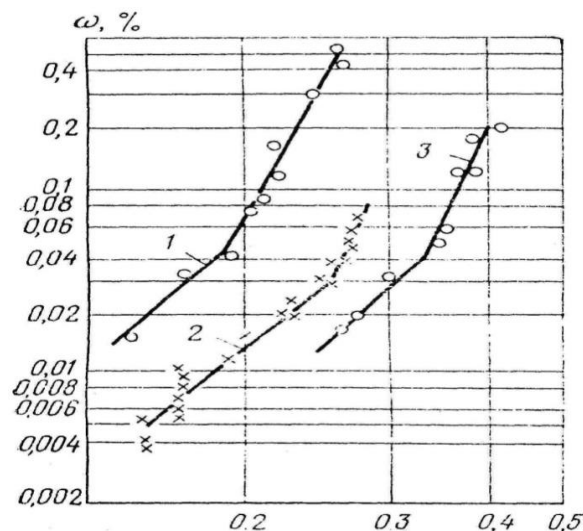


Рис. 4. Зависимость предельной скорости пара от высоты парового пространства:
1 – $H=0,46$ м; 2 – $H=0,65$ м; 3 – $H=0,85$ м

На рис. 4. приведены предельные значения скорости при $\omega=0,05\%$ в зависимости от высоты H парового пространства, т.е. расстоянием между уровнем жидкости и пароотводящим каналом.

$$Fr_{np} = 0,48 \cdot 10^{-9} Ar^{0,86} \left(\frac{H}{\sqrt{\sigma / g \rho_V}} \right)^{0,58}, \quad (2)$$

$$\text{тогда } \omega = 6,1 \cdot 10^9 \frac{Fr^{1,38}}{Ar^{1,1}} \left(\frac{l_\sigma}{H} \right)^{0,92}. \quad (3)$$

Здесь $Ar = \frac{g(l_\sigma)^3}{\gamma^2} \frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}$, $Fr = U_V^2 / g H$, $H=1$ м; $l_\sigma = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_L - \rho_V)}}$ [м] – капиллярная постоянная.

Зависимости проверены при испарении воды при изменении давлений от атмосферного давления до 180 атм. Приведенные эмпирические зависимости позволили обобщить огромный массив экспериментальных данных.

В монографии приведены схемы и конструктивные решения отдельных узлов сепараторов, снижающих количество влаги в паровом объеме. В данном сообщении очень большое внимание уделено влажности пара, который получен в парогенераторах на каждой из станций. Одним из принципиальных вопросов, который был решен не сразу, при пуске первой фреоновой станции в 1969 г. – разрушение сопловых лопаток турбины каплями жидкости, содержащихся во влажном паре, поступающем в турбину.

На фотографии, сделанной Ю.М. Петиным, отчетливо видны капли жидкости на лопатках турбины.

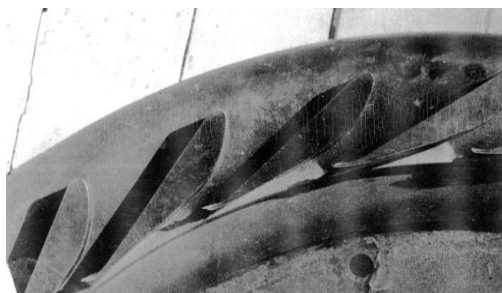
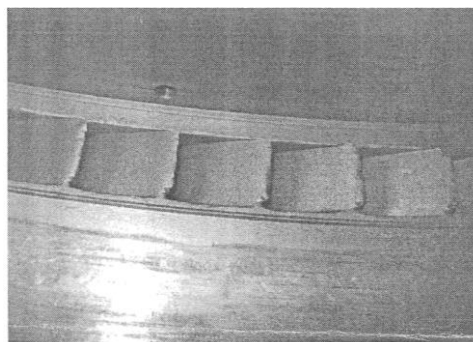


Рис. 5. Капли жидкости на лопатках турбины первой фреоновой электростанции (фото Ю.М. Петина)

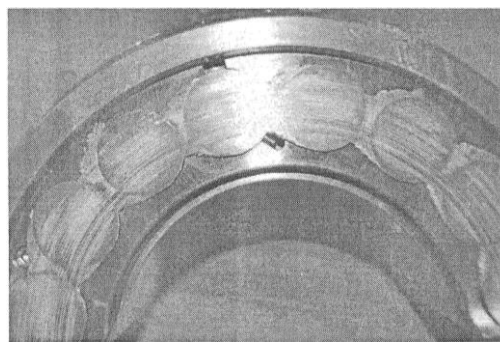
Под действием центробежных сил капли жидкости разгоняются до скорости 140 м/с и попадают на сопловые лопатки, которые разрушались через несколько часов работы турбины. Для существенного уменьшения влажности пара был установлен пароперегреватель, который в проекте станции был не предусмотрен. После того, как было найдено конструктивное решение, предотвращающее разрушение лопаток, турбина успешно проработала без замены более 10000 часов [4].

На рис. 6а показана фотография сопловых лопаток на Паужетской станции. Эта турбина проработала всего 68 минут, но на ней отчетливо видны следы эрозийного износа лопаток. На рис. 6б представлен сгоревший упорный подшипник на валу турбина – генератор.

При расчете пароперегревателя необходимо учитывать энергию, необходимую для повышения энтальпии пара, но и энергию, требуемую для удаления капель влаги, содержащейся во влажном паре.



а.



б.

Рис. 6. а – следы эрозийного износа распределительных лопаток турбины на Паужетской фреоновой станции;
б – сгоревший упорный подшипник на Паужетской электростанции

Капли жидкости, попавшие на поверхность пароперегревателя, не должны уноситься потоком пара. Оценки показывают, что скорость пара не должна превышать значение 1,5 м/с, против принятых 5 м/с. Это означает, что поверхность пароперегревателя должна быть увеличена в 4–5 раз по сравнению с принятой.

Наши рекомендации:

1. Необходимо существенно (вдвое) увеличить кавитационный запас фреоновых насосов.
2. Заменить фреон R134a на любой фреон, который имеет критическую температуру много больше 100°C (например, R142в, R21, R123 и пр.), что позволит поднять температуру кипения в парогенераторе до –90,95°C.
3. Существенно снизить удельный тепловой поток в парогенераторе (примерно вдвое), что вызывает необходимость увеличить его теплообменную поверхность. Его необходимо разместить в отдельном корпусе, что позволит обеспечить условие $H \geq 1\text{ м}$ (над зеркалом испарителя).
4. Увеличить поверхность пароперегревателя. Его основная задача – снижение влажности пара до заданных пределов.
5. Станцию на Паужетке желательно оборудовать хроматографом и силикагельными фильтрами, что позволит в любой момент контролировать качество фреона.
6. Пусконаладочные работы необходимо возобновить после устранения указанных недостатков.

Литература:

1. *Томаров Г.В.* Всемирный геотермальный конгресс WGC – 2015 / Томаров Г.В., Шинков А.А. // Теплоэнергетика. 2016. №3. С.77 – 90.
2. *Москвичева В.Н.* Результаты экспериментальных работ на Паратуньской фреоновой электростанции / Москвичева В.Н., Петин Ю.М. // В кн.: Использование фреонов в энергетических установках, Новосибирск. Институт теплофизики СО АН СССР. 1973.
3. Теплообменные аппараты бинарной электростанции БЭС – 2,5 // Тепловой и гидравлический расчет ГЭО.И. – 100Р. М. 2009.
4. Справочник по теплообменникам // М. Энергоатомиздат. 1987. Т.1. 559 С.
5. *Бурдуков А.П.* Технология использования геотермального и сбросного тепла промпредприятиями / Бурдуков А.П., Петин Ю.И. // В кн.: Проблемы нетрадиционной энергетики. Материалы научной сессии Президиума СО РАН, 2005. Новосибирск. Издательство СО РАН, 2006, С.71 – 99.
6. *Кутателадзе С.С.* О гидродинамической устойчивости некоторых газожидкостных систем. / Кутателадзе С.С., Сорокин Ю.Л. // В кн.: Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред. М. – Л: ГЭИ, 1961. С. 315-344.
7. *Кутепов А.М.* Гидродинамика и теплообмен при парообразовании / Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. // М.: Высшая школа, 1986, 448 С.
8. Справочник Промышленные фторорганические продукты // Ленинград. Химия. 1990. 463 С.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРУКТОХРАНИЛИЩ С РГС

Е.Т. Петров, А.Ф. Опалихин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

anton@testa7.ru

В связи с повышением требований к качеству фруктов и овощей при решении продовольственной программы страны возникает необходимость проектирования и строительства новых холодильников с камерами хранения, где предполагается использование регулируемой газовой среды [1–3]. Проектирование указанных сооружений требует повышенной технологичности, качества строительных и теплоизоляционных конструкций, высокого уровня автоматизации. Требования к строительным сооружениям формируются на основе технологического регламента, тепловлажностного и газового баланса в каждом из охлаждаемых помещений. При этом повышаются требования к техническим средствам, обеспечивающим поддержание требуемых параметров технологического регламента (температура, относительная влажность, концентрация газов).

Развитие вычислительной техники создает условия для перехода к новому этапу автоматизации процесса проектирования, а именно к созданию систем автоматизированного проектирования холодильных установок путем сопряжения локальных вычислительных комплексов, обеспечивающих проектирование отдельных узлов и элементов. При этом необходима разработка таких методов структурно-параметрической оптимизации холодильной установки и отдельных ее подсистем, которые обеспечили бы возможность построения единого алгоритма всего процесса проектирования при реализации произвольной задачи (проектирование новых и реконструкция действующих систем, оценка эффективности применения новых схемных решений, конструкций, процессов и т. д.)

Задача комплексной оптимизации холодильника в процессе предпроектных и проектных исследований сводить к достижению чистого дисконтированного дохода [4,5]:

$$\max \text{ЧДД}(H, X, U),$$

где $\text{ЧДД} = a \times \sum_{j=1}^{j=\tau_p} [\sum_{i=i_{nj}}^{i=i_{kj}} (C_{2ij} \times M_{2ij} - C_{1ij} \times M_{1ij}) - \Delta_j - K_j]$; a – коэффициент дисконтирования; τ_p – рабочий ресурс холодильного оборудования, лет; C_{1ij}, C_{2ij} – закупочная стоимость и стоимость реализации продукции i -го месяца j -го года; M_{1ij}, M_{2ij} – значение масс поступившей и реализованной продукции i -го месяца j -го года; Δ_j, K_j – эксплуатационные и капитальные затраты в течении j -го года; H – вектор структурных и геометрических параметров; X – вектор внутренних оптимизационных параметров; U – вектор параметров управления.

Для систем хладоснабжения при условии неизменности результатов задача оптимизации сводится к достижению условия:

$$\min \int Z_{\tau} a_{\tau} d\tau = \min \sum_{j=1}^T Z_j a_j,$$

где Z_j – затраты, осуществляемые на реализацию проекта в j -ом году, T – горизонт расчета, a_j – коэффициент дисконтирования.

При системном подходе формализация систем хладоснабжения как объекта является базой для построения иерархии и создания методологий проектирования, эксплуатации исследования, она рассматривается как отдельная многоэлементная система с иерархической структурой и как квазистационарная физико-техническая система с большим числом внешних воздействий и внутренних взаимосвязей, и ограничений.

Для реализации всестороннего исследования систем хладоснабжения предлагается:

- введение универсальности иерархического принципа декомпозиции с использованием обобщенных функциональных особенностей выделенных подсистем;
- осуществление декомпозиции системы на подсистемы, которые имеют максимальную автономность (минимальное количество связей) как с позиции проведения предварительных экспериментальных и теоретических исследований, так и проведения синтеза и оптимизации непосредственно в процессе проектирования.

Предпроектные исследования камер с РГС сводятся к формированию и реализации следующих последовательно скоординированных этапов:

- формирование объемно-планировочных решений камер холодильников с учетом элементов логистики и экономического планирования по реализации продукции;
- оптимальное проектирование холодильно-технологического камерного оборудования, обеспечивающее нормативный уровень равномерности теплофизических параметров парогазового потока в грузовом объеме камер;
- оптимальное проектирование основного холодильного оборудования на базе методов математического моделирования и структурно-параметрической оптимизации [6–9].

Реализация предпроектных исследований для таких объектов осуществляется с использованием метода структурно-параметрической оптимизации [7–9] на базе совмещения принципов декомпозиции и композиции.

Использование указанных принципов позволяет реализовать последовательный синтез и оптимизацию отдельных подсистем с привлечением методов сопряжения с остальными подсистемами на базе имитационного или регрессионного моделирования (рис.1).

Объемно-планировочные и конструктивные решения фруктоовощехранилищ формируются с учетом свода правил СП 109.13330.2012, технологических регламентов, особенностей проведения погрузочно-разгрузочных работ, общей инфраструктуры предприятия и данных климатологии.

В современных холодильниках используются металлические конструкции с безкоридорным размещением холодильных камер, стеллажным способом хранения продукции в паллетах или контейнерах и общей рампой закрытого типа. Одноэтажные холодильники проектируются в основном со стальным каркасом, стеллажный каркас берет на себя основную несущую нагрузку, при формировании ограждающих конструкций используются «сэндвич» панели с металлическими обшивками и эффективной теплоизоляцией.

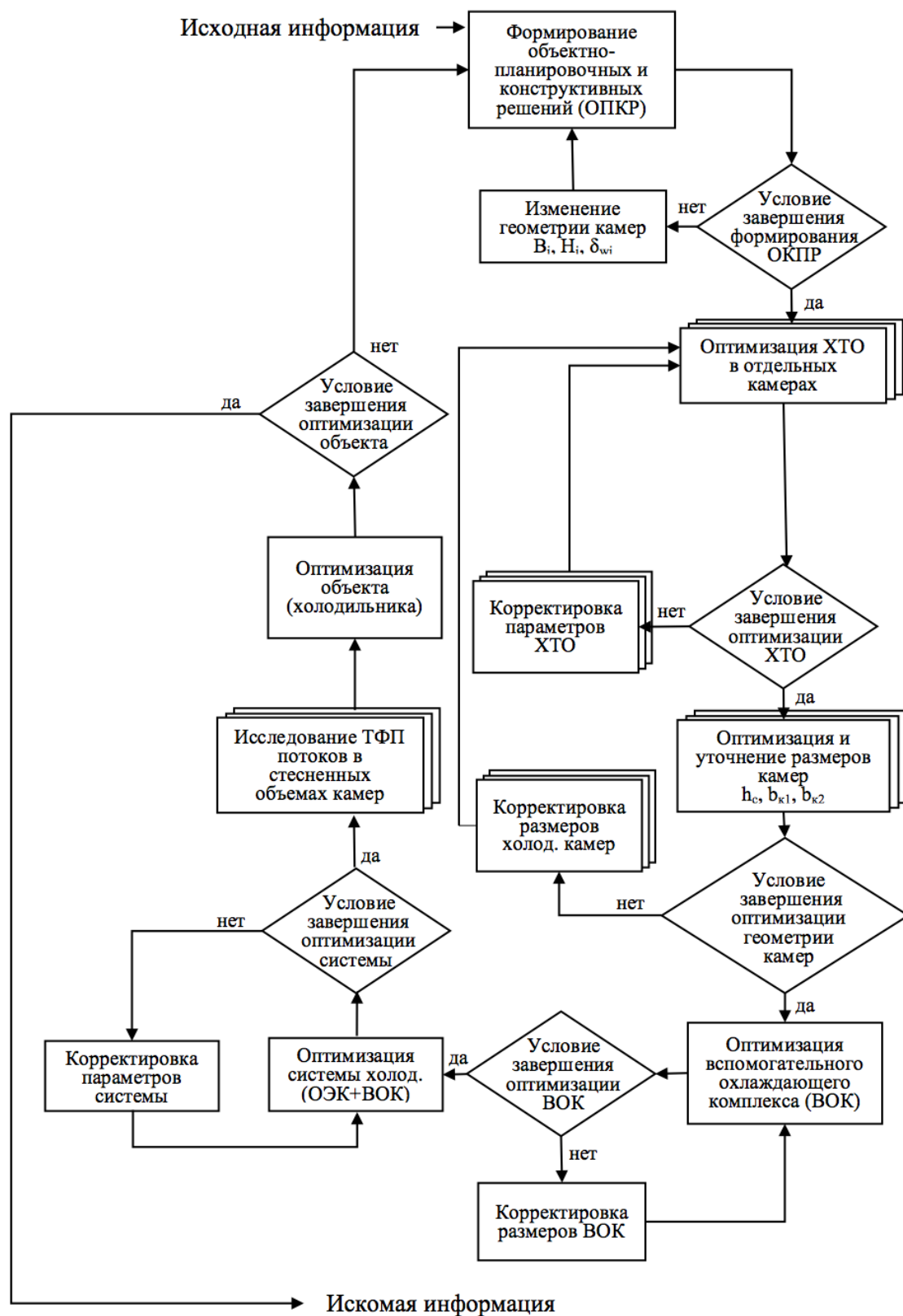


Рис. 1. Схема алгоритма автоматизированного проектирования холодильника с РГС

В качестве конструктивной схемы для холодильников южных климатических зон используются холодильники с наружным каркасом, техническим чердаком и экранированием наружных стен.

На основе информации по климатологии, планов поступления, хранения и отпуска продукции формируется математическое описание строительной части

проекта холодильника. Интенсивность тепловлажностных потоков через ограждающие конструкции камер зависит от разности температур и влагосодержания наружного воздуха и воздуха в охлажденном помещении с дополнительным воздействием радиационной составляющей теплового потока. Оптимизация строительной части объекта сводится к поиску оптимальных размеров отдельных камер, толщины теплоизоляционных конструкций с учетом графиков, отражающих характер изменения среднемесячных тепловых и влажностных потоков в течение года как по отдельным камерам, так и суммарного их значения.

Варианты объемно-планировочных решений камер и всего холодильника формируются на основе исходной информации и параметров оптимизации, в качестве которых выступают значения ширины камеры (с учетом размеров контейнеров и зазоров между ними), количество ярусов при складировании контейнеров, размеры распределительного и сборного прямоугольных коллекторов, размер пространства над грузовым объемом камеры. Длина камер устанавливается при этом исходя из значений вместимости по продукту. Размеры распределительного и сборного прямоугольных коллекторов в значительной степени зависят от значения удельного расхода воздуха на одну тонну хранимой продукции, ограничений на неравномерность температурных полей и способа воздухораспределения.

Сформированная конфигурация камер позволяет решать задачи по поиску оптимальной толщины изоляции, которая определяется с учетом результатов расчета тепловлажностного баланса камер, ограничения на возможность конденсации влаги на теплой стороне в холодный период года и значения нормативного перепада между температурой хранения продукции $t_{\text{пм}}$ температурой внутренней стенки $\Delta t^H \geq 2.0$ при условно экстремальных параметрах наружного воздуха $t_{\text{нр}}$ (при средней температуре наиболее холодной пятидневки):

$$\delta_{\text{из}}^{\text{min}} \geq \delta_{\text{из}}^{\text{вк}}, \Delta t_{\text{вп}} > \Delta t^H,$$

где $\delta_{\text{из}}^{\text{вк}}$ – толщина изоляции, обеспечивающая условия невыпадения конденсата; $\Delta t_{\text{вп}}$ – разность температур воздуха в камере и температуры внутренней поверхности ограждений.

Полученные объемно-планировочные решения позволяют определить основные показатели стоимости единицы объема и компактности холодильника.

После завершения формирования объемно-планировочных решений реализуется этап, связанный с проектированием системы холодоснабжения который базируется на структурно-параметрической оптимизации системы при совмещении принципа декомпозиции и композиции.

В процессе исследований осуществляется скоординированное воздействие на эффективность работы системы холодоснабжения как вспомогательного охлаждающего комплекса, так и основного энергетического комплекса. Причем в состав вспомогательного охлаждающего комплекса входит, холодильно-технологическое оборудование камер;

- прямой и обратный трубопроводы для транспортировки хладоносителя;
- насосные и емкостные оборудования для хладоносителя;
- испарители для охлаждения потоков хладоносителя.

В состав основного энергетического комплекса входит компрессорно-конденсаторное оборудование.

На завершающем этапе проектирования осуществляется уточнение теплофизических параметров в стесненных объемах камер, при этом выполняется условия соответствия этих параметров технологическому регламенту. В противном

случае осуществляется изменения геометрических параметров камеры или параметров холодильного оборудования.

Представленный алгоритм позволяет существенно повысить качество проектных решений и обеспечить снижение уровня энергопотребления за счет использования методов адаптивного управления в процессе круглогодичной эксплуатации объекта.

Литература:

1. Ильинский А.С., Карпов С.Б., Пугачев В.Ю. Сохранение качества и предотвращение развития физиологических заболеваний яблок при хранении в регулируемой атмосфере с минимально допустимыми концентрациями кислорода // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012, № 4. с. 91–99.
2. Гудновский В.А., Семашко В.Я. Промышленный опыт хранения фруктов в регулируемой газовой среде. Алма-Ата, КазНИИНТИиТЭИ, 1977.
3. Жадан В.З., Дидык Н.Н. Особенности влагообмена в холодильных камерах регулируемой газовой средой // Холодильная техника и технология, 1981. № 32. С. 103–105.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утверждено Госстроем России, № 7-12/47, 31 марта 1994 г., // Стройинформ-СПб., Спец. Выпуск, 1995.
5. Петров Е.Т., Круглов А.А., Опалихин А.Ф. Особенности экспериментального и предпроектного исследования камер фруктоовошехранилищ с регулируемой газовой средой // Вестник Международной Академии холода. 2016. № 3.
6. Петров Е.Т., Опалихин А.Ф. Особенности численного исследования теплофизических параметров парогазовых потоков в камерах холодильников с регулируемой газовой средой // Вестник Международной академии холода. 2017. № 3. С. 47–52.
7. Петров Е.Т., Михновская Е.Л. Оптимизация холодильных установок в процессе автоматизированного проектирования. Сб. науч. трудов. «Автоматизированное проектирование трубопроводных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств». ЦНИИТ Энефтехим, М.: 1982.
8. Петров Е.Т. Особенности автоматизированного проектирования систем хладоснабжения предприятий большой мощности // Известия СПбГУНиПТ. 2004. № 16.
9. Курылев Е.С., Петров Е.Т., Михновская Е.Л. Автоматизированное проектирование холодильных установок // Холодильная техника. № 5. 1981.

О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АБСОРБЦИОННОГО БРОМИСТОЛИТИЕВОГО ПОВЫШАЮЩЕГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А.А. Дзино, О.С. Малинина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

dzinoaa@mail.ru

В настоящее время по температуре теплоносителя классифицируют системы отопления низкотемпературные с предельной температурой горячей воды $t_r < 70^\circ\text{C}$, среднетемпературные при t_r от 70 до 100°C и высокотемпературные при $t_r > 100^\circ\text{C}$ [1].

Согласно литературному источнику [2] Температура горячей воды в местах водоразбора независимо от применяемой системы теплоснабжения должна быть не ниже 60°C и не выше 75°C .

Известно, что для целей отопления и горячего водоснабжения в холодное время года при наличии бросовой теплоты с температурой $t_h = (40 \div 65)^\circ\text{C}$ можно применять абсорбционные повышающие термотрансформаторы: водоаммиачный и бромистолитиевый [3].

На рис. 1 представлена схема абсорбционного бромистолитиевого повышающего термотрансформатора (АБПВТ).

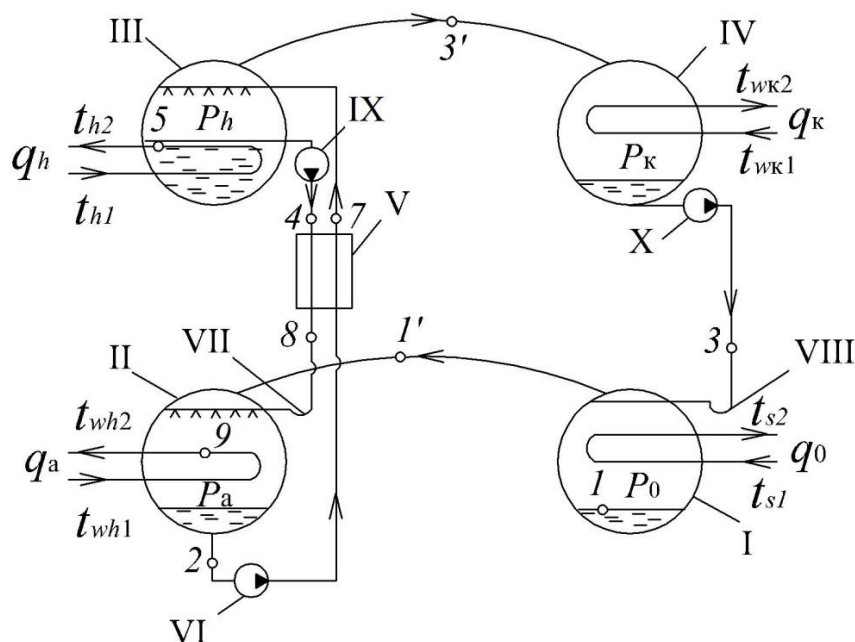


Рис. 1. Абсорбционный бромистолитиевый повышающий термотрансформатор

За счет подвода теплоты q_0 от греющего источника с температурой t_{s1} в испарителе I кипит рабочее вещество при давлении P_0 . Образовавшийся в испарителе

водяной пар поступает в абсорбер II, в котором абсорбируется крепким раствором, подаваемым насосом IX через теплообменник V из генератора III. Теплота абсорбции q_a с температурой t_{wh2} отводится к источнику теплоснабжения. Из абсорбера слабый раствор насосом VI через теплообменник V подается в генератор, в котором происходит процесс кипения раствора за счет подвода теплоты от греющего источника в количестве q_h с температурой t_{h1} . В конденсаторе IV при давлении P_k конденсируется водяной пар, поступивший из генератора. Теплота конденсации в количестве q_k с температурой t_{wk2} отводится к источнику окружающей среды. Так как температура охлаждающей среды ниже температуры греющего источника, давления P_k в конденсаторе и генераторе ниже давления P_0 . Таким образом из конденсатора конденсат подается насосом X.

Энергетическая эффективность данной системы оценивается коэффициентом трансформации повышающего термотрансформатора α (альфа). Принятая в обозначении буква греческого алфавита является первой буквой слова «увеличивать» ($\alpha\upsilon\epsilon\alpha\nu\omega$) [4, 5].

Таким образом, эффективность системы будет определяться выражением

$$\alpha = \frac{Q_B^{об}}{Q_H^{пр} + Q_H^{об}}. \quad (1)$$

Итак,

$$Q_B^{об} = \mu L_0; \quad (2)$$

$$Q_H^{пр} = L/\eta; \quad (3)$$

$$Q_H^{об} = Q_B^{об} - L_0 = \mu L_0 - L_0 = L_0(\mu - 1). \quad (4)$$

Следовательно,

$$\alpha = \frac{\mu L_0}{L/\eta + L_0(\mu - 1)} \quad (5)$$

или

$$\alpha = \frac{\mu\eta}{1 - \eta + \mu\eta}. \quad (6)$$

Зная, в каких пределах изменяются величины, входящие в это выражение, можно утверждать, что коэффициент трансформации повышающего термотрансформатора меньше 1.

Для анализа влияния параметров внешних источников при различной величине степени внутренней регенерации теплоты в одноступенчатых циклах АБПВТ на коэффициент трансформации необходимо рассмотреть теоретические циклы с полной регенерацией теплоты на теплой стороне регенеративного теплообменника растворов (РТО), при отсутствии РТО и действительные термодинамические циклы с конечной разницей температур между слабым и крепким растворами на теплой стороне регенеративного теплообменника.

Степень внутренней регенерации теплоты оценивается соотношением

$$\chi = \frac{t_2 - t_4}{t_8 - t_4}, \quad (7)$$

где t_2 – низшая температура раствора в конце процесса абсорбции, °С; t_4 – высшая температура раствора в конце процесса кипения в генераторе, °С; t_8 – температура крепкого раствора после теплообменника, °С.

Однако, окончательное решение о выборе параметров внешних источников для применения АБПВТ в системе отопления необходимо принимать после проведения технико-экономического анализа.

Литература:

1. *Сканави А.Н.* Отопление: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство», специальности 290700 / Л.М. Махов. – М.: АВС, 2002. – 576 с.: ил.
2. СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01».
3. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; Под общей ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с.
4. *Дзино А.А., Малинина О.С.* Системы прямых и обратных термодинамических циклов для получения тепла и холода. VII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Ч. I: Материалы конференции. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. С. 141 – 144.
5. *Дзино А.А., Малинина О.С.* Анализ влияния температуры греющего источника на энергетическую эффективность одноступенчатого термодинамического цикла абсорбционного бромистолитиевого понижающего термотрансформатора // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 35-39.

ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛООБРАЗОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ВИНТОВОГО ДЕТАНДЕРА

М.М. Данилов, З.Н. Иванова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

yaozavi@mail.ru

Представленное исследование относится к изучению процесса расширения в винтовом детандере газовых смесей, содержащих диоксид углерода, с целью его вымораживания для последующего получения товарного сухого льда.

Для исследования процесса кристаллообразования диоксида углерода в винтовом детандере необходимо убедиться, что геометрия винта и параметры работы винтового детандера удовлетворяют условиям завершения процесса кристаллизации. Этим условием является то, что время расширения, необходимое для завершения процесса кристаллизации должно быть не менее $122 \cdot 10^{-5}$ с. При более быстром расширении процесс кристаллообразования, состоящий из образования кристаллов-зародышей и их последующего роста, может быть не закончен как по количеству кристаллов, так и по их размеру [1, 2].

Так же критерием выбора являются рекомендуемые значения частоты вращения $n_1 = 65 \dots 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ при которых изоэнтропный КПД имеет максимальное значение по результатам экспериментальных исследований винтового детандера, выполненным Куприяновым А.Н. [3].

Время расширения рассчитывается по следующему алгоритму:

1) Выбираем значения диаметра винтов D и относительной длины винта $k_1 = 0,9$ в соответствии с типоразмерным рядом СКБК для винтов с асимметричным профилем зубьев [4].

2) По таблице определяем значение полезного объема парной полости $W_{\text{п}}$, который равен конечному объему ($W_{\text{кон}}$)

3) Определяем начальный объем парной полости:

4)

$$W_{\text{нач}} = \frac{W_{\text{п}}}{\pi_p^n}, \text{ см}^3,$$

n – показатель политропы расширения,

5) Определяем теоретическую объемную производительность одной парной полости винтового детандера

6)

$$V_{\text{т}} = W_{\text{нач}} \cdot n_1, \text{ м}^3,$$

где $n_1 = \frac{u_1}{\pi D}$ – частота вращения ведущего винта

7) Определяем разницу конечного и начального объемов парной полости

$$\Delta W = W_{\text{кон}} - W_{\text{нач}}, \text{ м}^3$$

8) Время расширения

$$\tau = \frac{\Delta W}{V_T}, \text{с}$$

По данному алгоритму были произведены расчеты для условий работы:

– Давление на входе в детандер: 200 кПа, 250 кПа, 300 кПа;

– Давление на выходе из детандера: 110 кПа.

Соответственно значения степеней расширения:

$$\pi_p = \frac{2}{1,1} = 1,818; \pi_p = \frac{2,5}{1,1} = 2,273; \pi_p = \frac{3}{1,1} = 2,727$$

– Частота вращения принимается $n_1 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$,

Число оборотов n_1 – не менее 50 с^{-1} . Это условие ограничивает исследуемые значения диаметров винтов (не более 400 мм).

Все расчеты сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Расчет времени расширения для винтов типоразмерного ряда СКБК
для винтов с асимметричным профилем зубьев**

π_p	$D, \text{мм}$	$W_{\text{п}}, \text{см}^3$	n	$W_{\text{нач}}, \text{см}^3$	$\Delta W, \text{см}^3$	$u_1, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$V_T, \text{м}^3$	$\tau \cdot 10^5, \text{с}$
1,82	400,00	6 784,00	1,280	4 252,83	2 531,17	80	0,27	934,42
	315,00	3 313,00		2 076,89	1 236,11		0,17	735,86
	250,00	1 656,00		1 038,13	617,87		0,11	584,01
	200,00	848,00		531,60	316,40		0,07	467,21
	160,00	434,00		272,07	161,93		0,04	373,77
	125,00	207,00		129,77	77,23		0,03	292,01
	100,00	106,00		66,45	39,55		0,02	233,61
	80,00	54,20		33,98	20,22		0,01	186,88
2,27	400,00	6 784,00	1,259	3 536,57	3 247,43	80	0,23	1 441,64
	315,00	6 784,00		3 536,57	3 247,43		0,29	1 135,29
	250,00	1 656,00		863,29	792,71		0,09	901,02
	200,00	848,00		442,07	405,93		0,06	720,82
	160,00	434,00		226,25	207,75		0,04	576,66
	125,00	207,00		107,94	99,06		0,02	450,27
	100,00	106,00		55,27	50,73		0,01	360,22
	80,00	54,20		28,26	25,94		0,01	288,17
2,73	400,00	6 784,00	1,261	3 057,94	3 726,06	80	0,19	1 913,02
	315,00	3 313,00		1 493,36	1 819,64		0,12	1 506,50
	250,00	1 656,00		746,46	909,54		0,08	1 195,64
	200,00	848,00		382,24	465,76		0,05	956,51
	160,00	434,00		195,63	238,37		0,03	765,21
	125,00	207,00		93,31	113,69		0,02	597,82
	100,00	106,00		47,78	58,22		0,01	478,26
	80,00	54,20		24,43	29,77		0,01	382,60

Как видно из табл. 1, для винтов всех диаметров время расширения удовлетворяет условию завершения процесса кристаллизации. Остановим свой выбор

на винте диаметром 100 мм, так как время расширения у него соизмеримо со временем кристаллизации (с почти двухкратным запасом).

Для данного винта был произведен расчет процесса кристаллизации в соответствии с математической моделью, разработанной для расчета процесса кристаллизации в центростремительном турбодетандере. Расчеты проводились для газовой смеси с разными начальными концентрациями диоксида углерода 10%, 15%, 20 % и начальными давлениями на входе в детандер $P_n = 200$ кПа, 250 кПа и 300 кПа.

Используется математическая модель для оценки количественного и дисперсного состава твердого диоксида углерода, который образуется в объеме газовой смеси при ее прохождении через детандер с известным распределением давления и скорости потока в парной полости. [5, 6].

Математическая модель дает возможность определить по протяженности парной полости:

- компонентный состав газовой смеси;
- размеры кристаллов зародышей CO_2 ;
- скорость образования зародышей CO_2 ;
- численную и массовую концентрацию образующихся в каждом из последовательных сечений и растущих кристаллов;
- место расположения и протяженность зоны кристаллизации и повышение температуры потока вследствие подвода к нему теплоты фазового перехода.

Для реализации расчета процесса кристаллизации проточная часть винтового детандера разбивается на равные участки от $i = 1$ до $i = n$. Количество участков проточной части $n = \frac{l}{l_i}$, где l – длина проточной части, а l_i – длина участка. На каждом из участков определяется время процесса расширения,

$$\Delta\tau_i = \frac{l_i}{c_i},$$

где c_i – скорость расширения, а так же давление:

$$P_i = \frac{P_n}{\left(\frac{W_n}{W_i}\right)^n},$$

где P_n – давление на входе в детандер

W_n – полезный объем парной полости,

W_x – объем парной полости на i – том участке,

n – показатель политропы расширения

Для определения изменяющегося объема парной полости авторами предложен метод, описанный в литературе [7]. Данный алгоритм построения диаграммы изменения свободного объема парной полости от угла поворота ведущего винта является отправной точкой для дальнейшего расчета процесса кристаллизации диоксида углерода в цикле регенеративной газовой холодильной машины, используемой в новом способе получения сухого льда.

В результате расчёта процесса кристаллизации диоксида углерода в парной полости винтового детандера был получен график изменения степени переохлаждения на каждом из участков рабочей длины винтов. Произведен анализ влияния изменения начального давления газовой смеси и начальной концентрации на характеристики процесса кристаллизации в парной полости. Определены величины критических переохлаждений рабочего вещества и количество получаемой твёрдой фазы диоксида углерода.

Литература:

1. Данилов М.М. Смирнов А.С. Основные особенности образования твердой фазы диоксида углерода // Вестник МАХ. 2014 г. № 2. С. 37–40.
2. Данилов М.М. Вымораживание диоксида углерода из газовых смесей в проточной части низкотемпературных детандеров // Известия СПбГУНиПТ. 2009 г. №3/4. С. 10–13.
3. Куприянов А.Н. Разработка и повышение эффективности винтового детандера для систем низкотемпературной сепарации попутного нефтяного газа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. С. 6–15.
4. Носков А.Н. Малышев А.А., Пекарев В.И. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин, тепловых насосов и термотрансформаторов. Ч.2 Расчет роторных компрессоров. Учеб. пособие -СПб.: Университет ИТМО, 2016.-95 с.
5. Данилов М.М. Особенности процесса получения твердого диоксида углерода в низкотемпературных турбодетандерах: дис. канд. техн. наук-СПб.: СПбГУНиПТ 2003 г. 143с
6. Данилов М.М. Моделирование процесса вымораживания диоксида углерода в объеме расширяющегося газового потока // Известия СПбГУНиПТ. 2007 г. №1. С. 6-8.
7. Данилов М.М., Иванова З.Н. Изменение объема парной полости в процессе расширения в винтовом детандере // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 58–62.

НАДЕЖНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

УДК 548.4 539.2

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ ПРИ ОТПУСКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ EBSD-МЕТОДОМ

Е.А. Яшина¹, А.А. Зисман^{1,2}, Н.Ю. Золоторевский², С.Н. Петров^{1,2}, Е.И. Хлусова^{1,2}

1 – ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

mail@crism.ru

Введение. Количественный анализ влияния термической обработки на микроструктуру сталей остается актуальной задачей. С одной стороны, оптическая микроскопия имеет низкую разрешающую способность и не позволяет исследовать изменение плотности дислокаций и карбидной фазы при отпуске. С другой стороны, локальные методы просвечивающей электронной микроскопии являются статистически непредставительными. Компромиссным с данной точки зрения оказывается метод дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD). В этом методе локальные ориентации с угловой точностью до десятых долей градуса измеряются в узлах виртуальной сетки с шагом порядка 0,05–0,1 мкм. Обработка первичных данных EBSD позволяет определять величину градиента ориентации (кривизны) кристалла [1], которая непосредственно связана с решеточными дефектами. Таким образом, можно отобразить неоднородность их плотности в анализируемых областях шлифа, например, с помощью стандартной опции программного обеспечения – GAM (grainaveragemisorientation).

Аналогичные методы могут использоваться для идентификации и отображения в сталях разновидностей α -фазы (феррит, бейнит, мартенсит) [2, 3], которые отличаются друг от друга плотностью дислокаций, но не всегда однозначно различимы по морфологическим признакам. В случае отпуска подобный анализ принципиально осложняется, т.к. скорость разупрочнения различных структурных составляющих не одинакова и, в частности, по плотности дислокаций мартенсит постепенно приближается к бейниту. Более того, на упругие искажения решетки влияет также и форма взаимодействующих кристаллов, поэтому последние могут оказаться неразличимы по величине кривизны даже при разной плотности дислокаций [3]. В связи с этим, структурное состояние стали, меняющееся во время отпуска, целесообразно описывать интегральным спектром кривизны. При этом наряду с общим разупрочнением, которое проявляется в уменьшении соответствующего среднего значения кривизны, постепенное изменение формы спектра отражает специфическую кинетику отпуска разных структурных составляющих α -фазы. В настоящей работе такой подход применяется к низкоуглеродистой высокопрочной стали с бейнитно-мартенситной структурой, обладающей высокой хладостойкостью при температурах

до -60°C . Сравниваются спектры кривизны, построенные по данным EBSD в закаленном состоянии и после отпуска стали по различным режимам.

Материал и методы исследования. В работе исследовали образцы от промышленного проката низкоуглеродистой (0,09% C) мартенситной стали 09ХН4МДФ в закаленном состоянии, а также после высокого отпуска при температуре 625°C (8 ч) и 660°C (1 и 6 ч). На завершающей стадии подготовки шлифов для удаления поверхностного наклепа использовалась специальная паста на основе коллоидного оксида алюминия. Панорамный EBSD анализ шлифов проводился с помощью СЭМ Quanta 200 3DFEG с шагом сканирования $0.1\text{ }\mu\text{m}$, для расшифровки дифракционных данных применялось программное обеспечение EDAXTSL. Для оценки кривизны решетки целых кристаллов (реек или блоков) превращенной структуры применялась стандартная опция GAM. Эта функция характеризует среднюю величину разориентировки между смежными точками в пределах области, отделенной от окружения границей с углом разориентировки не менее задаваемого угла толерантности θ_t . В настоящей работе использовалась величина $\theta_t = 5^{\circ}$, что в сталях близко к минимальному углу относительного разворота между возможными вариантами ориентационного соотношения α -фазы с решеткой исходного аустенита [4,5].

Результаты исследований и их обсуждение. Структура закаленной стали 09ХН4МДФ представляет собой бейнитно-мартенситную смесь. Данные по взаимосвязи кривизны кристалла, определенной с помощью функции GAM, с различными составляющими α -фазы после закалки [6] отражают преобладающую долю мартенситной составляющей. Отпуск закаленной стали при 625°C не вносит заметных изменений в отображение структуры с помощью IQ функции, однако уровень кривизны при этом сильно снижается, так что отпущенный мартенсит по данному признаку вряд ли можно отличить от бейнита в закаленном состоянии.

Для более детального анализа полученных результатов следует учесть, что структурные составляющие α -фазы, различные по плотности решеточных дислокаций и, соответственно, величине упругих искажений кристалла, по-разному изменяют свое состояние в процессе отпуска, что легко обнаружить при сравнении спектров их распределения по уровню кривизны K [$^{\circ}/\mu\text{m}$], рис. 1, а. Для закаленного состояния характерен бимодальный спектр с главным мартенситным пиком и относительно слабым максимумом, который связан с небольшой (до 10%) долей бейнита.

При отпуске происходит общее уменьшение кривизны, а также существенное изменение формы спектра в соответствии со схемой на рис. 1б. Мартенситный пик (в отличие от бейнитного) расщепляется из-за более медленного смещения его правой части M2, которой отвечает наибольшая плотность дислокаций. На первый взгляд это может показаться странным, т.к. в соответствующих областях мартенсита максимальна плотность упругой энергии, т.е. движущая сила для структурной эволюции. В то же время, с кинетической точки зрения такое расщепление не является неожиданным, поскольку чрезмерная плотность дислокаций затрудняет их перестроение с постепенной аннигиляцией. Наряду с влиянием исходной дислокационной плотности в соответствии с рис.1, б, данный эффект мог быть связан и с различной толщиной мартенситных реек, что также влияет на скорость эволюции их дефектной структуры при отпуске. Хотя результат конкуренции всех упомянутых выше факторов в зависимости от условий отпуска пока вряд ли предсказуем, рассмотренный пример демонстрирует эффективность спектра кривизны в качестве представительной характеристики структурного состояния α -фазы.

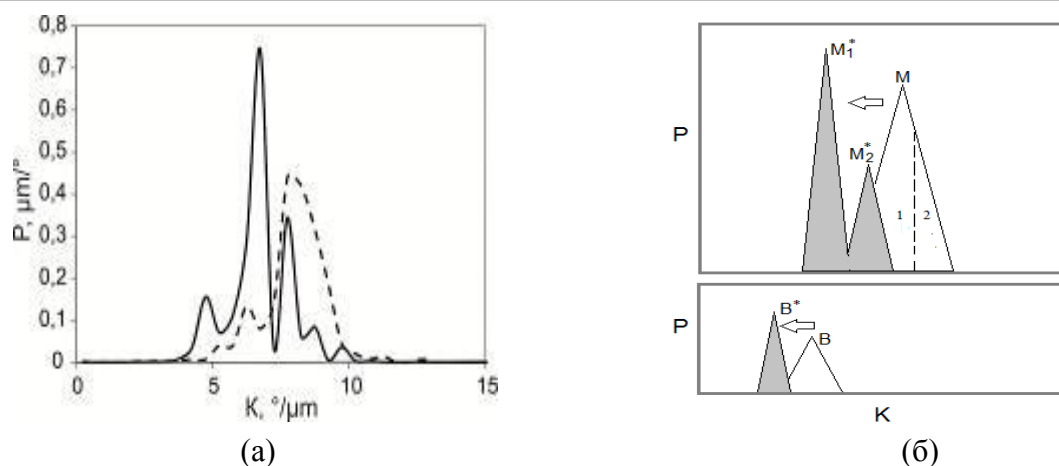


Рис. 1. Уменьшение величины кривизны кристаллической решетки в результате отпуска закаленной стали 09XN4MДФ при 625°C:

(а) спектры распределения до и после отпуска (штриховая и сплошная линии, соответственно);
(б) схема эволюции мартенситной (М) и бейнитной (В) составляющих спектра

Чувствительность спектра кривизны к условиям термообработки исследовалась на образцах закаленной стали 09XN4MДФ, подвергнутых отпускам длительностью один и шесть часов при более высокой температуре 660°C. Соответствующие спектры (рис.2, а, б) были построены так же, как в предыдущем случае. После часового отпуска при 660°C и после 8 ч отпуска при 625°C правые мартенситные пики (M_2^* согласно рис.1, б) оказались подобными, но в остальном спектры заметно различались. В частности, при сравнении с рис.1, а на рис.2, а следует отметить ослабление пика отпущенного бейнита (B^*), а также признаки его слияния с левым пиком (M_1^*) мартенсита. При увеличении продолжительности отпуска при 660°C до шести часов (рис.2, б) это слияние завершается, а правый пик мартенсита M_2^* становится главным за счет частичного поглощения менее искаженной составляющей M_1^* .

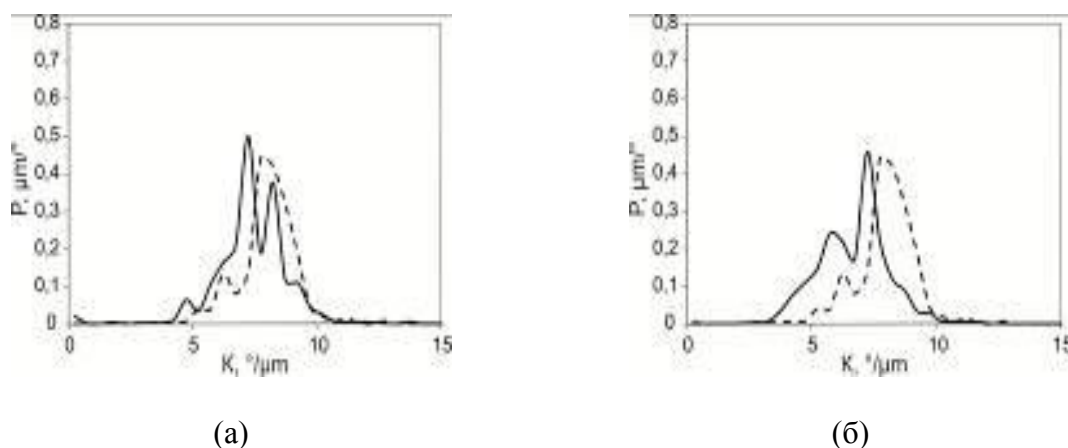


Рис. 2. Спектры распределения величины кривизны кристаллической решетки стали 09XN4MДФ после отпуска при температуре 660 °С продолжительностью один (а) и шесть часов (б), где исходный спектр (после закалки) изображен штриховой линией

Заключение. В работе на примере высокопрочной стали 09XN4MДФ освоен метод исследования эволюции структурного состояния высокопрочных сталей в ходе высокого отпуска с помощью EBSD. Полученные результаты показывают, что объемные доли и пространственное распределение мартенсита и бейнита после закалки объективно отображаются картами кривизны кристаллической решетки, а скорости разупрочнения разных типов α -фазы при отпуске можно оценивать по изменению

спектра кривизны. В закаленной стали 09ХН4МДФ этим методом удалось обнаружить значительную неоднородность структуры мартенсита по устойчивости к отпуску.

Литература:

1. Sun S., Adams B.L., King W.E. Observation of lattice curvature near the interface of a deformed aluminum bicrystal // *Phil. Mag.-A*. 2000. Vol. 80. P. 9-25.
2. Petrov R., Kestens L., Wasilkowska A., Houbaert Y. Microstructure and texture of a lightly deformed TRIP-assisted steel characterized by means of the EBSD technique // *Mater. Sci. Eng.-A*. 2007. Vol. 447. P. 285–297.
3. Зисман А.А., Петров С.Н., Пташник А.В. Количественная аттестация бейнитно-мартенситных структур высокопрочных легированных сталей методами сканирующей электронной микроскопии // *Металлург*. 2014. №.11. С. 91–95.
4. Miyamoto G., Iwata N., Takayama N., Furuhashi T. Quantitative analysis of variant selection in ausformed lath martensite // *Acta Mater*. 2012. Vol.60. P. 1139–1148.
5. Takayama N., Miyamoto G., Furuhashi T. Effects of transformation temperature on variant pairing of bainitic ferrite in low carbon steel // *Acta Mater*. 2012. Vol.60. P. 2387-2396.
6. Zolotarevsky N.Yu., Panpurin S.N., Zisman A.A., Petrov S.N. Effect of ausforming and cooling condition on the orientation relationship in martensite and bainite of low carbon steels // *Mater. Characterization*. 2015. Vol. 107. P. 278-282.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ХОЛОДНЫЙ ИЗГИБ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ И СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Е.И. Хлусова, У.А. Пазилова, Ю.В. Веретенникова

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

mail@crism.ru

В связи с разработкой новых химических составов высокопрочных сталей, необходимо дать оценку их пластичности для прогнозирования технологических свойств. Целью работы являлось исследование деформационной способности низколегированных и среднеуглеродистых легированных сталей с пределом текучести 750, 1200 и 1500 МПа.

Испытанию могут подвергаться узкие и широкие технологические пробы. Напряженное состояние проб, испытываемых на изгиб, зависит от формы образца и отношения ширины к толщине. При испытании широких образцов средняя часть образца по ширине находится в жестких условиях плоского напряженного состояния, что приводит к уменьшению предельной пластичности материала при изгибе [1]. В нормативно-технической документации испытанию на холодный изгиб подвергается листовой прокат из судостали с пределом текучести не более 500 МПа. Результат испытаний на холодный изгиб (по ГОСТ 14019) является удовлетворительным, если проба выдерживает изгиб до 120° без разрушения на оправке диаметром, равным двум толщинам листа. Размеры проб для испытаний на статический изгиб при комнатной температуре представлены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры проб для испытаний на холодный изгиб

Марка стали (предел текучести, МПа)	Толщина проката, мм	Узкая проба (ширина пробы, мм)	Широкая проба (ширина пробы, мм)
750	25,8	–	125
	42,0	–	150
1200	6	25	50
	18	50	90
1500	6	25	50
	18	50	90

Показано, что при диаметре оправки, составляющим 5 толщин, сталь с пределом текучести 750 МПа выдерживает испытание на изгиб на 120° без разрушения. При уменьшении диаметра оправки до 2–3 толщин угол изгиба снижается до 90–100°, а также наблюдается появление надрывов и трещин.

С повышением категории прочности стали до 1200–1500 МПа (увеличением содержания углерода и легирующих элементов) технологическая пластичность материала значительно снижается, и результаты испытаний при диаметрах оправки 5–7 толщин являются неудовлетворительными. Удовлетворительные результаты для стали с пределом текучести 1200 МПа возможны при испытаниях широких проб с диаметром оправки свыше 8 толщин листа. Также положительные результаты получены при испытании узких проб: для стали с пределом текучести 1200 МПа минимальный диаметр оправки, обеспечивающий угол изгиба более 120° , составляет 6, 7 толщин, для стали с пределом текучести 1500 – 10 толщин. Для сталей высокой категории прочности увеличение толщины проката с 6 до 18 мм (на широких пробах) приводит к уменьшению угла изгиба в среднем на 20° , а также появлению трещин и разрывов. Зависимость коэффициента деформации в зависимости от категории прочности стали представлена на рис. 1.

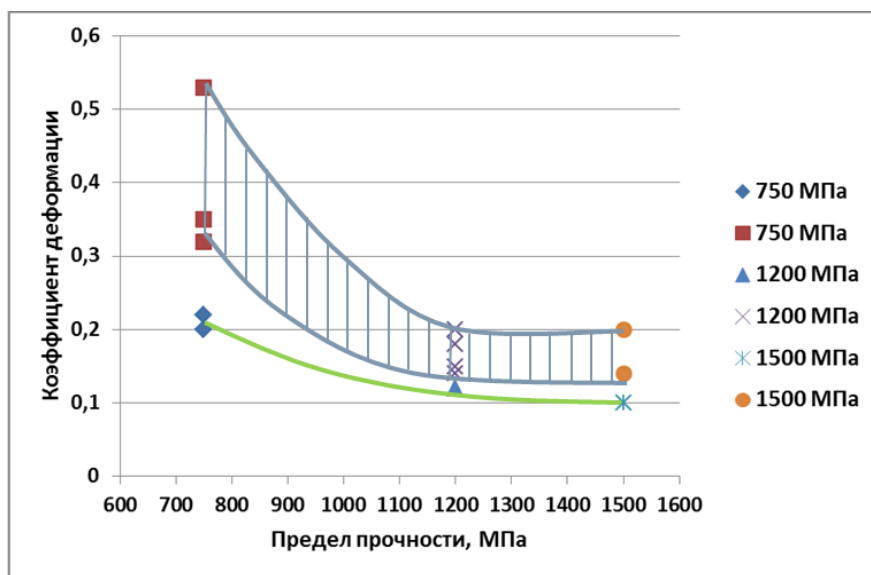


Рис. 1. Зависимость коэффициента деформации от предела прочности стали

С повышением прочности и/или толщины проката деформационная способность стали при холодном изгибе уменьшается, что в первом случае обусловлено чувствительностью стали к концентраторам напряжений, а во втором – изменением напряженного состояния образца.

Литература:

1. Мороз Л.С. Механические свойства металлов. Л.: Северо-Западный заочный политехнический институт, 1971. 178 с.

МЕХАНИЗМ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ЛЕГИРОВАННОЙ АЗОТОМ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

А.С. Тепленичева, Г.Ю. Калинин

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

ateplenicheva@gmail.com

Основным требованием, предъявляемым к металлическим конструкционным материалам для низкотемпературных систем, является гарантированный запас пластичности и вязкости разрушения при рабочих температурах. В качестве таких материалов успешно зарекомендовали себя аустенитные хромоникелевые стали, а также ферритные стали, легированные никелем [1].

В последние годы возрастает интерес к легированной азотом аустенитной стали, что обусловлено ее аномальным упрочнением при низких температурах [2]. Кроме того известно, что с повышением содержания азота в аустенитной стали увеличение предела текучести не сопровождается ожидаемым снижением вязкопластических характеристик [3]. Однако по данным ряда работ, например [4], в аустенитных хромомарганцевоникелевых сталях, легированных азотом, при низких температурах обнаружен вязко-хрупкий переход, нехарактерный для металлических материалов с ГЦК структурой.

Указанные особенности механического поведения легированной азотом аустенитной стали принято связывать с особенностями электронной структуры твердого раствора атомов внедрения в γ -Fe [5]. При этом отмечается, что наиболее важной характеристикой электронной структуры твердого раствора является плотность электронных состояний на уровне Ферми, поскольку именно она определяет концентрацию свободных электронов. Азот увеличивает концентрацию свободных электронов, усиливая тем самым металлический характер межатомной связи, в результате чего повышаются вязкопластические характеристики легированной азотом аустенитной стали. Однако изменение межатомной связи в атмосферах примесных атомов вокруг дислокаций будет оказывать существенное влияние на подвижность дислокаций и определять механическое поведение материала в условиях эксплуатации. Металлический характер межатомных связей уменьшает модуль сдвига материала, а азот в сравнении с другими атомами внедрения (углеродом и водородом) наиболее эффективно блокирует дислокации в γ -Fe. Последнее, по мнению авторов [5], приводит к развитию пластической деформации в локальных участках и, как следствие, к псевдо-хрупкому разрушению (отличному от механизма формирования фасеток хрупкого разрушения металлических материалов с ОЦК структурой).

В настоящей работе изучено механическое поведение легированной азотом аустенитной стали 04X20H6Г11M2АФБ ($[N] = 0,48$ мас.%). Серийные кривые изменения пластичности исследованной стали в интервале температур от комнатной до минус 196°C показаны на рис. 1. Характерное электронно-микроскопическое изображение структуры исследованной стали при температуре минус 196°C приведено на рис. 2.

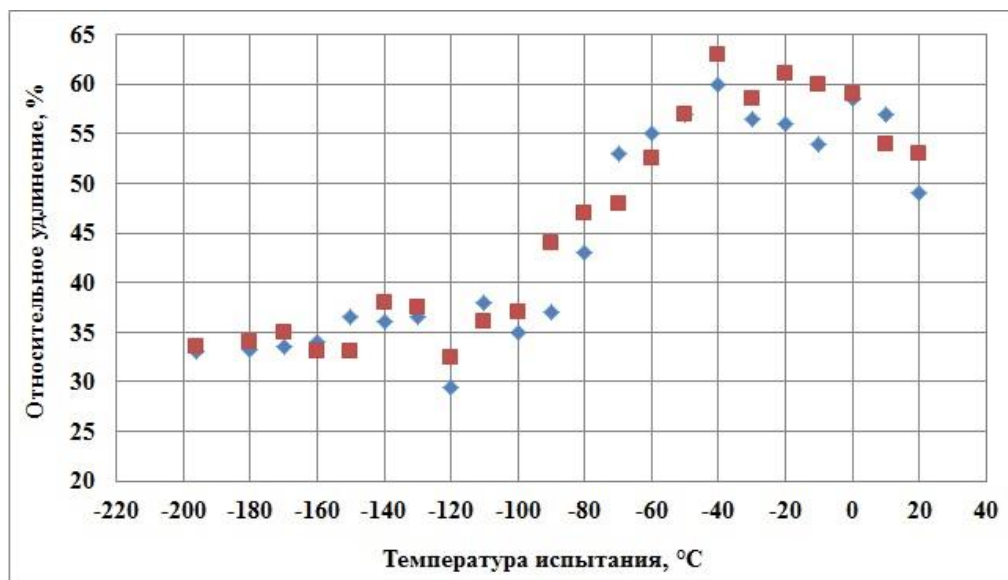


Рис. 1. Изменение пластичности легированной азотом аустенитной стали 04X20H6Г11М2АФБ (закалка с прокатного нагрева) при охлаждении

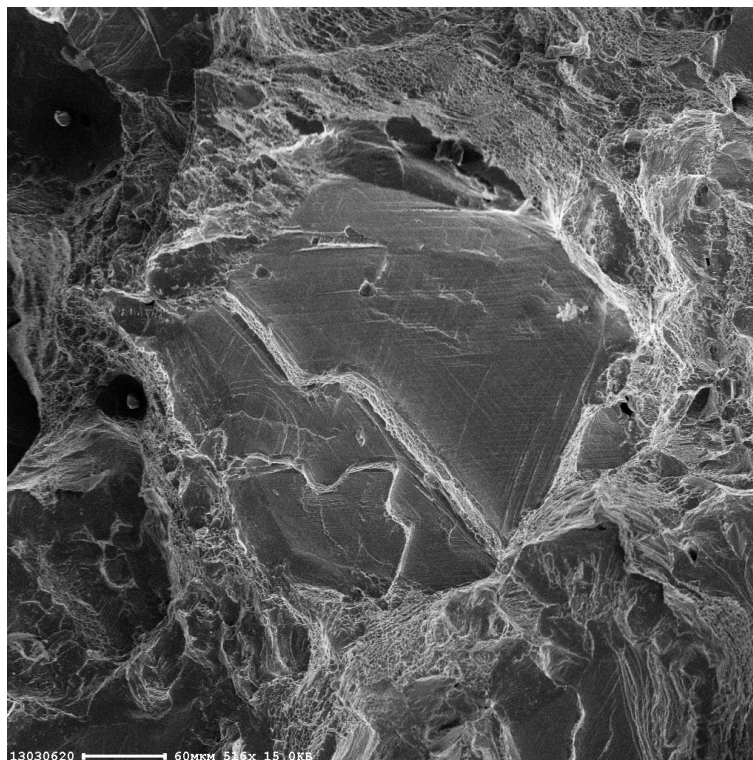


Рис. 2. Фрактограмма поверхности разрушения легированной азотом аустенитной стали 04X20H6Г11М2АФБ (закалка с прокатного нагрева) при температуре -196°C

Показано, что основным механизмом псевдо-хрупкого разрушения легированной азотом аустенитной стали при понижении температуры является образование гладких фасеток внутризеренного разрушения, окаймленных вязким ямочным рельефом. Такой микрорельеф поверхности разрушения указывает на возможность и однородность пластического течения в микрообъемах металла: в участках с гладкой или слегка волнистой поверхностью напряжение отрыва было

достигнуто раньше, чем развилось заметное пластическое течение, в результате чего реализовалась локальная пластическая неустойчивость. Стоит отметить, что размеры участков локальной пластической неустойчивости уменьшаются при снижении температуры испытания.

Литература:

1. *Гладштейн Л.И.* Свойства стали 0Н9 для криогенной техники / Гладштейн Л.И., Зикеев В.Н., Шаров Б.П. // *Сталь*. 1988. №3. С. 76-78.
2. Focst J. Effect of nitrogen on the temperature dependence of the yield strength of austenitic steels / Focst J., Gavriljuk V.G., Sozinov A.L. et al. // *Acta Materialia*. 1998. Vol.46. №4. P. 1157 – 1163.
3. Berns H. Highnitrogensteels. Berlin: Springer. 1999. – 378 p.
4. *Банных И.О.* Особенности разрушения при ударном нагружении высокоазотистой стали 05Х20Г10НЗАМФ / Банных И.О., Блинов Е.В., Ботвина Л.Р. и др. // *Металлы*. 2012. №2. С. 83 – 92.
5. Berns H., Gavriljuk V.G., Riedner S. High interstitial stainless austenitic steels. Berlin: Springer. 2013. – 167 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ АРМАТУРЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ

Н.И. Телепнев, А.А. Перегудов, У. Авезов, С.А. Вологжанина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

jone-jones@mail.ru, mikki435@gmail.com, shou-busines@gmail.ru, svet_spb@mail.ru

Отливки, изготовленные из сталей, относительно редко используют для изделий низкотемпературной техники. Вместе с тем, их использование возможно, например, для запорно-регулирующей арматуры для перекачки ожиженных газов. Крайне сложно изготавливать корпуса вентилях из деформированных материалов с последующей их механической обработкой и применением сварки. Существенное снижение трудоемкости и материалоемкости возможно при литье такого рода изделий.

В ходе эксплуатации корпус арматуры подвергается как статическим, так и динамическим нагрузкам. Непрерывное прохождение под давлением криогенных жидкостей создает статическое нагружение, а во время переходных режимов либо гидравлического удара возникает кратковременное динамическое нагружение. По этим причинам используемые для изготовления арматуры материалы должны обладать как хорошими литейными свойствами, так и комплексом механических свойств, обеспечивающих работоспособность оборудования.

Цель работы – оценка механических свойствах аустенитных сталей в литом состоянии при статическом нагружении в широком температурном диапазоне.

В работе исследованы традиционно применяемые в низкотемпературной технике аустенитные хромоникелевая и хромомарганцевая стали, химический состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследованных сталей

Марка стали	Содержание элементов, %									
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	N
12X18H10T	0,11	1,3	0,65	0,035	0,020	18,9	10,2	0,21	0,30	–
10X14AG20	0,10	20,3	0,50	0,012	0,011	14,8	–	–	–	0,30

При выплавке хромомарганцевой стали для введения азота в качестве легирующей добавки применяли азотированный феррохром, содержащий около 6 % азота.

Полученные заготовки для получения аустенитной структуры подвергали термической обработке, состоящей из аустенизации с 1050–1100 °С с охлаждением в воде.

Испытания на растяжение проводили в соответствии с ГОСТ 11150-84 Металлы. Методы испытания на растяжение при пониженных температурах. Образцы для испытаний изготавливали в соответствии с ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы

испытаний на растяжение. Испытания цилиндрических образцов на растяжение проводили в интервале температур от +20 до –196°C (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние низких температур на значения характеристик
Прочности исследованных сталей в литом состоянии**

Марка стали	Значения характеристик прочности, МПа при температуре испытания, °С							
	20		–50		–100		–196	
	Бв	Б _{0,2}	Бв	Б _{0,2}	Бв	Б _{0,2}	Бв	Б _{0,2}
12X18H10T	360	160	590	180	710	205	820	295
10X14AG20	620	420	910	505	980	600	1180	820

Как следует из полученных результатов, понижение температуры приводит к повышению значений как временного сопротивления, так и предела текучести исследованных сталей. При этом значения характеристик прочности хромомарганцевой стали с азотом 10X14AG20 превышают такие же значения хромоникелевой стали 12X18H10T при всех температурах испытаний.

Пластичность сталей оценивали по характеристике относительного сужения в зоне разрушения, так как принято считать, что эта характеристика более дает более полную информацию о поведении материала. Результаты оценки пластичности исследованных сталей приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние низких температур на значения относительного сужения
исследованных сталей в литом состоянии**

Марка стали	Значения относительного сужения ψ , % при температуре испытания, °С			
	20	–50	–100	–196
12X18H10T	45	39	33	16
10X14AG20	31	28	21	12

При понижении температуры испытания значения относительного сужения сталей в литом состоянии существенно снижаются. Следует заметить, что, обладая более высокими значениями прочностных характеристик, хромомарганцевая сталь 10X14AG20 в то же время имеет более низкие значения пластичности, которые при температуре –196°C резко снижаются.

Таким образом, несмотря на более низкие значения характеристик прочности, на этом этапе исследований предпочтительна для применения в литом состоянии аустенитная хромоникелевая сталь 12X18H10T.

Однако, учитывая особенности эксплуатации арматуры низкотемпературного оборудования, на следующем этапе исследования необходимо проведение испытаний в условиях динамического нагружения для получения полной картины свойств исследуемых сталей в широком температурном диапазоне.

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАРБИДООБРАЗОВАНИЕ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Ю.А. Смирнова, А.К. Андреев, А.А. Перегудов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

juliette_@bk.ru, akandreyev@yandex.ru

Одним из факторов, связанных с повышением механических свойств стали при термической обработке является дисперсионное упрочнение, вызванное образованием карбидных фаз при распаде мартенсита.

Для достижения высокого сопротивления микропластической деформации необходимо иметь не только высокую дисперсность карбидов, способных обеспечить вокруг себя большие поля напряжений, но и значительную прочность этих частиц. В этом случае более твердые, по сравнению с матрицей, карбиды огибаются дислокациями по механизму Орована, создавая повышенное сопротивление пластической деформации.

Цель настоящей работы – исследовать влияние различных видов термической обработки на образование карбидов в стали.

Исследуемая сталь имела следующий химический состав, масс. %:

C – 0,44; Si – 0,23; Mn – 0,64; Cr – 0,95; Ni – 1,52; Mo – 0,24; V – 0,14; Cu < 0,025; P < 0,020; S < 0,010.

Образование карбидной фазы изучали после следующих вариантов термической обработки (ТО):

вариант 1 – закалка с 860°C, охлаждение в масле, отпуск при температуре 300°C;

вариант 2 – двойная закалка с 860°C, охлаждение в масле, отпуск при температуре 300 °C;

вариант 3 – высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) – образцы нагревали до температуры 1100°C, после чего деформировали кручением со степенью деформации порядка 40% и сразу охлаждали в масле, затем проводили отпуск при температуре 300°C;

вариант 4 – закалка с 860°C, охлаждение в масле и отпуск под напряжением (ОПН) при температуре 300°C.

Распределение и морфологию карбидных фаз изучали на просвечивающем электронном микроскопе JEM-200CX методом лаковых реплик, а их количество методом электрохимического анализа. Фазовый физико-химический анализ включал в себя электрохимическую экстракцию фаз из исследуемой стали с последующим рентгеноструктурным и химическим анализом. Микроструктуру исследовали на металлографическом микроскопе НЕОРНОТ-21.

Рентгеноструктурный анализ карбидных фаз, выделяющихся в стали в процессе исследуемых режимов ТО позволил определить, что они состоят из карбидов типа Me_3C и MeC . Фаза Me_3C представляет легированный цементит Me_3C , а фаза MeC – карбид VC. Количество карбидов Me_3C составило (масс. %): после варианта 1 – 0,74; после варианта 2 – 1,54; после варианта 3 – 0,68; после варианта 4 – 0,94, а содержание карбида VC не зависимо от проведенного режима термообработки около 0,15.

Исследования показали, что от режима ТО в стали зависят размеры карбидных фаз. Как следует из приведенных на рисунке данных по сравнению с закалкой и отпуском (рис. 1, а) после двойной закалки и отпуска (рис. 1, б) размер карбидов возрастает. После ВТМО (рис. 1, в) и закалки с отпуском (рис. 1, а) карбидные выделения имеют примерно одинаковые размеры при меньшем количестве карбидной фазы после ВТМО. При отпуске под напряжением (рис. 1, г) наблюдается наибольшая дисперсность карбидных включений.

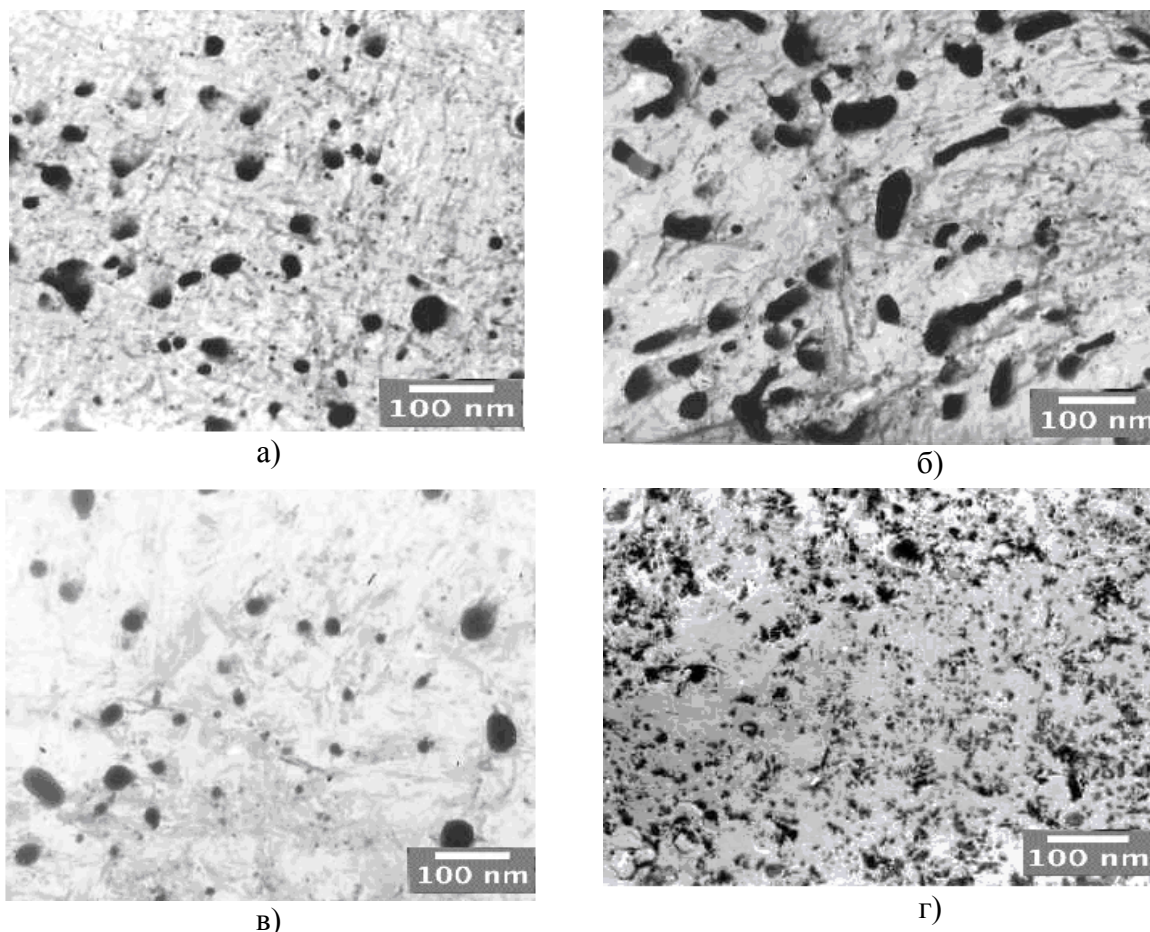


Рис. 1. Микрофотографии карбидов после различных режимов термической обработки ($\times 10\,000$):
а) закалка и отпуск; б) двойная закалка и отпуск; в) ВТМО и отпуск;
г) закалка и отпуск под напряжением

Таким образом, термическая обработка определяет количество и размеры, образующейся в стали карбидной фазы. Так, например, по сравнению с закалкой и отпуском после двойной закалки и отпуска размер карбидов возрастает. Очевидно, это связано с тем, что выделившиеся карбиды, увеличиваясь при повторном нагреве под закалку, не успевают раствориться в течение кратковременной выдержки и в значительной степени сохраняют свои размеры.

После ВТМО и после закалки и отпуска карбиды имеют одинаковые размеры, хотя их количество в первом случае меньше. При отпуске под напряжением наблюдается наибольшая дисперсность карбидов. Это связано с тем, что в зоне деформации при этом варианте термообработки происходит увеличение числа центров зарождения частиц карбидной фазы, в местах активной релаксации микронапряжений, а также за счет влияния дислокаций, образующихся в процессе нагружения, на миграцию атомов внедрения.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 45ХН2МФА

Е.В. Иголкина, В. Розашвили, А.А. Трушникова, А.Ф. Иголкин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

e.alekseevaa@yandex.ru, rozashvili@mail.ru, mi-na95@mail.ru, igolkin47@mail.ru

Различные упругие элементы, такие как пружины, рессоры, торсионные валы и др., являются важными компонентами для многих конструкций. Повышение надежности и долговечности упругих элементов может быть достигнуто различными методами.

В ряде работ приводятся сведения о влиянии параметров качества поверхности на механические свойства, в частности, предел упругости, предел пропорциональности, ударную вязкость и вязкость разрушения [1–3]. Следует учитывать, что параметры качества поверхности, в том числе и остаточные напряжения, формируются на протяжении всего периода обработки заготовки. При этом отдельные свойства и характеристики поверхностного слоя переходят от операции к операции, т.е. как бы «наследуются» от предыдущих операций. Таким образом, можно сказать, что при механической обработке заготовок имеет место технологическая наследственность. Однако, не все операции оказывают одинаковое влияние на формирование параметров качества поверхностного слоя детали. В технологическом процессе обработки любой детали имеются операции, которые создают как бы «барьеры» для некоторых параметров качества поверхностного слоя, образованных в предыдущих операциях. К самым существенным из таких «барьеров» относятся операции термической обработки и так называемые упрочняющие операции, сопровождающиеся поверхностным наклепом деталей, в частности, обкатка роликами, обдувка стальной дробью, алмазное выглаживание и др.

В работе проведено исследование микроструктур поверхностных слоев образцов, изготовленных из стали 45ХН2МФА после их обкатывания роликами при нагрузках 1520 и 1900 Н и алмазного выглаживания при усилиях 120, 240, 360 и 480 Н.

Микроструктура образцов, подвергнутых обкатыванию роликами при нагрузке 1520 и 1900 Н приведена соответственно на рис. 1, а и 1, б.

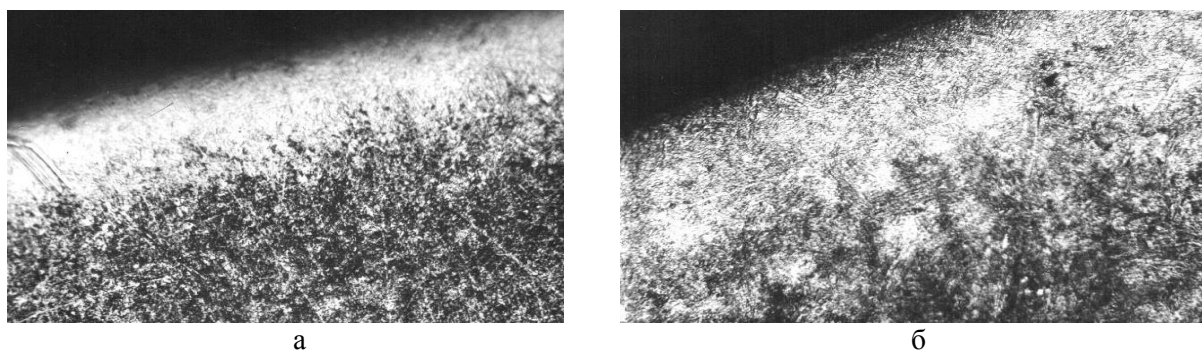


Рис. 1. Микроструктура поверхностных слоев образцов после обкатки роликами с усилием 1520 Н (а) и 1900 Н (б), $\times 200$

При осмотре образцов после травления невооруженным газом по контуру цилиндрической поверхности выявлена заглаженная в виде круглого светлого пятна полоска.

Как следует из рис. 1, зона поверхностного слоя представляет собой светлую структуру наклепанного слоя, выявление границ которого затруднено, так как вероятно скорость растворения в травителе становится одинаковой как для металла в приграничном слое, так и в самом зерне, насыщенном большим количеством дефектов строения. Структура основной зоны образца представляет из себя отпущенный мартенсит. Как видно, увеличение усилия с 1520 до 1900 Н при обкатывании роликами (рис. 1, б) несколько увеличивает зону наклепанного слоя по глубине. Однако, интенсивность наклепа снижается. Поверхностный слой представляет сильно раздробленную структуру с постепенным, не имеющим резкой границы, переходом к основной структуре.

Можно предполагать, что упрочнение является следствием происходящих изменений не только в кристаллах, но и следствием распада твердых растворов с образованием мелкодисперсных фаз.

Микроструктура образцов, подвергнутых алмазному выглаживанию в зависимости от величин прикладываемого усилия 120, 240, 360 и 480 Н представлена, соответственно, на рис. 2, а, б, в, г.

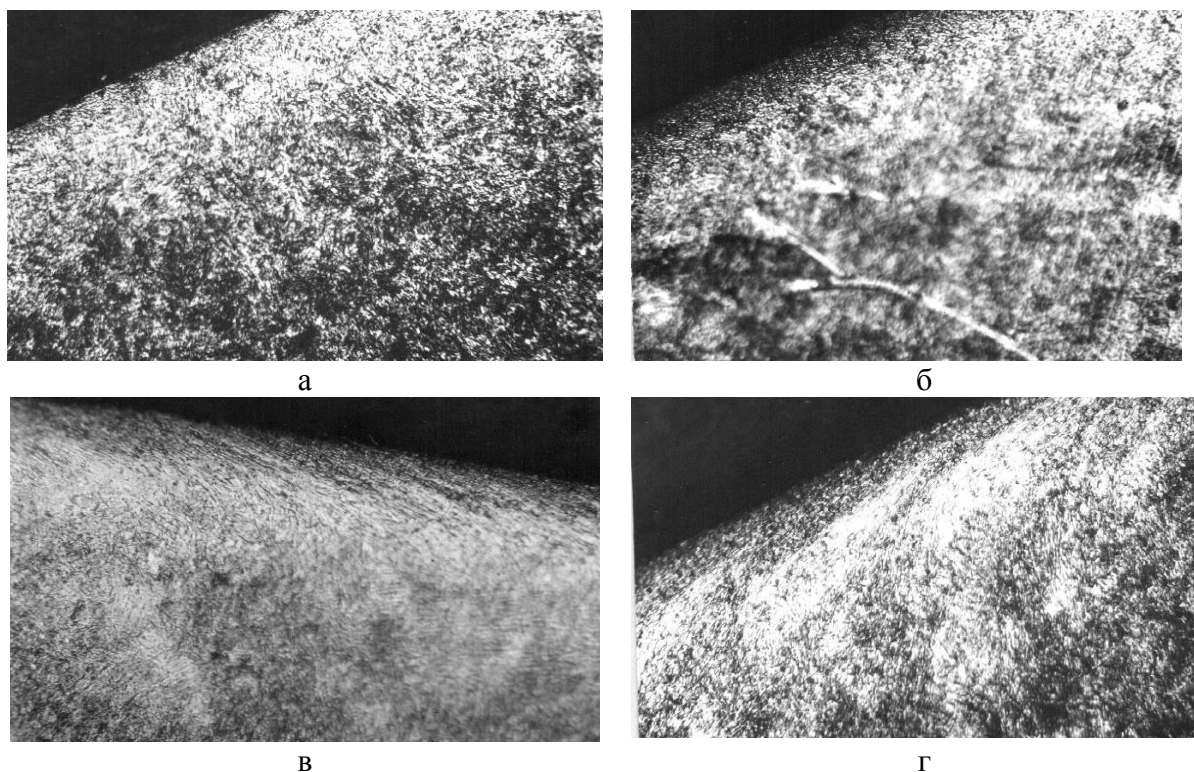


Рис. 2. Микроструктура поверхностных слоев образцов после алмазного выглаживания с усилием 120 Н (а), 240 Н (б), 360 Н (в), 480 Н (г), $\times 200$

По контуру образца на рис. 2, а наблюдается упрочненный слой. С увеличением усилия до 240 Н при выглаживании глубина упрочненного слоя увеличивается (рис. 2, б). Кристаллы поверхностного слоя меняют свою ориентацию, появляется волокнистость, направленная под некоторым углом к недеформированной зоне.

При увеличении усилия до 360 Н текстурированная зона, образовавшаяся вследствие выглаживания (рис. 2, в), имеет сильное искривление пластически деформированного слоя.

Дальнейшее увеличение усилия при выглаживании до 480 Н сопровождается ростом глубины зоны (рис. 2, г) и сильным искажением микроструктуры

поверхностного слоя. Зерна вытянуты и имеют ориентацию в направлении действующих напряжений, наблюдается сильное дробление зерен.

Несмотря на то обстоятельство, что физическая природа поверхностного наклепа металлов достаточно сложна, исследование микроструктуры упрочненных зон позволяет судить о происходящих в поверхностных слоях процессах и связывать эти процессы с изменением физико-механических свойств материалов.

Литература:

1. *Суслов А.Г.* Инженерия поверхности деталей – резерв в повышении конкурентности машин // Инженерный журнал. – 2001. – № 4. – Приложение. – С. 3–9.
2. *Безъязычный В.Ф.* Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин // Инженерный журнал. 2001. № 4. С. 9–16.
3. *Блюменштейн В.Ю.* Научные основы технологии машиностроения / В.Ю. Блюменштейн. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 232 с.

ДЕФЕКТЫ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ КАК ПРИЧИНА УСКОРЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Б.С. Ермаков, С.А. Цупка, Ю.К. Макеева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

ermakov55@bk.ru, sergey_spb92@mail.ru

Интенсивное развитие северных регионов страны поставило новые задачи в области металловедения, оценки надежности, работоспособности и ресурса оборудования. Особо остро проблема снижения надежности при температурах климатического холода встала для упругих элементов – пружин, рессор, мембран, сильфонов и т.п.

Изготавливаемые, в основном, из сталей с достаточно высоким содержанием углерода и, как следствие, не отличающихся высоким запасом хладостойкости эти элементы, в условиях климатического холода, имеют пониженный в 1,5–2 раза срок службы, еще более резко снижающийся при наличии в структуре этих материалов дефектов, в частности, дефектов металлургического характера.

С целью подтверждения вывода о необходимости повышения качества и увеличения объема входного контроля металла, из которого изготавливают упругие элементы, эксплуатирующиеся в условиях Крайнего Севера, работе были проведены исследования структуры и свойств разрушенного упругого элемента, изготовленного из одной из наиболее распространенных пружинно-рессорных сталей типа 60С2(рис.1), который отработал в течение 1240 часов в следующих климатических условиях – температура эксплуатации – от 15 до минус 60°С, влажность до 98%. Гарантированный срок службы элемента – не менее 25 тыс. часов.

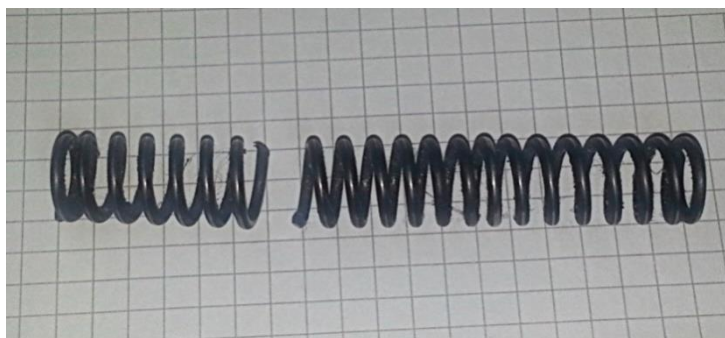


Рис. 1. Разрушенный упругий элемент из стали 60С2

Сталь 60С2 обладает высокими механическими свойствами (см. ГОСТ 14959-79), усталостной прочностью в условиях ударной и знакопеременной нагрузок и поэтому широко применяется в упругих элементах машин и механизмов, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера.

Изделие было термически обработано по режиму: закалка 870°C в масле + отпуск 420°C с охлаждением на воздухе. Согласно требованиям ГОСТ 14959-79 механические свойства этой стали должны быть (не менее) – предел текучести 1375 МПа, временное сопротивление – 1530 МПа, относительно удлинение – 6%.

Однако при проведении механических испытаний образцов, вырезанных из поврежденного элемента было установлено, что фактические свойства изделия значительно отличаются от требований ГОСТ: предел текучести составил 380 МПа, а временное сопротивление – 680 МПа. Одной из причин такого падения свойств может быть либо дефект микроструктуры стали, либо обезуглероживание поверхности изделия, возникающее в ходе ее термической обработки.

Исследования глубины обезуглероженного слоя были проведены в соответствии с ГОСТ 1763-68 «Методы определения глубины обезуглероженного слоя». Образцы для исследований (шлифы) были вырезаны из заготовок холодным механическим способом. Из отрезанных изготовок были изготовлены металлографические шлифы в соответствии с требованиями п. 1.1.3. ГОСТ 1763-68. Травление шлифов было проведено в 4% растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Проведенными исследованиями (рис.2) было определено, что глубина обезуглероженного слоя не превышает 205-270 мкм, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым ГОСТ 14959-79.

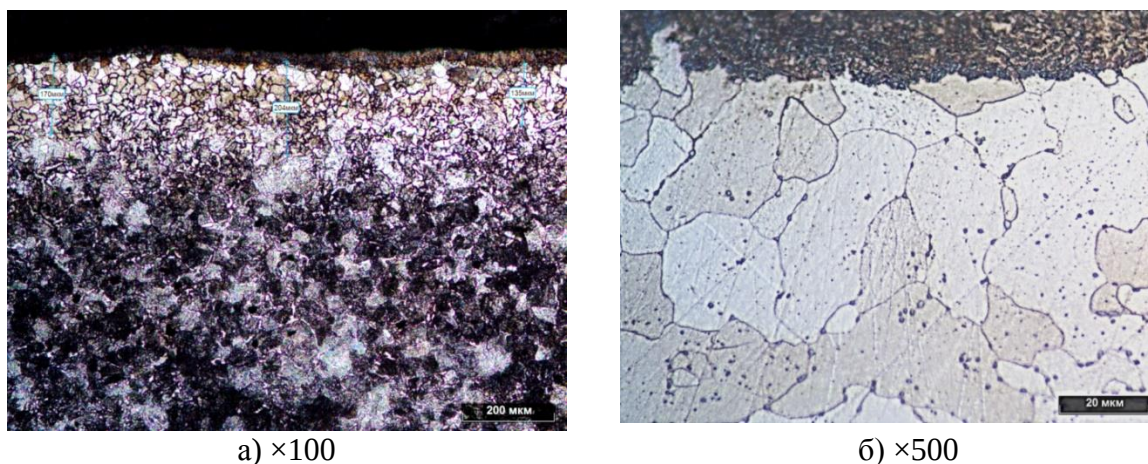


Рис. 2. Обезуглероженный слой в поверхности образца: а – $\times 100$, б – $\times 500$.
Глубина полного обезуглероживания в зоне контроля в пределах от 165 до 205 мкм

Для проведения исследований микроструктуры стали диапазоне увеличений $\times 100$ – $\times 1000$ был использован оптический металлографический микроскоп марки «ZeissAxio». На рис. 3. приведены результаты исследования микроструктуры стали. Показано, что микроструктура стали 60С2 в поверхностных слоях представляет собой ферритную структуру, соответствующую структуре стали после полного обезуглероживания (рис. 2, б), в центральных слоях – ферритную матрицу с включениями цементита как по границам зерен (разорванную цементитную сетку), так и в теле зерна, что может быть результатом некачественно проведенного отжига стали. Также, при анализе шлифов были обнаружены темные включения, равномерно распределенные по всему объему металла (рис. 3).

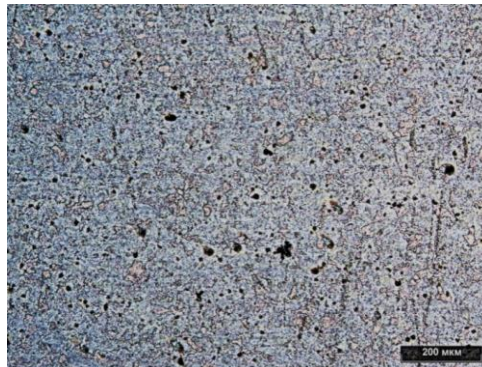
Включения имеют округлую или хлопьевидную форму, распределение включений носит статистический характер и не связано с границами действительных или наследственных зерен. Изменения микроструктуры стали в зоне включений – не обнаружено. Для уточнения причин возникновения «темных» включений, их состава и роли в охрупчивании образцов стали были проведены исследования поверхностей разрушения изделия методами фрактографических и микроспектральных исследований

в отраженных электронах на электронном микроскопе SUPRA 55VP-25-78 в диапазоне увеличений $\times 1100 - \times 5500$.

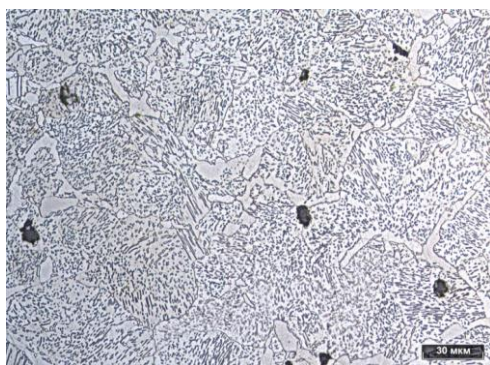
Было установлено, что включения равномерно распределены по поверхности шлифа (рис. 4, а), выходят на наружную поверхность изделия и образцов, которые были изготовлены для проведения механических испытаний (рис. 4, б), и являются основной причиной ускоренного хрупкого разрушения изделия, так как именно от них идет зарождение и развитие микродефектов, срастающихся затем в магистральную трещину (рис. 4 в, г) Микроспектральным анализом было установлено, что темные включения представляют собой включения углерода (графита) рис. 5.



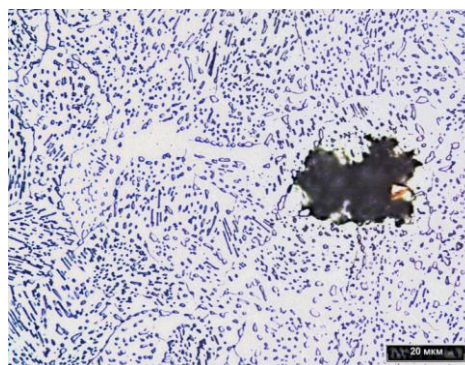
а. У поверхности изделия. $\times 100$



б. В центральной части изделия. $\times 100$



в. В центральной части изделия. $\times 500$

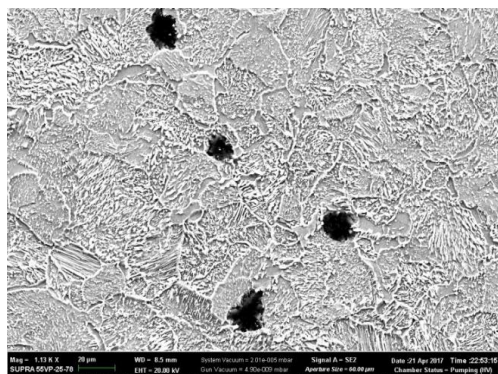


г. Включения – от округлой до хлопьевидной формы. $\times 1000$

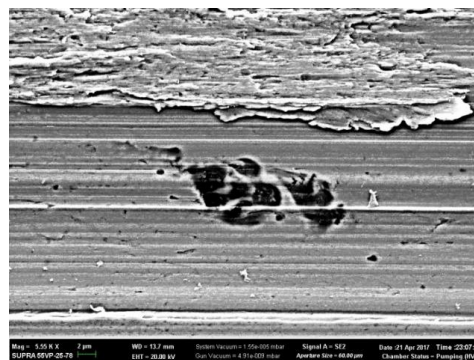
Рис. 3. Микроструктура стали 60C2

Отсутствие ферритной оторочки вокруг включений графита – зоны обезуглероживания, которая обязательно должна была бы возникнуть при графитизации металла вокруг графитного включения в ходе его термической обработки, позволяет гарантированно утверждать, что появление включений графита не связано с процессами графитизации металла притермическом воздействии на заготовку изделия, а сами включения (частицы графита, как это было установлено при микроспектральном анализе, оказались в металле в процессодошихтовки плавки и никаким образом не связаны с его дальнейшей термической или термомеханической обработкой.

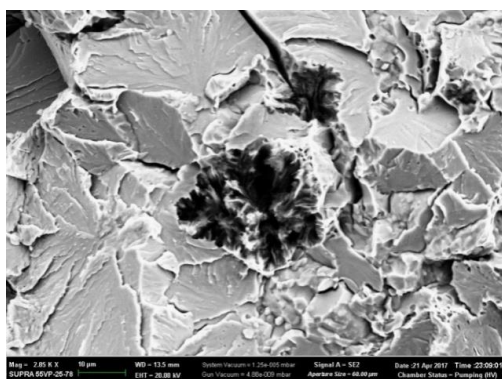
На основании проведенных исследований было установлено, что причиной хрупкого разрушения изделия, являются включения графита равномерно распределенные по объему металла.



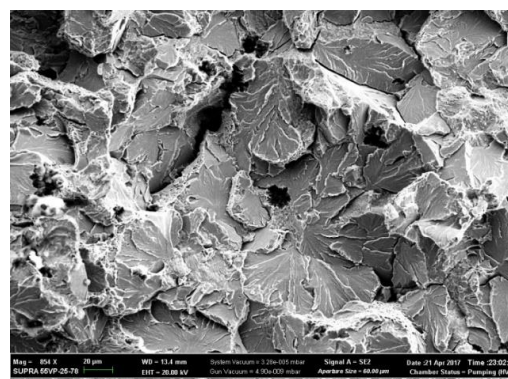
а) Вид включений в отраженных электронах, x1130



б) Выход включений на наружной поверхности образца после механической обработки, x5550



в) Хрупкие микротрещины вокруг хлопьевидного включения графита №3, x2850



г) Хрупкое разрушение. Зарождение и развитие хрупкой трещины - от включения графита, x854

Рис. 4. Результаты фрактографического анализа

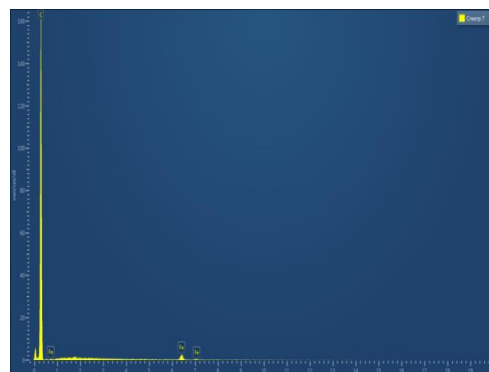
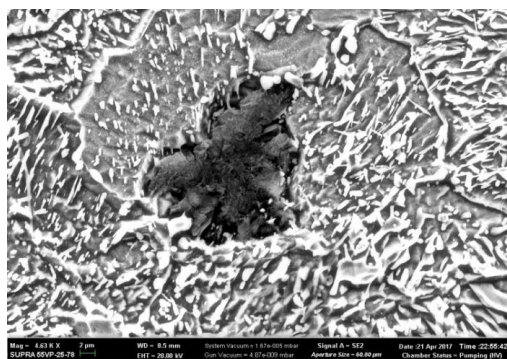


Рис. 5. Анализируемое включение и спектрограмма химического состава включения – 100% углерода (графит)

Отсутствие структурных изменений вокруг включений графита позволяет утверждать, что образование включений не связано с процессами термической или термомеханической обработки листов, а является браком выплавки стали, в ходе которой, в расплав, вероятно, попали мелко измельченные частицы графита. Такие результаты подтверждают необходимость увеличения объема входного контроля заготовок пружинных сталей, особенно в случае их применения для изготовления изделий, работающих в условиях климатического холода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛОМОВ ПОЛИАМИДОВ, РАЗРУШЕННЫХ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

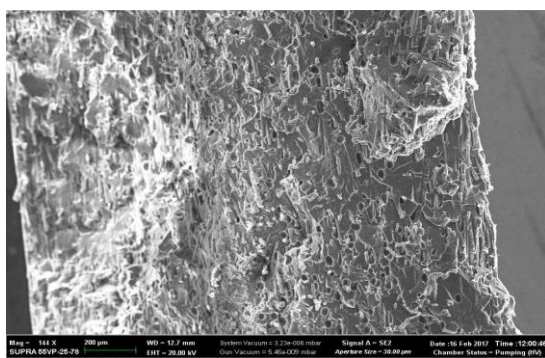
Б.С. Ермаков, Е.Л. Леметти, А.И. Ганеева, А. Бойкова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

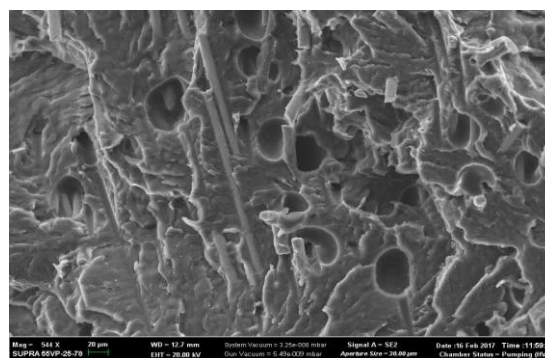
ermakov55@bk.ru, ion.spb@gmail.com

Одной из причин, сдерживающих применение конструкций из полимерных материалов в Северных регионах страны, является их хрупкое разрушение в зимнее время. Явление хрупкого разрушения было выявлено даже у тех пластмасс, которые считаются хладостойкими, как например, стеклонасыщенный полиамид ПА66ДС. По данным ГОСТ 10589-87 «Полиамид 610 Литьевого» минимальная гарантированная температура эксплуатации этого материала – минус 60°C, однако, в ряде случаев были отмечены хрупкие разрушения изделий из этого материала при переходе от положительных температур к температурам, близким к точке заморзания воды. Причины такого разрушения могут быть объяснены при анализе условий эксплуатации оборудования, изготовленного из этого материала.

Нами был проведен анализ разрушенного корпуса осевого электроventильатора. Время наработки электромашины составило 2734 часа. Установка, включающая в себя электроventильатор, расположена на открытой площадке на широте Ленинградской области. Время разрушения – зима 2017 г. Температура наружного воздуха в момент разрушения составила минус 15,2 °C. Было установлено, что разрушенный корпус соприкасался с открытой воздушной атмосферой с высоким уровнем влажности. Был исследован объем поглощенной материалом влаги. Величина влагопоглощения составила более 3,7 %, что значительно ниже уровня насыщения для этого материала. На рисунке приведены фрактограммы поверхности разрушения изделия.



а) x144



б) x540

Рис. 1. Поверхность разрушения корпуса электроventильатора

Установлено, что при переходе наружного воздуха через ноль и заморзании воды, накопившейся в корпусе электроventильатора, в объеме материала образуются поры и раковины, заполненные льдом, возникают внутренние напряжения, приводящие к разрушению изделия.

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ

С.Б. Ермаков, С.Ю. Ларионова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

s.b.ermakov@bk.ru, svetik953@mail.ru

Современное производство характеризуется сокращением участия человека в технологических процессах - как в фазе получения готового изделия, так и на стадии заготовительных операций: от ручного и механизированного труда человека к полной автоматизации технологических операций и процессов. В новом технологическом процессе человеку отводится роль проектировщика, конструктора и создателя, опытных образцов, уникальных товаров и услуг. Массовое производство постепенно превращается в автоматически управляемый технологический процесс, где роль человека сводится только к контролю за качеством и последовательностью технологических операций. Промышленность все больше отходит от массового производства и ориентируется на удовлетворение специфических требований конкретного заказчика, организуя мелкосерийное производство оборудования, изделий и услуг. Этот переход требует радикальных изменений технологического процесса, направленных как на организацию гибких, способных быстро перенастраиваться производственных систем. В свете подобных требований современное производство вынуждено все шире опираться на перспективные технологии, основанные на широком применении новых материалов, информационных технологий и автоматизации технологических процессов. При изготовлении изделий и деталей для таких производств все большее внимание уделяется аддитивным технологиям, позволяющим создать сложные изделия, затратив на это ровно то количество материала, которое необходимо для готового изделия.

Существует достаточно обширное сообщество технологий, объединяемых понятием «аддитивные технологии». К числу наиболее перспективных следует отнести прямое лазерное сплавление – метод, где подача порошка в зону сплавления осуществляется при помощи единой управляющей головкой печатающего устройства, где подача порошка производится коаксиально лазерному лучу. Печатающее оборудование, разрабатываемое на основе этого метода, в Санкт-Петербургском Университете Петра Великого под руководством профессора Туричина Г.А. обладает целым рядом преимуществ, по сравнению с традиционными технологиями 3D-печати. Это увеличение производительности изготовления деталей сложной формы, снижение материалоемкости производства, возможность получения изделий с градиентными эксплуатационными характеристиками. Результатами исследований материалов и изделий, полученных методами прямого лазерного сплавления было доказано, что их механические свойства не уступают свойствам кованных и прокатанных материалов.

Одной из причин, сдерживающих развитие технологий 3D-печати в РФ, является дефицит исходных порошкообразных металлов и сплавов. К таким порошкам выдвигается ряд специальных требований. Это сферическая форма частиц; установленный (обычно в пределах 20-40, 40-60 мкм) размер частиц, причем для аддитивных машин различных компаний производителей этот размер различен и находится узкой рамке гранулометрии – PhenixSystems – $d_{50}=10$ мкм, MLS

ConzeptLaser – 25–52 мкм при $d_{50}=26,9$ мкм; Arcam– 45–100 мкм; SLM Solutions – $d_{50}=10\text{--}30$ мкм; возможность получения малых коммерческих партий; однородность состава порошка; высокая степень его химической очистки от примесей и окислов. Не менее значимы требования к ассортименту порошков. Ассортимент промышленно выпускаемых порошков в настоящее время невелик, и, если число промышленно используемых сталей превышает в мире 1000 марок, каждая из которых предназначена для определенных условий службы, то число порошков на основе всех основных конструкционных базовых металлов (железа, никеля, меди, титана, алюминия, магния) – едва перевалило за 50. Производство порошков – ключевая проблема для аддитивных технологий. От качества порошка в первую очередь зависит качество получаемых деталей. Обычно каждая компания – производитель оборудования предлагает покупателю не только принтер 3D-печати, но и определенный набор порошков. В настоящее время, особенно, с введением санкций проблема получения порошков для аддитивных технологий стала наиболее острой проблемой, сдерживающей развитие этого технологического направления в нашей стране.

На наш взгляд, дальнейшее развитие аддитивных технологий и необходимость увеличения количества марок порошков неизбежно приведет к расширению числа их производителей. Основными производителями порошков должны стать малые предприятия, специализирующиеся на производстве порошков по заказам крупных промышленных предприятий. Это позволит также увеличить долю таких предприятий на рынке страны, где мы значительно уступаем основным технологически развитым странам. Таким образом, возникла проблема разработки отечественного оборудования и технологий для производства отечественных порошков для аддитивных машин различного типа. На настоящий момент основными способами производства порошков для аддитивных машин являются газовая атомизация – наиболее рентабельная при производстве крупных партий порошков одного состава и плазменное распыление – менее производительный, но более рентабельный для малых партий порошка и быстро перенастраиваемый процесс, позволяющий производить малые партии порошков различных химических составов. В нашем Университете ведутся работы по разработке и в дальнейшем производству машин для получения порошков на основе метода плазменного распыления. Почему было выбрано плазменное распыление. При распылении металлов этим методом оказывается доступным достаточное количество и широкий диапазон регулирования параметров распыления, он обеспечивает стабильность процесса и легкость перенастройки оборудования при производстве порошков из различных металлов и сплавов и возможность получения порошков заданного размера и формы (рис. 1). Этот метод имеет лучший (до 50 %) выход годного – то есть тех фракций порошка, которые будут соответствовать требованиям по форме и гранулометрическому составу частиц.

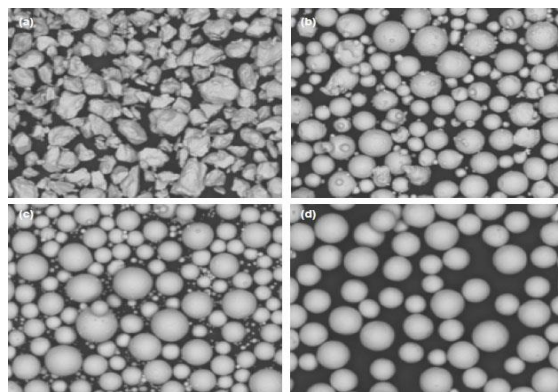


Рис. 1. Металлические порошки полученные методами: а) дробления; б) газовой атомизации; в) плазменным распылением; г) плазменным распылением с вращающимся электродом

Также к достоинствам метода плазменного распыления можно отнести компактность оборудования, относительно низкие первоначальные затраты на покупку, пусконаладку и техническое обслуживание оборудования, его компактность и возможность полной автоматизации процесса; создание в установке распыления контролируемых атмосфер и проведения термохимической обработки в процессе распыления порошков. На установках плазменного распыления возможно проводить распыление тугоплавких материалов и материалов с особыми свойствами, что позволяет наладить производство жаропрочных и тугоплавких порошкообразных материалов. Метод плазменного распыления также позволяет реализовать все возможности конкурентных способов производства – здесь могут быть реализованы процессы плазменного распыления жидкого металла, процессы индукционной плавки фидстока, что соответствует процессам распыления в промышленных атолизаторах, обеспечить вращение приемного устройства или электрода, что используется при центробежном распылении. При маркетинговой оценке проекта было показано, что основными потребителями нашей продукции будут, а на сегодняшний день, уже являются малые промышленные предприятия с узким производственным профилем.

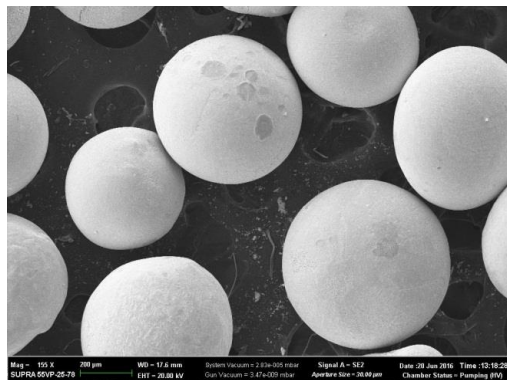
Такие предприятия могут создаваться как независимые поставщики металлических порошков, выполняющие заказы на производство малых коммерческих партий (от 1–3 кг) максимально широкого ассортимента порошков для определённого региона, или предприятия, создаваемые при крупных промышленных комплексах и специализирующиеся на выпуске узкой номенклатуры порошковых материалов, но разовыми партиями от 10–25 кг. И в том и другом случае такие предприятия не обладают значительными финансовыми возможностями, что должно было быть учтено при проектировании установок плазменного распыления металлических порошков. Исходя из этого основными задачами, поставленными нами при разработке оборудования для плазменного распыления порошков, были: относительно невысокая стоимость и универсальность оборудования; простота его обслуживания и ремонта; многократное расширение номенклатуры поставляемых порошков для аддитивных технологий; возможность быстрого получения экспериментальных партий порошков; минимизация временных и финансовых затрат на создание новых порошковых материалов.

На первом этапе работ в СПбПУ Петра Великого была разработана и изготовлена модельная установка, позволившая подтвердить правильность общей линии развития проекта. Были получены порошки углеродистых и легированных сталей, ряда бронз и тугоплавких сплавов различных гранулометрических составов – рис. 2.

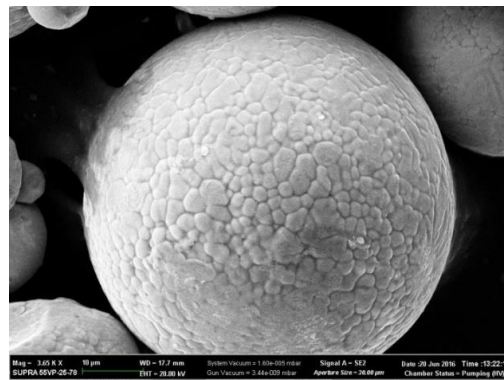
В настоящее время выполнено проектирование и изготовлена опытная установка, плазменного распыления металлических порошков, состоящая из ряда легко монтируемых и заменяемых, по мере необходимости, блоков. Основными блоками установки являются плазмотрон, мощностью 55 кВт (рабочие параметры – напряжение до 140 В, сила тока до 450 А), распыления металлов в среде защитных газов, блок системы охлаждения плазмотрона и водяной рубашки камеры, обеспечивающий скорость циркуляции охлаждающей жидкости 100–250 литров в минуту при давлении до 4 атмосфер, что позволяет поддерживать температуру в камере распыления на уровне – не выше 60°C и обеспечивает стабильность процесса, а также станция защитных и плазмообразующих газов, состоящая из баллонов сжатого газа и системы его очистки для повторного использования. Это, учитывая, что расход плазмообразующего газа в минуту составляет порядка 30–50 литров, позволяет собирать и повторно использовать до 90% газа, значительно снижая себестоимость выпускаемой продукции. Установка оснащена блоком автоматического управления и контроля поддержания заданных параметров. В ходе процесса распыления

осуществляется контроль температуры в плазмотроне и камере распыления, контроль скорости подачи защитного газа, поддерживается стабильность электрических параметров.

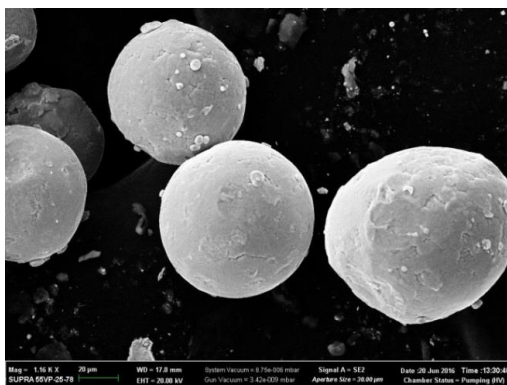
Порошок бронзы
Размер частиц 200 – 400 мкм



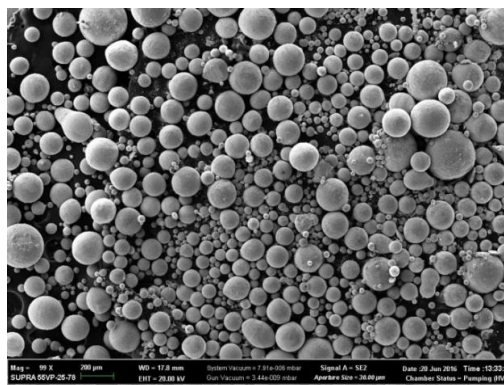
Нержавеющая сталь
Размер частиц 40-60 мкм



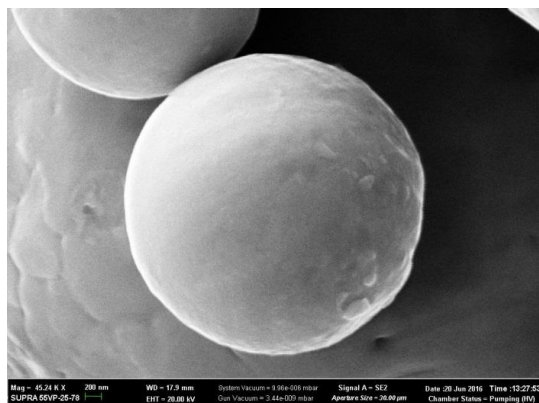
Титан BT1-0
Размер частиц 40 – 60 мкм



Углеродистая сталь
Размер частиц 10–150 мкм – основная
фракция 20–40 мкм (до 50%). На фотографии
видна наноструктура частицы



Жаропрочный сплав Co-Cr-Mo
Размер частиц 40-60 мкм.



Высокотемпературный припой для
электронной промышленности
Размер частиц 80–200 мкм – основная
фракция 120–180 мкм (до 50%)

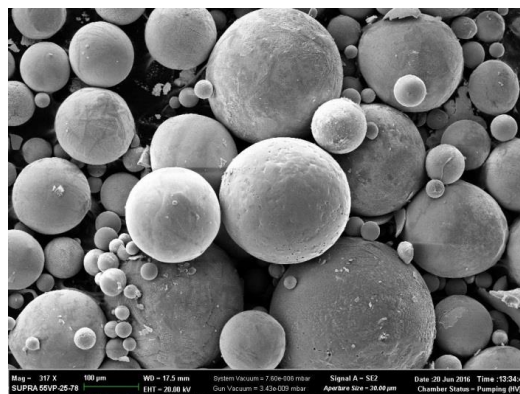


Рис. 2. Образцы металлических порошков, изготовленных на установке плазменного распыления, разработанной в Санкт-Петербургском политехническом Университете Петра Великого

Геометрические размеры камеры распыления были рассчитаны таким образом, чтобы расстояние от зоны распыления до системы сбора порошков в два раза

превышала необходимое для кристаллизации частиц тугоплавких металлов и частицы порошка попадали в систему сбора в гарантированно твердом состоянии, что позволяет избежать спекания (сваривания) частиц и их деформации.

Расчетная производительность установки составляет от 1 до 10 кг металлических порошков заданного гранулометрического состава. Столь большой разброс по производительности объясняется различной сложностью при производстве продукции, так, максимальная производительность обеспечивается при распылении сплавов железа (черных и нержавеющей сталей).

При производстве тугоплавких и жаропрочных сплавов производительность снижается незначительно, а наименьший выход годной продукции происходит при распылении легких и легкоплавких металлов из-за необходимости значительного ограничения электрической мощности плазмотрона. Выход товарной продукции составляет от 30 до 50 % от массы произведенного порошка, что соответствует параметрам установок ведущих мировых производителей подобного оборудования.

При необходимости установка дооснащается системой центробежного распыления. Помещенный в «горячую зону» камеры распыления быстро вращающийся диск обеспечивает дополнительное центробежное измельчение не успевших закристаллизоваться жидких металлических капель.

Время переналадки установки при переходе от выпуска одного типа порошкового металлического материала к другому не превышает 10–15 минут. Обслуживание осуществляется двумя специалистами, прошедшими двухнедельные подготовительные курсы.

Для монтажа и эксплуатации установки достаточно помещения площадью 20–25 квадратных метров, оснащенное в соответствии с требованиями, предъявляемыми к электросварочным участкам. Площадь, занимаемая непосредственно самой установкой плазменного распыления порошков металлических материалов, не превышает 10 квадратных метров.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХЛАДОСТОКОСТЬ СТЕКЛОПОЛНЕННОГО ПОЛИАМИДА

Б.С. Ермаков, Д.Б. Дзусов, Д.А. Минкевич, А.А. Минкевич

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Ermakov55@bk.ru, dzus555@mail.ru

Полимерные материалы находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности – при строительстве производственных объектов, в мобильных системах и стационарных технических комплексах.

Использование полимеров на открытых площадках привело к необходимости оценки их работоспособности под воздействием климатических дестабилизирующих факторов. Одним из таких факторов является влагонасыщение полимера.

В таблице приведены данные об уровне влагонасыщения образцов стеклонаполненного полиамида ПА66, образцы которого сначала были кондиционированы в соответствии с требованиями ГОСТ 4647-2015 а, затем размещены на открытой площадке на период в 768 часов. Средняя температура во время эксперимента составила – днем 16°C, ночью 11°C, средняя влажность 84 и 91% – соответственно. Для защиты от прямого попадания влаги в виде дождя образцы были защищены специально установленным навесом. Дополнительно такие же испытания были симитированы лабораторными испытаниями – тепло-влажностным старением образцов при температуре 20°C – влажность 98%, максимальное время испытания – 768 часов. Обработанные образцы были испытаны на ударную вязкость при температурах 20 и минус 60°C.

Таблица 1

**Результаты исследования объема влагопоглощения полиамида ПА66
в природных и лабораторных условиях**

Свойство	Время выдержки во влагонасыщенной среде, час					
	0	24	96	192	384	768
Влагопоглощение на открытом воздухе, %	–	0,37	0,73	1,34	1,67	2,18
Тепловлажностное старение, %	–	0,51	1,54	1,97	3,04	4,92
Ударная вязкость при 20°C KCV, Дж/см ²	34,8/34,8	31,7/28,8	29,4/26,2	27,3/25,0	24,7/23,4	20,3/19,8
Ударная вязкость при -60°C KCV, Дж/см ²	21,2/21,2	20,4/19,4	17,7/15,6	15,9/12,4	15,2/11,6	12,3/9,0

Таким образом, было показано, что известный процесс влагопоглощения полиамидов приводит к значительному снижению ударной вязкости материала и, при использовании полиамида ПА66 на открытых площадках и в зимнее время может явиться причиной хрупкого разрушения деталей и конструкций, изготовленных из этого материала.

О ПОВЫШЕНИИ ПРОЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ РЕЗЦОВ ИЗГОТОВЛЕНИЕМ ИХ КОРПУСА В ВИДЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

В.И. Болобов, Г.А. Юсупов, Ле Тхань Бинь

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

iusupov_ga@mail.ru

В настоящее время, как у нас в стране, так и за рубежом породы крепостью до $f = 8-10$ по шкале проф. М.М. Протодяконова разрушают механическим способом, осуществляемым при помощи очистных и проходческих комбайнов [1, 2]. Рабочим инструментом исполнительного органа комбайнов являются поворотные резцы, предназначенные для отделения стружки от забоя горной породы резанием в результате непрерывного статического воздействия и перемещения инструмента. Для разрушения более крепких пород используют взрывной способ – более опасный, трудоемкий и менее экологичный.

Одной из основных причин, сдерживающих разрушение крепких пород механическим способом является недостаточная прочность материалов, традиционно используемых для изготовления корпусов поворотных резцов. В силу наличия ударных воздействий, имеющих место при работе резца, для этой цели используют улучшаемые среднелегированные стали, как правило, 30ХГСА, не характеризующиеся очень высокими прочностными свойствами, но отличающиеся удовлетворительной ударной вязкостью.

По причине сравнительно невысокой твердости, корпуса резцов, изготовленные из этих сталей, не демонстрируют и высокой износостойкости, подвергаясь в своей головной части интенсивному абразивному изнашиванию, возрастающему с увеличением крепости и абразивности породы. Это приводит к оголению твердосплавной вставки и ее последующему выламыванию с потерей работоспособности резцом.

Таким образом, разработка конструкции корпуса резца, отличающегося повышенной прочностью и износостойкостью при удовлетворительной стойкости к ударным воздействиям, является важным этапом решения задачи по расширению диапазона крепости пород, разрушаемых поворотными резцами.

Исходя из распределения напряжений в теле резца в процессе его работы в составе проходческого комбайна, в настоящей работе обосновывается конструкция корпуса резца, обладающей вышеуказанными свойствами.

Как показывает анализ условий работы резца, под действием изгибающей нагрузки в его поперечных сечениях возникают тангенциальные напряжения, величина которых изменяется по высоте сечения по закону квадратичной параболы, достигая максимума на оси резца, и нормальные напряжения, возрастающие по длине резца в поверхностных слоях корпуса. При этом максимальное значение $\sigma_{изгmax}$ достигается в месте крепления корпуса резца в кулаке, вследствие чего это сечение является наиболее опасным. Такой вывод подтверждает и опыт эксплуатации поворотных резцов [3, 4], свидетельствующий о том, что поломки их корпусов происходят, в большинстве случаев, в месте сопряжения их головки и хвостовика.

В этой связи логично было предположить, что в разрабатываемой конструкции резца материал поверхностных слоев корпуса, воспринимающих основную нагрузку,

должен обладать высокими прочностными свойствами (большим значением допустимого напряжения $[\sigma_o]$) и твердостью, а сердцевина, не испытывающей значительных статических нагрузок, может быть гораздо менее прочным (малое значение $[\sigma_c]$), но зато высоковязким, для компенсации ударных воздействий действующих на резец.

Такая конструкция корпуса может быть, например, достигнута двумя путями:

1. Изготовлением корпуса из стали, обладающей в отожженном состоянии достаточной вязкостью, а в закаленном – высокой прочностью и твердостью, например, стали У8, с поверхностной закалкой корпуса на заданную глубину.
2. Изготовление корпуса в виде биметаллической конструкции, в которой прочная и твердая оболочка, например из стали У8 в закаленном состоянии, соединена в единое целое с вязкой сердцевиной (сталь 12Х18Н10Т).

Для обоих случаев соотношение между радиусом оболочки (r_o) и сердцевины (r_c) может быть определено из равенства

$$r_c = \frac{r_o \cdot ([\sigma_{TC}] - \sigma_N)}{([\sigma_{TO}] - \sigma_N)}, \text{ мм},$$

где $[\sigma_{TO}]$, $[\sigma_{TC}]$ – пределы текучести материалов оболочки и сердцевины, МПа;

Исходя из величины усилий, действующих, например, на резец РКС-2 при разрушении им породы различной крепости, рассчитывали [5] максимальные напряжения, возникающие в его корпусе (сплошная линия на графике рис. 1), в сопоставлении с допустимыми напряжениями ($[\sigma] = \sigma_T$) для стали 30ХГСА после типовой термической обработки, как материала существующих корпусов резцов, и стали У8 после закалки и низкого отпуска, как материала оболочки предлагаемой биметаллической конструкции (пунктирные изображения).

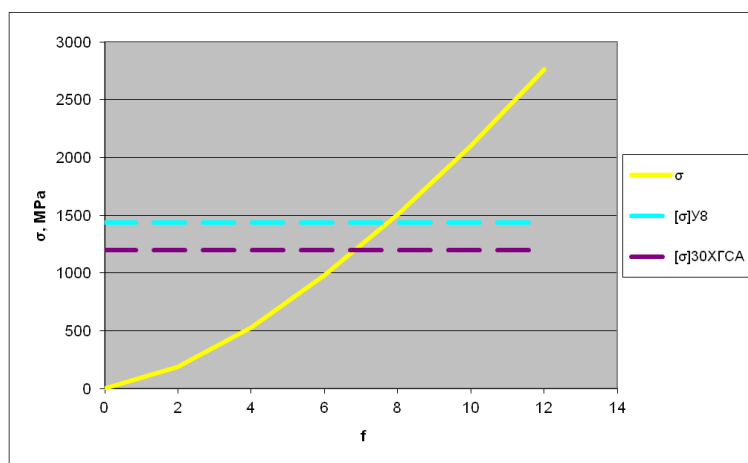


Рис. 1. Напряжения, возникающие в корпусе резца РКС-2, в зависимости от крепости разрушаемой породы в сравнении с допустимыми напряжениями для сталей 30ХГСА и У8

Как можно заключить из положения точек пересечения кривых, резец с биметаллическим корпусом с оболочкой из стали У8 способен разрушать породу большей крепости ($f \sim 8$), нежели с существующим корпусом из стали 30ХГСА ($f \sim 7$).

В экспериментальной части работы проводили сравнительные испытания на абразивную износостойкость цилиндрических образцов, изготовленных из указанных материалов. В качестве абразивной среды использовали песчаник, как представителя типичной попутной породы, встречающейся при работе проходческих комбайнов. Для моделирования условий работы резца эксперименты проводили при усилиях прижатия

образца к абразиву ($P = 35$ кН), обеспечивающих равенство между удельными нагрузками на образец и корпус резца ($P_{уд} \sim 700$ МПа). Для сравниваемых материалов фиксировали изменение массы образца во времени, на основании чего строили зависимость уменьшения его высоты (линейного износа Δh) от пройденного пути (рис. 2).

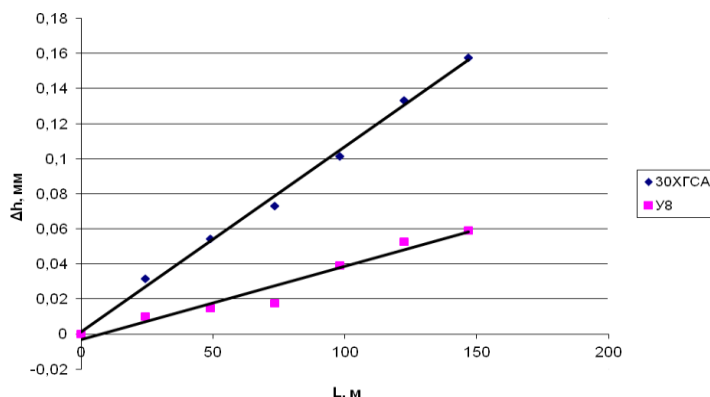


Рис. 2. Зависимость суммарного износа образца от пройденного по породе пути для стали У8 и стали 30ХГСА

Как видно из графика рис. 2, тангенс угла наклона прямой (скорость изнашивания) для стали У8, как материала оболочки биметаллической конструкции, существенно меньше, чем для материала существующих корпусов резцов стали 30ХГСА. Соответственно, соотношение путей, пройденных резцами с корпусами из рассматриваемых материалов до предельного оголения армирующей вставки, оказалось равным

$$\frac{L_{У8}}{L_{30ХГСА}} = 2,7$$

Таким образом, изготовление корпуса поворотного резца в виде биметаллической конструкции позволит расширить крепость разрушаемых пород и существенно повысить (в 2,7 раза) допустимый путь резания по сравнению с существующим резцом.

Литература:

1. Каталог выпускаемой продукции компании «Копейский Машиностроительный завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kopemash.ru/products/12/108.html>
2. Инструмент для очистных и проходческих комбайнов: Тангенциальные поворотные резцы. Радиальные резцы. Втулки и резцедержатели. Аксессуары: Каталог. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://grins.ru/pdf/Cutting_tool_system_for_mining.pdf.
3. Bilgin N., Tumac D., Feridunoglu C., Karakas A.R., Akgul M. The performance of a roadheader in high strength rock formations in Küçüksu tunnel // Underground Space Use: Analysis of the Past and Lessons for the Future. – London, 2005. – P. 815–820.
4. Мельников А.Н., Курбатов В.М., Кекелидзе З.Ш. Виды и причины выхода из строя поворотных резцов // Научные сообщения / Акад. наук СССР. Ин-т горного дела им. А. А. Скочинского. – М.: ИГД, 1978. – Вып. 166: Технология, механизация и автоматизация проведения горных выработок. – С. 20–23. 88. Горшков А. Г., Трошин В. Н.,
5. Горные инструменты, 2-е изд., перераб. и доп. / М.Г.Крапивин, И.Я.Раков, Н.И.Сысоев. – М.:Недра, 1990 г. – 256 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОПЕРЛИТНОЙ СТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК

А.К. Андреев, Ю.А. Смирнова, А.Н. Давлатов, С.О. Давлатова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

akandreyev@yandex.ru

Низкоуглеродистые стали широко применяются для изготовления крупногабаритных узлов горнодобывающей, строительной и дорожной техники эксплуатирующейся в зонах с холодным климатом. Известно, что эти стали обладают низкой трещиностойкостью. Наиболее эффективным способом повышения хладостойкости для них является получение мелкозернистой структуры [1]. Термическая обработка – основной метод измельчения зерна [2]. Однако, обзор литературных данных показывает, что обычный режим нормализации малоперлитных литейных сталей не всегда обеспечивают необходимый уровень хладостойкости [3–5]. Для этого рекомендуется использование термоциклической обработки или улучшение (закалка и высокий отпуск) [6–8]. Однако, применение указанных видов термообработки, как правило, не целесообразно в условиях производства крупногабаритных отливок.

В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование двойной нормализации и отпуска на хладостойкость и механические свойства стали 20ГФЛ.

Для проведения исследований были выбраны следующие режимы двойной нормализации:

Вариант 1 нагрев до 920°C, охлаждение на воздухе, повторный нагрев до 920°C охлаждение на воздухе;

Вариант 2 нагрев до 940°C, охлаждение на воздухе, повторный нагрев до 920°C охлаждение на воздухе;

Вариант 3 нагрев до 950°C, охлаждение на воздухе, повторный нагрев до 920°C охлаждение на воздухе;

Вариант 4 нагрев до 960°C, охлаждение на воздухе, повторный нагрев до 920°C охлаждение на воздухе;

Вариант 5 нагрев до 970°C, охлаждение на воздухе, повторный нагрев до 920°C охлаждение на воздухе;

После повторной нормализации во всех вариантах термической обработки осуществлялся отпуск при температуре 600°C

В таблице представлены средние результаты механических свойств стали исследуемых вариантов термической обработки

Как следует из приведенных данных, все исследуемые режимы термической обработки обеспечивают свойства стали согласно требованиям ГОСТ 21357 (Отливки из хладостойкой и износостойкой стали).

Следует отметить, что ударная вязкость при минус 60°C всех образцов стали прошедших термическую обработку по 1–3 вариантам была выше требуемых ГОСТ 21357 значений 20 Дж/см². После 4 и 5-го вариантов термообработки на нескольких образцах наблюдались отклонения от необходимого уровня KCV⁻⁶⁰. Максимальные значения KCV⁻⁶⁰ – в среднем 36,7 Дж/см² (min – 26,6 Дж/см² и max – 48,9 Дж/см²) были получены при втором варианте термической обработки. В связи с этим для получения

высокой стабильности требуемых значений KCV^{-60} следует рекомендовать температуру нагрева при первой нормализации в интервале $940^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1

**Средние значения механических свойств стали 20ГФЛ
после двойной нормализации и отпуска**

Вариант	Механические свойства				
	σ_T	σ_B	δ	ψ	KCV^{-60} , Дж/см ²
	МПа		%		
1	400	550	28	53	33
2	390	560	25	58	37
3	400	580	28	58	31
4	405	585	28	58	24
5	410	590	28	58	28
Требования по ГОСТ21357	300	500	20	35	20

Металлографический анализ проб металла показал, что предлагаемая технология термической обработки обеспечивает в стали однородную мелкозернистую ферритно-перлитную структуру с баллом зерна 9-10 номера

Литература:

1. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С. Ресурс материалов низкотемпературных конструкций. СПб.: Химиздат, 2006. 512 с.
2. Андреев А.К. Влияние размера зерна и термической обработки на трещиностойкость и хладостойкость литейных сталей // Проблемы ресурса и безопасной эксплуатации материалов. СПб.: СПбГУНИПТ, 2007. С. 130-136.
3. Солнцев Ю.П., Андреев А.К., Сердитов А.Е. Хладостойкие и износостойкие литейные стали. – СПб.: Химиздат, 2007. 336 с.
4. Романив О.Н. Вязкость разрушения конструкционных сталей. М.: Металлургия, 1979. 176 с.
5. Андреев А.К., Солнцев Ю.П. Технологические возможности повышения хладостойкости стальных отливок // Литейное производство.-2008.-№3.С.7-11.
6. Викулин А.В., Солнцев Ю.П., Коджаспиров Г.Е., Овчинникова Л.В., Трещиностойкость сталей низкой и средней прочности//Металловедение и термическая обработка металлов, 1983 г, №8, С. 5-8.
7. Солнцев Ю.П., Андреев А.К., Гречин Р.И. Пути повышения хладостойкости литых сталей //МиТОМ.- 1990.-5.-С.2-6.
8. Воздействие термической обработки на структуру и сопротивление разрушению литой хладостойкой стали» Андреев А.К., Смирнова Ю.А., Ермаков Б.С. Сборник трудов Евразийского симпозиума по проблемам надежности материалов и машин для регионов холодного климата: Пленарные доклады. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. 511 с., С. 64-67.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НЕРЖАВЕЮЩИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ

С.Ю. Мушникова, О.Н. Парменова

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

npk3@crism.ru

Нержавеющие стали аустенитного класса находят широкое применение в технике низких температур благодаря прекрасным пластическим свойствам и хорошей технологичности при изготовлении изделий [1]. Однако недостаточно высокие прочностные свойства ограничивают их использование в составе высоконагруженных конструкций. Одним из эффективных способов упрочнения аустенитных сталей считается холодная деформация [1, 2], обеспечивающая повышение прочностных характеристик практически до уровня высокопрочных сталей. При этом влияние упрочнения на стойкость к питтинговой коррозии (ПК) изучено недостаточно.

В связи с этим, целью данной работы являлось исследование влияния холодной деформации на сопротивляемость питтинговой коррозии двух марок аустенитных сталей разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» с равновесным и «сверхравновесным» содержанием азота (04X20H6Г11M2АФБ и 03X17АГ7 соответственно) с коррозионной стойкостью широко применяемой хромоникелевой стали марки 08X18H10Т.

Материалы методики исследований. В качестве экспериментального материала применялся листовой прокат:

- хромомарганцевоникелевой стали 04X20H6Г11M2АФБ с равновесным содержанием азота (0,43%), обеспеченным введением азотированных ферросплавов хрома и марганца в ходе открытой выплавки [3];
- хромомарганцевой стали 03X17АГ7 со «сверхравновесным» содержанием азота (0,47%), в 1,5 раза превышающим равновесную концентрацию и полученным при выплавке под давлением азота;
- безазотистой хромоникелевой стали 08X18H10Т.

Химический состав сталей представлен в табл. 1. Предварительная оценка стойкости к питтинговой коррозии проведена с помощью эмпирической формулы расчета индекса питтингостойкости или эквивалента сопротивляемости питтинговой коррозии PRE (PittingResistanceEquivalent): $PRE = \%Cr + 3,3\%Mo + 16\%N$.

Таблица 1

Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	Содержание элементов, % масс.									PRE
	N	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb + V	
04X20H6Г11M2АФБ	0,43	0,05	0,29	10,83	19,56	7,49	1,49	-	0,36	31
03X17АГ7	0,47	0,03	0,19	6,8	16,9	0,05	0,58	-	0,25	26
08X18H10Т	0,006	0,07	0,43	0,98	17,74	9,64	-	0,41	-	18

Перед холодной деформацией стальные заготовки подвергались аустенитизации (высокотемпературной закалке с последующим охлаждением в воде). Причем для гомогенизации аустенитной стали 04X20H6Г11М2АФБ, содержащей после горячей деформации труднорастворимые нитриды ниобия и ванадия, нагрев осуществляли до температуры 1150°C, в то время как горячекатаные заготовки сталей 08X18Н10Т и 03X17АГ7 нагревали до 1100°C, т.к. при указанной температуре имеющиеся в структуре сталей выделения карбидов и нитридов хрома растворяются, а значительный перегрев может вызвать нежелательный рост аустенитного зерна.

Холодная деформация осуществлялась двумя способами. В первом случае применялась многократная холодная прокатка при комнатной температуре с общей суммарной степенью обжатия 15; 27; 36 и 47%. Исходные размеры заговокаустенитизированных сталей 04X20H6Г11М2АФБ и 08X18Н10Т составляли 30х250х400 мм. Во втором случае с целью получения мартенсита деформации эксперименты проводили при отрицательной температуре методом растяжения плоских образцов с размерами рабочей части 8х20х56 мм, изготовленных из сталей 03X17АГ7 и 08X18Н10Т в аустенитизированном состоянии. Замедленное деформирование (без разрушения) при температуре минус 60°C со скоростью 1,5 мм/мин (что ниже применяемой для стандартных механических испытаний) с предварительной выдержкой при указанной температуре в течение 10 мин способствовало формированию различного количества мартенсита деформации в разных точках по длине образца (вследствие отличий в степени деформации). Для выявления мартенсита применялись магнитометрические методы (определение количества ферритной фазы и измерение магнитной проницаемости), оптическая металлография и EBSD.

Для оценки питтингостойкости холоднокатаных сталей 04X20H6Г11М2АФБ и 08X18Н10Т применялся химический метод, заключающийся в выдержке плоских образцов размерами 3х25х50 мм в растворе хлорного железа (10% FeCl₃·6H₂O) при комнатной температуре в течение 72 ч с определением потери массы.

Вследствие локальности образования мартенсита деформации определение стойкости к питтинговой коррозии образцов сталей 03X17АГ7 и 08X18Н10Т, деформированных при отрицательной температуре, проводили на базе электрохимического метода путем анодной потенциодинамической поляризации. На поляризационной кривой, полученной на образце с площадью поверхности 1 см² в растворе 3,5% NaCl при комнатной температуре, определяли потенциал питтингообразования $E_{\text{по}}$, который пересчитывали затем по нормальному водородному электроду.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Для предварительной оценки устойчивости исследуемых сталей к мартенситному превращению при холодной пластической деформации по известной формуле [4] были рассчитаны значения критической температуры $M^{30}_{\text{д}}$ (для степени обжатия 30%). Результаты расчетной оценки показали, что в азотсодержащих сталях 04X20H6Г11М2АФБ и 03X17АГ7 мартенсит не образуется вплоть до значения $M^{30}_{\text{д}} = -262^{\circ}\text{C}$ и $M^{30}_{\text{д}} = -34^{\circ}\text{C}$ соответственно; для хромоникелевой стали 08X18Н10Т значение $M^{30}_{\text{д}}$ выше и составляет $\sim 14^{\circ}\text{C}$. Таким образом, не следовало ожидать мартенситного превращения при холодной прокатке, что и было подтверждено металлографическими (рис. 1) и магнитометрическими исследованиями. С ростом степени холодной деформации наблюдалось увеличение вытянутости предварительно рекристаллизованных аустенитных зерен, наличие структуры наклепа и отсутствие мартенсита деформации.

Испытания на стойкость к питтинговой коррозии химическим методом продемонстрировали неоднозначное влияние степени обжатия при холодной прокатке на потери массы. Так для стали 08X18Н10Т, подвергнутой холодной деформации на 33%, наблюдался максимум коррозионных потерь, далее с увеличением степени деформации до 47% стойкость к питтинговой коррозии несколько возрастала (рис. 2 а).

Холоднокатаная сталь 04X20H6Г11М2АФБ, обладающая более высоким значением PRE, в целом имела меньшие коррозионные потери, чем сталь 08X18H10Т и более сложную, хотя и не явно выраженную зависимость стойкости к ПК от степени деформации.

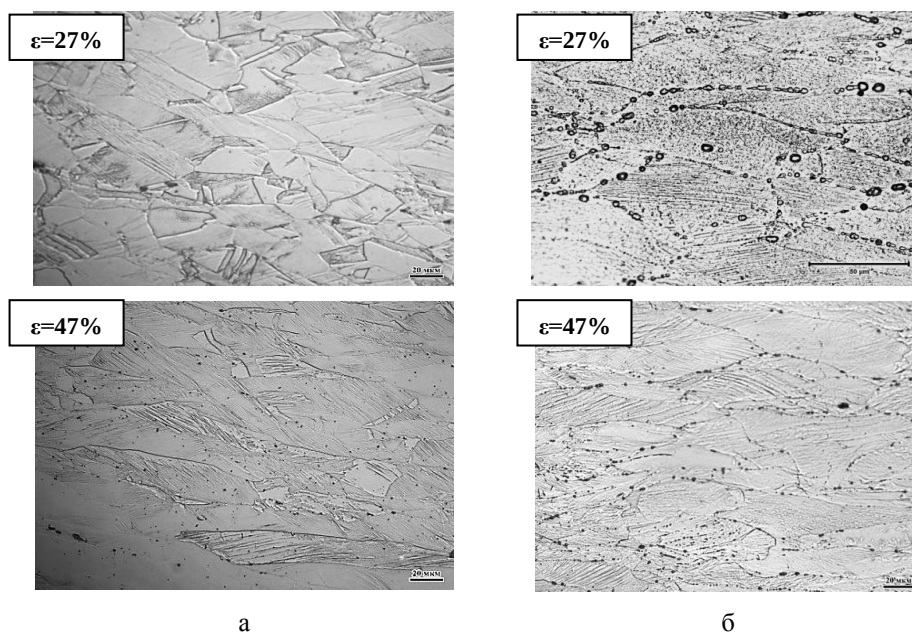


Рис. 1. Микроструктура сталей 04X20H6Г11М2АФБ и 08X18H10Т после холодной деформации прокаткой

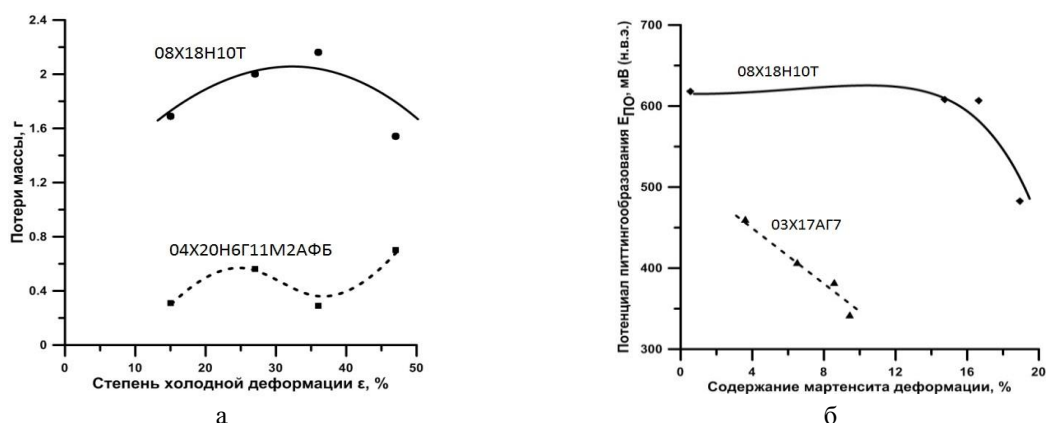


Рис. 2. Влияние степени холодной деформации прокаткой на потери массы при испытании на питтинговую коррозию в 10% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (а); влияние содержания мартенситной фазы в холоднодеформированных при минус 60°C образцах на потенциал питтингообразования в 3,5% NaCl

Аналогичное изменение сопротивляемости ПК (критической температуры питтингообразования в растворе хлорного железа) в зависимости от степени холодной деформации нержавеющей стали аустенитного класса AISI 316L отмечалось в работе [5]. Было показано первоначальное повышение стойкости к ПК с увеличением степени холодной деформации до 20% и дальнейшее её снижение при $\epsilon \geq 30\%$. При этом, положительное влияние холодной деформации авторы связывали с увеличением плотности дефектов в пассивной пленке, вероятно, вызывающим возрастание степени конкуренции между очагами инициирования питтинговой коррозии. В то же время, исследование влияния холодной деформации (до 50%) без никелевой нержавеющей стали 00X18Г15АМ2 (0,086%N) не выявило существенного снижения стойкости к ПК в 0,9% солевом растворе [6].

В результате холодной пластической деформации растяжением при температуре минус 60°С наблюдалась разная степень мартенситного превращения: от отсутствия мартенситной фазы у захватной части и до 10 и 18–19% в средней части образцов (для сталей 03X17AG7 и 08X18N10T соответственно) с промежуточными значениями между указанными крайними точками (рис. 3). Значения потенциалов питтингообразования, полученные на участках с различным количеством ферромагнитной фазы, свидетельствовали об отрицательном влиянии мартенсита деформации на стойкость к ПК. Причем эффект снижения питтингостойкости для стали 08X18N10T обнаружен при содержании мартенсита более 17%, в то время, как для стали 03X17AG7 – уже при 4%.

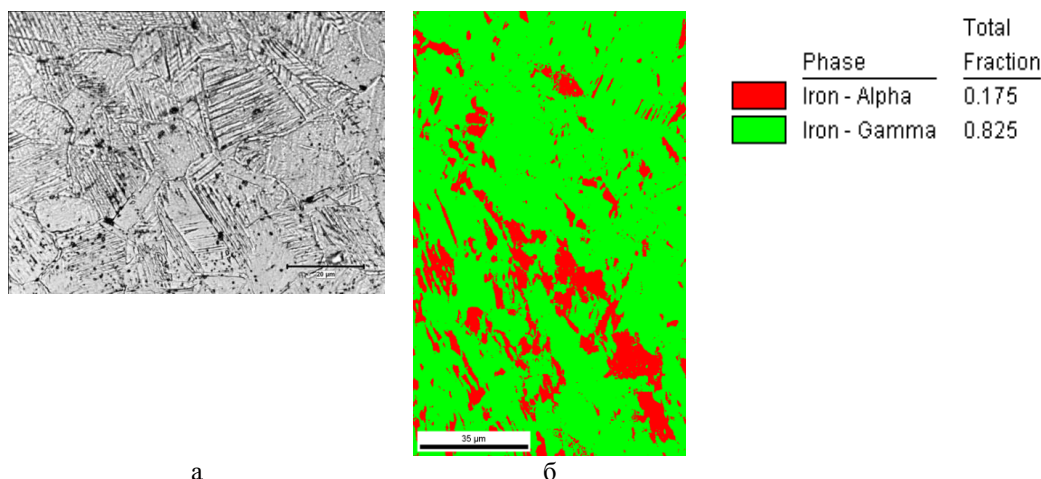


Рис. 3. Мартенсит деформации в средней части образца холоднодеформированной при минус 60°С стали 08X18N10T, обнаруженный методами оптической металлографии (а) и EBSD (б)

Закключение:

1. Показано, что холодная пластическая деформация исследуемых аустенитных сталей, не сопровождаемая мартенситным превращением, приводит к увеличению потерь массы более чем на 30%.
2. Неблагоприятное влияние мартенсита деформации на сопротивляемость ПК в большей степени проявляется в метастабильной аустенитной хромомарганцевой стали со «сверхравновесным» содержанием азота, для хромоникелевой стали отрицательный эффект снижения коррозионной стойкости наблюдается при содержании мартенсита более 17%.

Литература:

1. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Слепцов О.И. Материалы для низких и криогенных температур: Энциклопедический справочник // СПб: ХИМИЗДАТ, 2008. - 768 с.
2. Сагарадзе В.В., Уваров А.И.. Упрочнение и свойства аустенитных сталей / Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013.-720с.
3. Горынин И.В., Малышевский В.А., Калинин Г.Ю., Мушников С.Ю., Банных О.А., Блинов В.М., Костина М.В. Коррозионно-стойкие высокопрочные азотистые стали // Вопросы материаловедения, 2009, № 3 (59), С. 7–16.
4. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. 2-изд., перераб. и дополн. М.: МИСИС, 1999, 408 с.
5. U.Kamachi Mudali, P. Shankar, S.Ningshen, R.K. Dayal, H.S. Khatak, Baldev Raj On the pitting corrosion resistance of nitrogen alloyed cold worked austenitic stainless steel, Corrosion Science, 2002, № 44, P. 2183-2198.
6. Y. Ren, H. Zhao, W. Liu, K. Yang Effect of cold deformation on pitting corrosion of 00Cr18Mn15Mo2N0,86 stainless steel for coronary stent application, Materials Science and Engineering, 2016, №60, P. 293-297.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ АУСТЕНИТА ПО ДИАГРАММЕ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

А.А. Зисман, Н.С. Новоскольцев

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

nrk3@crism.ru

Целью данной работы является определение времени начала стадии возврата, предшествующей статической рекристаллизации аустенита по кинетике релаксации напряжений. Кинетика релаксации среднеуглеродистых среднелегированных сталей после завершения деформации со скоростями 1 и 100с⁻¹ регистрировалась на термомеханическом симуляторе Gleeble 3800. Анализ диаграмм релаксации напряжений остается серьезной проблемой из-за необходимости адекватного учета следующих артефактов: а) постепенное замедление деформации после команды на ее прекращение; б) практически горизонтального участка диаграммы в области малых времен из-за использования логарифмической шкалы.

В настоящее время актуальна задача повышения износостойкости, твердости, прочности и ударной вязкости материалов для изнашиваемых рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин. Эти детали изготавливаются из среднеуглеродистых среднелегированных сталей с применением горячей прокатки и штамповки, что сопровождается процессами динамической (ДР) и статической (СР) рекристаллизации высокотемпературной γ -фазы (аустенита). Однако до настоящего времени данных о таких процессах в сталях указанного класса недостаточно [1]. Из-за полиморфного $\gamma - \alpha$ -превращения изучение высокотемпературного состояния в сталях остается серьезной проблемой. Это связано с тем, что обычные металлографические методы применимы лишь для низкотемпературного (превращенного) состояния, где точное восстановление структуры бывшего аустенита (формы и размеров зерен, а также типа и количества мелких карбидных частиц) далеко не всегда возможно. Для решения этих трудностей в последние годы все чаще применяются термомеханические симуляторы, которые позволяют реализовать в лабораторных условиях высокие температуры и скорости деформации, характерные для промышленной обработки сталей, и исследовать кинетику рекристаллизации аустенита по характеру его разупрочнения в реальном времени.

Материалом для исследования послужили новые среднеуглеродистые среднелегированные стали марок Б1200, Б1500 и Б1700, разработанные НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» [2] для изготовления быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники. Их химический состав представлен в таблице 1.

При анализе полученных диаграмм, для определения начала релаксации на стадии возврата перед рекристаллизацией использовались следующие два критерия. Во-первых, это характерная для релаксационных процессов вогнутость временной зависимости, т.е. $d^2|\sigma| / dt^2 > 0$ (рис. 1а). Во-вторых, это замедление и окончательная остановка захватов (рис. 1(б)) в искомый момент τ_0 [3].

Затем для точного определения момента начала рекристаллизации методом «отрыва от касательной» необходимо было исключить протяженный горизонтальный

участок диаграммы в области малых времен, который неизбежен при использовании полулогарифмического представления данных. Искомый момент выбирался из условия:

$$\lg\left(\frac{\tau}{\tau_1}\right) \approx \lg\left(1 + \frac{\tau}{\tau_1}\right), \quad (1)$$

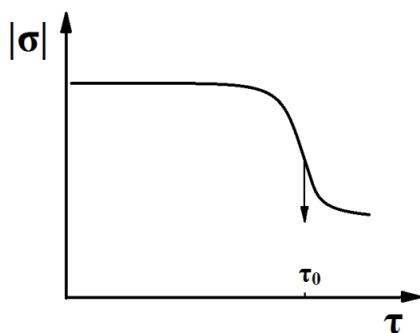
где τ_1 – характерное время релаксации.

Таблица 1

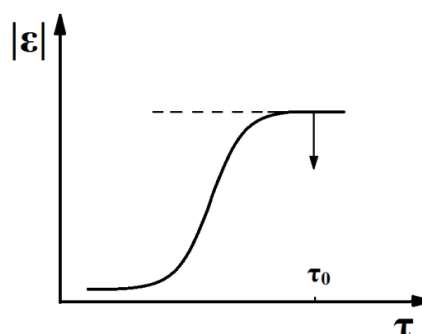
Химический состав сталей опытных плавок

Состав		C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	Mo	Ti	V	Nb	Al	Ca (по расчету)	B (по расчету)
Б1200	мин	0,30	0,10	0,80	0,25	0,20	0,30	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001-	0,001-
	макс	0,35	0,30	1,0	0,40	0,40	0,50	0,15	0,03	0,03	0,04	0,06	0,02	0,005
Б1500	мин	0,36	0,10	0,80	0,45	0,50	0,60	0,35	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001-	0,001-
	макс	0,39	0,30	1,0	0,60	0,80	0,80	0,45	0,03	0,03	0,04	0,06	0,02	0,005
Б1700	мин	0,40	0,20	1,10	0,65	0,50	0,90	0,35	0,01	0,04	0,01	0,01	0,001-	0,001-
	макс	0,45	0,45	1,30	0,80	0,80	1,30	0,45	0,03	0,06	0,04	0,06	0,02	0,005

Примечание:
 1) Содержание серы и фосфора не должно превышать 0,020 масс.% каждого, при этом суммарное содержание серы и фосфора не должно превышать 0,025 масс.%.
 2) Содержание азота не должно превышать 0,015 масс.%.



(а)



(б)

Рис. 1. Схема определения момента начала релаксации на зависимостях величины напряжения (а) и деформации (б) от времени

Литература:

1. Garcia-Mateo C., Lopez B., Rodriguez-Ibabe J.M. Static recrystallization kinetics in warm worked vanadium microalloyed steels // Materials Science and Engineering. 2001. V. A303. P. 216–225.
2. Рябов В.В., Хлусова Е.И., Голосиенко С.А., Мотовилина Г.Д. Новые стали для сельскохозяйственного машиностроения // Металлург. 2015. № 6. С. 59-65.
3. Зисман А.А., Сошина Т.В., Хлусова Е.И. Исследование рекристаллизации аустенита стали 09ХН2МД в условиях горячей прокатки методом релаксации напряжений // Вопросы материаловедения. 2012. № 2(70). С. 16-24. 95.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И УСТРОЙСТВ

УДК 687.023

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ СТОЧНЫХ ВОД

В.В. Сигачева

Государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Россия

sigacheva2006@mail.ru

Очистка сточных вод предприятий, характеризующихся высоким содержанием органических веществ и бактерицидного фона, выполняется путем их обработки на установках жидкофазного окисления (ЖФО) [1]. Для окисления органических компонентов сточных вод кислородом воздуха в реакторе необходимо поддерживать в течение часа определенные значения температуры и давления. На процесс окисления большое влияние оказывает концентрация загрязнений сточных вод, характеризующаяся величиной химического потребления кислорода (ХПК). Чем выше органическая загрязненность воды, больше ХПК, тем больше выделяется дополнительного тепла в ходе реакции, поэтому условия протекания процесса не постоянны. Известно, что жидкофазное окисление вод при ХПК больше 60 г/л может протекать без дополнительного подвода тепла, так как за счет окисления органических веществ создается температура порядка 300°C, но при этом давление должно быть более 15 МПа.

Для создания необходимых условий обработки в реакторе при ХПК больше предельно допустимой концентрации (ПДК – 5 г/л), а также бактериологического обеззараживания, предложена и смоделирована система управления подачей горячего пара от парогенератора и воздуха от компрессора с учетом уровня ХПК. Такая система управления экономична за счет уменьшения затрат на подготовку тепла и воздуха высокого давления.

Структурная схема автоматизации такой установки представлена на рис.1.

Логический контроллер (МК) обеспечивает одновременное управление двумя исполнительными механизмами (ИМ) при обработке показаний трех датчиков с выбором оптимального режима, учитывающего уровень ХПК – (20–80) г/л в отстойнике сточной воды, а в реакторе изменение температуры в пределах (100–350)°C, и давления – (10–30) МПа. При этих параметрах ускоряется процесс окисления органических соединений и уничтожения бактерий.

Основной задачей является разработка алгоритмического и программного обеспечения. В данной системе управления имеется большое количество входных и выходных переменных, которые необходимо совместно учитывать. Поэтому здесь применима методология нечеткого вывода для разработки алгоритма и программы управления процессом жидкофазного окисления. Нечеткая логика при представлении нечеткой исходной информации позволяет строить модели, отражающие различные аспекты неопределенности для систем контроля и управления, разработки нечетких регуляторов [2]. Нечеткая модель управления выполнена в Fuzzy Logic MATLAB с использованием алгоритма Мамдани, определяющего определенную

последовательность операций обработки входных данных, составления базы правил, обработки условий базы правил с использованием нечеткой логики и других приемов.

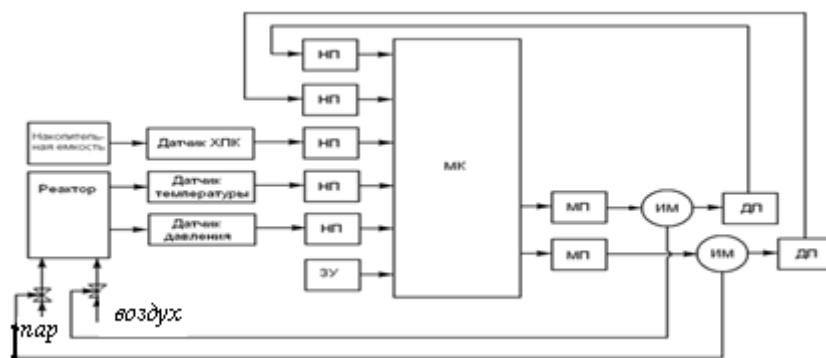


Рис. 1. Структурная схема автоматизации установки ЖФО

НП – нормирующий преобразователь, МП – усилитель мощности, МК – микроконтроллер, ДП – датчик положения, ИМ – исполнительный механизм

Первой выполняется процедура *фаззификации входных и выходных переменных* для установления соответствия между конкретным численным значением отдельной переменной и значением функции принадлежности, соответствующих ей нечетких множеств (термов) лингвистических переменных, качественно определяющих численные значения. Определенные конкретные значения функций принадлежности (ФП) по каждому из лингвистических термов используются в подусловиях базы правил системы нечеткого вывода. Как показывает опыт моделирования, можно ограничиться для каждой входной переменной тремя термами с перекрывающимися интервалами, но при этом сумма ординат перекрывающихся ФП без учета знака должна быть равна 1. При наличии нескольких входных переменных это позволяет сократить базу правил, охватывающую возможные сочетания входных переменных. Увеличение количества термов выходных переменных для управления исполнительным механизмом повышает плавность процесса управления ИМ.

В качестве терм-множеств первой входной лингвистической переменной «НРК», второй лингвистической переменной «Temperatura», третьей лингвистической переменной «Davlenye» составляем множества $T_1 = \{\text{«низкое»}, \text{«среднее»}, \text{«высокое»}\}$. Функции принадлежности для входных и выходных переменных выбираем кусочно-линейные.

В качестве терм-множеств первой выходной лингвистической переменной «Угол поворота ИМ подачи пара», второй выходной лингвистической переменной «Угол поворота ИМ подачи воздуха» будем использовать множества $T_2 = \{\text{«минимальный»}, \text{«небольшой»}, \text{«средний»}, \text{«большой»}, \text{«максимальный»}\}$.

Моделирование системы управления выполнено в интерактивном режиме в редакторе систем нечеткого вывода FIS[2]. Вводятся входные переменные – НРК, Temperatura, Davlenye, а также термы и их функции принадлежности для выходных переменных.

Процесс управления описывается *базой правил*. В случае представления входных переменных тремя термами количество правил – 27. Система управления, создаваемая на основе «нечеткого вывода», является по сути экспертной системой, моделируемой с использованием нечеткой логики. База правил составляется на основании априорного опыта работы с такими системами, знания о реакции параметров объекта на изменение управляющих воздействий. Система очень чувствительна к корректированию правил. База правил вводится с помощью редактора правил (edit – rules). Правила составляются по логике «если входные переменные имеют (лингвистические) определенные значения..., то управляющие лингвистические переменные должны им соответствовать по смыслу».

После составления правил программа обрабатывает лингвистические переменные в соответствии с выбранным алгоритмом Мамдани. Результат нечеткого вывода – конкретные значения выходных переменных нечеткого регулятора в двухмерном виде или 3D виде (рис. 2). Поскольку входных переменных три, а поверхность управления строится для двух переменных, то выводится два 3D графика для одной выходной переменной. Более подробно результаты нечеткого моделирования можно получить из двумерного отчета, где можно установить получаемые углы поворота ИМ для всех комбинаций трех входных переменных и составить таблицу. Уточнение результатов осуществляется коррекцией базы правил, термов переменных.

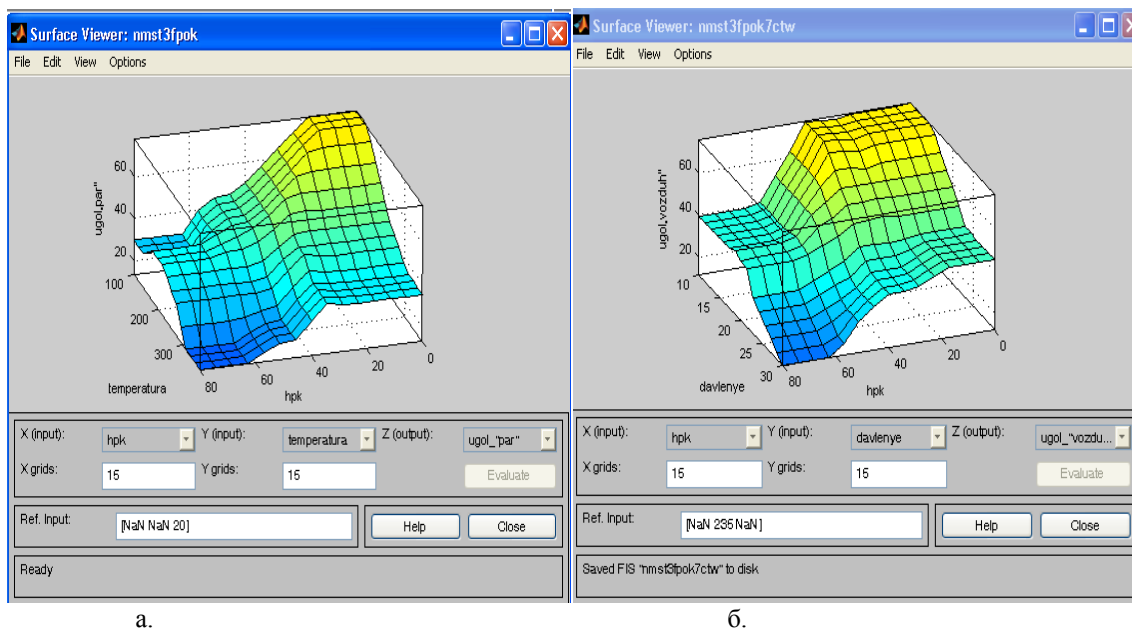


Рис. 2. Зависимость углов поворота ИМ от изменения входных переменных в виде поверхности 3D:
а. – ИМ подачи пара, б. – ИМ подачи воздуха.

Таким образом, смоделирована нечеткая система управления, использующая тепловой ресурс очищаемых сточных вод. При высоких значениях ХПК (больше 50 г/л) практически дополнительного подогрева не требуется. Необходимые в процессе обработки температура и давление обеспечиваются углом поворота ИМ и рабочего органа.

Предварительное моделирование в FuzzyLogic существенно сокращает время разработки программы управления, поскольку следующим этапом является составление программы на языке FCL, которая включает описание переменных в виде термов, базу правил и ориентирована на программирование микроконтроллеров.

Литература:

1. Кривошеин Д.А. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2008. – 344с.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 352с.

МОДЕЛИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОГИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВА НА УЧАСТКЕ ТЕРМООБРАБОТКИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.Л. Лазарев, А.А. Брусенцев, Ф.Ю. Струлев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

holod25@yandex.ru

Термообработка колбасных изделий производится в термоагрегатах, которые бывают камерного или туннельного типов. Стадиями процесса являются подсушка колбасных батонов, обжарка и варка, каждая из которых характеризуется своим температурно-влажностным режимом подаваемого энергоносителя (дыма–паровоздушной смеси). В термоагрегатах туннельного типа рамы или вагонетки, загруженные колбасными батонами, перемещаются по туннелю, где на каждом из участков реализуется соответствующая стадия. В агрегатах камерного типа исходное сырье загружается в камеру, куда подается энергоноситель, режимные параметры которого изменяются по временной программе реализации каждой из стадий. Завершение процесса термообработки осуществляется при достижении температуры внутри батона заданного значения ($\sim 72\div 74^{\circ}\text{C}$), обеспечивающего эффект стерилизации изделия [1, 2].

В настоящее время выпускаются термоагрегаты с различной производительностью и характеристиками. На средних и крупных производствах, обычно используется ряд «параллельно» работающих агрегатов. Варьируя их набором, производитель получает возможность обеспечения требуемой производительности различных видов продукции, например, обусловленной изменением спроса, запасов сырья и пр. При этом возникает задача выбора оптимального количества и типов агрегатов, которые необходимо задействовать в производстве при минимизации их простоев. Задачи такого типа относятся к т.н. логистическим задачам обеспечения производства [3, 4]. Постановка подобных задач подразумевает наличие следующих основных блоков условий.

1. Начальные условия. Описывают запасы и характеристики сырья, перед началом производства. Таковыми являются: запасы фарша для производства различных сортов колбас, его реальная производительность после начала работы, характеристики состава и свойств отдельных видов фарша, наличие запасов колбасных оболочек различных типов, производительность оборудования на участке шприцевания батонов и др.

2. Программа выпуска конкретных видов продукции для заданного интервала времени, определяется заявками предприятий торговли и спросом потребителей.

3. Ограничения по выпуску отдельных видов продукции. Определяются производительностью отдельных агрегатов и допустимыми диапазонами ее изменения на производстве. Изменение производительности может осуществляться за счет частичной загрузки вагонеток, в допустимых пределах, а также за счет допустимых изменений температур, влажности и расходов энергоносителя на отдельных стадиях процесса, за счет изменения скорости движения вагонеточного конвейера в туннеле.

4. Математическая модель динамики процесса. Она необходима для прогнозирования длительности процесса термообработки с учетом реальных условий и значений параметров процесса в термоагрегате.

Методы решения таких задач известны и проработаны в инженерной практике [3]. Камнем преткновения является отсутствие удобных методик для определения длительности процесса термообработки t_0 для различных видов продукции и условий эксплуатации агрегатов. Нахождение значения величины t_0 может быть осуществлено путем решения дифференциального уравнения для системы, состоящей из объекта управления – термоагрегата и регулятора, по параметру температуры в центре колбасного батона t_1 для заданных законов изменения основных влияющих воздействий. Таковыми являются температура y_1 и влажность энергоносителя y_2 . Параметры y_1 и y_2 изменяются в процессе обработки в пределах $50\div 90$ ($^{\circ}\text{C}$) и $15\div 100$ (%), соответственно. Искомое решение представляется функцией времени τ для величины t_1 в виде $t_1(\tau)$

$$t_1(\tau) = f(y_1(\tau); y_2(\tau)) . \quad (1)$$

Приравнивая эту функцию требуемому значению температуры в конце процесса, например, 74°C , получим уравнение для нахождения значения величины t_0 . Для реализации изложенного подхода существуют пакеты прикладного программного обеспечения (ПО), например, MATLAB и его расширение – Simulink. Для поиска решения необходимо задание структурной схемы системы и описания динамики отдельных элементов, чаще всего в виде передаточных функций $W(p)$, а также функций изменения входных воздействий $y_1(\tau)$ и $y_2(\tau)$. Результаты решения отображаются на экране монитора. Основным недостатком метода является наличие неопределенностей при идентификации элементов системы. Так, например, при известном типе объекта возникают проблемы при определении параметров его передаточной функции: коэффициента передачи, постоянных времени и других. Эти значения зависят от химического состава фарша, диаметра и типа колбасной оболочки, степени загрузки рам колбасными батонами и др. Как следствие, возникают неопределенности при определении типа и настроечных параметров регулятора, выбор которых осуществляется на основании значений параметров объекта и требований к качеству процесса регулирования. Наличие таких «накладок» обуславливает необходимость различных допущений и упрощений, что негативно сказывается на точности получаемых решений [4]. Реальные погрешности могут составлять десятки и более процентов. Кроме того, реализация подобных процедур на производстве требует высокой квалификации и специальной подготовки оператора. Ниже предлагается альтернативный подход к нахождению величины t_0 .

Рассматривается нормально функционирующая система, как единое звено. Его динамику предлагается описывать с использованием переходных характеристик по каналам прохождения основных влияющих воздействий: канал 1 – $y_1 \rightarrow t_1$ и канал 2 – $y_2 \rightarrow t_1$. Эти характеристики (переходная функция, весовая функция) в производственных условиях могут быть получены на основе эксперимента путем подачи на вход системы типовых воздействий. Так как характеристики взаимосвязаны, то, для определенности, будем использовать переходную функцию $h(\tau)$. Для ее получения в конкретном варианте функционирующей системы (степени загрузки рам, размеров колбасных батонов, типа оболочки, теплофизических свойств фарша, определяемых его химическим составом и др.) осуществляется ступенчатое изменение «уставки» для y_1 в контуре регулирования t_1 . При этом фиксируется во времени отклик системы на это воздействие. Другими словами, снимается переходная функция по каналу $y_1 \rightarrow t_1$: $h(\tau)_1$. Аналогично снимается переходная функция по каналу 2: $h(\tau)_2$. Имея переходную функцию можно определить реакцию системы на

произвольное воздействие. Эта зависимость получается на основе интеграла Дюамеля или интеграла свертки и для воздействия $y_1(\tau)$ будет иметь вид

$$t_1(\tau)_1 = h(\tau)_1 y_1(0) + \int_0^{\tau} h(\tau - \tau_1)_1 y_1'(\tau_1) d\tau_1, \quad (2)$$

где $y_1(0)$ – начальное значение температуры энергоносителя при $\tau=0$.

По аналогии с выражением (2), с использованием функции $h(\tau)_2$, для заданного технологического режима может быть описано влияние изменения влажности энергоносителя на изменение температуры в толще батона в виде составляющей $t_1(\tau)_2$. С учетом того, что подобные объекты и системы, в подавляющем большинстве случаев, являются линейными звеньями, для них применим принцип суперпозиции. Поэтому величина $t_1(\tau)$ может быть представлена суммой обоих составляющих $t_1(\tau)_1$ и $t_1(\tau)_2$

$$t_1(\tau) = t_1(\tau)_1 + t_1(\tau)_2 = h(\tau)_1 y_1(0) + \int_0^{\tau} h(\tau - \tau_1)_1 y_1'(\tau_1) d\tau_1 + h(\tau)_2 y_2(0) + \int_0^{\tau} h(\tau - \tau_1)_2 y_2'(\tau_1) d\tau_1. \quad (3)$$

Приравнявая функцию $t_1(\tau)$ заданному значению, например, 74°C , получаем исходное уравнение для нахождения значения величины τ_0 . Решение уравнения на основе модели (3), для заданных функций $y_1(\tau)$ и $y_2(\tau)$ – программы режима процесса термообработки, может быть осуществлено, как аналитически, так и с использованием методов дискретной математики. Для удобства практического использования предлагается осуществить поиск решений для типовых производственных ситуаций (вариантов сырья, соответствующих заданий функций $y_1(\tau)$ и $y_2(\tau)$) и табулировать полученные результаты. Градация вариантов сырья должна осуществляться на основе учета размеров (диаметра) колбасных батонов, типа оболочки, состава и свойств фарша и др. Найденные значения величин τ_0 будут использоваться в качестве исходных данных при решении логистических задач. В производственных условиях значения величин τ_0 будут получаться в результате округления реальных характеристик сырья до ближайших типовых вариантов. Поэтому получаемые решения будут характеризоваться состояниями неопределенности. Целесообразно выбрать количественную характеристику для оценки этих состояний, определить ее значения для выбранных вариантов и использовать для аттестации табулированных результатов τ_0 . Анализ подходов к решению подобных задач позволяет сделать вывод о целесообразности использования величины комплексного энтропийного потенциала $-L_\Delta$ для этих целей [5, 6]. Она определяется из выражения

$$L_\Delta = \frac{\Delta_e}{|X_n|} = \frac{K_e \sigma}{|X_n|}, \quad (4)$$

где X_n – величина базового значения, на фоне которого рассматривается состояние неопределенности; $\Delta_e = K_e \sigma$ – величина энтропийного потенциала; σ – величина среднеквадратического отклонения (СКО); K_e – энтропийный коэффициент, характеризующий дестабилизационные свойства закона распределения результатов решений [5–7].

Величина L_Δ позволяет описать состояние неопределенности решения одним числом и имеет ряд достоинств.

1. Для получения представительных оценок L_Δ на основе (4) требуется меньший объем экспериментальных данных, чем, например, для получения

соответствующих оценок величины энтропии. В ряде случаев значения величин X_n , σ и K_e могут быть определены аналитическим путем, на основании характеристик входных воздействий и свойств объекта, в котором производится продукция.

2. Использование L_Δ не противоречит существующим подходам к описанию состояний неопределенности, а только дополняет их возможности. Например, упрощение модели (4) путем пренебрежения изменений величин X_n и K_e приведет к ее вырождению до уровня СКО. В этом случае мониторинг состояний неопределенности будет осуществляться на основе методов дисперсионного анализа [6, 8, 9].

Для измерения влажности энергоносителя при проявлении эффекта засмаливания измерительной системы частицами дыма, эффективным может оказаться решение [10].

Литература:

1. Лисицын А.Б. и др. Теория и практика переработки мяса. (Авт.: Лисицын А.Б., Липатов Н.Н., Кудряшов Л.С., Алексахина В.А., Чернуха И.Н.) - М.: Эдиториал сервис, 2008–308с.
2. Стегаличев Ю.Г., Лазарев В.Л., Нелеп В.А., Кириков А.Ю., Кузнецов Е.А. Расчет технологических режимов производства вареных колбас. // Пищевая промышленность. 1988, №4, с.34-37.
3. Аникин Б.А. Логистика. – М.: Проспект, 2013. – 406 с.
4. Лазарев В.Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности. Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 196 с.
5. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 68–73.
6. Лазарев В.Л., Грахольская Т.А., Травина Е.А., Фролков Н.А. Использование когнитивных образов состояний систем в пространстве параметров энтропийных потенциалов для организации мониторинга и управления. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. №4. С. 54–61.
7. Электрические измерения неэлектрических величин. А.М.Туричин, П.В.Новицкий, Е.С.Левшина и др./ Подред. П.В.Новицкого.-Л.: «Энергия», 1975. -576 с.
8. Lazarev V.L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // XVIII Intern. Confer. “SCM”. 2015. Saint Petersburg, RUSSIA. Publisher: IEEE. Pp. 54 – 57. DOI: 10.1109/SCM.2015.7190408.
9. Лазарев В.Л. Исследование и проектирование многокомпонентных систем в биотехнологической промышленности в условиях неопределенности на основе энтропийных потенциалов показателей качества // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2.
10. А.С. №1144042 Устройство для измерения влажности газов./Лазарев В.Л., Приходько А.З., Селевцов Л.И., Стегаличев Ю.Г./ БИ №9, 1985. Оpubл. 03.07.1985.

НАХОЖДЕНИЕ ОЦЕНОК ЭНТРОПИЙНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В.Л. Лазарев, В.Л. Иванов, О.Л. Жданова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

holod25@yandex.ru

Методы исследования различных систем, разработанные на основе теории энтропийных потенциалов (ТЭП), получают все большее распространение [1–5]. Виртуальные образы состояний систем в пространстве характеристик энтропийных потенциалов являются информативными и удобными для организации мониторинга и управления [6–8]. Дальнейшее развитие предложенного подхода нуждается во внедрении методов и методик получения оценок величин энтропийных потенциалов и определяющих их характеристик в различных ситуациях и, особенно, в условиях априорной неопределенности, обусловленных дефицитом измерительной информации. Такая ситуация характерна для ряда процессов и производств биотехнологической, металлургической, химической и других отраслей промышленности, где основу «информационного поля», используемого для принятия решений, составляют сложные, длительные и дорогостоящие измерения ряда важнейших параметров. Таковыми, например, являются показатели состава и свойств сырья, реагентов, готовой продукции и др. [3, 7, 8]. Указанное обстоятельство обуславливает актуальность поставленной задачи.

В ТЭП предложен набор понятий энтропийных потенциалов: Δ_e – энтропийный потенциал (ЭП), L_Δ – комплексный ЭП (КЭП), La_z – многомерный КЭП (МКЭП) в различных вариантах ($z = 1, 2, \dots, n$). Эти понятия взаимосвязаны на основе принципа вложения: понятия более высокого уровня выражаются через величины энтропийных потенциалов предыдущих уровней с введением дополнительных характеристик анализируемых параметров. Взаимосвязь понятий описывается следующим образом.

$$La_z = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i |L_{\Delta i}| \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i \frac{\Delta_{ei}}{|X_{ni}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i \frac{\frac{1}{2} e^{H_i}}{|X_{ni}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i \frac{K_{ei} \sigma_i}{|X_{ni}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} \quad (1)$$

В выражении (1) использованы следующие характеристики.

X_{ni} – величина базового значения, на фоне которого рассматриваются вариации i -ого параметра x_i , c_i – весовые коэффициенты, характеризующие значимость каждого i -ого параметра ($i=1, 2 \dots m$) при исследовании многопараметрической системы, $c_i \geq 0$, ($\sum c_i = 1$), z – вариант критерия ($z=1, 2 \dots$), σ – величина среднего квадратического

отклонения (СКО), K_e – энтропийный коэффициент, характеризующий «вариативные» свойства закона распределения параметра [1,9], H_i – величина энтропии i -ого параметра.

$$H = - \sum_{(j)} P(X_j) \ln P(X_j), \quad (2)$$

где $P(X_j)$ – вероятность появления значения величины X_j ; $j \in J$.

Из выражения (1) следует, что если рассматривается только один параметр системы ($m=1$), то величина La_2 вырождается в величину L_Δ . Если еще пренебречь изменением величины базового значения, (т.е. считать, что $X_n = \text{const}$), то величина L_Δ вырождается в масштабное изображение величины Δ_e . Величина Δ_e может быть выражена как через энтропию параметра (базовое определение), так и через его характеристики: K_e и σ . Пренебрежение изменением свойств закона распределения параметра ($K_e = \text{const}$), приведет к преобразованию величины Δ_e в масштабное изображение величины σ . Если при этом в качестве величины базового значения, например, используется величина математического ожидания параметра ($X_n = m_x$), то величина Δ_e вырождается в его коэффициент вариации V_x . Каждая из приведенных характеристик является информативной и характеризует различные свойства эволюционного процесса параметров. Этим и объясняется высокая информативность и представительность портретов систем, построенных в пространстве таких характеристик. Кроме того, на основе этих характеристик представляется возможным описать эволюционные процессы систем «информационным следом», т.е. количеством информации, порождаемой изменением состояний неопределенности параметров на каждом этапе. В основу положены следующие соображения. Пусть Δ_{e1} и Δ_{e2} энтропийные потенциалы, характеризующие состояния неопределенности какого-либо параметра системы в начале и конце этапа, соответственно. Тогда изменение этого состояния на данном этапе будет характеризоваться отношением величин энтропийных потенциалов, которое в соответствии с (1) можно представить в виде

$$\frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \frac{\frac{1}{2} e^{H_1}}{\frac{1}{2} e^{H_2}} = e^{H_1 - H_2} = e^I, \quad (3)$$

где $I = H_1 - H_2$ – количество информации, порожденное изменением энтропии параметра на рассматриваемом этапе эволюции системы.

Откуда следует

$$I = \ln \frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \ln \frac{K_{e1} \sigma_1}{K_{e2} \sigma_2} = \ln \frac{K_{e1}}{K_{e2}} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \ln k_{ke} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = I_I + I_P, \quad (4)$$

где $k_{ke} = \frac{K_{e1}}{K_{e2}}$ – коэффициент преобразования закона распределения параметра.

Величина k_{ke} характеризует трансформацию «вариативных» свойств закона распределения параметра на отдельном этапе. В выражении (4) использованы обозначения составляющих информации: $I_I = \ln k_{ke}$, $I_P = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ [8, 11]. Величина I ,

согласно такому определению, может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Отрицательные значения соответствуют ситуациям, когда уровень состояния неопределенности параметра системы, после завершения рассматриваемого этапа, возрос ($H_1 < H_2$), и наоборот. Более подробно этот вопрос рассмотрен в работах [1, 8].

Для проведения исследований систем в пространстве энтропийных потенциалов необходимо наличие методов и методик для получения, в различных ситуациях, оценок

вышеуказанных характеристик: X_n , σ , K_e и m_x . Наиболее характерными являются следующие ситуации.

1. Имеются возможности проведения измерений в требуемых объемах. Такая ситуация характерна, например, при проведении исследований электрических величин, а также при исследовании эволюций т.н. общетехнических параметров (температуры, давления, расхода, уровня и др.), значения которых достаточно просто и оперативно могут быть преобразованы в электрические сигналы. В этих случаях затраты на организацию и проведение соответствующих измерений могут оказаться относительно небольшими. (Возможны и исключения, обусловленные, например, особыми метрологическими требованиями, высокими требованиями к быстродействию аппаратуры и др.). В таких ситуациях решение поставленной задачи может быть осуществлено классическим путем. Сначала формируется выборка исходных результатов измерений параметра $\{X_j, (j \in J)\}$, необходимая для построения гистограммы распределения вероятностей и последующего определения значений величины энтропии в соответствии с (2). Затем определяется значение величины Δ_e в соответствии

с (1): $\Delta_e = \frac{1}{2} e^{H_x}$. Также на основании исходной выборки наблюдений однозначно

определяются значения характеристик σ , m_x и X_n . Далее, в соответствии с (1), находятся значения величин K_e , I , V_x и L_Δ .

Для такого подхода характерны простота, наглядность и возможность использования типового программного обеспечения для обработки результатов наблюдений (например, пакеты в системах MATLAB, Simulink и др.).

2. Характерной ситуацией для предприятий биотехнологической и др. отраслей промышленности является наличие вышеуказанной априорной неопределенности, обусловленной «дефицитом» исходных данных.

Путь решения стоящей задачи основан на определении характеристики K_e , σ , m_x , X_n , с использованием которых находятся величины энтропийных потенциалов различных уровней (1). Для получения представительных оценок этих характеристик требуется меньший объем данных, чем для получения оценки величины энтропии. Здесь весьма полезными являются специально разработанные для этих целей методы и методики. Основными являются.

2.1. Метод определения результирующего значения энтропийного коэффициента для композиции некоррелированных параметров по значениям K_e отдельных параметров и относительным весам каждой из их дисперсий в суммарной дисперсии [9].

2.2. Значение величины K_e может быть определено исходя из анализа физических явлений, лежащих в основе работы рассматриваемого объекта, аналогий с подобными объектами. Более подробно эти вопросы рассмотрены в работе [1].

2.3. Метод робастного оценивания, который может быть использован для любого закона распределения параметра и ограниченного объема измерений: $n \geq 2$.

2.4. Методики определения значений энтропийного коэффициента и СКО на выходе на основе характеристик входных воздействий и динамических свойств объекта. Эти методики основаны на использовании известных зависимостей функции спектральной плотности выходного параметра $S_x(\omega)$ от спектральных плотностей входных воздействий $S_f(\omega)$ и амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) $A(\omega)$ объекта по каналам прохождения этих воздействий для линейных систем. Далее, величина СКО определяется на основании $S_x(\omega)$ по известным зависимостям. Для нелинейных объектов зависимость между величинами СКО на входе и выходе объекта выражается с помощью коэффициента статистической линеаризации для центрированной составляющей входного воздействия [10]. Особенности организации и проведения соответствующих вычислений в различных частных вариантах рассмотрены в работе [1].

На основе вышеизложенного, представляется возможным осуществить выбор подходов, адаптированных к проведению мониторинга конкретных объектов.

Состояние любого объекта может быть охарактеризовано положением изображающей точки в пространстве координат вышеуказанных характеристик. Это пространство является частным случаем фазового пространства. Изменение состояния объекта, обусловленное, например, эволюционными процессами или реализацией процессов управления, приведет к перемещению изображающей точки, которая будет описывать некоторую траекторию, являющуюся разновидностью фазовой траектории. Эта траектория является весьма информативной. Совокупность таких траекторий, соответствующих различным режимам функционирования объекта, образует разновидность фазового портрета. Также на основе рассмотренных характеристик представляется возможным построение информационных портретов. Описание состояний и свойств объектов и систем в пространстве характеристик энтропийных потенциалов и информационных портретов могут быть использованы для организации мониторинга, управления, модернизации объектов и др. [7, 8, 12].

Литература:

1. Лазарев В.Л. Теория энтропийных потенциалов. С-Пб.: Изд-во Политехнического университета, 2012. 127с.
2. Нечаев Ю.И., Петров О.Н. Функциональное пространство при интерпретации «потенциальной ямы» в условиях резкого снижения остойчивости поврежденного судна // Морские интеллектуальные технологии. 2014. №26. С. 15–21.
3. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 68–73.
4. Домбровский М.А., Буторина О.В. Анализ энтропийного потенциала инфраструктуры региона на примере Пермского края // Экономика и предпринимательство. 2015. №5-1 (58-1). С. 305–310.
5. Кулаков В.Г., Лазарев В.Л., Федюлин В.А. Энтропийные модели в исследовании социальных систем // Вопросы статистики. 2010. №10. С. 47-50.
6. Прокопчина С.В., Шестопалов М.Ю., Уткин Л.В., Куприянов М.С., Лазарев В.Л., Имаев Д.Х., Горохов В.Л., Жук Ю.А., Спесивцев А.В. Управление в условиях неопределенности. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 304 с.
7. Лазарев В.Л., Грахольская Т.А., Травина Е.А., Фролков Н.А. Использование когнитивных образов состояний систем в пространстве параметров энтропийных потенциалов для организации мониторинга и управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. №4. С. 54–61.
8. Лазарев В.Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности. Учебное пособие. - СПб.: Университет ИТМО, 2015.- 196 с.
9. Электрические измерения неэлектрических величин. А.М.Туричин, П.В.Новицкий, Е.С.Левшина и др./ Под ред. П.В.Новицкого.-Л.: «Энергия», 1975. -576 с.
10. Методы классической и современной теории управления. Учебник: В 5 т. / Под ред. Н.Д. Егупкина.-М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. Т.1. Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления.-748с.
11. Lazarev V.L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // XVIII Intern. Confer. “SCM”. 2015. Saint Petersburg, RUSSIA. Publisher: IEEE. Pp. 54 – 57. DOI: 10.1109/SCM.2015.7190408.
12. Лазарев В.Л. Исследование и проектирование многокомпонентных систем в биотехнологической промышленности в условиях неопределенности на основе энтропийных потенциалов показателей качества// Вестник Международной академии холода. 2017. № 2.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ВРЕМЯ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ

В.А. Балюбаш, А.С. Пастухов, С.Е. Алёшичев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

9206599@mail.ru

В настоящее время в технологии производства пищевых продуктов все большую роль играет изучение теплофизических и массообменных процессов и явлений, а также их расчеты. К решаемым указанными расчетами задачам относятся определение продолжительности процессов охлаждения, расчет отводимого количества теплоты, определение убыли массы продукта во время процессов охлаждения и другие. Все эти процессы являются сложными и взаимозависимыми, а их теплофизическое описание намного сложнее описаний подобных явлений, величин и характеристик в иных отраслях промышленности, таких как промышленная энергетика, металлургия и прочие. Это связано прежде всего с тем, что воздействию в этих процессах подвергают пищевые продукты, которые с позиции тепло- и массообмена представляют собой чрезвычайно сложные объекты с уникальными и подчас непредсказуемыми свойствами. Кроме того, для пищевой технологии характерны очень жесткие требования, предъявляемые к качеству сырья и конечного продукта, и любое нарушение температурных режимов холодильной обработки грозит появлением брака пищевых продуктов. Многие ученые и промышленники обращают внимание на то, что в настоящее время холодильная технология достаточно бедна теоретическими результатами в сфере тепло и массообмена [1]. Теплофизические задачи либо решаются в крайне упрощенной форме и в итоге их решения приводят к очень грубым результатам, годящимся лишь для приближенных расчетов, либо решаются чисто экспериментально, что привело к существованию в настоящее время огромного количества всевозможных эмпирических формул и соотношений, иногда противоречащих друг другу.

Известно, что свежеспекавшиеся хлебобулочные изделия невозможно качественно нарезать сразу после выхода их из хлебопекарной или кондитерской печи, и упаковка продукта в пленку также не рекомендуется из-за последующей конденсации паров влаги на внутренней поверхности упаковки [2]. Поэтому эти операции производятся только тогда, когда температура мякиша в центре изделия достигнет 25...35°C. Различные хлебобулочные изделия, благодаря своим отличающимся теплофизическим свойствам, форме, размерам и массе достигают этой температуры за разные промежутки времени.

В литературных источниках встречается множество эмпирических и полуэмпирических выражений для расчета тех или иных теплофизических свойств. Данные выражения могут быть легко интегрированы в разработанное математическое описание процесса охлаждения хлебобулочных изделий [3].

Известно, что удельная теплоемкость хлеба при температуре 30...100°C для изделий, вырабатываемых из различных сортов муки без учета расхода тепла на испарение выражается следующей формулой [4]:

$$c = c_{303} + 17(T - 303), \quad (1)$$

где c_{303} — удельная теплоемкость хлеба при температуре 30°C (табл. 1).

Таблица 1

Удельная теплоемкость хлеба

№ п/п	Хлеб из пшеничной муки	c , Дж/(кг·К)		
		T=303 К	T=373 К	В интервале 303...373 К
1	I сорта	2405	3560	2982
2	II сорта	2748	3952	3350
3	Из смеси ржаной (40%) и пшеничной (60%) муки	2303	3374	2838

В качестве примера на рис. 1 представлены вычисленные значения температур в центре и на поверхности изделий, выработанных из муки различных сортов, при охлаждении потоками воздуха с температурой 18°C,двигающегося со скоростью 1 м/с.

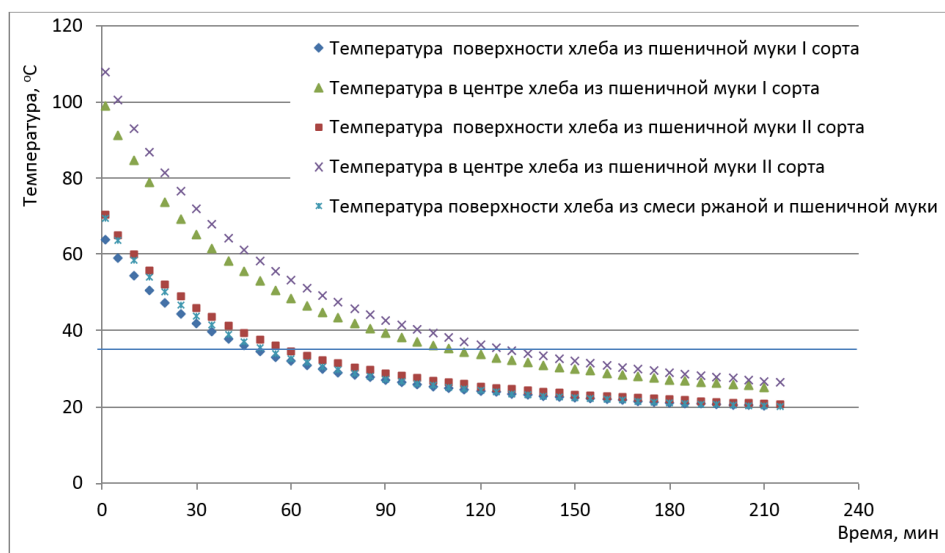


Рис. 1. Графики зависимостей температуры в центре и на поверхности хлебобулочных изделий различной теплоемкости от времени в процессе охлаждения потоками воздуха с температурой 18°C,двигающегося со скоростью 1 м/с

Из рис. 1 видно, что хлеб из пшеничной муки первого сорта и хлеб из пшеничной муки второго сорта при охлаждении воздухом температурой 18°C, относительной влажностью 50% и скоростью движения воздуха вблизи поверхности изделия 1 м/с охлаждаются до температуры 35°C в центре мякиша за 100 и 130 минут соответственно. Необходимо отметить, что при этом хлеб, выполненный из муки первого сорта теряет на 0,10...0,29 % больше массы, чем хлеб, приготовленный из муки второго сорта [5]. Движение ленты спирального конвейера подобрано так, что продукт на ней находится 145 минут [6]. Для формового хлеба из ржано-пшеничной муки указанные параметры охлаждения являются оптимальными [7]. В случае же с хлебом из пшеничной муки продукт уже готовый к переходу на стадию нарезки и упаковки продолжает подвергаться охлаждению лишние 45 минут.

Таким образом, имеется потенциал уменьшения энергозатрат на охлаждения продукции вплоть до 30%. Поэтому для увеличения энергоэффективности и повышения экономичности процесса охлаждения, необходимо проводить процесс с учетом теплофизических свойств охлаждаемых изделий.

Литература:

1. Фролов С.В., Куцакова В.Е., Шкотова Т.В. Теория регулярного режима в решениях задач нестационарного массопереноса в процессе сушки // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2015. № 4. С. 25.
2. Ефимова А. Современная упаковка для хлеба // Хлебопродукты. 2009. № 6. С. 44-45.
3. Балюбаш В.А., Алёшичев С.Е., Пастухов А.С. Формирование алгоритмов многоканального управления в процессах производства пищевых продуктов // Современная наука и инновации. 2016. № 2 (14). С. 79-86.
4. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. –288 с.
5. Данин В.Б., Пастухов А.С. Механизм естественного усыхания хлебобулочных изделий. Борьба с потерей массы продукта // Процессы и аппараты пищевых производств. 2009. № 1. С. 1–8.
6. Данин В.Б., Пастухов А.С. Разработка вычислительной системы параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий на основе математического моделирования // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – № 1. С. 22.
7. Пастухов А.С., Данин В.Б. Разработка системы стабилизации параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий в автоматизированной системе управления технологическим процессом хлебопекарного производства. Параметрическая схема объекта управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. № 2. С. 22

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СПГ

УДК 615.832.9

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНАБЖЕНИЯ КРИОХИРУРГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЖИДКИМ АЗОТОМ

Е.В. Соколова, А.Ю. Баранов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

evlogvinenko@corp.ifmo.ru, abaranov@corp.ifmo.ru

В современной медицинской практике РФ используются криогенные аппараты различных конструкций, предназначенные для осуществления локального гипотермического разрушения патологических объектов. Выбор того или иного типа криохирургического устройства определяется его теплоотводящей способностью.

Очевидно, что наибольшей теплоотводящей способностью обладают аппараты, использующие для покрытия тепловой нагрузки теплоту фазового перехода криоагента. Их принцип действия основан на том, что при переходе криоагента из жидкого состояния в газообразное, на относительно низком температурном уровне поглощается существенное количество теплоты. Эти системы имеют один существенный недостаток громоздкие коммуникации, подводящие жидкий криоагент, которые ограничивают свободу манипуляций во время хирургических операций. Из-за этого недостатка объем использования жидкостных криохирургических систем постепенно сокращается, а рынок РФ захватывают производимые в США устройства, использующие для покрытия тепловой нагрузки эффект дросселирования сжатого газа, которые лишены указанного недостатка.

В то же время аппараты, работающих на дроссельной системе охлаждения, имеют ограничения по теплоотводящей способности, а минимальная температура их охлаждаемого наконечника составляет не менее 203 К, что существенно снижает глубину возможной зоны криоповреждений [1, 2]. Кроме того, в качестве рабочего вещества эти системы используют сжатый аргон, который поставляется в баллонах с давлением 25 МПа, т.е. запас рабочего вещества и время непрерывной работы ограничены.

Выходом из сложившейся ситуации могут стать новые технологические решения снабжения криохирургических инструментов жидким азотом.

В данной работе рассматривается использование потоков недогретой криогенной жидкости для отвода теплоты от объекта криохирургического воздействия [3, 4]. Такое решение позволяет уменьшить размеры подводящих коммуникаций, так как поток криоагента достигает внутренней поверхности теплообменника – наконечника в однофазном состоянии, при этом трубопровод, по которому движется недогретая жидкость, имеет большую пропускную способность.

На рисунке 1 приведена схема снабжения криохирургического инструмента жидким азотом. По конструктивным соображениям диаметр и длина подводящих коммуникаций составляют 1 мм и 1 м соответственно. Практика показывает, что изготовленные из легированной стали трубки такого диаметра (капилляры) способны выдерживать без повреждений существенные изгибы и скручивание. Перед входом в

капилляр жидкость переводится в недогретое состояние за счет существенного повышения давления.

На кафедре криогенной техники и технологий сжиженного природного газа Университета ИТМО был разработан математический аппарат, позволяющий производить расчет процесса транспортирования криогенной жидкости по трубке в однофазном состоянии. Математическая модель состоит из системы уравнений, решая которую можно найти перепад давления в процессе передачи жидкости по трубопроводу, прогрев жидкости, мощность гидравлических потерь и мощность тепловых потерь [5].

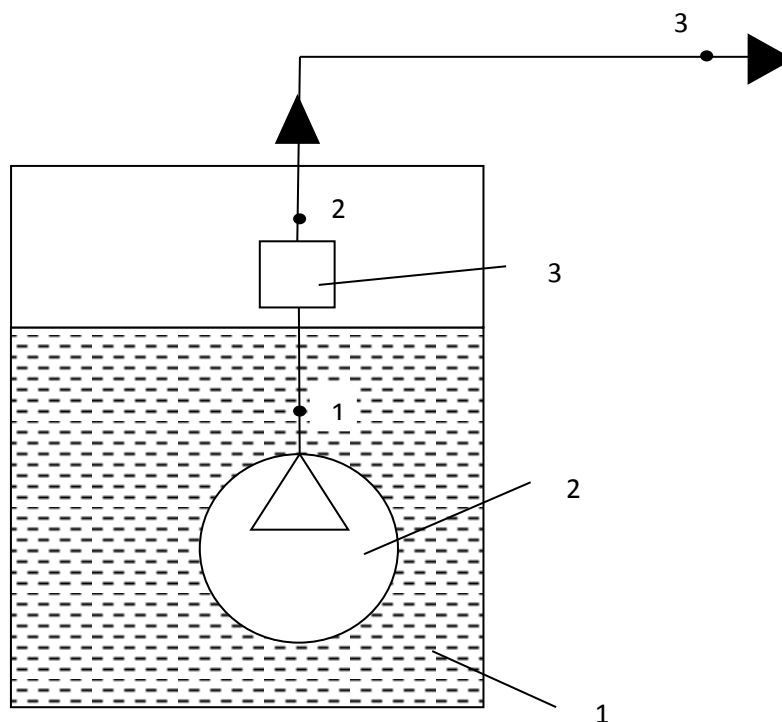


Рис. 1. Схема снабжения криохирургического инструмента жидким азотом:
1 – сосуд Дьюара; 2 – насос для жидких криопродуктов; 3 – теплообменный аппарат

Так как трубопровод не изолирован, то теплоприток из окружающей среды к криогенной жидкости можно определить как:

$$q_{2-1} = \alpha(T_2 - T_1), \quad (1)$$

где T_2 , T_1 – соответственно температура объекта охлаждения и газа – теплоносителя.

В условиях естественной конвекции величина коэффициента теплоотдачи в основном зависит от градиента температур:

$$\alpha = f(\Delta T_{2-1}) \quad (2)$$

В результате расчета получено: $q_{2-1} = 15000 \text{ Вт/м}^2$;

Функциональные ограничения:

1. давление на выходе из трубопровода должно быть больше атмосферного;
2. температура криогенной жидкости не должна достигать температуры насыщения.

В результате расчетов получены следующие значения:

- минимальное давление в сосуде, обеспечивающее движение жидкости в однофазном состоянии составляет 0,75 МПа;
- при таком давлении через магистраль диаметром 1 мм поддерживается расход жидкости до 6 кг/ч;
- теплоотводящая способность инструмента достигает 608 Вт.

Выводы:

- Выполненные исследования показывают, что использование потока недогретой жидкости для покрытия тепловой нагрузки на контактный наконечник криохирургического инструмента, позволяет создавать системы с высокой теплоотводящей способностью и эластичными жидкостными коммуникациями.
- Внедрение новой технологии транспортирования криоагента, восстановит конкурентоспособность жидкостных криохирургических систем и обеспечит решение задачи импортозамещения.

Литература:

1. Цыганов Д.И. Криомедицина: процессы и аппараты. Монография. - М.: САЙНС - ПРЕСС, 2011 - 304 с.
2. Пушкарев А.В. Теоретическое и экспериментальное исследование теплообмена при многозондовом низкотемпературном воздействии на биоткани. Диссертация. – М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2017 – 157 с.
3. Соколова Е.В. Использование потоков недогретой криогенной жидкости для отвода теплоты от объекта криохирургического воздействия // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание – 2017.
4. Баранов А.Ю., Малышева Т.А. Моделирование процесса охлаждения поверхности кожного покрова пациента // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 84-88.
5. Зайцев А.В., Логвиненко Е.В. Оптимизация криогенного трубопровода//Омский научный вестник - 2014. - № 3(133). - С. 164-168.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКРИОГЕННОЙ СИСТЕМЫ СТИРЛИНГА ПРИ РАБОТЕ В НЕРАСЧЕТНЫХ РЕЖИМАХ

А.В. Самвелов ¹, И.В. Баранов ², А.Ю. Баранов ², О.В. Пахомов ²

1 – Государственный научный центр Российской Федерации акционерное общество «НПО «Орион», г. Москва, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

samv-andrej@yandex.ru

Разрабатываемые в АО «НПО Орион» микрокриогенные системы (МКС) Стирлинга интегрального исполнения с расчетной полезной холодопроизводительностью 500 мВт при поддержании рабочей температуры криостатирования 80 К предназначены главным образом для криостатирования матричных фотоприёмных устройств (МФПУ) второго поколения. Однако существуют задачи криостатирования, требующие фиксации повышенных температур охлаждения, для так называемых *hotdetectors*. Такими устройствами охлаждения могут быть многокаскадные термоэлектрические охладители (ТЭО), предназначенные для работы с твердотельными тепловизионными фотоэлектрическими преобразователями (ТТФЭП) на основе PbS или KPT либо с приборами с зарядовой связью (ПЗС), обеспечивающие их криостатирование [1]. Многие ТЭО, работающие на уровне 150–180 К требуют, в свою очередь, теплоотвод на уровне 7–10 Вт со стороны теплой зоны при поддержании температуры 300–350 К [5].

Целью исследований являлось определение энергетических возможностей образца МКС при поддержании температуры стабилизации на уровне 200 К при холодопроизводительности не менее 3 Вт.

К основным полупроводниковым материалам, на основе которых строятся приемники ИК изображения относятся твердые растворы теллуридов кадмия-ртути (КРТ) и сульфид свинца. КРТ в определенном составе ртути и кадмия обладает высокой чувствительностью в диапазоне длин волн от 3 до 5 мкм при охлаждении до 170 К. Также для изготовления матричных ТТФЭП, работающих в диапазоне 3...5 мкм, применяется PbS. Принцип построения схмотехники ТТФЭП на основе PbS подобен технологии на КРТ, однако квантовая эффективность ТТФЭП на PbS вблизи длины волны 3 мкм может достигать 30%, что в значительной степени повышает обнаружительную способность. Но главным достоинством ТТФЭП на основе КРТ и PbS является возможность работы при $T = 170$ К. Это легко обеспечивается пассивными радиационными системами либо термоэлектрическими охладителями (ТЭО) [5].

Разработанную интегральную микрокриогенную систему Стирлинга холодопроизводительностью 500 мВт на уровне 80 К требовалось исследовать в нерасчетном режиме при повышенной холодопроизводительности для обеспечения стабилизированной температуры охлаждения около 200 К с целью использования ее в качестве теплоотвода от ТЭО.

В качестве объекта охлаждения была использована аттестованная тепловая модель (ТМ) МФПУ с собственными теплопритоками 0,2 Вт. На первом этапе эксперимента определялись энергетические возможности образца МКС при поддержании температуры охлаждения тепловой модели на уровне 200 К. На

нагревательный элемент ТМ пошагово подавалась дополнительная электрическая мощность, составлявшая в сумме с собственными теплопритоками к ТМ соответственно: 0,5; 1; 1,5 и 2 Вт. При суммарной тепловой нагрузке на ТМ равной 2 Вт температура криостатирования охлаждаемой зоны ТМ стабилизировалась на уровне требуемой величины 200 К. График зависимости $T = (f)q_{\text{тн}}$ представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Зависимость температуры криостатирования МКС от суммарной тепловой нагрузки на ТМ

Поскольку для нашей задачи холодопроизводительности оказалось недостаточно, была выполнена серия экспериментов при различных давлениях заправки МКС криоагентом для получения требуемой холодопроизводительности образца на уровне охлаждения 200 К с построением соответствующих зависимостей. Семейство кривых иллюстрировано на рисунке 2.

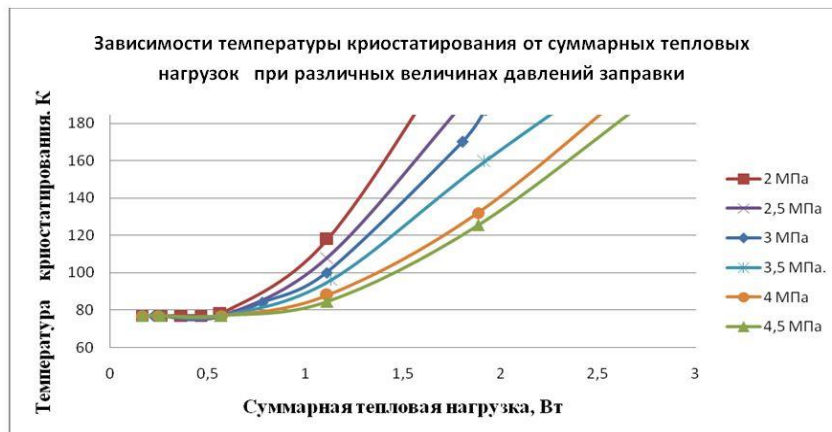


Рис. 2. Зависимости температуры криостатирования от суммарных тепловых нагрузок при различных величинах давлений заправки образца

Далее строилась обобщённая зависимость тепловой нагрузки на тепловую модель от различных величин давления криоагента образца МКС при обеспечении температуры криостатирования 200 К, рис. 3.

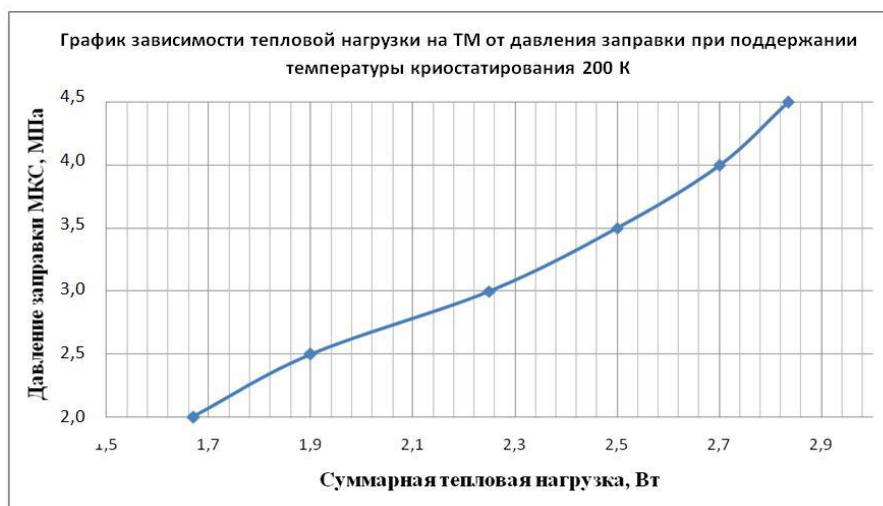


Рис. 3. График зависимости тепловой нагрузки на ТМ от давления криоагента при поддержании температуры криостатирования 200 К

На графике (рис. 4) построена зависимость рассчитанных значений термодинамического КПД образца при различных суммарных теплопритоках в холодную зону от величины давления заправки образца. По полученной зависимости можно видеть, что термодинамическая эффективность исследуемой микрокриогенной системы на уровне температур охлаждения вблизи 200 К имеет максимум при давлении заправки 3,5 МПа и слабо меняется при дальнейшем повышении давления, поскольку данная область давлений заправки является термодинамически оптимальной, так как основные потери холодопроизводительности при таких давлениях растут слабо, а эффективность регенерации растёт значительно.



Рис. 4. График зависимости термодинамического КПД образца МКС от давления криоагента при поддержании температуры криостатирования 200 К

- Результаты исследований показали, что максимальной холодопроизводительности при стабилизации температуры охлаждения на уровне 200 К для интегральной микрокриогенной системы Стирлинга данного типа можно добиться при обеспечении давления криоагента не менее 4,5 МПа [3]. При этом обеспечивается холодопроизводительность МКС около 3 Вт. Полезной мощностью такой величины на уровне фиксации температуры 200 К возможно организовать теплоотвод от теплой зоны термоэлектрического охладителя потребляемой мощностью 7–10 Вт, используемого для криостатирования фотоприемников ТТФЭП и ПЗС типов. Заправка подобных микрокриогенных систем большими величинами давлений будет негативно

сказываться на характеристики по причине роста при высоких давлениях суммарных внутренних термодинамических потерь цикла, что приведет к падению полезной холодопроизводительности и, как следствие, к росту температуры криостатирования [2, 4, 6, 7]. Максимальная термодинамическая эффективность таких МКС находится вблизи давлений заправки 33...38 МПа.

- Представленные результаты исследований работы микрокриогенной системы Стирлинга в нерасчетных режимах с различными добавочными тепловыми нагрузками демонстрируют возможность расширения диапазона области применения МКС данного типа, и, в частности, позволяют использовать их для поддержания теплого участка ТЭО на уровне температур 300–350 К с мощностью теплоотвода около 3 Вт при криостатировании фотоприемных устройств ТТФЭП, ПЗС и других типов.

- Исследования проводились при частичной поддержке проекта по госзаданию, шифр 11.49422017/6.7.

Литература:

1. Аракелов Г.А., Самвелов А.В. О термоэлектрической термостабилизации микроболومترических матриц инфракрасных диапазонов // Прикладная физика, 2002. № 6. С. 78–84.
2. Еремчук А.И. Оптимизация давления рабочего газа при промывке перед заполнением микрокриогенных систем охлаждения матричных фотоприемных устройств / Еремчук А.И., Самвелов А.В., Сысоев Д.А., Широков Д.А., Оганесян Н.Н. // Успехи прикладной физики, 2013. т. 1. № 2. С. 224–226.
3. Колесников А.М. Микрокриогенные системы Стирлинга в интегральном исполнении с повышенным ресурсом работы / Колесников А.М., Самвелов А.В., Словеснов К.В. // Прикладная физика, 2010. № 2. С. 80–82.
4. Трошкин Ю.С. Микрокриогенная система с газовой криогенной машиной Стирлинга интегрального типа для охлаждения фоточувствительных элементов / Трошкин Ю.С., Чапкевич А.Л., Горбунов Е.К., Посевин О.П., Самвелов А.В. // Прикладная физика. 1999. № 3. С. 60-65.
5. Формозов Б.Н. Аэрокосмические фотоприемные устройства в видимом и инфракрасном диапазонах. СПб.: СПбГУАП, 2002. 120 с.
6. Буй М.Т., Баранов И. В., Пахомов О.В., Еськов А.В., Анохин А.С., Семенов А.А., Белявский П.Ю. Электрокалорический микроохладитель для термоупругого фотоприемника // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 63-67.
7. Суслов А.Д. Криогенные газовые машины / Москва, Машиностроение. 1982. С. 213.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВЫПУСКНОМ ТРАКТЕ ПОРШНЕВЫХ ДЕТАНДЕРОВ

М.А. Молодов, А.С. Маковеева, А.И. Прилуцкий, И.К. Прилуцкий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

**molodovm@yandex.ru, makoveeva.any@yandex.ru,
9232520@mail.ru, 5592085@mail.ru**

На сегодняшний день повышение частоты вращения вала является одной из тенденций развития поршневых детандеров, а также их технико-экономических показателей. При этом необходимо рассмотреть вопросы изменения интенсивности теплообмена и его влияния на показатели детандера [3, 4, 6, 7, 9, 10, 11].

В настоящем исследовании поставленная задача решается расчетным путем на базе программы КОМДЕТ-М [1, 2]. Использование расчетного метода связано с высокой трудоемкостью и большими затратами времени и финансов экспериментального метода. В роли объекта исследования был выбран малорасходный детандер, форсированный по частоте вращения вала.

На первом этапе исследования был выполнен численный анализ процессов теплообмена в прямоточной ступени детандера при следующих допущениях:

- давление во впускной полости детандера постоянно;
- давление в выпускной полости изменяется в функции от поворота вала;
- коэффициент оребрения внутренней поверхности цилиндра принят $K_p=1$.

Основной задачей исследования на данном этапе являлся анализ зависимости степени отклонения интегральных параметров ступени от корректности введенных в программу расчета уравнений, описывающих текущие (или средние) величины коэффициентов теплоотдачи α^* в течение рабочего цикла.

В прикладной программе КОМДЕТ-М использована эмпирическая зависимость

$$Nu = A Re^x, \quad (1)$$

где A, x – постоянные величины, полученные при обработке расчетно-экспериментального исследования тепловых процессов.

При выполнении численного эксперимента расчетная величина текущего коэффициента теплоотдачи α прогнозировалась согласно зависимости

$$\alpha = K_\alpha \cdot \alpha^*, \quad (2)$$

где α^* – текущее значение коэффициента теплоотдачи, соответствующее заложенной в программу КОМДЕТ-М эмпирической зависимости (1), предложенной профессором Прилуцким И.К. в [5];

$K_\alpha=1 \div 10$ – коэффициент ступенчатой корректировки текущих значений коэффициента теплоотдачи, задаваемый пользователем программы.

Результаты расчета позволяют сделать ряд выводов:

1. Увеличение K_α в технически возможном диапазоне слабо отражается на температуре стенок цилиндра $T_{ст}$ и параметрах газа в характерных точках рабочего цикла, но в итоге ведет к снижению конечной энтальпии h_k и массового расхода газа

мза детандером, что при колебаниях давления только в выпускной полости ($L_{\text{вып.тр}} = 0$) сопровождается повышением изэнтропного КПД $\eta_s = f(h_k)$ на 4%.

2. Количество теплоты, отводимой (подводимой) на каждом участке рабочего цикла нарастает по мере увеличения K_a . Исключение составляют процессы сжатия 5–6 и расширения 2–3, в течение которых при $K_a = 4–6$ наблюдаются экстремальные значения.

3. Средние за цикл значения отведенной теплоты $Q_{\text{ц.ср}}$ пропорциональны K_a .

Полученные данные показывают, что заложенная в программу КОМДЕТ-Мэмпирическая зависимость (1) с достаточной при инженерных расчетах точностью учитывает влияние теплообмена на текущие и интегральные параметры ступени детандера. При внешне адиабатной задаче даже существенная неточность задания коэффициентов теплоотдачи не приводит к значимым погрешностям при определении интегральных параметров ступени ПД.

На втором этапе численного эксперимента исследования был выполнен расчетный анализ работы детандера с реальным выпускным трактом. В ходе подготовки при заданном диаметре цилиндра D_c и ходе поршня S_p уточняется конструкция впускного клапана, выхлопных окон, конструктивно целесообразные объемы впускной и выпускной полостей и диаметры патрубков [8]. При предварительных расчетах были получены значения $V_{\text{вып.п}} = 2 \cdot V_h$ и $d_{\text{вып.тр}} = 30$ мм. Далее решалась задача поиска и обоснования оптимальной длины выпускного трубопровода и номера гармоники колебаний, при которых достигается максимальный расход газа через детандер. Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры детандера при колебаниях давления в выпускном тракте

Параметр	Размер-ность	$L_{\text{вып.тр}}, \text{ мм}$					
		0	425	245	160	110	50
№ гармоники	—	—	2	3	4	5	6
$T_{\text{ст}}$	К	236,9	230,5	231,6	239,0	237,5	235,7
p_1	МПа	1.283	1.280	1.283	1.316	1.281	1.283
p_2		1.095	1.082	1.089	1.077	1.094	1.087
p_3		0.512	0.506	0.509	0.504	0.512	0.509
p_4		0.150	0.157	0.177	0.154	0.131	0.125
p_5		0.158	0.100	0.110	0.158	0.193	0.164
p_6		1.269	0.815	0.900	1.282	1.273	1.269
T_1	К	296,8	301,7	299,8	305,3	304,8	307,4
T_2		280,9	281,5	281,4	281,8	283,5	283,8
T_3		225,6	225,9	225,8	226,3	227,6	227,8
T_4		158,8	161,7	167,0	161,1	154,3	152,7
T_5		162,1	142,6	146,5	165,7	177,6	170,3
T_6		296,4	262,9	269,8	303,9	306,1	307,4
m	кг/ч	50,335	59,858	58,378	49,615	45,022	49,288
$N_{\text{инд}}$	кВт	1,383	1,779	1,717	1,380	1,159	1,327
T_k	К	188,0	182,3	183,2	187,5	189,2	187,2
$T_{\text{ср.вып.полости}}$		-	175,2	178,6	184,7	188,1	186,7
η_s		0,768	0,811	0,804	0,772	0,759	0,775

Анализ полученных результатов позволил установить следующее:

1. Организация в выпускном тракте поршневого детандера колебаний давления с наперед заданной и теоретически обоснованной частотой и амплитудой позволяет повысить массовый расход газа через детандер и изэнтропный КПД.

2. При существующих акустических колебаниях в выпускном тракте детандера со 2-й гармоникой и $K_a = 1$ не следует интенсифицировать процессы теплообмена ($K_a \rightarrow K_{a,\max}$), поскольку это приводит к снижению массового расхода газа m , индикаторной мощности $N_{\text{инд}}$ и холодопроизводительности детандера Q .

В сводной табл. 2 приведены интегральные параметры детандера при различных значениях K_a с учетом и без учета колебательных процессов в выпускном тракте.

Таблица 2

Интегральные параметры ПД-3000 в функции от коэффициента K_a
($K_p = 1,0$; $K_{\text{ст}} = 0,5$; $V_{\text{в.п}} \rightarrow \infty$; $V_{\text{вып.п}}/V_h = 2$; $d_{\text{вып.п}} = 0,6 \cdot D_{\text{ц}}$)

Параметр	Размерность	K_a					
		1		4		10	
		$L_{\text{вып.тр}} = 0$ мм	$L_{\text{вып.тр}} = 425$ мм	$L_{\text{вып.тр}} = 0$ мм	$L_{\text{вып.тр}} = 425$ мм	$L_{\text{вып.тр}} = 0$ мм	$L_{\text{вып.тр}} = 425$ мм
$T_{\text{ст}}$	К	236,9	230,5	235,8	232,6	234,2	236,8
p_1	МПа	1,299	1,280	1,301	1,281	1,300	1,314
p_2		1,038	1,082	1,034	1,080	1,025	1,089
p_3		0,514	0,506	0,503	0,494	0,491	0,478↓
p_4		0,151	0,157	0,151	0,175	0,152	0,205↑
p_5		0,158	0,100	0,158	0,107	0,159	0,120↑
p_6		1,264	0,815	1,267	0,892	1,265	1,020↑
T_1	К	297,3	301,7	300,4	304,9	301,7	310,9 ↑
T_2		276,5	281,5	273,7	278,6	266,9	274,3 ↓
T_3		225,7	225,9	222,0	221,7	215,6	215,9 ↓
T_4		159,1	161,7	158,6	165,7	157,4	172,4 ↑
T_5		161,8	142,6	163,3	146,4	166,0	154,1 ↑
T_6		295,4	262,9	300,1	276,5	305,0	296,0 ↑
Q_{1-2}	Дж	- 0,6541	- 0,6541	- 2,5951	- 2,7675	- 6,1136	- 5,9630
Q_{2-p}		- 0,06563	- 0,06563	- 0,2337	- 0,3237	- 0,4188	- 0,4936
Q_{p-3}		0,0088	0,0088	0,0522	0,0307	0,2421	0,2883
Q_{2-3}		- 0,05687	- 0,05687	- 0,1815	- 0,2930	- 0,1767	- 0,2053
Q_{3-4}		0,1213	0,1213	0,4961	0,4463	1,3072	1,3018
Q_{4-5}		0,1507	0,1507	0,5906	0,5605	1,4344	1,4606
Q_{5-c}		0,1930	0,1930	0,6798	0,7913	1,3717	1,6741
Q_{c-6}		-0,0868	-0,0868	- 0,4221	- 0,1767	-1,3580	-0,8687
Q_{5-6}		0,1062	0,1062	0,2577	0,6146	0,0137	0,8054
Q_{6-1}		- 0,09201	- 0,09201	- 0,4221	- 0,3061	- 1,1833	- 0,8745
$Q_{\text{ц.ср}}$		- 0,4248	- 0,4839	- 1,8545	- 1,7453	- 4,7183	- 3,4749
m	кг/ч	50,77	59,858	50,61	58,347	51,58	55,032 ↓
$T_{\text{к.ср}}$	К	188,59	182,3	186,11	181,4	182,04	180,57
$T_{\text{к.ср.вых.ц}}$		188,55	180,7	186,17	179,4	182,00	178,83
$T_{\text{к.вып.тр}}$		-	175,2	-	173,2	-	171,93
$h_{\text{к}}$	кДж/кг	424,28	417,9	421,78	416,7	417,66	416,18
$N_{\text{инд}}$	кВт	1,418	1,779	1,373	1,684	1,316	1,517 ↓
ΔN_Q		- 0,0212	- 0,0242	- 0,0927	- 0,0873	- 0,2359	- 0,1737
Q		1,4392	1,8032	1,4657	1,7713	1,5519	1,6907
$\eta_s = f(h_{\text{к}})$	-	0,764	0,811	0,783	0,820	0,813	0,824

Подводя итоги выполненного исследования, отметим следующее:

1. Погрешности введенных зависимостей, описывающих текущие коэффициенты теплоотдачи α , не существенно влияют на итоговые интегральные параметры ступени.

2. Изменение геометрических параметров выпускного тракта детандера позволяет повысить массовый расход и эффективность его работы. Для объекта исследования наибольший эффект достигается при гармонике колебаний №2 и $K_\alpha = 1$.

3. Интенсификация процессов теплообмена при наличии организованных колебаний нецелесообразна, так как приводит к ухудшению интегральных параметров машины.

Литература:

1. Прилуцкий А.И., Иванов Д.Н., Арсеньев И.А. Программа КОМДЕТ (инструкция пользователю). Методические указания к практическим занятиям по курсам «Машины низкотемпературной техники», «Компрессорные машины», «Расширительные машины». СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. -18 с.

2. Прилуцкий И.К., Иванов Д.Н., Молодов М.А. Использование прикладной программы КОМДЕТ при изучении курса «Машины низкотемпературной техники» // Доклад на международном семинаре «Адаптация магистерских программ вузов России и ближнего зарубежья к требованиям болонского процесса. Опыт реализации проектов TEMPUS. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 8 ноября 2012 г.

3. Оптимизация рабочих циклов, конструкций ступеней и комплектующих узлов компрессорных и расширительных машин объёмного действия // Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И., Иванов Д.Н., Арсеньев И.А., Рыжков А.А., Демаков А.С. Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012, - 64 с.

4. Макарова Т.С., Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К. Особенности работы передней и задней полостей ступени компрессора с поршнем двойного действия. Материалы 4-й МНТК «Техника и технология современных нефтехимических и нефтегазовых производств». ОмГТУ, 29-30.04.2014. С. 107–109.

5. Прилуцкий И.К. Метод определения локальных текущих коэффициентов теплоотдачи в элементах ступеней машин объёмного действия. Ж. Технические газы, №4, 2013. – с. 19 – 26

6. Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К., Демаков А.С. Анализ процессов теплообмена в ступени поршневого компрессора на основе расчетных циклов в $T - s$ и $h - m$ координатах. Компрессорная техника и пневматика. № 1, 2009. – с. 14 – 18.

7. Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К., Иванов Д.Н., Демаков А.С. Теплообмен в ступенях машин объёмного действия. Современный подход. Компрессорная техника и пневматика. № 2, 2009. – с. 16 – 23.

8. Прилуцкий А.И., Молодов М.А., Борзенко Е.И., Прилуцкий И.К. Работа поршневого паро-жидкостного детандера при колебаниях давления в выхлопном тракте. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2012. - с. 129 – 142.

9. Бельшева К.А., Макоева А.С., Молодов М.А., Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К. Особенности работы дожимающих газовых компрессоров при переменном начальном давлении // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 47-54.

10. Короткая И.П., Корнев В.В., Молодов М.А., Галяев П.О., Сназин А.А., Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К. Анализ процессов теплообмена в ступени высокооборотного поршневого детандера // Научный журнал. НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». № 2, 2015. – с. 81 - 91.

11. Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И. Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах: Учеб. пособ. для ВУЗов – СПб.: СПбГАХиПТ. 1995.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УТЕЧЕК В СТУПЕНИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА ЧЕРЕЗ НЕПЛОТНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТОКА

А.С. Маковеева, В.Ю. Ганжа, А.И. Прилуцкий, А.А. Прилуцкий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

makoveeva@technohim.com

Настоящее теоретическое исследование посвящено анализу работы ступени ПК при увеличении зазоров в уплотнительных элементах штока от допустимых (рабочих) значений до момента достижения предельных износов штоков и сальниковых уплотнений, когда отсутствует возможность обеспечения надежной, эффективной и безопасной работы оборудования [1–4]. Исследуется влияние указанных факторов на работу ступеней различных компрессоров при изменении давления всасывания ($p_{вс}$) и нагнетания ($p_{нг}$), отношения давлений в ступенях ПК ($\Pi = p_{нг}/p_{вс}$), диаметра цилиндров, химического состава рабочего вещества (водород, водородсодержащий газ (ВСГ), кислород). Для проведения исследования была выполнена модернизация программы расчета КОМДЕТ-М, направленная на обеспечение возможности выполнения расчетов МОД, уплотнительные элементы и самодействующие клапаны которых имеют зазоры в статическом положении превышающие предельные рабочие значения [1, 5, 7, 8].

Рассматриваются заведомо аварийные значения зазоров в сальниковых уплотнениях и седлах самодействующих клапанов, достигающие 300–400 мкм, в то время, как для сальникового уплотнения величина рабочего зазора составляет 1–3 мкм, для самодействующих клапанов рекомендуемый диапазон для зазора в закрытом состоянии лежит в пределах 1–6 мкм.

Рассмотрена работа трех ступеней различных газовых компрессоров, основные технические характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики рассматриваемых ступеней

Параметр	Ступень		
	№1-D=910 мм	№2-D=500мм	№3-D=380мм
$p_{вс}$, МПа	0,128	2,05	0,422
$p_{нг}$, МПа	0,5	4,6	1,58
$T_{вс}$, К	313	313	313
$D_{ц}$, мм	910	500	380
$d_{шт}$, мм	90	115	90
α , %	8,12	10	12,3
n , об/мин	370		
Самодействующие клапаны	КТ 271-1,6 (3вс, 3нг)	КТ 271-1,6 (2вс, 2нг)	КТ 250-2,5 (1вс, 1нг)
Рабочее вещество	ВСГ-1	водород	ВСГ-2

Расчеты показали, что интегральные параметры работы ступеней рассматриваемых конструкций удовлетворительны и близки к фактическим параметрам указанных компрессоров, находящихся в эксплуатации, что говорит о корректности полученных результатов. Самодействующие клапаны в составе ступеней настроены таким образом, чтобы исключить запаздывание их закрытия и обеспечить удовлетворительную динамику перемещения пластин [6]. В связи с этим дальнейшее представление результатов исследований не требует полного набора интегральных параметров и ограничивается анализом изменения массовой производительности ступеней в зависимости от величины условного радиального зазора в сальниковом уплотнении (СУ).

На первом этапе исследования определялось снижение относительного массового расхода каждой из рассматриваемых ступеней в зависимости от относительной площади условного зазора в СУ при $p_{вс}=0,422\text{ МПа}$, $\Pi=4$. При этом величина условного радиального зазора в сальниковом уплотнении ($\delta_{су}$) изменялась в пределах от 0 до 300 мкм, рабочим веществом при расчётах являлся водород.

На втором этапе были проведены аналогичные расчёты, однако, давления всасывания для каждой из рассматриваемых ступеней были приняты в соответствии с данными табл. 1.

Проведенные расчеты показали практически идентичное снижение относительного массового расхода каждой из рассмотренных ступеней как при одинаковом $p_{вс}=0,422\text{ МПа}$, так и в случае, когда у ступеней № 1, № 2 и № 3 давление всасывания было 0,128; 2,05 и 0,422 МПа соответственно (рис. 1).

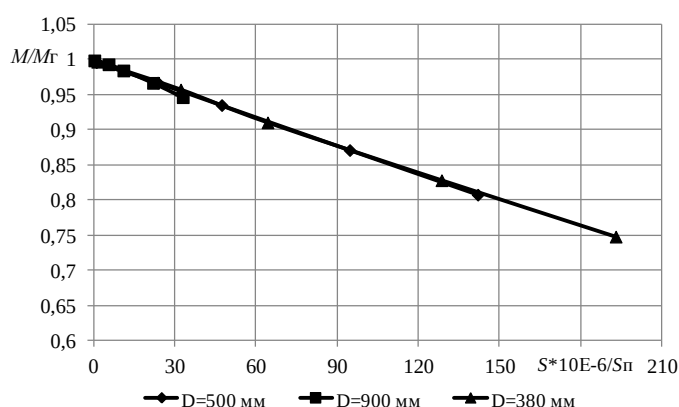


Рис. 1. Изменение относительной массовой производительности ступени в зависимости от относительной площади зазора «сальниковое уплотнение-шток» при:

1. $p_{вс}=0,45\text{ МПа}$; $D=910\text{ мм}$, $D=500\text{ мм}$, $D=380\text{ мм}$ 2. $D=910\text{ мм}$, $p_{вс}=0,128\text{ МПа}$;

$D=500\text{ мм}$, $p_{вс}=2,05\text{ МПа}$; $D=380\text{ мм}$, $p_{вс}=0,45\text{ МПа}$. $\Pi=4$;

рабочее вещество – водород S – площадь текущего зазора (м^2); S_{Π} – площадь поршня (м^2);

M – текущее значение массового расхода (кг/час);

M_r – массовый расход (кг/час) герметичной ступени ($\delta_{пк}=\delta_{су}=\delta_{кл}=0$)

На третьем этапе исследования определялось снижение относительного массового расхода каждой из ступеней в зависимости от относительной площади условного зазора в СУ при $p_{вс} = 0,422\text{ МПа}$, когда у ступеней № 1, № 2 и № 3 отношения давлений составляли $\Pi=4$; 2 и 3 соответственно. При этом величина условного радиального зазора в сальниковом уплотнении ($\delta_{су}$) изменялась в пределах от 0 до 300 мкм, рабочим веществом при расчётах являлся водород. Зависимости, приведенные на рис. 2 указывают на то, что интенсивность относительных утечек через сальниковое уплотнение при увеличении условного радиального зазора не зависит от диаметра штока и определяется отношением давлений Π . Так, увеличение отношения давлений приводит к интенсификации относительных утечек через зазор «шток-

сальниковое уплотнение»: при изменении отношения давлений от 2 до 4 ($\Pi=2\div 4$) величина относительных утечек возросла на $\sim 2,6\%$.

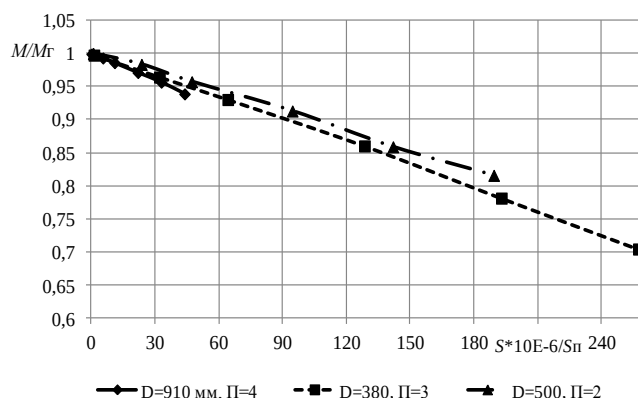


Рис. 2. Изменение относительной массовой производительности ступени в зависимости от относительной площади зазора «сальниковое уплотнение-шток» при $p_{вс}=0,45$ МПа; $D=910$ мм, $\Pi=4$; $D=500$ мм, $\Pi=2$; $D=380$ мм, $\Pi=3$; рабочее вещество – водород; S – площадь текущего зазора (м^2); S_{Π} – площадь поршня (м^2); M – текущее значение массового расхода (кг/час); M_{Γ} – массовый расход (кг/час) герметичной ступени ($\delta_{пк}=\delta_{сy}=\delta_{кл}=0$)

На заключительном этапе исследований рассмотрено влияние негерметичности сальникового уплотнения на изменение относительной массовой производительности рассматриваемых ступеней при $D=910$ мм и $p_{вс}=0,128$ МПа; $D=500$ мм и $p_{вс}=2,05$ МПа; $D=380$ мм и $p_{вс}=0,422$ МПа, при $\Pi=4$, для различных рабочих веществ: водород, ВСГ и кислород.

Зависимости, приведенные на рис. 2, указывают на то, что интенсивность относительных утечек рабочего вещества через сальниковое уплотнение штока при, увеличении условного радиального зазора «шток-сальниковое уплотнение» не зависит от диаметра цилиндра и давления всасывания сжимаемого газа и определяется такими характеристиками рабочих веществ как газовая постоянная (R , $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$), плотность (ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$) и показатель адиабаты рабочего вещества.

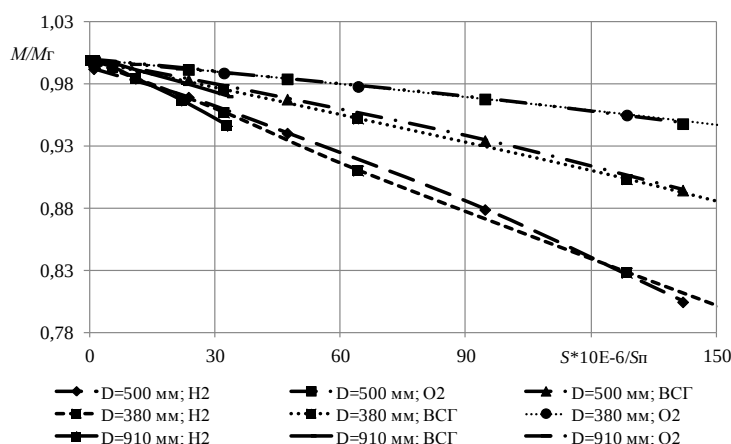


Рис. 3. Изменение относительной массовой производительности ступени в зависимости от относительной площади зазора «сальниковое уплотнение-шток» при $p_{вс}=0,128$ МПа, $p_{вс}=2,05$ МПа, $p_{вс}=0,422$ МПа; $D=910$ мм, $D=500$ мм, $D=380$ мм соответственно; $\Pi=4$; рабочие вещества: H_2 , O_2 , ВСГ;

S – площадь текущего зазора; S_{Π} – площадь поршня; M – текущая массовая производительность; M_{Γ} – массовая производительность герметичной ступени ($\delta_{пк}=\delta_{сy}=\delta_{кл}=0$)

Таким образом, по результатам проведённого теоретического исследования можно сделать вывод о том, что относительные протечки через сальниковое уплотнение не зависят от диаметра цилиндра ступени, диаметра штока и величины начального давления, а определяются отношением давлений в рассматриваемой ступени и такими характеристиками рабочих веществ как газовая постоянная (R , кДж/(кг·К)), плотность (ρ , кг/м³) и показатель адиабаты рабочего вещества.

Полученные результаты, по мнению авторов, могут быть использованы специализированными организациями, эксплуатирующими поршневые компрессоры для улучшения эффективности, надёжности и безопасности их работы путём несложной модернизации линий всасывания и нагнетания находящегося в эксплуатации оборудования.

Литература:

1. Прилуцкий А.И. Развитие теории, методов расчета и оптимального проектирования поршневых компрессорных и расширительных машин. / Дисс. д.т.н. – НИУ ИТМО. СПб, 2015.
2. Оценка герметичности самодействующих клапанов поршневых компрессоров на стадии проектирования / Д.Н. Иванов [и др.] // Компрессорная техника и пневматика. – 2004. - № 1. – С. 39-41.
3. Прилуцкий А.А. Динамика потоков газа в уплотнениях поршней компрессорных ступеней // Компрессорная техника и пневматика. – 2004. - № 2. – С. 32-33.
4. Robert C. Reid, John M. Prausnitz, and Thomas K. Sherwood, The Properties of Gases and Liquids, 3 r d Ed., McGraw-Hill Book Co., New York, NY, 1977.
5. Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И. Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах. – СПб.: СПбГАХПТ, 1995. – 194 с.
6. Прилуцкий А.И. Прогнозирование надежности и эффективности работы поршневых компрессоров. Материалы отраслевого совещания главных механиков нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. (г. Кириши 5-9 декабря 2005 г). – с. 189-196.
7. Френкель М.И. Поршневые компрессоры. – Л.: Машиностроение, 1969. – 744 с.
8. Бельшева К.А., Макоева А.С., Молодов М.А., Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К. Особенности работы дожимающих газовых компрессоров при переменном начальном давлении // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 47-54.

О РАСЧЕТЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И МОДЕРНИЗАЦИИ АММИАЧНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕССОРА ПОЗ. 105J ФИРМЫ HITACHI

А.Н. Любимов

ООО НПФ «ЭНТЕХМАШ», г. Санкт-Петербург, Россия

liubimov@entechmach.com

Для согласования работы существующей аммиачной холодильной машины (ХМ) открытого контура в ПАО «Дорогобуж» с изменившимися требованиями последующей технологии и повышения ее холодопроизводительности на 30% возникла необходимость провести модернизацию существующего центробежного компрессора (ЦК) поз.105J фирмы Hitachi, входящего в состав упомянутой машины.

Перед модернизацией было проведено обследование компрессора и моделирование его работы в соответствии с основными положениями, приведенными в работах [1, 2]. Для моделирования газодинамических характеристик (ГДХ) использовалась собственная методика расчета на базе обобщенных ГДХ геометрически неподобных ступеней [3–5].

Политропный КПД $\eta_{пол}$ на любом режиме работы может быть найден по уравнению:

$$\eta_{пол} = \eta_{пол}^{[onm]} \left[e^{k_{\varphi r2}} - e^{k_{\eta}} (e - 1) \frac{1}{e^{\frac{e}{e-1}}} \right], \quad (1)$$

в котором k_{η} находится по новой эмпирической зависимости

$$k_{\eta} = \frac{e}{e-1} k_{\varphi r2}, \quad (2)$$

где k_{η} – обобщенный коэффициент политропного КПД;

$k_{\varphi r2}$ – удельный коэффициент расхода, записанный относительно оптимального режима ступени

$$k_{\varphi r2} = \varphi_{r2} / \varphi_{r2}^{[onm]}. \quad (3)$$

Целью настоящей работы является в том числе и дальнейшая апробация метода на примере существующего аммиачного центробежного компрессора, чьи паспортные ГДХ известны [6]. Термины, обозначения и сокращения, приведенные в работе, соответствуют принятым в монографии В.Ф. Риса [1].

Штатный компрессор. Турбокомпрессорный агрегат поз.105J/JT (рис. 1) предназначен для сжатия аммиака в составе трехступенчатой холодильной машины с открытым циклом поддерживающей три температурных уровня: -32 ; -13 и $+6^{\circ}\text{C}$ в технологии крупнотоннажного производства аммиака по технологии фирмы ТЕС (Тоуо Engineering Co). Компрессор состоит из 2-х корпусного 3-х секционного 14-и ступенчатого холодильного ЦК, приводной паровой турбины типа К-1100-2 фирмы Fudji Electric Co. номинальной мощностью 11,37 МВт, частотой вращения $n = 5500 \dots 6700$ об/мин. Все ступени выполнены с БЛД.

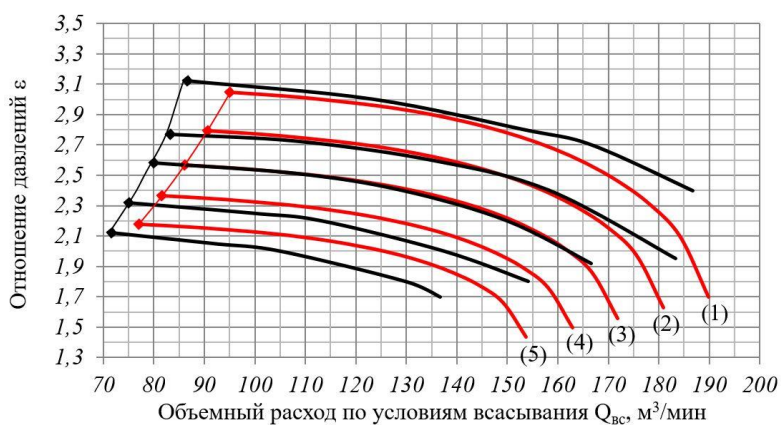


Рис. 1. Общий вид турбокомпрессорного агрегата поз. 105J/JT (слева направо: ЦНД, ЦВД и турбина) и модернизированных узлов

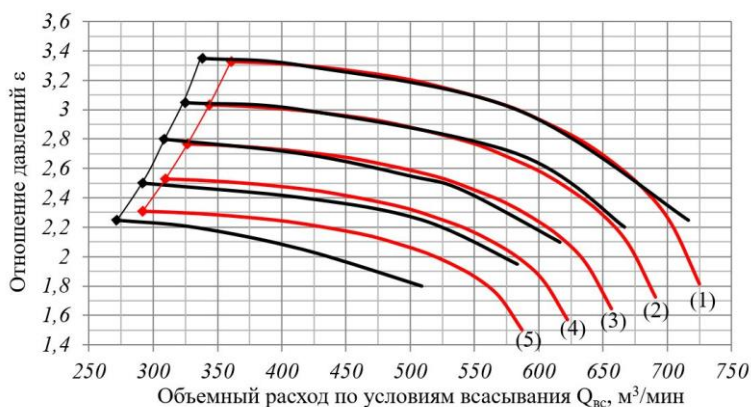
Во время планового останова были произведены замеры основных геометрических параметров ротора и статорных частей. Режимные параметры были заимствованы из паспорта ЦК (табл. 1). Расчет термодинамических свойств аммиака выполнен с использованием уравнения состояния реального газа Редлиха-Квонга в модификации Соаве [7]. В результате итеративного моделирования проточной части 3-х секций ЦК на проектном (оптимальном) режиме было получено более 2000 нелинейно связанных геометрических, газодинамических параметров. В качестве основных исходных данных для расчета безразмерных ГДХ ступеней были заданы значения том числе оптимальные значения $\eta_{пол}^{[onm]}$, $\varphi_{r2}^{[onm]}$, $\varphi_{u2}^{[onm]}$, $\beta_{np}^{[onm]}$, $\beta_{mp}^{[onm]}$, а также $\beta_{2л}$, z_2 , M_u , k , запас по «помпажу» и использовать обобщенные газодинамические характеристики геометрически неподобных ступеней [3], [4], [5].

Сравнение с паспортными ГДХ фирмы Hitachi [6] проводилось только для напорно-расходной характеристики, наиболее подробно представленной в виде зависимостей отношения давлений $\varepsilon = p_k/p_n$ от объемного расхода $Q_{вс}$ на всасывании в соответствующую секцию компрессора.

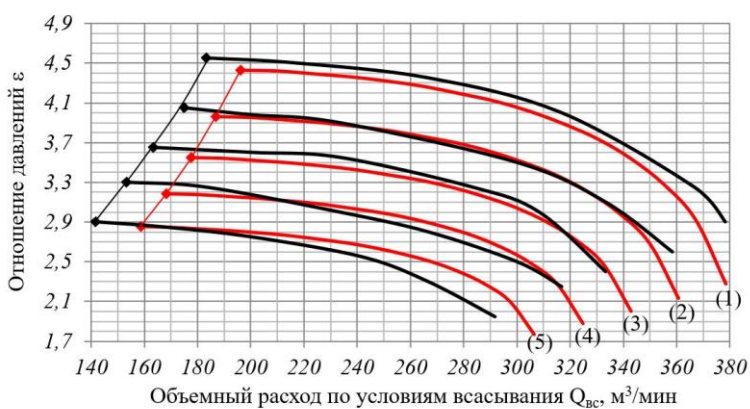
Паспортные ГДХ всех секций штатного компрессора были получены фирмой-производителем ЦК расчетным путем по их унифицированному банку данных экспериментально отработанных ступеней и нанесены на графики паспорта *вручную*. Расчетные ГДХ секции нанесены на паспортные ГДХ красными линиями (рис. 2).



Начальные условия: $R = 488,2$ Дж/(кг·К); $z = 0,986$; $k = 1,326$; $t_H = -32,0$ °С



Начальные условия: $R = 488,2$ Дж/(кг·К); $z = 0,972$; $k = 1,316$; $t_H = -6,6$ °С



Начальные условия: $R = 488,2$ Дж/(кг·К); $z = 0,953$; $k = 1,301$; $t_H = 38,0$ °С

(1) - $n_T = 6770$ об/мин; (3) - $n_T = 6130$ об/мин; (5) - $n_T = 5480$ об/мин;
(2) - $n_T = 6450$ об/мин; (4) - $n_T = 5810$ об/мин;

Рис. 2. Сравнение паспортных и расчетных ГДХ секций компрессора поз.105J
(сверху вниз: 1-я, 2-я и 3-я секции)

Хорошее качественное и количественное соответствие полученных в настоящей работе расчетных ГДХ секций компрессора поз. 105J паспортным ГДХ фирмы Hitachi дает право утверждать и о достаточной точности расчетной инженерной методики, использованной для их построения.

Опираясь на полученную поверенную математическую модель штатного компрессора были выполнены расчеты по повышению производительности и политропного КПД.

Модернизированный компрессор. Штатный компрессор имеет ряд недостатков, которые подлежат устранению при модернизации компрессора:

- сниженный политропный КПД 3-й секции 70–72% в следствие работы компрессора при пониженном конечном давлении 1,7–1,8 МПа вместо 2,45 МПа абс. по проекту;

- режимы работы 1-й секции с газодинамическими характеристиками (ГДХ) 2-й и 3-й секций;

- повышенная температура на нагнетании компрессора 160°C ухудшает работу конденсатора ХМ при повышенных расходах.

Корпусы ЦНД и ЦВД, а также паровая турбина остаются штатными. При модернизации замене подлежат все элементы проточной части ЦНД и ЦВД: роторы, диафрагмы. Вместо безлопаточных диффузоров (БЛД) используются лопаточные диффузоры (ЛД). При проектировании использованы данные экспериментального банка отработанных ступеней центробежного компрессора, имеющегося в распоряжении НПФ «ЭНТЕХМАШ».

В новой проточной части использованы рабочие колеса (РК) радиального типа с загнутыми назад лопатками. Углы выхода из лопаток РК составляют в 1-й секции $\beta_{2л}=35^\circ$, во 2-й секции $\beta_{2л}=35^\circ$, в 3-й – $22,5^\circ$ вместо $\beta_{2л}=45^\circ; 35^\circ$ и 35° в штатной конструкции соответственно. В ЦВД количество ступеней уменьшено на одну.

При расчете новой проточной части выбрано давление конденсации 1,9 МПа абс, которое обеспечивает температуру конденсации аммиака $t_{\text{конд}} \approx 45^\circ\text{C}$, что в летнее время при температуре окружающего воздуха 30°C обеспечивает приемлемый температурный напор конденсатора $\sim 15^\circ\text{C}$. При этом после модернизации конечная температура аммиака снизится со 160 до 145°C , что снизит нагрузку на конденсатор.

Повышение экономичности компрессора достигается за счет:

- проектирования проточных частей ЦНД и ЦВД компрессора (рабочие колеса и лопаточные диффузоры) с учетом рекомендаций [1, 2] на базе безразмерных геометрических параметров и газодинамических характеристик модельных ступеней ЦКМ, отработанных экспериментально и обеспечивающих высокий уровень политропных КПД $\eta_{\text{пол}}$.

- применения близких к оптимальным лопаточных решеток РК со сдвигом коротких лопаток РК ЦНД в сторону вращения, что обеспечивает равенство горл по обе стороны от короткой лопатки и повышает равномерность потока при входе на лопатки.

- использования эффективных профилированных ЛД с отработанным 5% аэродинамическим профилем и оптимальной диффузорностью вместо БЛД в штатной конструкции, как более экономичных в диапазоне углов входа на лопатки $\alpha_{3л} < 23^\circ$ [1]. ЛД всех ступеней выполнены существенно более короткими $D_4/D_2 = 1,4 \dots 1,45$ [2] вместо 1,65 в существующей конструкции.

- снижения втулочного отношения $d_{\text{вт}}/D_2$ в ЦНД и ЦВД при входе в РК, при обеспечении запаса по 2-й критической частоте $> 50\%$, что позволяет снизить уровень скоростей при входе на лопатки РК и повысить эффективность.

- применения ступенчатых лабиринтных уплотнений покрывающих дисков РК и вала для снижения протечек газа.

- обеспечения более равномерного и близкого к радиальному подвода газа к ступеням за счет радиально-осевого участка ОНА с углом выхода $\alpha_{6л} = 95^\circ$.

Сравнение параметров штатного и модернизированного компрессоров. В 2016 г. проведены окончательные промышленные эксплуатационные испытания целого. Сравнение параметров штатного компрессора с модернизированным на номинальном режиме приведено в табл. 1.

Таблица 1

Параметры штатного и модернизированного компрессоров

Параметры	Ед. изм.	Проектный режим (1360 т/сут)			Модернизированный компрессор		
		1 секц.	2 секц.	3 секц.	1 секц.	2 секц.	3 секц.
Производительность $Q_g(0^\circ\text{C}, 1 \text{ физ. атм.})$	нм ³ /ч	9591	89556	108949	11500	108800	120000
Начальное давление	кгс/см ²	0,989	2,675	6,97	0,989	2,675	6,6
Конечное давление	абс.	2,675	7,38	24,95	2,675	7,0	18,0
Частота вращения	об/мин	6450			6150		
Потребляемая мощность	МВт	10,33 (11,37 max)			~10,1		

Сравнение политропного КПД секций штатного и модернизированного компрессоров приведено в табл. 2.

Таблица 2

Политропный КПД секций

№ Секции	1	2	3
Модернизированный компрессор	0,75	0,83	0,825
Штатный компрессор (фактический режим до модернизации)	0,68	0,74	0,71
Штатный компрессор (на проектном режиме)	0,73	0,78	0,75

Политропный КПД 1-й секции с «узкими» РК повысился незначительно, а КПД 2-й и 3-й секций после модернизации увеличился с 71...72 до 82,5...83, что на ~16% отн. выше штатных значений. Результаты свидетельствуют о высоком уровне совершенства новой проточной части. Опытные данные, полученные в ходе газодинамических испытаний, хорошо согласуются с расчетными ГДХ секций.

Литература:

1. Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины. – Ленинград: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1981. – 3, С. 351.
2. Ден Г.Н. Проектирование проточной части центробежных компрессоров. – «Машиностроение». Ленингр. Отд., 1980. – С. 232.
3. Любимов А.Н., Евдокимов В.Е. О расчете газодинамических характеристик ступени центробежного компрессора // Компрессорная техника и пневматика – 2012. – № 7. – С. 28-33
4. Любимов А.Н., Евдокимов В.Е. Обобщенная газодинамическая характеристика политропного КПД геометрически неподобных ступеней стационарного центробежного компрессора // Компрессорная техника и пневматика – 2016. – № 5. – С. 13-17.
5. Любимов А.Н. Совершенствование методов расчета газодинамических характеристик проточной части стационарных центробежных компрессоров: Реферат Дис...К.т.н. – СПб., 2016.
6. HitachiLtd. Паспорт. Центробежный компрессор 105J. 1/4. Производство аммиака 1360 мт/сутки
7. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. – Ленинград: Химия, 1982. – 3-е издание, переработанное и дополненное: С. 592.

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПЕРЕД СЖИЖЕНИЕМ

А.Д. Кондратенко, А.Б. Карпов, А.М. Козлов

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

kondratenko.a@gubkin.ru

Мировая индустрия сжиженного природного газа (СПГ) включает крупнотоннажное производство, основная цель которого – поставка СПГ на мировые рынки, и малотоннажное производство, нацеленное на межрегиональную торговлю и удовлетворение спроса на внутреннем рынке [1].

На сегодняшний день природный газ является наиболее экономичным, экологичным и безопасным топливом. Природный газ – это фактически готовое моторное топливо, поэтому он гораздо дешевле бензина и дизельного топлива. При этом двигатель такого транспортного средства соответствует высочайшим стандартам – Евро-5 и Евро-6 [2].

Роль СПГ в качестве моторного топлива постоянно возрастает, однако для применения СПГ в двигателях внутреннего сгорания необходимо получать продукт высокого качества.

Сжиженный природный газ, получаемый на заводе и отгружаемый в дальнейшем на экспорт, должен соответствовать техническим характеристикам, установленным его потенциальными потребителями [3].

Показатели качества СПГ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 56021-2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия» [4].

Следует отметить, что качество СПГ определяется не только нормативными документами на поставку газа, определённые требования накладывает сам процесс сжижения. Например, для предотвращения эксплуатационных проблем в криогенных установках (обмерзание теплообменников из-за высокого содержания воды и углекислого газа, образования амальгам на алюминиевых частях оборудования, коррозия оборудования), концентрация этих веществ ограничивается. Ввиду отсутствия на установках малотоннажного производства СПГ колонн низкотемпературной ректификации на сжижение должен подаваться газ подготовленный и по компонентному составу [5].

В качестве основного критерия оптимизации в процессе получения СПГ обычно используется себестоимость сжижения по данному технологическому процессу. Однако множество допустимых вариантов и большое количество переменных, влияющих на себестоимость, приводят к тому, что оптимизация технологий СПГ является весьма трудоёмкой и сложной задачей [6].

При производстве СПГ высокого качества на малотоннажных установках основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к ожижению, т.е. по доведению магистрального газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ высокого качества без дорогостоящей низкотемпературной ректификации.

Для производства СПГ высокого качества на малотоннажных установках к газу на ожижение (при высокой степени ожижения) следует предъявлять следующие требования:

- содержание CO_2 не более 0,005% мол;
- точка росы по воде не более минус 70°C
- содержание общей серы не более 0,010 г/м³;
- содержание кислорода ввиду отсутствия в магистральном газе не превышает нормируемых показателей, и дополнительная очистка не требуется;
- для обеспечения показателя «мольная доля метана, не менее 99,0%» и «область значений числа Воббе (высшего)» следует обеспечивать коррекцию состава природного газа.

В данной работе был разработан комбинированный способ предварительной подготовки природного газа перед сжижением с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции (рис. 1).

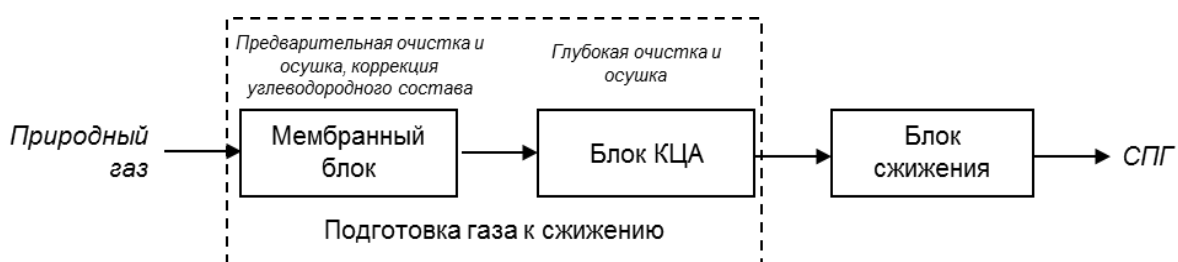


Рис. 1. Принципиальная схема малотоннажного производства СПГ высокого качества

Последние разработанные материалы для мембран характеризуются повышенными селективностью и стабильностью в углеводородных газах, что позволило существенно расширить применение мембранного метода для подготовки и очистки природного газа благодаря принципиально иному механизму действия мембран. Проницаемость метана через такие мембраны является наименьшей среди других углеводородов.

Первоначально из потока сырьевого газа через мембрану в зону низкого давления проникают водяные пары, углекислый газ, сероводород и тяжелые углеводороды. Метан является одним из наименее проникающих компонентов, что позволяет получать подготовленный газ с давлением всего на 2–3 атм. ниже исходного.

Таким образом, на первой стадии подготовки происходит предварительная очистка и осушка природного газа, а также обеспечивается коррекция углеводородного состава с целью достижения показателя «мольная доля метана, не менее 99,0%» для получения СПГ высокого качества.

Далее газ поступает в блок короткоциклового адсорбции (КЦА), где происходит глубокая очистка от диоксида углерода и серосодержащих соединений и осушка газа до температуры точки росы в минус 70°C . Главным преимуществом метода КЦА заключается в том, что циклы адсорбции и десорбции проводятся при одной и той же температуре, что значительно сокращает расход энергии на стадии регенерации адсорбента.

Короткоцикловая адсорбция – это новый прогрессивный и энергоэффективный метод глубокой адсорбционной очистки и осушки газов. Отличительная особенность и главное преимущество этого метода заключается в том, что циклы адсорбции и десорбции проводятся при одной и той же температуре, но парциальное давление адсорбирующихся компонентов при адсорбции больше, чем при десорбции.

Таким образом, процессы адсорбции с безнагревной регенерацией перспективно для глубокой очистки и осушки природного газа, направляемого на ожижение.

Несмотря на наличие газов регенерации, отсутствие печей, огневого нагрева и высоких температур для малотоннажных установок ожижения природного газа использование КЦА выглядит достаточно целесообразным. Однако, данный процесс не является гибким по составу исходного газа, но данный недостаток нивелируется использованием предварительного мембранного разделения. Также наличие мембранной предварительной очистки значительно уменьшает объёмы загружаемых цеолитов и размеры аппаратов КЦА.

Таким образом, сочетание полупроницаемых мембран и КЦА позволяет провести предварительную подготовку природного газа с коррекцией по углеводородному составу к сжижению, что позволяет получать СПГ высокого качества для использования в качестве газомоторного топлива.

Малотоннажное производство сжиженного природного газа занимает все более значительное место в структуре производства СПГ. Связано это с расширением областей применения как природного газа, так и СПГ [7]. Данная работа направлена на диверсификацию рынков сбыта природного газа за счет использования сжиженного природного газа высокого качества, производимого по технологии малотоннажного производства, в качестве моторного топлива.

Литература:

1. Голубева И.А., Мещерин И.В., Дубровина Е.П. Производство сжиженного природного газа: вчера, сегодня, завтра // Мир нефтепродуктов. 2016. № 6. С. 4–13.
2. ПАО «Газпром» производство газомоторного топлива Дата обновления 10.02.2017. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/> (дата обращения 22.05.2017).
3. И.А. Голубева, В.М. Ключев, И.А. Баканев, Е.П. Дубровина Особенности технологии сжижения природных газов в условиях арктического климата // Газовая промышленность №1, 2016. - С. 73-78
4. ГОСТ Р 56021-2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия» - М.: Стандартиформ, 2014, 13 с.
5. Кондратенко А.Д., Жагфаров Ф.Г. Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ // Сборник трудов 71-ой Международной молодежной научной конференции "Нефть и газ - 2017" т.2, 2017. - С. 176-181
6. Мещерин И.В. Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 3. С. 146–152
7. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мещерин И.В. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // НефтеГазоХимия №4, 2016. - С. 31-36.

КРИОГЕННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ

К.П. Венгер, М.А. Романов, К.В. Туракевич, О.А. Феськов

Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия

beck0.5@mail.ru

В последнее время во всем мире все чаще приходится сталкиваться с проблемой неконтролируемых выбросов жидких, твердых и газообразных промышленных отходов, связанных с развитием промышленного производства и приводящих к техногенным загрязнениям различных природных сред. Особенно остро стоит вопрос о мерах безопасности при работе с нефтью и нефтепродуктами в процессе их добычи, переработки, а также транспортировки.

Следует отметить, что используемые на сегодняшний день способы устранения последствий аварийных разливов нефти (механический, химический и т.п.) отличаются малой эффективностью и высокой трудоёмкостью.

Для решения этих задач наиболее перспективным можно считать применение криоагентов, в частности, жидкого азота, который позволяет осуществить быстрое промораживание грунта, загрязненного нефтепродуктами, с последующей его утилизацией. Данный метод работает по принципу проточной системы хладоснабжения и предусматривает одноразовое использование криоагента.

Специалистами кафедры «Холодильная техника» МГУ пищевых производств представлена установка для ликвидации последствий техногенных загрязнений. Конструкция установки разработана по принципу азотного скороморозильного туннельного аппарата АСТА, широко применяемого в пищевой промышленности.

В аппарате АСТА используется трёхзонный принцип действия, который использует отработанные в зоне замораживания (II-я зона) пары азота для предварительного охлаждения продукта в I-ой зоне и выравнивания его температуры по толщине в III-ей зоне [1, 3].

Используя такую систему хладоснабжения, можно говорить о двойных технологиях, позволяющих применять разработанное устройство для различных целей и областей промышленности и сельского хозяйства.

В целях реализации проекта «ЭКА-Криоген – создание криогенных установок для быстрого замораживания пищевых продуктов и защитного слоя грунта для очистки его от техногенных загрязнений» специалистами кафедры «Холодильная техника» МГУ пищевых производств совместно с ЗАО ЭКА разработан криогенный модуль, который предназначен для промораживания загрязнённого грунта жидким и газообразным азотом. Причём, использование жидкого азота в криогенном модуле позволяет замораживать поверхности загрязненные не только нефтепродуктами, но и пожаро- и взрывоопасными, ядовитыми и химически агрессивными веществами. На данную конструкцию получен Патент РФ [2].

Установка включает в себя автомобиль, различной грузоподъемности, криогенную цистерну с запасом жидкого азота и криогенный аппарат, который состоит из нескольких криогенных модулей. Причем, благодаря модульной конструкции появляется возможность промораживания участков загрязнённой территории различной площади.

Каждый из модулей представляет собой теплоизолированный короб, который обращён открытой частью к промораживаемой поверхности. Пространство внутри модуля разделено на две зоны, которые соответствуют различным температурным уровням процесса криогенного замораживания техногенных загрязнений.

Предусмотренные в конструкции модуля ограждающие борта позволяют удерживать азот внутри короба максимально долго, что обеспечивает более продолжительный контакт с обрабатываемым участком загрязненной поверхности.

На автомобильном тягаче можно устанавливать криогенные емкости с жидким азотом объемом от 5 до 16 м³. Этого количества криоагента достаточно для обработки загрязнённой поверхности площадью 1000–10000 м².

В целях более полного использования холодильного потенциала жидкого азота и значительного сокращения его расхода в установке применены ограждающие наружные борта, а все трубопроводы, осуществляющие подачу криоагента в модуль, теплоизолированы.

Конечным этапом процесса промораживания загрязнённого грунта является его снятие и последующая утилизация. Для этих целей возможно использование техники и технологии механизированного снятия старого слоя асфальта с дорожного покрытия.

На базе выполненных исследований разработаны математические модели расчёта продолжительности замораживания нефтяного загрязнения, в которых учтена конструкция криогенного модуля, а также этапы его перемещения по обрабатываемой поверхности. Помимо этого установлены закономерности, связывающие между собой основные параметры работы установки, такие как: температура криоагента, продолжительность процесса, толщина слоя и конечная температура холодильной обработки в зонах модуля.

В целях расчета экономической эффективности использования данной установки был рассчитан расход жидкого азота, а также получены графические зависимости от условий работы установки при замораживании слоя нефти, имеющего различную толщину.

На основе разработанных методик рассчитаны режимные параметры замораживания ракетного топлива на примере несимметричного диметилгидразина (НДМГ), который используется в ракетах-носителях (РН) Протон и его модификации, РН Рокот, РН Стрела, РН Днепр, а также НДМГ применяется в разгонных блоках семейства Бриз.

На примере замораживания нефтяных загрязнений получены результаты экономической и экологической оценки предлагаемого устройства. Оценка проводилась с учетом размера ущерба, наносимого окружающей среде и предотвращённого с помощью разработанной криогенной установки и затратами на ее использование.

В результате доказана эффективность (в экономическом плане) разработанного устройства, которая будет повышаться, с учетом экономической ценности, а также длительности восстановления участка загрязненной территории.

Основные преимущества разработанного криогенного устройства: эффективность процесса очистки; создание взрывобезопасной атмосферы над местом аварийного разлива и экологическая безопасность метода.

Следует также отметить, что устройства, использующие криогенный способ замораживания, компактны, обладают малым энергопотреблением, просты в эксплуатации и в связи с этим позволяют создать мобильную систему замораживания на базе автомобильного транспорта, которую можно доставить практически в любую область с загрязнённой территорией.

Разработан проект использования жидкого азота для нужд пожаротушения. Криогенный метод пожаротушения отличается такими преимуществами, как экологическая лояльность жидкого азота, при этом не наносится вреда ценному оборудованию, в отличие от водяных и пенных систем пожаротушения; происходит

объёмное тушение пожара и эффективность не зависит от труднодоступности очага возгорания.

Специалистами кафедры «Холодильная техника» МГУ пищевых производств разработано распылительное устройство пистолетного типа, состоящее из теплоизолированной емкости, заправленной жидким азотом, распылительное устройство-пистолет, соединительный трубопровод и насадки различной формы. На данное устройство получен патент РФ [4].

На рис. 1 представлены схема и основные элементы ранцевого криогенного огне-тушителя.

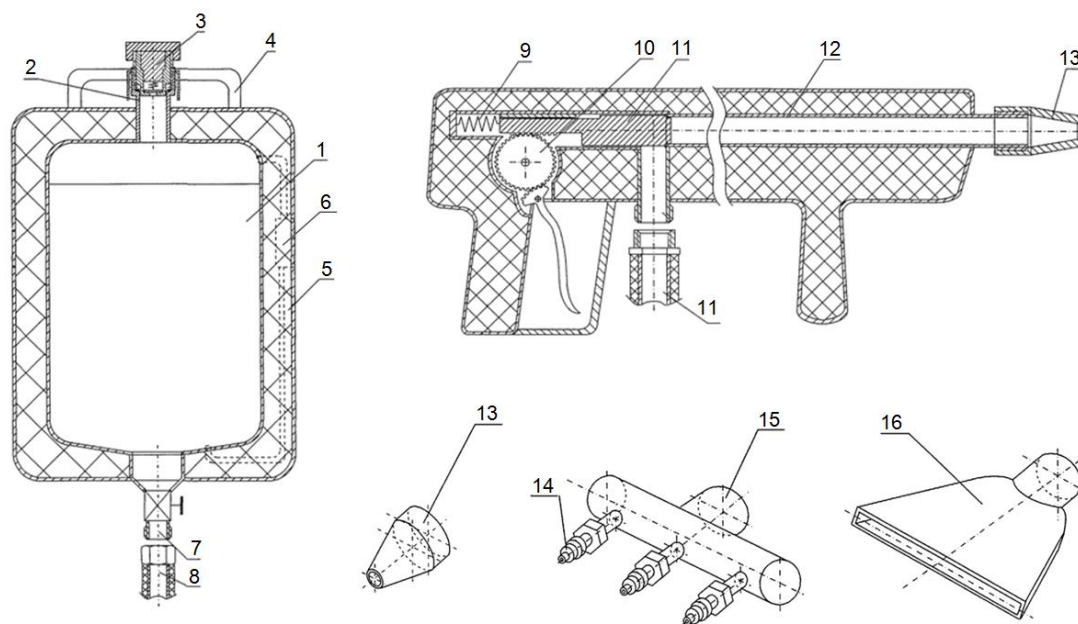


Рис. 1 Ранцевый криогенный огнетушитель:

- 1 – теплоизоляция; 2 – заправочный патрубок; 3 – крышка-предохранитель; 4 – ручка; 5 – жидкий азот; 6 – манометр и указатель уровня; 7 – выходной фланец; 8 – теплоизолированный трубопровод; 9 – отжимная пружина; 10 – зубчатая шестерёнка; 11 – поршень; 12 – ствол; 13 – конический насадок; 14 – форсунка; 15 – коллекторный насадок; 16 – насадок-щелевое сопло

Резервуар ранца способен вместить до 20 л жидкого азота, что соответствует массе 12–16 кг и является допустимой нагрузкой для человека, использующего данное средство пожаротушения.

Для обеспечения подачи жидкого азота в ранце создаётся необходимое давление путём закрытия крышки-клапана, после чего открывается вентиль выдачи жидкости и азот поступает в распылительное устройство.

С помощью рукояток распылительное устройство направляют в сторону обрабатываемого объекта. Подача жидкого или газообразного азота в зону горения осуществляется за счёт нажатия спускового курка. Получить требуемый факел распыла криоагента удаётся с помощью насадок различной формы.

Основным элементом данного устройства является пистолет для распыления жидкого азота. Изготовлен опытный образец пистолета, внешний вид которого с коллекторным насадком представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид пистолетного устройства и коллектора с форсункам и для распыления криоагента

Данное устройство позволяет не только обеспечить тушение очагов пожара, но и локально заморозить слой грунта для очистки его от техногенных загрязнений, а также сократить продолжительность и затраты на локализацию таких аварийных ситуаций.

Разработаны компоновочные решения использования пистолетного устройства, включающие различные транспортные средства перемещением емкости.

Перспективность данных проектов подтверждается также тем фактом, что в настоящее время криопродукты доступны по цене, производятся во всех регионах нашей страны и могут быть получены непосредственно из атмосферного воздуха, за счёт использования воздухоразделительных установок и азотодобывающих станций.

Литература:

1. Антонов А.А., Венгер К.П. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов. – Рязань: «Узоречье», 2002. – 207 с.
2. Патент РФ № 2286857 «Устройство для криогенного промораживания грунта» авторов: Венгер К.П., Орловский Д.Е., Феськов О.А., Ширшов В.Е., опублик. в БИ № 31, 10.11.2006 г.
3. Венгер К.П., Попков В.И., Феськов О.А. Аналитические исследования процесса быстрого охлаждения бланшированной растительной продукции газообразным азотом // Вестник Международной академии холода. 2017. № 3. С. 53-61.
4. Патент РФ № 2414269 «Ранцевый огнетушитель» авторов: Венгер К.П., Минашкин Н.В., Феськов О.А., опублик. в БИ № 8, 20.03.2011 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ WBC В ОДНОМЕСТНЫХ УСТАНОВКАХ

А.Ю. Баранов, О.А. Шестакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

abaranov@corp.ifmo.ru, olga-sh91@mail.ru

Общая криотерапия относительно новый физиотерапевтический метод, основанный на использовании криогенных газовых сред. В России он известен под названием «общая криотерапия» или «общее криотерапевтическое воздействие», а в зарубежной литературе получила распространение аббревиатура WBC, от *whole-body cryotherapy* [5], криотерапия всего тела [1], которым пользуется наибольшее число зарубежных исследователей. Для унификации научной информации в дальнейшем предлагается использовать сокращение и в русскоязычных текстах.

Богатая клиническая практика WBC в Российской Федерации постоянно расширяет список показаний к применению этого метода. В нашей стране созданы условия для быстрого распространения криотерапевтических технологий, налажено серийное производство отечественного оборудования криотерапии, которое значительно превосходит зарубежные образцы по лечебной эффективности [2]. Для успеха проектов по импортозамещению и по экспорту необходимо обеспечить научное обоснование и популяризацию оптимальной технологии WBC.

История становления и развития метода WBC. Исторически сложились две независимые ветви технологии проведения криогенного лечения – индивидуальная и групповая WBC. Аппараты для групповой WBC, многоместные установки, производятся преимущественно за пределами России. Российская Федерация является безусловным мировым лидером в области технологии индивидуальной WBC и производства одностенных криотерапевтических аппаратов [3].

Продолжительность контакта с криогенным газом не превышает 3–4 минуты. Однако последствия WBC носят длительный и ярко выраженный характер. Например, болевые ощущения любой природы и интенсивности подавляются на период 6–8 часов. При лечении ревматоидного артрита три сеанса WBC в день обеспечивают удовлетворительную подвижность даже у пациентов первой группы (колясочников) [1,4].

Отсутствие физической теории метода WBC является причиной постепенного искажения авторской методики, из-за этого лечебная эффективность многих современных установок для WBC значительно ниже, чем у их прототипа. Дальнейшее бессистемное развитие метода WBC может привести к полной дискредитации [3].

Физическая теория криотерапии. В Университете ИТМО сформированы общие положения физической теории WBC. Высказана гипотеза о том, что лечебный эффект достигается за счет субтерминального переохлаждения поверхностного слоя кожного покрова до уровня $-2,5^{\circ}\text{C}$ [6].

Предложена гиперболическая формула для расчета интенсивности стимулирующего действия WBC [7]:

$$I_{\text{сд}} = \frac{20}{(t_{\text{э}} - t_{\text{кр}})^2}, \quad (1)$$

где t_3 – температура поверхности эпителия;

$t_{кр} = t_{терм} + 0,5^{\circ}\text{C}$ – критическая температура эпителия, минимально допустимая температура ткани.

Введен в обращение термин *эффективное время WBC*, т.е. время, в течение под действием WBC подавляются болевые ощущения. Для расчета эффективного времени предложена формула [7]:

$$\tau^* = f \cdot \int_{\tau=0}^{\tau \leq \tau_{max}} \frac{20}{(t_3 - t_{кр})^2} \partial \tau, \quad (2)$$

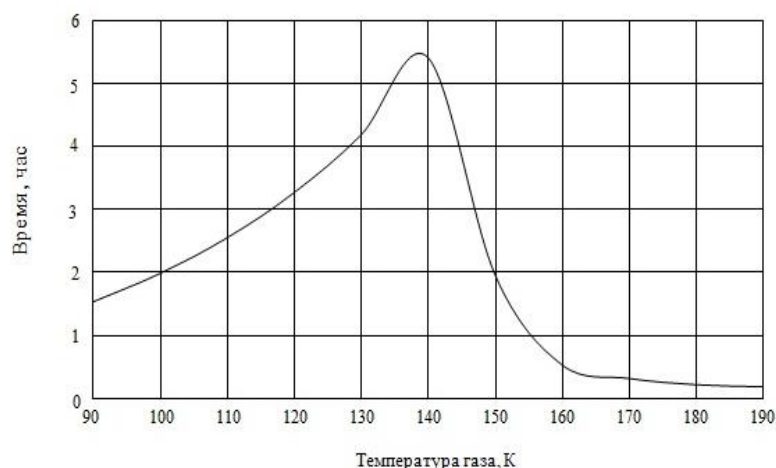


Рис. 1. Величина эффективного времени WBC при разной температуре охлаждающего газа

Определяющее влияние на величину эффективного времени оказывает степень переохлаждения эпителия $\Delta t = t_3 - t_{кр}$, и продолжительность сеанса WBC τ_{max} .

Показатели эффективности и безопасности WBC позволили сотрудникам Университета ИТМО выполнить численный эксперимент по определению оптимальных параметров процедуры [4,7]. График зависимости величины эффективного времени от температуры криогенного газа приведен на рисунке 1.

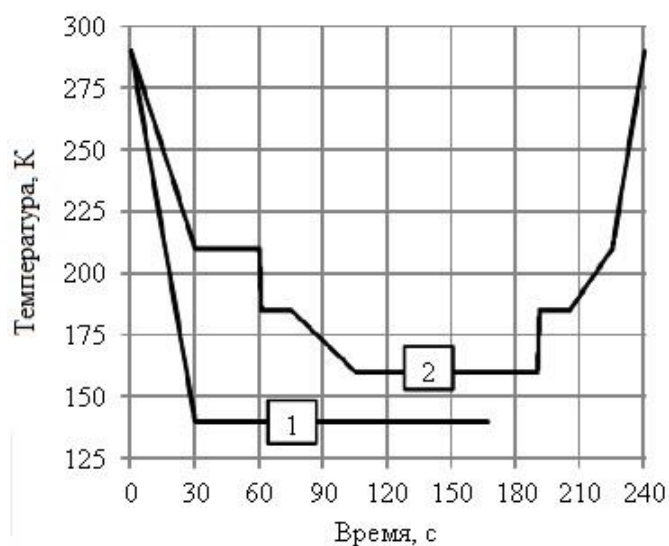


Рис. 2. График изменения температуры газа в одноместном (1) и многоместном (2) устройстве

График зависимости $\tau^* = f(T)$ хорошо совпадает с данными независимых исследователей [4,7]. Однако было допущение о постоянстве температуры газа с первой до последних секунды процедуры, существенно упрощает истинную физическую картину WBC.

График изменения температуры при разных схемах реализации WBC, приведен на рисунке 2 [7]. Действительный алгоритм изменения температуры в многоместных и одноместных устройствах существенно отличаются от теоретического допущения $T = \text{const}$ при $0 < \tau < \tau_{\text{max}}$.

В многоместных системах время пребывания субъекта в WBC, в зоне с минимальной температурой составляет не более 30% от общей продолжительности сеанса. В одноместных устройствах время заполнения кабины низкотемпературным газом с оптимальной температурой колеблется от 20 до 60 секунд.

При номинальной температуре 140 К средняя температура группового WBC составляет 190 К, В зависимости от времени выхода на номинальный температурный режим средняя за цикл температура индивидуального WBC составляет от 146 К до 158 К. Из-за нестабильности температурного режима WBC практически ни одно из современных устройств не обеспечивает условия эффективной стимуляции.

Необходимо продолжить исследования в области технологии WBC, учесть алгоритм истинный алгоритм изменения температуры в процедурной кабине.

Литература:

1. Costello JT, Donnelly AE, Karki A, Selfe J. Effects of wholebody cryotherapy and cold water immersion on knee skin temperature. *Int J Sports Med*. 2014. P. 35–40
2. Шиман А.Г., Кирьянова В.В., Максимов А.В., Баранов А.Ю. Клинико-физиологические аспекты применения криотерапии // Вестник СПб Государственной Медицинской Академии им. И.И. Мечникова. 2001. № 1, С. 27-35.
3. Синькова В.А., Осина А., Баранов А.Ю. Энергетические и конструктивные условия эффективности аппаратов для общего криотерапевтического воздействия // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. С. 25-33.
4. Баранов А.Ю., Низкотемпературные установки медицинского назначения. Ч. 1. Аппараты для общего криотерапевтического воздействия // Санкт-Петербург: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. - 178 с.
5. Cholewka A, Stanek A, Sieroń A, Drzazga Z. Thermography study of skin response due to whole-body cryotherapy. *Skin Res Technol*. 2012. P.180–187.
6. Баранов А.Ю., Малышева Т.А. Экспериментальная проверка результатов измерения температуры поверхности кожного покрова пациента до и после общего криотерапевтического воздействия // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2016. № 4 (136). С. 40-46.
7. Малышева Т.А., Баранов А.Ю. Моделирование процесса охлаждения поверхности кожного покрова пациента // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 84-88.

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

УДК 621.565.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРОТКОГО ДИФфуЗОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДЯНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Н.Ю. Филькин, В.Л. Юша, В.С. Евдокимов

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

finick@inbox.ru

Водяные теплообменные аппараты с воздушным охлаждением нашли широкое применение в системах вентиляции и кондиционирования, где они используются в качестве калориферов и чиллеров [1, 2]. Они могут входить в состав технологического агрегата (например, центрального кондиционера), либо устанавливаться индивидуально в воздуховоде [3, 4]. В последнем случае необходимо конструктивно обеспечить переход от круглого или прямоугольного сечения воздуховода к прямоугольному сечению теплообменника, при этом площадь поперечного сечения воздуховода практически всегда существенно меньше ометаемой площади проточной части теплообменника. Как правило, это обеспечивается применением диффузоров. Одним из самых простых и распространенных решений является так называемый диффузор в виде плоской перегородки с круглым отверстием (рис. 1, а). Как показал опыт исследования фильтров с короткими диффузорами, такое решение ухудшает равномерность обдува его проточной части [5–7]. Можно предположить, что и применительно к теплообменному аппарату такое решение не является эффективным. Одним из вариантов решения данного вопроса является применение безотрывного диффузора большой длины с небольшим углом раскрытия, который обеспечит плавный переход от одного сечения к другому. Однако такое решение не всегда приемлемо, например, в условиях ограничений по размерам аппарата. В этой ситуации возможно применение короткого диффузора, имеющего небольшую относительную длину (рис. 1, б). Одной из рекомендаций по улучшению работы короткого диффузора является установка в его проточной части направляющих [8]. Применительно к фильтрам такое решение обеспечивает равномерное распределение воздушного потока по ометаемой поверхности фильтрующего элемента, что заметно повышает эффективность фильтра в целом при сохранении его компактности [9]. В случае применения короткого диффузора с внутренними направляющими в водяном теплообменнике с воздушным охлаждением следует учитывать, что в разных зонах поперечного сечения проточной части на теплообменной поверхности имеет место разный градиент температуры между водой и охлаждающим воздухом. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности равномерного распределения потока воздуха в проточной части теплообменника. Более того, можно сделать предположение, что применительно к рассматриваемому теплообменному аппарату необходимо обеспечивать неравномерный обдув теплообменной поверхности. Экспериментальная

проверка данной гипотезы и стала целью исследований, результаты которых представлены ниже.

В ходе экспериментальных исследований были рассмотрены четыре варианта конструкции водяного теплообменного аппарата: с плоской перегородкой (рис. 1, а); с коротким диффузором без направляющих (рис. 1, б); с коротким диффузором и равномерно установленными направляющими (рис. 1, в); с коротким диффузором и неравномерно установленными направляющими (рис. 1, г). Каждый вариант конструкции включал в себя корпус 3 с однорядной змеевиковой оребренной теплообменной секцией 4, внутри которой сверху вниз двигалась предварительно нагретая вода. В передней части корпуса располагалась плоская перегородка 2 либо короткий диффузор 5, к которым присоединялось кольцо для крепления вентилятора 1. Внутри короткого диффузора имелась возможность монтажа направляющих 6: равномерно или неравномерно установленных. В последнем случае воздух преимущественно направлялся в верхнюю, наиболее нагретую часть теплообменной секции. Для каждой конструкции предусматривались два варианта работы вентилятора: на обдув и протягивание, что обеспечивалось разворотом вентилятора.

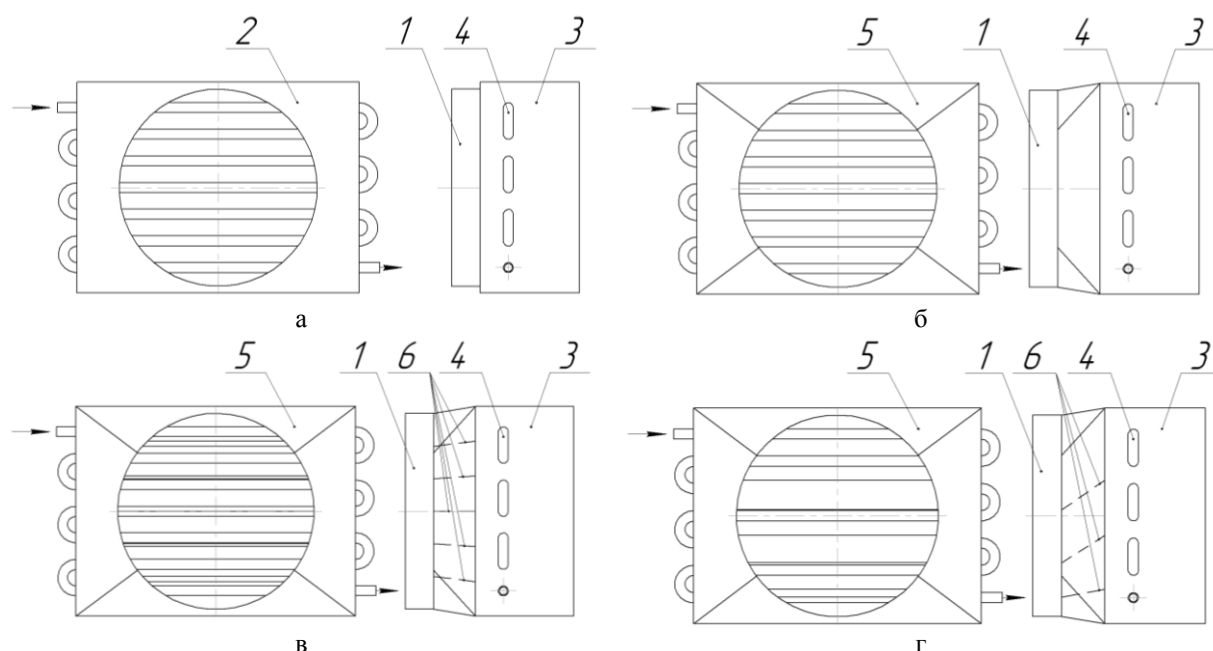


Рис. 1. Схемы экспериментальных теплообменных аппаратов:

а – с плоской перегородкой; б – с коротким диффузором без направляющих; в – с коротким диффузором и равномерно установленными направляющими; г – с коротким диффузором и неравномерно установленными направляющими; 1 – кольцо для крепления вентилятора; 2 – плоская перегородка; 3 – корпус; 4 – теплообменная секция; 5 – короткий диффузор; 6 – направляющие

Для проведения экспериментальных исследований был разработан и сконструирован экспериментальный стенд, а также разработана методика экспериментального исследования теплообменника, выполняющего функцию калорифера.

Экспериментальный стенд, помимо теплообменного аппарата, включал в себя теплоизолированный резервуар для воды со встроенным электрическим нагревателем, входной трубопровод, водяной насос, счетчик воды и выходной трубопровод. При этом счетчик и насос монтируются на входном трубопроводе, соединяющем резервуар с верхним входным патрубком теплообменника. Выходной трубопровод служит для отвода воды от нижнего выходного патрубка теплообменника во вспомогательный резервуар. Измерение температуры воздуха и воды осуществляется на входе и выходе теплообменного аппарата с помощью термпар. Термпары посредством аналого-

цифрового преобразователя подключаются к ЭВМ, на экране которой результаты измерений выводятся в виде температурных кривых. Скорость воздуха на входе и выходе теплообменного аппарата измеряется анемометром. Скорость воздуха регулируется изменением частоты вращения вентилятора, подключенного к частотному преобразователю. Вода в резервуаре нагревается до 60 °С; контроль за температурой осуществляется посредством ртутного термометра. Измерения выполнялись на одном режиме расхода воды (массовый расход 0,029 кг/с) и при пяти режимах расхода охлаждающего воздуха (скорость от 0,6 до 1,8 м/с с шагом 0,3 м/с).

Погрешность измерения температуры воды и воздуха составила 0,85%; погрешность измерения расхода воды – 2,17%; погрешность измерения скорости воздуха – 4,3%. Погрешность определения мощности теплообменника составила 2,33%.

На рис. 2 представлены основные результаты экспериментального исследования различных вариантов конструкций водяного теплообменного аппарата при разных режимах работы вентилятора.

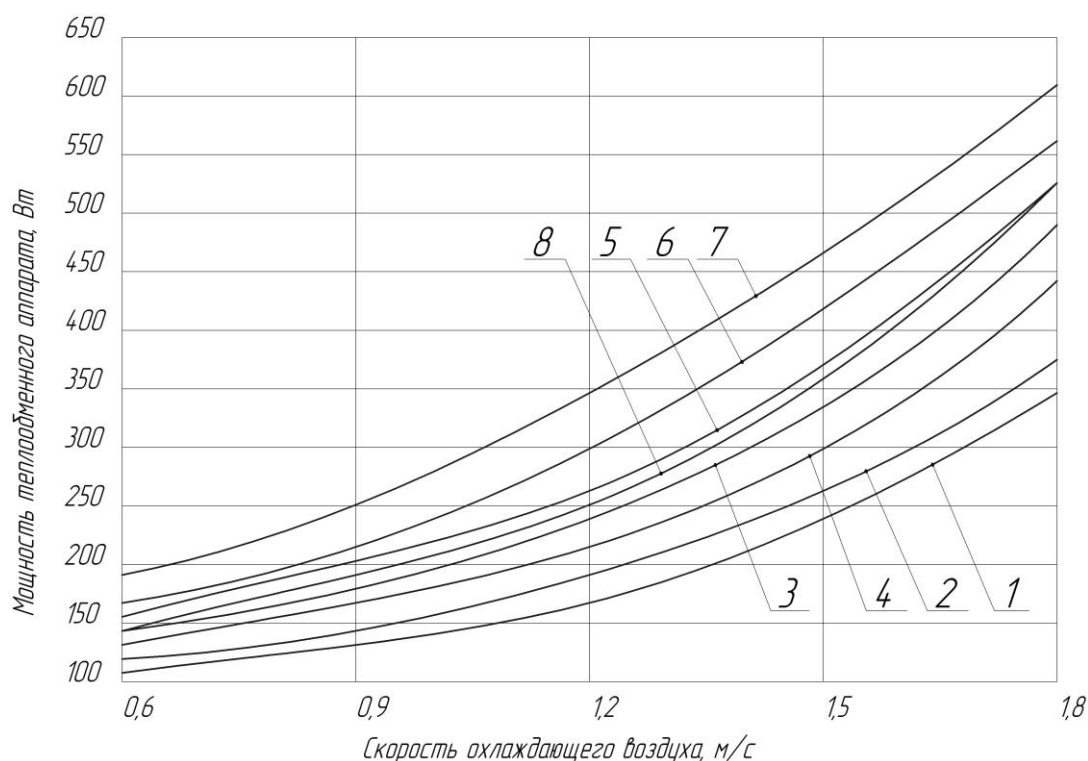


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований в части зависимости мощности теплообменного аппарата от скорости охлаждающего воздуха для следующих вариантов:

- 1 – плоская перегородка (обдув); 2 – плоская перегородка (протяжка);
- 3 – короткий диффузор без направляющих (обдув);
- 4 – короткий диффузор без направляющих (протяжка);
- 5 – короткий диффузор с равномерно установленными направляющими (обдув);
- 6 – короткий диффузор с равномерно установленными направляющими (протяжка);
- 7 – короткий диффузор с неравномерно установленными направляющими (обдув);
- 8 – короткий диффузор с неравномерно установленными направляющими (протяжка)

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что установка короткого диффузора с внутренними направляющими повышает эффективность теплообменного аппарата относительно базовой конструкции с плоской перегородкой:

– при работе вентилятора на обдув наилучшие результаты показала конструкция с коротким диффузором и неравномерно установленными направляющими (увеличение эффективности более чем на 60%);

– при работе вентилятора на протягивание наилучшие результаты показала конструкция с коротким диффузором и равномерно установленными направляющими (увеличение эффективности более чем на 50%).

Таким образом, представленные результаты доказали возможность эффективного применения короткого диффузора с внутренними направляющими в конструкции водяного теплообменника воздушного охлаждения и актуальность их совершенствования проточной части.

Литература:

1. Стефанов, Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е. В. Стефанов. – СПб. : Изд-во «Авок Северо-Запад», 2005. – 400 с.
2. Свистунов, В. М., Пушняков, Н. К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства / В. М. Свистунов, Н. К. Пушняков. – СПб. : Политехника, 2007. – 423 с.
3. Угорова, С. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение : курс лекций / С. В. Угорова. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2015. – 128 с.
4. Пиралишвили, Ш. А. Кондиционирование и вентиляция : учеб. пособие / Ш. А. Пиралишвили. – Рыбинск : Изд-во РГАТА, 2002. – 80 с.
5. Filkin, N. Yu. Theoretical analysis of change of gasdynamic characteristics of the dust filter with the short diffuser in operation process / N. Yu. Filkin, V. L. Yusha // Oil and gas engineering (OGE-2016) Omsk State Technical University, Russian Federation, 25-30 April 2016. ProcediaEngineering, Volume 152, 2016, Pages 270–275.
6. Филькин, Н.Ю. Газодинамические характеристики коротких диффузоров для фильтров и теплообменных аппаратов стационарных и передвижных компрессорных установок / Н. Ю. Филькин // Компрессорная техника и пневматика. – 2016. – № 2. – С. 42–44. – 0,2 п.л.
7. Юша В.Л. , Максименко В.А., Фот А.Н. Особенности расчета последовательно включенных конденсаторов водяного и воздушного охлаждения с плавающим давлением конденсации // Вестник Международной академии холода. 2017. №3. С. 28-34.
8. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М.О. Штейнберга. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
9. Yusha, V. L., Fil'kin, N.Yu. Numerical Analysis of Gas Dynamic Efficiency of Short Diffusers with Internal Guiding Blades / V. L. Yusha, N.Yu. Fil'kin // Chemical and Petroleum Engineering. – November 2016. - Volume 52. – Issue 7. – pp. 484 – 487.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Д.О. Тимагин, А.Л. Емельянов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

zebster07@gmail.com

Разработка системы кондиционирования воздуха для железнодорожных составов, и, в частности, для тепловозов, является трудоемкой задачей, для выполнения которой требуется учитывать множество факторов. В данной статье будут приведены основные моменты, требующие внимания при разработке этих систем.

Обеспечение нормальных климатических условий в обслуживаемом помещении является основной задачей установок кондиционирования воздуха. Однако возможности изменения параметров ограничиваются лишь теми интервалами, которые заданы при проектировании системы. Первостепенным фактором, влияющим на разработку, являются метеорологические основы.

К метеорологическим основам можно отнести: погоду, климат, наличие (или отсутствие) солнечного излучения. Термин «погода» обозначает состояние атмосферы, определяемое конкретными параметрами в заданном районе. К таким параметрам относят температуру наружного воздуха t_n , относительную влажность ϕ_n , давление p_n , скорость движения воздуха ω и плотность падающего теплового потока q_n [1].

Под термином «климат» следует понимать среднее изменение погоды в определенных районах или областях. При этом важно выделить четыре характерные климатические зоны: холодную, умеренную, сухую теплую и влажную теплую. В каждой из этих зон есть свои особенности, которые должны учитываться при проектировании и эксплуатации установок кондиционирования, например, среднегодовые температуры, абсолютные годовые экстремумы температуры и энтальпии наружного воздуха, экстремальные температурные показатели, нормальные среднемесячные параметры и т.д.

Заслуживает отдельного внимания так же и плотность падающего теплового потока. Это та часть лучистого потока, которая попадает на ограждения кузова или локомотива при прохождении земной атмосферы.

Как уже говорилось выше, в задачу систем кондиционирования на подвижных составах входит обеспечения термически приемлемых параметров в вагоне или кабине локомотива, которые необходимы для пребывания в нем людей. Эти требования будут выполняться лишь если количество тепла и влаги, выделяемое человеком, будет успешно ассимилироваться. Это подводит к теплофизиологическим основам кондиционирования.

Охлаждающая способность среды зависит от температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, а также от температур ограждающих поверхностей. Количество тепла и влаги, которые поступают от человека, зависит от многих факторов, таких как: пол, возраст, особенности организма. Ключевую роль здесь будет играть характер выполняемой работы – при нахождении в состоянии покоя человек выделяет порядка 80 Вт, при выполнении легкой работы это значение повышается уже до 170 Вт, а при тяжелой физической нагрузке оно может достигать 750 Вт [1]. Помимо прямой теплоотдачи и конвекции, в окружающую среду

от человека также поступает теплота посредством скрытого теплообмена испарением, 10% которого составляют испарения с выдыхаемым воздухом, а 90% – с поверхности тела. Важным понятием будет также понятие “комфортной зоны” – той области параметров, при которых человек испытывает состояние комфорта. Она зависит от таких факторов как время года, одежда, возраст, самочувствие человека и климатическая зона.

Кроме очевидных мероприятий по компенсации тепловпотерь и утилизации избытков теплоты, требующей упоминания проблемой является необходимость соблюдения гигиенических норм в вагонах или кабине машиниста. Для выполнения этой задачи необходимо подводить чистый и обновлять загрязняемый человеком воздух в помещении, удаляя посторонние запахи и уменьшая концентрацию пыли. Физическая очистка воздуха достигается с помощью фильтров, которые очищают поступающий в кабину или вагоны воздух. Основные понятия, используемые при очистке воздуха, это кратность циркуляции наружного воздуха (отношение объема общего количества наружного воздуха, подаваемого за 1 ч. в помещение, к объему этого помещения) и минимально необходимое количество воздуха, приходящееся на одного человека. Для того чтобы в процессе расчета выбрать необходимое количество наружного воздуха, нужно руководствоваться статистическим опытным материалом, полученным на основании физиологических и гигиенических соображений. Например, при нормальных условиях на одного человека по санитарным нормам на железнодорожном транспорте должно приходиться 15 м³/ч. свежего воздуха [2].

Подводя итог всем изложенным моментам и резюмируя вышесказанное, нужно разъяснить, что расчет системы кондиционирования, количества наружного воздуха и схемы его обработки приводится на основе тепловлажностного баланса. На рис. 1 представлена простейшая расчетная модель, на которой изображены основные расчетные нагрузки в купе вагона или кабину локомотива.

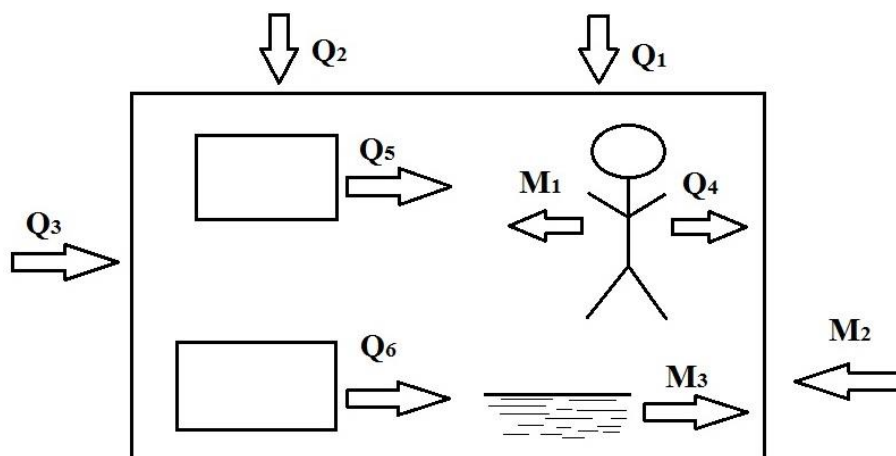


Рис. 1. Расчетная модель притока тепла и влаги

- Q_1 – приток тепла через ограждение;
- Q_2 – с инфильтрацией воздуха;
- Q_3 – от солнечного излучения;
- Q_4 – от людей;
- Q_5 – от нагретых поверхностей и работающего оборудования;
- Q_6 – от системы отопления;
- M_1 – поступления влаги от человека;
- M_2 – с инфильтрационным воздухом;
- M_3 – от смоченных поверхностей.

Основной составляющей тепловлажностного баланса является поступление тепла через ограждения кузова или локомотива [1]. При определении этой составляющей следует учитывать множество факторов, таких как изменение скорости движения локомотива, изменение температуры и относительной влажности, наличие солнечного излучения, перемещение поезда в пределах различных климатических зон. Термическое сопротивление конструкций ограждений в значительной степени зависит от теплотехнических свойств материалов, которые применяются в качестве тепловой изоляции.

Нельзя пренебрегать и таким фактором, как инфильтрация, то есть проникновение наружного воздуха внутрь вагона или кабины через неплотности ограждающих конструкций вследствие разности температур или воздействием ветра, из-за которой могут происходить существенные потери теплоты.

Поступления тепла от людей, оборудования и осветительных приборов гораздо более предсказуемы, могут рассчитываться с большой точностью и в очень малой степени зависят от изменения погоды или климатических зон.

Поступления теплоты от солнечного излучения изменчиво, оно сильно меняется в зависимости от времени года и часа дня, поэтому в расчетах тепловлажностного баланса необходимо изменение лучистого потока во времени и от высоты солнцестояния [1].

Влага, поступающая в вагон или кабину локомотива, обеспечивается в основном от людей и инфильтрационного воздуха и зависит от состояния воздуха внутри помещения и температуры наружного воздуха.

Для наглядности и оценки термических нагрузок в данной работе был выполнен расчет теплопритоков и теплопотерь кабины локомотива [3, 4].

Теплопритоки в кабину летом поступают: через ограждения кузова вследствие перепада температур воздуха снаружи и внутри кабины; от солнечной радиации; тепловыделений людей; работы установленного оборудования; притока наружного воздуха, подаваемого в кабину вентиляцией.

Результаты расчета теплопритоков, произведенного для определения производительности системы охлаждения, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Суммарные теплопоступления

Виды и источники теплопоступлений	Теплопоступления при расчетных параметрах наружного и внутреннего воздуха, кВт
1. Теплопоступления через ограждающие конструкции кузова	0,87
2. Теплопоступления от солнечной радиации:	
2.1. Стена боковая	0,142
2.2. Крыша	0,073
2.3. Остекление	1,265
3. Теплопоступления от людей	0,234
4. Теплопоступления от оборудования	0,09
5. Теплопоступления от освещения	0,05
6. Теплопоступления от наружного воздуха	1,131
7. ИТОГО	2,855

В зимнее время года теплопотери происходят: через ограждения кузова вследствие перепада температур воздуха снаружи и внутри кабины; в результате инфильтрации воздуха; от подачи в кабину холодного вентилирующего воздуха.

Результаты расчета теплотерь кабины машиниста, произведенного для определения мощности системы отопления, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Суммарные теплотери

Виды и источники теплотерь	Теплотери при расчетных параметрах наружного и внутреннего воздуха, кВт
1. Теплотери через ограждающие конструкции кузова	5
2. Теплотери от инфильтрации воздуха	1,27
3. Теплотери от наружного воздуха	0,7
4. ИТОГО	6,97

Литература:

1. Маханько М.Г., Сидоров Ю.П. «Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах и на локомотивах». М., «Транспорт», 1981.
2. СП 2.5.1198-03 «Санитарные нормы и правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте».
3. Фаерштейн Ю.О., Китаев Б.Н. «Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах» М., «Транспорт», 1984.
4. Зворыкин М.Л., Черкез В.М. «Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах» М., «Транспорт», 1977.

ПРИЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.Б. Сулин, А.С. Марченко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

miconata@rambler.ru, mandserg@gmail.com

Прирост населения мира ежегодно составляет около 80 млн человек, что безусловно сказывается на росте энергопотребления, заставляя человечество увеличивать количество электростанций, в том числе атомных, а так же сжигать с каждым годом все больше топлива для покрытия потребностей в тепле. Поиск путей экономии ресурсов, а так же реализация зеленых и энергосберегающих технологий является одной из приоритетных задач для инженеров всего мира. Энергопотребление комплекса систем жизнеобеспечения составляет одну из самых больших долей в балансе энергопотребления любого здания и часто может достигать значений более 50% от общего энергопотребления здания. В теплый период года это прежде всего затраты на вентиляцию и кондиционирование воздуха, в холодный период года – затраты на вентиляцию и отопление.

Системы жизнеобеспечения, к которым относятся системы вентиляции, тепло- и холодоснабжения являются неотъемлемой частью современных зданий, сооружений, транспортных и прочих объектов. Задача этих систем состоит в создании комфортных условий для нормальной жизнедеятельности находящихся внутри людей, поддержания их работоспособности, пресечения распространения различных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путем.

Традиционные методы расчета систем, используемые большинством проектных организаций, сводятся к расчетам систем жизнеобеспечения в установившихся режимах работы при самой низкой температуре наружного воздуха в холодный период года и самой высокой в теплый период года. Данный метод расчета абсолютно оправдан и проверен десятилетиями успешной практики, однако при должном уточнении всех входных параметров и использовании современных методик расчета, имеет перспективы к получению более оптимальных результатов [1].

Основными путями повышения энергоэффективности систем жизнеобеспечения различных объектов являются:

- учет нестационарных процессов, протекающих в помещениях, объемах их перекрытий и стен;
- учет круглогодичного почасового изменения параметров окружающей объект среды, инсоляции, ветровых нагрузок;
- учет функционального назначения здания, его помещений, количества людей и их перемещений в течение дня между помещениями.

Включение указанных выше факторов в традиционные методики расчетов возможно, но влечет за собой ряд сложностей, основным из которых станет потребность в использовании современных методик и программных продуктов. Однако полученные результаты позволят создать концепции систем жизнеобеспечения зданий, со сниженными, относительно объектов, рассчитанных традиционными методами, затратами как на приобретение оборудования систем, так и на его эксплуатацию [2].

Одним из методов, позволяющих реализовывать при помощи ЭВМ сложные логико-математические модели и следить за их поведением в режимах реального и ускоренного течения времени, является имитационное моделирование [3]. Имитационное моделирование является прикладной методологией, позволяющей:

- описывать поведение системы;
- строить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;
- предсказывать будущее поведение и оценивать (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы.

Для реализации метода имитационного моделирования на практике необходимо построение сложной имитационной модели, представляющей из себя логико-математическое описание системы, которое можно перевести в описание, исполняемое на ЭВМ – программу. Данная программа представляет из себя взаимосвязь основных необходимых проектировщику наборов величин, являющихся параметрами системы, например, в каждом требуемом помещении. Данный подход дает возможность путем изменения различных переменных следить за изменением поведения всей системы, то есть проводить с ней эксперименты. Таким образом, логико-математическое имитационное моделирование – это представление динамического поведения системы посредством продвижения ее от одного состояния к другому во времени или воспроизведение поведения моделируемой системы во времени [4].

Имитационное моделирование целесообразно использовать в ситуациях, когда:

- проведение экспериментов с реальной системой невозможно или дорого;
- требуется изучить поведение системы при ускоренном или замедленном времени;
- аналитическое описание поведения сложной системы невозможно;
- поведение системы зависит от случайных воздействий внешней среды;
- требуется выявить реакцию системы на непредвиденные ситуации;
- требуется проверить идеи по созданию или модернизации системы;
- требуется подготовить специалистов по управлению реальной системой.

Еще одним важным фактором, говорящим в пользу имитационного моделирования как важного этапа работы при проектировании систем жизнеобеспечения является возможность использования агентного моделирования (от англ. agent-based model), позволяющего создавать так называемых агентов, то есть воздействий, своим поведением определяющих поведение системы [5]. Причем в качестве агента в создаваемой имитационной модели может выступать, например, образ, обладающий тепловыделениями и потребностью в свежем воздухе обычного человека, перемещающийся из помещения в помещение. При появлении этого образа в обслуживаемом помещении, системы жизнеобеспечения, такие как вентиляция, и кондиционирование, приводятся в действие, обеспечивающая его на время нахождения в помещении комфортные условия. Также в качестве агентов можно использовать любые другие случайным или упорядоченным образом возникающие в разных точках системы.

Построенная по методологии имитационного моделирования система позволяет создать масштабную модель любого сооружения, за изменением требуемых параметров которого можно наблюдать как в режиме реального, так и ускоренного времени. При условии использования почасовой статистики метеорологических данных региона строительства или базирования проектируемого объекта, предоставляемой в настоящее время специализированными организациями, возможно создание имитационной модели, описывающей круглогодичное поведение системы. Доступной станет информация, характеризующая пики систем, можно будет наблюдать за состоянием объекта в каждую секунду его функционирования. Возможно будет оценивать затраты

на коммунальные платежи в каждый месяц года. Удается избежать неприятных конфликтов систем, и, что самое главное, точно подобрать требуемую мощность оборудования, избежав переразмеренного из-за принятых проектировщиками для подстраховки запасов.

Построенная по методике имитационного моделирования логико-математическая модель будет учитывать такие параметры сооружения как площадь помещений и наружных ограждений, их конструктивное исполнение, функциональное назначение каждого помещения, пути перемещений сотрудников в течении дня и характер их работы, параметры окружающей среды в течение года, почасовые графики изменения температуры и солнечной радиации. Стены и перекрытия здания будут иметь тепловую инертность. Система вентиляции будет реагировать на изменение содержания углекислого газа в воздухе помещений. Тепло- или холодоснабжение данной системы (в зависимости от температуры наружного воздуха) будет значительно экономиться по сравнению с традиционными постоянно работающими системами. Потребная нагрузка на систему отопления будет рассчитываться исходя из тепловыделений в самом помещении и учитывать нагрузку от инсоляции. В ночное время и в выходные температура в помещениях будет снижаться.

Предварительные оценки позволяют утверждать о значительных перспективах использования метода имитационного моделирования при проведении проектных работ.

Литература:

1. Каменский Д.П. Имитационные модели автоматизации анализа и синтеза проектных решений систем жизнеобеспечения зданий: дис. ... канд. техн. Москва, 2011. 101 с.
2. Сигачев Н.П. Энергосбережение в зданиях с управляемыми тепло-воздухообменными режимами: дис. ... д-ра техн. наук. Чита, 2001.
3. Бигдан В.Б. Актуальные проблемы и тенденции в области современного имитационного моделирования.
4. Боев В.Д. Компьютерное моделирование. Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7:.. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
5. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах.

БИОТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГООБМЕНА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Ю.Н. Санкина, А.Б. Сулин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

ulyashka95@yandex.ru

Одной из задач систем жизнеобеспечения является поддержание теплового комфорта человека. Упростить эту задачу позволяет процесс биотеплового моделирования. Он способствует нахождению оптимальных решений для создания комфортных условий жизнедеятельности человека. В данной статье кратко рассказывается об основных существующих методах измерения теплового комфорта человека. К настоящему моменту существует большое количество различных тепловых моделей, однако не все они получили широкое распространение.

Сегодня большой популярностью пользуется международный стандарт ISO 7730. Он представляет собой метод прогнозирования теплового ощущения человека PMV (predicted mean vote) и степень дискомфорта PPD (predicted percentage of dissatisfied) [1].

Индекс PMV прогнозирует усредненное значение чувствительности большой группы людей к температуре окружающей среды на основе баланса температуры тела человека по 7-балльной шкале [2], представленной в таблице 1.

Таблица 1

Шкала значений индекса PMV

PMV, баллы	Ощущения человека
+3	жарко
+2	тепло
+1	немного тепло
0	нейтрально
-1	немного прохладно
-2	прохладно
-3	холодно

Данный метод опирается на физику тепломассообмена между человеком и средой, где он находится. В методе PMV сочетается четыре физические характеристики: температура воздуха, скорость воздуха, температура основного излучения и относительная влажность. Помимо этого, также учитывается степень изоляции одеждой и уровень активности. Все эти характеристики преобразуются в коэффициент, использующийся для предсказания средней теплоотдачи от большого количества людей. Главная задача это достигнуть $PMV = 0$.

Индекс PMV связан с индексом PPD, данная взаимосвязь представлена на рис. 1.

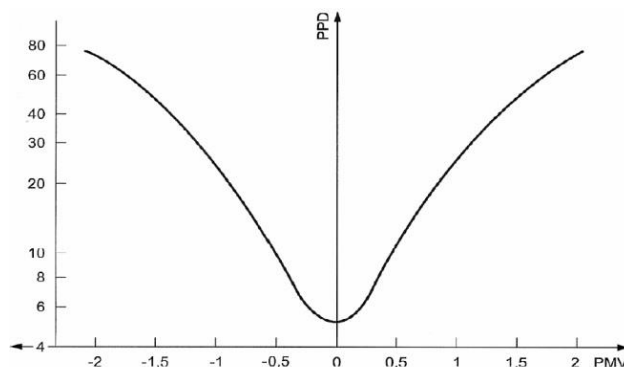


Рис. 1. Взаимосвязь индексов PMV и PPD

Показатель PPD— это прогнозируемый процент людей, которые недовольны температурой среды, то есть им слишком тепло или холодно. Поскольку люди ощущают тепловой дискомфорт по-разному, то значение данного индекса не опускается ниже 5% [1].

Однако, данные индексы опираются только на теорию и не учитывают, что человеческий организм может подстроиться под условия окружающей среды. Это значит, что они не могут точно предсказать ситуации, которые случаются в реальной жизни. В связи с этим, они применимы только для абсолютно стабильных и неизменных условий [3].

Существует также и адаптивная модель (aPMV) описанного выше индекса. Ее особенностью является то, что она учитывает способность человеческого организма подстраиваться под изменения параметров окружающей среды. Данный метод основан на том, что температура, соответствующая комфортным условиям, зависит от температуры наружного воздуха [4]. Но и эта модель имеет свои недостатки: она не учитывает такие важные моменты, как уровень активности, изоляционные свойства одежды, а также параметры среды, в которой находится человек [5].

Как было отмечено ранее, существуют также и другие модели, например, тепловая модель человека НТМ, описанная Кэрл Смит в своей работе [3] в 1991 году. Ее модель состоит из нескольких основных элементов: пассивной системы и системы терморегуляции.

Пассивная система представляет собой человеческий организм, который условно разделен на 15 частей, каждая из которых подразделяется еще на 4 составляющие: кости, мышцы, жир и кожу (рис. 2). Все эти части аппроксимируются концентрическими цилиндрами. Исключением является лишь голова, которая аппроксимируется концентрическими сферами [3]. Данные подразделения производятся для того, чтобы получить наиболее реалистичный результат при решении уравнений теплового баланса, поскольку у каждого участка свои физические характеристики.

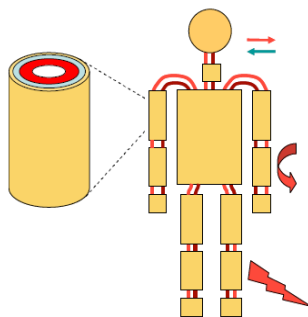


Рис. 2. Условное разделение тела в тепловой модели человека

Помимо внутреннего строения организма тепловая модель учитывает такие факторы как одежда. Ведь одежда играет важную роль в процессе теплообмена тела человека с окружающей средой. В данном процессе она проявляет изолирующие способности. Этот эффект достигается за счет прослойки воздуха между одеждой и кожей человека [3].

Описанную выше модель можно считать более универсальной. Она учитывает не только внутреннее строение организма, но и внешние факторы, влияющие на теплообмен, например, одежду. Так же данная тепловая модель человека учитывает терморегуляционную систему, которая существенно влияет на ощущение состояния теплового комфорта.

Человеческий организм – это сложная и саморегулирующаяся система, которая стремится к равновесию с окружающей средой. Всякое нарушение данного состояния, связанное с изменением внешних факторов, вызывает соответствующие изменения в деятельности человека. Для того чтобы не допустить этих нарушений были созданы тепловые модели, которые способствуют анализу параметров окружающей среды, давая возможность адаптироваться к ней, чтобы человек оставался в зоне комфорта. В соответствии с этим можно выделить основные моменты, которым должна соответствовать тепловая модель: она должна точно описывать все части человеческого тела, то есть быть многоэлементной, и должна быть изменяемой, то есть зависеть от внешних факторов окружающей среды.

Литература:

1. ГОСТ Р ИСО7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта».
2. Усманов Ш.З. «Моделирование энергетических затрат на отопление и охлаждение 5-этажного жилого дома и оценка температурных условий по индексам теплового комфорта PMV и PPD», ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2013.
3. Smith C. Three-Dimensional Model of the Human Thermal System, Kansas State University, USA, 1991.
4. Humphreys M.A. Outdoor temperatures and comfort indoors. Building Research and Practice, 1978
5. Fanger P.O. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. Energy and Buildings, 2002

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Т.В. Рябова, А.Б. Сулин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Rjabova_tatjana@mail.ru

Теплоощущения человека с позиций состояния его теплового баланса с окружающей средой определяются совокупностью внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относятся фактор подвижности и относительной влажности воздуха, а также температурный фактор, представляющий собой совокупное воздействие конвективной (актуальной) температуры воздуха, и температуры ограждений, определяемой чаще всего как средняя радиационная температура (температура «черного шарового термометра»). Внутренними факторами, принадлежащими непосредственно человеческому субъекту, являются одежда (имеется в виду ее термическое сопротивление) и теплопродукция организма (метаболизм), которая определяется анатомическими данными и уровнем физической активности (категорией трудности выполняемой работы) [1].

В основу методики комплексной оценки уровня комфортности умеренного микроклимата по стандарту ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [2] положены определения индексов теплового комфорта PMV и PPD. Прогнозируемая средняя оценка PMV - индекс, с помощью которого определяется среднее значение чувствительности к параметрам микроклимата по 7-балльной шкале. PPD – это показатель, который устанавливает прогнозируемый процент недовольных микроклиматом людей, которым слишком тепло или слишком холодно. Функциональная зависимость $PPD = f(PMV)$ получена на основании математической обработки результатов субъективной оценки микроклиматических условий для большой выборки испытуемых [3].

Авторами доклада предложена методика расчета параметров микроклимата, обеспечивающих заданный уровень теплового комфорта в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 7730. Методикой предусмотрено получение зависимостей требуемой температуры воздуха в функции от влажности, подвижности, радиационной разности температур при различных уровнях метаболизма и теплоизоляции одежды. Результаты приведены в табличной и графической форме, а также в виде аппроксимирующих полиномов. Расчеты выполнены для помещений класса В, т.е. в диапазоне ожидаемых тепловых ощущений от «немного прохладно» до «немного тепло» для следующих диапазонов параметров: уровень метаболизма 68 Вт/м²...177 Вт/м², термическое сопротивление одежды 0,108 м²К/Вт...0,202 м²К/Вт, подвижность воздуха 0,1 м/с...0,7 м/с, относительная влажность воздуха 20 %...80 %, радиационная разность температур -8 °С...+8 °С. Полученные зависимости для параметров микроклимата, обеспечивающих заданный уровень теплового комфорта, могут быть использованы для обоснования энергоэффективных режимов работы систем кондиционирования воздуха [4].

Рассмотренные выше подходы к обоснованию требуемых параметров микроклимата жилых и производственных помещений относятся к так называемой статической модели (модель Фангера). Другим подходом к оценке теплоощущений

является адаптивная модель, предложенная де Диром [5]. Основным отличием адаптивной модели от статической модели является учет психофизиологических и поведенческих факторов на формирование теплоощущений. В то время как статическая модель описывает тепловой баланс тела человека с окружающей средой вне зависимости от состояния параметров наружного климата, адаптивная модель учитывает влияние сезонных факторов на восприятие микроклиматических параметров помещения. При данном подходе учитывается способность человеческого организма реагировать на изменения окружающей среды посредством трех реакций организма, таких как физиологическая, психологическая и поведенческая. Используя все эти реакции вместе человек способен достигнуть комфорта, обеспечивая тепловой баланс тела в изменившейся среде.

По результатам выполненных исследований, с учетом не только поведенческой, но и физиологической и психологической реакции людей предложена следующая зависимость для адаптивного индекса:

$$aPMV = \frac{PMV}{1 + \lambda \cdot PMV}, \quad (1)$$

где λ это адаптивный коэффициент, зависящий от разности температур наружного и внутреннего воздуха.

С целью вычисления адаптивного коэффициента были проведены измерения в обычных зданиях во время холодного и теплого периодов [5,6]. Использовался опрос людей одновременно со слежением за параметрами воздушной среды. Основной целью было найти несоответствия между PMV и aPMV моделями в одинаковых условиях, и на этом основании вычислить адаптивный коэффициент. В ходе исследования было учтено большое количество факторов, начиная с возраста и пола опрашиваемых, и заканчивая подбором различных помещений, с целью максимально возможного уменьшения погрешности измерений.

На рисунке приведены зависимости индексов теплового комфорта для теплого и холодного периодов года.

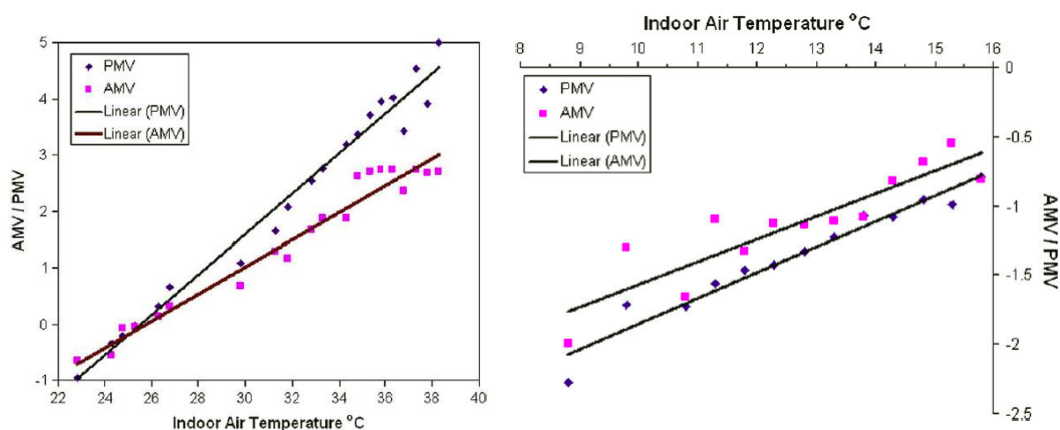


Рис. 1. Зависимость теплоощущений от температуры

Данные графики (рис. 1) показывают, что при одинаковой внешней температуре значения PMV (статическая модель) больше в теплый период и меньше в холодный, чем значения aPMV (адаптивная модель).

В результате расчетов, среднее значение λ для 20 измерений в теплый период было

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{20} (Y_i - X_i)}{20} = 0,293. \quad (2)$$

А для 16 измерений в холодный

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{16}(y_i - x_i)}{16} = -0,125. \quad (3)$$

В итоге, были получены зависимости для $aPMV$ в теплый и холодный период соответственно:

$$aPMV = \frac{PMV}{1 + 0.293 \cdot PMV}, \quad (4)$$

$$aPMV = \frac{PMV}{1 - 0.125 \cdot PMV}. \quad (5)$$

Рассмотрение и исследование новой модели позволило выяснить зависимость старого коэффициента от нового. В качестве коэффициента был введен адаптивный коэффициент, учитывающий способность человека привыкать и адаптироваться к изменяющимся условиям. В случае же, если он равен нулю, разницы между моделями не возникает, так как отсутствует фактор адаптации. Таким образом, адаптивная модель предполагает более широкий диапазон нормирования температуры, подвижности и относительной влажности, что определяет повышение энергоэффективности систем жизнеобеспечения.

Литература:

1. ГОСТ Р ИСО 8996-2008 Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ. – М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с.
2. ГОСТ Р ИСО 7730-2009 Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. – М.: Стандартинформ, 2011. – 38 с.
3. Сулин А.Б., Рябова Т.В., Рубцов А.К., Никитин А.А Индексы теплового комфорта: Методические указания к контрольной работе для студентов всех специальностей факультета холодильной, криогенной техники и кондиционирования очной и заочной форм обучения. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 30 с.
4. Поддубный Р.А., Рябова Т.В., Сулин А.Б. Построение матриц изокомфортных значений параметров микроклимата. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;41(2):68-74.
5. deDearRJ, BragerGS. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE standard 55. Energy and Buildings 2002;34(6):549–611.
6. Yao R. Study on indoor climate simulation and thermal comfort. PhD thesis. Chongqing Jianzhu University, Chongqing, China; 1997

ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УРОВНЯ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА

Р.А. Поддубный, Т.В. Рябова, А.Б. Сулин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

poddubniy.rodion94@yandex.ru

При проектировании зданий и сооружений для достижения определенного уровня теплового комфорта необходимо учитывать факторы окружающей среды и личные факторы, которые влияют на тепловые ощущения человека. Среди самых распространённых стандартов для оценки микроклимата можно выделить: ISO 7730:2005(E) [1] и его российский аналог в ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [2] «Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта», разработанные Американским обществом инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха стандарт ANSI/ASHRAE Standard 55 [3] «Термические условия окружающей среды для человека» и Европейским комитетом по стандартизации – EN 15251:2007 «Исходные параметры внутренней среды для проектирования и оценки энергетической характеристики зданий, относительно качества воздуха внутри помещения, тепловой среды, освещения и акустики» [4]. Основными методами оценки являются метод PMV/PPD и адаптивный метод.

Использование стандартов при ручной оценке уровня теплового комфорта требует больших трудовых и временных затрат. В последнее время появилось много интерактивных инструментов, которые упрощают проведение оценки. В данной статье будут рассмотрены несколько программных инструментов, которые могут быть применены для расчетов.

В статье [5] приведена программа в табличном редакторе Microsoft Excel, которая была разработана сотрудниками ФГУП НИИ промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства, и позволяет вычислять составляющие теплового баланса и индексы теплового комфорта PMV и PPD в соответствии с положениями ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Расчет индексов базируется на решении уравнения теплового комфорта П.О. Фангера [6]. Исходными величинами для расчета являются: температура, скорость воздуха, относительная влажность, скорость метаболизма и теплоизоляция комплекта одежды. Вычисления выполняются методом последовательных приближений. Интерфейс программы и пример расчета индексов теплового комфорта представлен на рис. 1.

Вводимые величины						Расчётные величины																	
Измеренные				Определённые		Вспомогательные					Итерационный расчёт средней температуры одежды												
ta, °C	tr, °C	Va, м/с	Ya, %	M, Вт/м²	Icl, кло	Pa, Па	Var, м/с	W, Вт/м²	ts, °C	fcl	tcl1(17), °C	tcl2(17), °C	Δtcl(17), °C	tcl1(18), °C	tcl2(18), °C	Δtcl(18), °C	tcl1(19), °C	tcl2(19), °C	hc, Вт/м²·K	tcl, °C			
22,00	22,00	0,10	60,00	69,60	0,50	1585,86	0,10	0,00	33,75	1,10	28,96	28,96	0,00	28,96	28,97	28,97	0,00	28,97	3,87	28,96			
										Показатели теплового обмена										Индексы комфорта			
		Ed, Вт/м²		Esw, Вт/м²		Eres, Вт/м²		L, Вт/м²		C, Вт/м²		R, Вт/м²		Σ, Вт/м²		B, Вт/м²		PMV, бал				PPD, %	
		11,16		4,81		5,07		1,17		29,59		32,25		84,05		-14,45		-0,76				17,22	

Рис. 1. Пример расчета индексов теплового комфорта PMV и PPD в табличном редакторе Microsoft Excel

В работе [7] введено понятие матриц изоконфортных значений параметров микроклимата, которые могут быть использованы для обоснования оптимальных режимов работы систем кондиционирования воздуха.

Расчеты теплового комфорта в соответствии со стандартами ASHRAE 55-2013 и EN15251 могут быть выполнены в веб-инструменте CBE Thermal Comfort Tool. Описание работы калькулятора теплового комфорта опубликовано группой учёных Центра Искусственной Среды Калифорнийского университета в Беркли [8]. В данной программе доступны две модели расчетов: метод PMV/PPD и адаптивный метод (рис. 2).

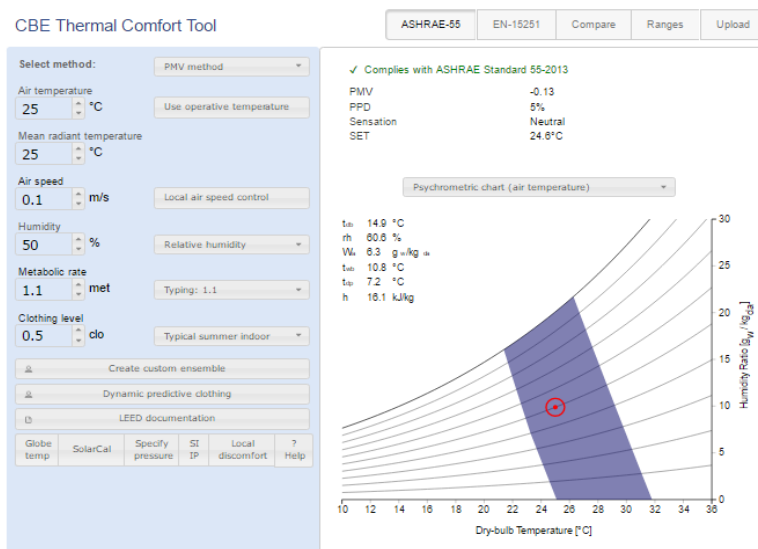


Рис. 2. Веб-инструмент CBE Thermal Comfort Tool

Интерфейс веб-инструмента можно разделить на 3 основные части

1. Раздел пользователя
2. Результаты расчета
3. Визуализация условий теплового комфорта

Раздел пользователя содержит поле для вводимых данных, по которым осуществляется расчет теплового комфорта. Все параметры, которые используются для расчетов, приведены в таблице 1.

Во втором разделе представлены результаты расчета инструмента, которые зависят от выбранного стандарта и метода оценки.

Третий раздел содержит визуализацию параметров теплового комфорта – психометрическую или адаптивную диаграмму. В левой верхней части психометрической диаграммы (рис. 2) находится интерактивное поле, в котором отображаются параметры точки, на которую указывает пользователь. Всего отображается шесть основных параметров влажного воздуха:

- температура сухого термометра
- относительная влажность
- влагосодержание
- температура мокрого термометра
- температура точки росы
- энтальпия

В веб-инструменте реализованы дополнительные функции, которые позволяют: проводить оценку локального дискомфорта, переключаться между единицами измерения (СИ и британской системой единиц), предсказывать необходимый уровень теплоизоляции одежды и формировать LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)-документацию.

Вводимые параметры

Метод оценки теплового комфорта	Факторы	Параметр
Метод PMV/PPD	Условия окружающей среды	Температура воздуха
		Радиационная температура (MRT)
		Оперативная температура
		Влажность
		Скорость воздуха
	Личные факторы	Скорость метаболизма
		Теплоизоляция одежды
Адаптивный метод	Условия окружающей среды	Температура воздуха
		Радиационная температура
		Средняя температура наружного воздуха

Использование программ и инструментов для оценки уровня теплового комфорта позволяет сократить временные затраты. Современные инструменты имеют большой спектр возможностей, которые могут использоваться как при проектировании новых зданий и помещений, так и для оценки теплового комфорта существующих зданий и помещений на соответствие их требованиям стандартов и выбора оптимальных режимов работы систем кондиционирования воздуха.

Литература:

1. ISO (2005). ISO 7730:2005, Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, International Organization for Standardization, 7730, 1-52.
2. ГОСТ Р ИСО 7730-2009 Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. – М.: Стандартинформ, 2011. – 38 с.
3. ANSI/ASHRAE (2010). ANSI/ASHRAE 55-2010: Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 55.
4. CEN (2007). EN 15251-2007, Criteria for the indoor environment including thermal, indoor air quality, light and noise, European Committee for Standardization, 15251.
5. Писанко В.Л. Программа расчета показателей теплового комфорта в табличном редакторе Microsoft Excel. / Писанко В.Л., Заглядимов А.Е., Степанов В.В., Сулин А.Б. С-Пб.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы морской и водолазной медицины» 25-26 июня, 2015. – 256 с.
6. Индексы теплового комфорта: Методические указания к контрольной работе для студентов всех специальностей факультета холодильной, криогенной техники и кондиционирования очной и заочной форм обучения /Сулин А.Б., Рябова Т.В., Рубцов А.К., Никитин А.А. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 30 с.
7. Поддубный Р.А., Рябова Т.В., Сулин А.Б. Построение матриц изокофортных значений параметров микроклимата. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. Т. 41. № 2. С. 68-74.
8. Schiavon, S., T. Hoyt, and A. Piccioli. 2014. Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55. Building Simulation, Volume 7, Issue 4, 321-334.

РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМОГО ВОЗДУШНОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

С.С. Муравейников, С.А. Сорокин, А.А. Никитин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

ssmuraveinikov@corp.ifmo.ru

Системы вентиляции и кондиционирования давно уже стали неотъемлемой частью представления современного человека о необходимых условиях для комфортной работы и времяпровождения. На сегодняшний день сложно найти предприятие, офис или пункт общественного питания, не оборудованного хотя бы самой примитивной системой жизнеобеспечения. Способствует этому и нормативное регулирование в отдельных отраслях, не позволяющее обойти необходимость установки таких систем.

Результатом бурного развития оснащенности различных объектов системами вентиляции являются, зачастую, низкие потребительские качества таких систем, заложенные как на различных стадиях проектирования, так и на стадии воплощения готового проекта. В обоих случаях причиной этому служит желание организаций, эксплуатирующих объекты, сэкономить. Последствиями таких решений служат недостаточный уровень комфорта для сотрудников и посетителей, а также низкие показатели энергоэффективности используемых систем.

В конечном итоге принятые решения не удовлетворяют ни первоначальной цели установки вентиляционного оборудования – обеспечению комфортных условий для человека, ни желанию заказчика сэкономить, поскольку примитивные системы приводят к высоким эксплуатационным затратам, перекрывающим мнимую выгоду от приобретения более дешевого, малоэффективного оборудования.

В качестве решения данной проблемы можно выполнить полное переустройство систем вентиляции с использованием централизованных вентиляционных агрегатов широко представленных на рынке на сегодняшний день. Такие агрегаты включают в себя все необходимые компоненты - оснащены различными системами рекуперации теплоты и дополнительными модулями охлаждения воздуха. Данные мероприятия позволяют добиться существенного снижения эксплуатационных затрат при повышении качества микроклимата в эксплуатируемом объекте. Однако установка таких агрегатов требует, как правило, масштабной модернизации существующих систем, включающей частичную прокладку новых воздухопроводов, избавление от старых нагревательных элементов, вентиляторов, систем управления. В случае принятия решения об оснащении таких установок системой централизованного охлаждения также потребуется установка внешнего компрессорно-конденсаторного блока, либо чиллера, что приведет к дополнительным материальным затратам и вмешательству во внешний облик здания. Помимо этого, столь масштабное переустройство системы вентиляции потребует значительных затрат на монтажные операции как при замене самой системы вентиляции, так и при разборке и переустройстве элементов отделки, перегородок, потолков и других элементов интерьера.

Столь значительные материальные затраты препятствуют повсеместной модернизации морально устаревшего оборудования. Это в значительной степени

отражается на общем уровне энергопотребления зданий и сооружений, поскольку системы жизнеобеспечения зачастую потребляют свыше 50% от их общего энергопотребления. Упрощение процесса модернизации многочисленных существующих систем вентиляции и снижение материальных затрат на их переоснащение является актуальной задачей.

Была разработана схема встраиваемого воздушного теплоутилизатора, способного решить такую задачу. Согласно предварительным расчетам, устройство обладает высокими показателями энергоэффективности, не уступающими применяемым на сегодняшний день централизованным решениям, при этом его установка в существующую систему сопровождается минимальными трудозатратами и сохраняет большую часть уже имеющегося оборудования.

Устройство и схема включения теплоутилизатора представлены на рис. 1.

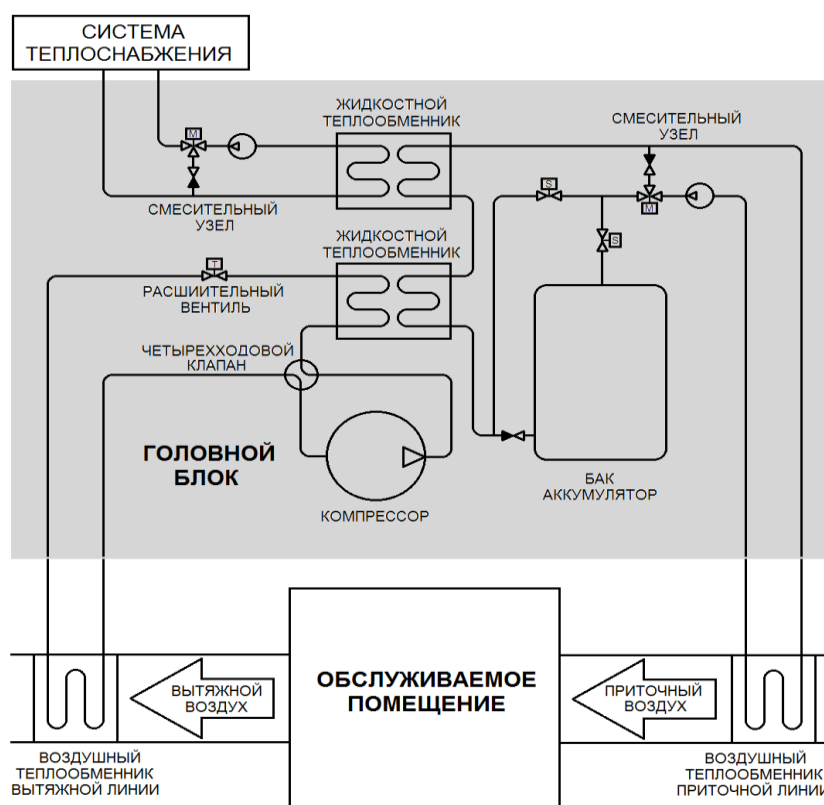


Рис. 1. Устройство и схема включения теплоутилизатора с функцией централизованного охлаждения воздуха

Устройство состоит из головного блока и двух теплообменных аппаратов встраиваемых в воздуховоды существующей вентиляционной сети. В головном блоке размещены основные элементы фреонового и гликолевого контуров, а так же щит управления. Теплообменный аппарат на линии вытяжной вентиляции соединяется с головным блоком фреоновыми трассами, выполненными из медных трубок. Теплообменник приточной линии подключается к портам вывода теплоносителя металлопластиковыми или полипропиленовыми трубами. При этом в случае модернизации существующей системы допускается использование ранее установленного в нее водяного калорифера, без его замены на новый теплообменный аппарат. Раздельная конструкция позволяет расположить головной блок на удалении от воздуховодов, проложив соединительные трубопроводы в стенах или за потолком, что экономит пространство в обслуживаемом помещении. Сам же головной блок может быть установлен в техническом помещении, для его установки необходимо лишь подвести к нему электропитание и трубопроводы от системы теплоснабжения здания.

В качестве системы рекуперации теплоты в разработанной схеме применяется фреоновый тепловой насос. Испаритель теплового насоса встраивается в вытяжной воздуховод вблизи его вывода за пределы ограждающих конструкций здания. Отобранная за счет испарения хладагента теплота вытяжного воздуха передается в конденсаторе теплового насоса промежуточному теплоносителю, который в свою очередь отдает её приточному воздуху. Благодаря способности фреоновому испарителю создавать значительный температурный напор между хладагентом и вытяжным воздухом, устройство способно утилизировать постоянное количество теплоты вне зависимости от температур наружного воздуха.

Использование контура промежуточного теплоносителя и встроенной в него аккумуляторной емкости позволяет решить сразу несколько задач. Возможность подвода к теплоносителю теплоты от внешних источников, таких как система теплоснабжения здания, позволяет поддерживать температуру приточного воздуха в период пиковых нагрузок. Благодаря этому становится возможным уменьшение типоразмера встроенного теплового насоса при сохранении необходимого коэффициента обеспеченности. В случае частичной нагрузки в более теплый период года, избыточная теплота, отнимаемая устройством, сохраняется в теплоаккумуляторе и может быть использована в дальнейшем без запуска теплового насоса. За счет этого удастся избежать необходимости прямого регулирования производительности фреонового контура и связанных с этим значительных затрат на производство установки. В конечном итоге наличие контура теплоносителя позволяет устройству обеспечивать стабильную работу во всем диапазоне нагрузок без значительного повышения ее стоимости.

Помимо эффективной утилизации теплоты устройство может обеспечивать централизованное охлаждение приточного воздуха. Для реализации этой функции в устройстве предусмотрена возможность установки в фреоновый контур четырехходового клапана, двустороннего расширительного устройства и двух соленоидных вентилей. При минимальных изменениях в изначальной конструкции устройство позволяет заменить канальный кондиционер, обеспечивая эффективное охлаждение приточного воздуха в теплый период года. При этом нет необходимости в установке внешнего компрессорно-конденсаторного блока или чиллера – отводимая от приточного воздуха теплота отдается вытяжному воздуху. Такое решение позволяет не только уменьшить количество монтажных операций на объекте и сократить капиталовложения, но и сохранить внешний облик оснащаемого здания, что особенно важно при коттеджном строительстве и модернизации охраняемых объектов культурного наследия.

Конструктивные особенности теплоутилизатора не требуют сведения воздуховодов приточной и вытяжной вентиляции в одну точку, благодаря чему удастся сэкономить пространство и упростить монтаж на объекте. Помимо этого, являясь теплообменным аппаратом с промежуточным теплоносителем, устройство может быть использовано на объектах, на которые распространяются ограничения связанные с недопустимостью контакта вытяжного и приточного воздуха, таких как учреждения здравоохранения и некоторые производственные помещения.

На данный момент проект находится на стадии разработки конструкторской документации, необходимой для создания действующего прототипа теплоутилизатора. Изготовление и последующие испытания прототипа, запланированные в лаборатории кафедры инженерного проектирования систем жизнеобеспечения Университета ИТМО, позволят с точностью определить эксплуатационные характеристики устройства, разработать для него методики расчета и подбора.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАЗОРОВ В РАБОЧИХ ОРГАНАХ ВИНТОВЫХ ОДНОРОТОРНЫХ КОМПРЕССОРАХ

А.Ф. Миникаев, В.А. Пронин, П.В. Крапивко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

artyr_minikaev@mail.ru

На сегодняшний день в сфере компрессоростроения крайне важными считаются проблемы подбора и оптимизации геометрических параметров, рационального моделирования рабочих органов винтовых однороторных винтовых компрессоров (ВКО), решение которых приведет к гораздо экономичным процессам получения сжатого воздуха и газов, необходимых в стратегических отраслях промышленности нашей страны, уменьшая расходы на изготовление винтовых компрессоров [1–2]. Решение проблемы усложняется большими требованиями к режущим инструментам для изготовления роторных винтов, зубьев отсекателей и к точности их нарезания на специальных станках с ЧПУ [3].

Проблемы, связанные с формой винтов и отсекателей, могут быть решены созданием универсальных алгоритмов и пошаговых методик для полного изучения оптимизаций и зацеплений винтов с любым профилем зубьев отсекателя и с главной целью поиска более оптимальных их отработки технологических процессов производства [4]. Технология решения должна основываться на использовании специализированных систем автоматизированного проектирования – САПР систем, подобных как AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС-3D или подобные.

Поиски новейших видов специальных профилей зубьев отсекателя и роторов, использование которых позволило бы гарантировать наиболее высокие характеристики, такие как КПД ВКО, способствовали появлению многочисленных видов профилей зубьев отсекателей и винтов, что к конечному счету приводит к оптимизации зазоров между рабочими органами и в уменьшении протечек между ними. Реализуемо в государствах, входящих в СНГ итоги подобных исследований можно отследить по большому количеству печатных трудов [1–7], диссертаций и научно-исследовательских статей. На сегодняшний период широкое изучение получили инвариантные циклоидальные симметричные профили, полученные с помощью типовых кривых гипоциклоид и эпициклоид, эллиптические, окружные и совокупность разного вида асимметрических профилей. Профиль асимметричный как правило состоит из известных профилей смещенных друг с другом на нескольких участках, из сегментов дугового типа, кривых, созданных согласно эвольвенте или согласно вычисленным формулам [4–7].

Многочисленные проблемы, связанные с совершенствованием ВКО находят решение посредством поиска рационального вида профиля из многочисленного ряда или комбинаций различных типов, применяя более эффективные и позитивные их качества в пределах рабочих параметров эксплуатации ВКО. Существуют относительные оценки разных видов профилей зубьев отсекателей, предложения по улучшениям их геометрии [8]. При наглядном сравнении графиков основных зависимостей с главными геометрическими и рабочими характеристиками ВКО с различными видами профилей, и с разным отношением ширины зубьев к их высоте, то

в многочисленных вариантах выгода от применения какого-го профиля зуба с другими может оказаться небольшой [9].

На данный момент сформировалось мнение об ограничении возможностей симметричных профилей с целью увеличения КПД и для решения данной задачи более эффективнее применение несимметричного, в последующем улучшая его конфигурацию, оптимизируя длину и высоту зазора между зубьями отсекаателей и роторным винтом. В таком случае подбор рационального профиля выполняется из базового набора полученных таким методом профилей посредством сопоставления КПД, получаемых в результате термодинамического моделирования в специализированных программах расчета компрессоров [10]. Профиль рабочих органов винтового компрессора должен выполнять требования, предоставляемые теоретическим зацеплением, технологиями изготовления, массогабаритными показателями, экономичностью, герметичности [11]. Наиболее трудоемким является обеспечение герметичности в полостях сжатия и оптимизации зазоров для уменьшения и полного исключения перетечек компримируемой среды из полостей высокого давления в полости с низким давлением. Основной упор для решения данных проблем является поиск новых профилей винтов в направлении моделирования геометрически точечного зацепления в виде кривых зацепления [12].

Недостаточно исследованными являются профили, которые возможно смоделировать для других типов зацепления, к примеру «поверхность к поверхности». Поверхности винтов с подобным зацеплением обладали бы незначительной по высоте, длинные и с гораздо большим путем дросселирования щели [13]. Данные изменения могут значительно увеличить герметичность. Аналитические вычисления подобных ВКО очень трудоёмки, для решения этой задачи проще применять специальные системы автоматизированного проектирования, т.е. CAD и CAM системы [14, 15].

По данной причине всего вышесказанного существуют потребность для создания такого рода многоцелевой технологии исследования зацеплений, для работы с любым типом зубьев отсекаателей, для подбора более оптимальной геометрической конфигурации.

Процесс создания геометрии ВКО включает в себя предварительный расчет, 3D моделирование, конструкционные оптимизации, формирование технологии изготовления и программы на станках с ЧПУ или для создания на 3D принтерах. Оптимизация данных функций существенно сокращает время выхода компрессоров на рынок. Далее необходимо исследовать геометрию ВКО в твердотельном трехмерном виде, корпус и сопрягающие их элементы [18].

В настоящее время наиболее широкое применение получили двухроторные винтовые компрессоры (ВКМ), запатентованные Лисхольмом в 1936 году. ВКМ производятся многими зарубежными фирмами (Grasso, Holl-Termotank и др.) и нашли применение в холодильной технике в частности в чиллерах систем кондиционирования воздуха [16].

Промышленный образец ВКО впервые был запатентован Зиммерном в 60-х. Все зарубежные компрессоры выпускаются по схеме: центральный винт и два зубчатых отсекаателя, имеющие прямоугольную форму зуба. В конце 80-х годов прошлого века Прониным В.А. был запатентован ВКО с окружной формой зуба рабочих органов. Опытный образец компрессора был изготовлен и успешно испытан [1, 17].

В качестве примера рассмотрим профилирование ВКО разработанный Прониным А.В. Главная проблема состояла в том, что боковая поверхность зуба отсекаателя ВКО имела плоскую поверхность, а сам зуб представлял винтовой столб. Данные характеристики способствовали образованию зазоров между ротором и зубом отсекаателя, которые были не постоянны по длине и высоте, что способствовало перетечкам компримируемой среды из областей повышенного давления в области с пониженным давлением, приводя к уменьшению КПД ВКО. Техническим заданием

необходимо смоделировать винт диаметром 160 мм и длиной 160 мм, зуб отсекающий высотой 10 мм и диаметром 60 мм, оптимизировав зазоры, т.е. сделать их постоянными по высоте в любой точке зацепления ротора и зуба отсекающего. (рис. 1, рис. 2).

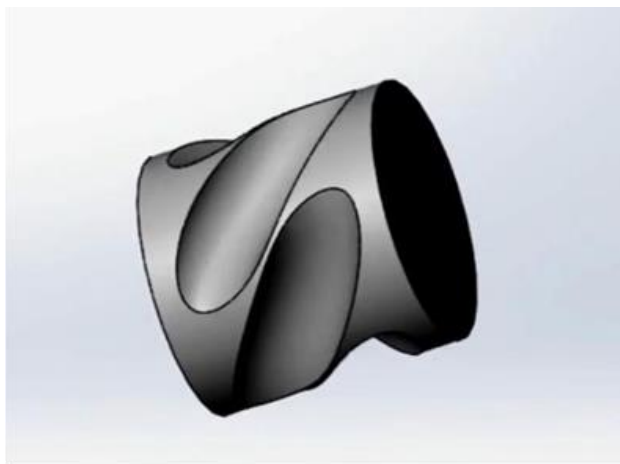


Рис. 1. Итоговый результат винтового ротора

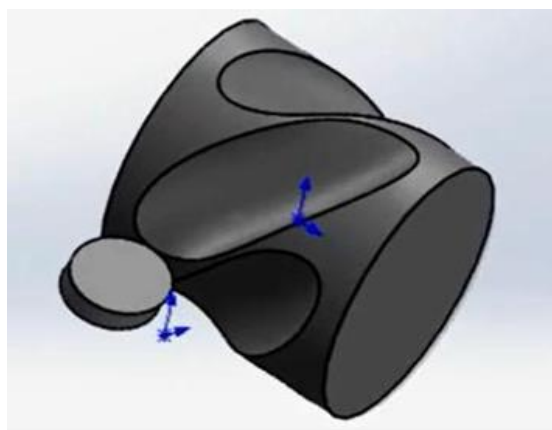


Рис. 2. Зуб отсекающего с винтовым ротором

Рассмотрены некоторые способы применения систем САПР для проектирования рабочих органов ВКО. На основании компьютерной модели разработанной с использованием алгоритма, были напечатаны рабочие органы винтового однороторного компрессора винтовой ротор и зуб отсекающего на 3D-принтере. Полученный макет зуба отсекающего имеет сложную форму. Были оптимизированы зазоры между рабочими органами ВКО. Также этот метод может использоваться для проверки их геометрии, построения и проверки режущего инструмента.

Литература:

- 1.Пронин, В.А. Винтовые однороторные компрессоры для холодильной техники и пневматики: дис. ... докт. тех. наук. СПб., 1998. 226 с.
2. Bloch, H.P. Reciprocating Compressors: operation and maintenance / H.P.Bloch, J.J. Hoefner // Gulf Professional Publishing. – 1996. N 6.
3. Perry, R.H. Perry's Chemical Engineers' Handbook / R.H. Perry, D.W. Green // McGraw Hill. – 2007. – N 8.

4. Bloch, H.P. Reciprocating Compressors: operation and maintenance / H.P.Bloch, J.J. Hoefner // Gulf Professional Publishing. – 1996. N 7.
5. Френкель, М.И. Поршневые компрессоры / М.И.Френкель – М.-Л.: Машгиз, 1960. – 344 с. 58
6. Aungier, R.H. Centrifugal Compressors – A Strategy for Aerodynamic design and Analysis / R.H. Aungier // Technical journal ASME – 2000. – N 2.
7. Сакун, И. А. Винтовые компрессоры / И.А.Сакун - М.-Л.: Машгиз, 1960. – 400 с.
8. Potray L.D. Powered by The People Resources Company / L.D. Potray // HVAC Compressor. – 2010. – 21 July.
9. Jim W. Scroll Compressors: The Inside Story / W.Jim // Contracting Business. PentonMediaInc. – 1988. - November.
10. Спиральные компрессоры в холодильных системах / Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин – Рязань: Узорочье, 2003. – 379 с.
11. Косачевский, В.А. О математической модели рабочего процесса спирального компрессора / В.А.Косачевский // Компрессорная техника и пневматика. – 1997. – N.14 – 15. – С. 40 – 46.
12. Пронин В.А., Долговская О.В., Миникаев А.Ф. К вопросу протечек компримируемой среды в рабочей части однороторного винтового компрессора (ВКО) сокружной формой зуба // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 43–46.
13. Ухин, Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод. Учебное пособие / Б.В.Ухин – М.: Инфра – М, 2016. – 320 с.
14. Воронецкий, А.В. Современные компрессорные станции (Концепции, проекты, оборудование) / А.В. Воронецкий – М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2008. – 614 с.
15. А.С. 1813924 СССР Однороторная винтовая машина / В.А.Пронин, Г.Н. Ден, И.И.Новиков; опубл. в Б.И., 1992, N 23.
16. Pan, J. 3D bioprinting of tissues and organs / J.Pan // Nature Biotechnology. – 2014 № 32, С. 773–785.
17. Excell, J. The rise of additive manufacturing / J.Excell // The Engineer. Retrieved. – 2013. – С. 31–56.
18. Freedman, D.H. Layer By Layer / D.H. Freedman // Technology Review. – 2015. – N 115. – С. 50–53.

ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ В СТОМАТОЛОГИИ

Т.А. Исмаилов, Т.А. Рагимова, М.А. Хазамова

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия

kaftoe2016@yandex.ru

В последние годы в стоматологической практике наблюдается тенденция перехода к наиболее естественным и неинвазивным методам диагностики и лечения, к которым можно отнести термоодонтодиагностику. Данная методика представляет собой определение точного диапазона температурной чувствительности зубной пульпы. Адекватная реакция (если нагревание и охлаждение вызывают соответствующее ощущение) свидетельствует о нормальном состоянии пульпы. При воспалении пульпы происходит сужение индифферентной зоны и при незначительных отклонениях от температуры тела (на $5\div 7^{\circ}\text{C}$) уже возникает ответная реакция в виде продолжительных интенсивных или ноющих болей [1].

В практике врача-стоматолога до недавнего времени использовались эфир, горячая (холодная) вода и другие раздражители. В результате неоспоримости преимуществ термоэлектрического метода охлаждения и нагрева были созданы термоэлектрические устройства для стоматологии. Так, известно устройство для температурной диагностики и электроодонтометрии состояния зубов [2], содержащее воздействующий элемент, включающий в себя размещенные в корпусе медный зонд, термоэлектрическую батарею, находящуюся в тепловом контакте с медным зондом и проточным радиатором, источник постоянного тока, выполненный с возможностью задания температуры воздействия, и датчик температуры, расположенный внутри корпуса. Недостатками данного устройства являются его значительные габаритные размеры и низкая точность температурной диагностики в результате: малой контактной площади и неплотного прилегания медного зонда к поверхности зуба; инерционности процесса теплового воздействия ввиду больших габаритных размеров прибора; удаленности датчика температуры от воздействующей части наконечника; отсутствия автоматической смены температурных режимов; отсутствия обратной связи с пациентом.

В НИИ «Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи и устройства» при ФГБОУ ВО «ДГТУ» разработана конструкция прибора для термоодонтометрии, повышающего точность диагностики, контроля и регулировки температуры воздействия, позволяющего создавать температурный градиент между исходным и соседними зубами, улучшить массогабаритные показатели устройства, повысить качество контакта с поверхностью зуба и скорость учета обратной реакции пациента, а также уменьшить инерционность процесса при смене температурных режимов.

Данная конструкция приведена на рис.1,2. Устройство состоит из набора воздействующих съемных насадок 1, теплопроводящего опорного блока 2 и блока контроля и регулировки температуры воздействия 3. В свою очередь каждая воздействующая съемная насадка 1 состоит из диэлектрических прижимных пластин 4 различной формы, фиксирующих насадку на зубе, высокотеплопроводной гелевой прокладки 5, приводимой в контакт с поверхностью зуба, эластичность которой обеспечит ее плотное прилегание к поверхности зуба, полупроводникового термоэлектрического модуля (ТЭМ) 6 с выступающими электрическими выводами 7,

алюминиевой пластины 8, имеющей форму четырехгранной усеченной пирамиды для создания направляющей боковой поверхности воздействующей съемной насадки. При этом высокотеплопроводная гелевая прокладка 5 находится в тепловом контакте с рабочими спаями 9 ТЭМ 6, опорные спаи 10 которого находятся в тепловом контакте с алюминиевой пластиной 8, а внутренняя поверхность гелевой прокладки 5 содержит датчик температуры 11, связанный с блоком контроля и регулировки температуры воздействия 3. Теплопроводящий опорный блок 2 включает в себя короб 12 с ручкой 13, боковые стенки 14 и ручка 13 которого выполнены из материала с низкой теплопроводностью, а верхняя стенка представляет собой цельнометаллический радиатор 15, оребренный с внешней стороны, из материала с высокой теплопроводностью. При этом боковые стенки 14 опорного блока 2 имеют скошенные направляющие 16 у основания для возможности вставки и фиксации алюминиевой пластины 8 воздействующей съемной насадки 1, и две пары пазов (левый 17 и правый 18 соответственно) с электрическими контактами 19 под выступающие электрические выводы 7 ТЭМ 6. Блок контроля и регулировки температуры воздействия 3 включает в себя блок питания (БП) 20, связанный с программируемым блоком управления (ПБУ) 21, на который поступает сигнал от датчика температуры 5, содержащий цифровое табло 22, а также портативный размыкающий ключ 23, связанный с блоком питания 20.

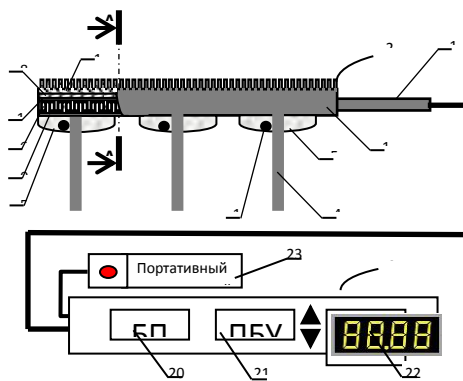


Рис. 1. Конструкция полупроводникового термоэлектрического устройства для контрастной термоодонтометрии с воздушным охлаждением

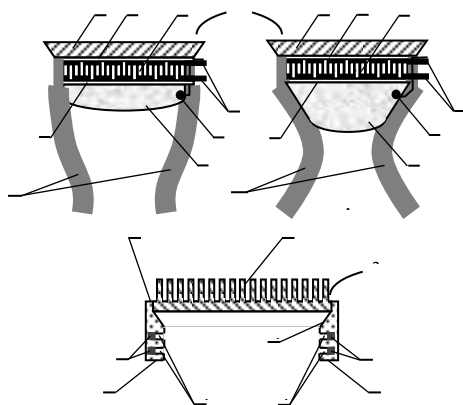


Рис. 2. Полупроводниковое термоэлектрическое устройство для контрастной термоодонтометрии в разрезе А-А

Принцип работы предлагаемого устройства следующий.

Перед началом использования прибора в опорный блок вставляются воздействующие съемные насадки, подобранные в соответствии с формой зубов.

Крайние воздействующие съемные насадки посредством выступающих электрических выводов ТЭМ должны контактировать с электрическими контактами в левой паре пазов, а центральная воздействующая съемная насадка посредством выступающих электрических выводов ТЭМ должна контактировать с электрическими контактами в правой паре пазов, что обеспечивает дифференциацию питания съемных насадок. Расстояние между воздействующими съемными насадками может варьироваться в соответствии с геометрией зубов пациента, а диэлектрические прижимные пластины позволят при контакте устройства с ними прижать его плотнее для улучшения теплового контакта с высокотеплопроводной гелевой прокладкой. Далее на программируемом блоке управления задается температура воздействия центральной воздействующей съемной насадки, которая отображается на цифровом табло. В соответствии с заданной температурой с ПБУ подается электрический сигнал на БП, который питает ТЭМ центральной воздействующей съемной насадки величиной тока, соответствующего заданной температуре воздействия, а на ТЭМ крайних съемных насадок от БП подается величина электрического тока, соответствующая температуре воздействия величиной 36,6°C. При подаче электрического тока на ТЭМ их рабочие спаи начинают охлаждаться либо нагреваться в соответствии с заданной температурой воздействия и охлаждать либо нагревать высокотеплопроводную гелевую прокладку, температура которой фиксируется датчиком температуры и передается на ПБУ.

Стабилизация температуры опорных спаев ТЭМ всех используемых насадок осуществляется через их тепловой контакт с алюминиевыми пластинами и единым теплопроводящим опорным блоком. Опорные спаи крайних воздействующих съемных насадок будут охлаждать цельнометаллический радиатор, а опорные спаи центральной воздействующей съемной насадки будут его нагревать (при охлаждении биообъекта).

При смене температуры воздействия центральной съемной воздействующей насадки добиваются болевой реакции пациента по верхней и нижней границам температурного интервала, которую он фиксирует нажатием кнопки на портативном размыкающем ключе, электрически связанном с БП. Питание ТЭМ в этом случае прекращается, а температура воздействия фиксируется на цифровом табло.

Литература:

1. Диагностика заболеваний пульпы и периодонта. Казань: Медицина, 2002. С. 9–14.
2. Патент US № 4350488 А, 21.09.1982 г. Dental pulp tester / Laurance B. Devis.

КОНСТРУКЦИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИНТЕНСИФИКАТОРА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Т.А. Исмаилов, Д.К. Кадирова, О.В. Евдулов

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия

kadirova.djamilya@yandex.ru

В настоящее время существует целый ряд областей применения термоэлектрических устройств, где имеет место изменение температуры теплоносителей вдоль поверхностей термоэлектрической батареи (ТЭБ), поглощающих и выделяющих тепло [1]. В первую очередь сюда относятся различные типы теплообменных аппаратов и интенсификаторов теплопередачи: охладители и нагреватели потоков жидкостей и газов, кондиционеры, утилизаторы нагретых отходов производств и т. п. При значительном прогрессе в теории и практике термоэлектрической техники работы по устройствам подобного типа практически отсутствуют, не разработаны в полной мере их теоретические основы, не указаны эффективные режимы работы, не определены области целесообразного применения. Поэтому представляет интерес исследование термоэлектрических теплообменных аппаратов специальной конструкции с улучшенными энергетическими и массогабаритными характеристиками, их оптимизация, определение основных параметров, а также рациональных областей применения. Указанный интерес обусловлен недостаточностью исследований в этой области наряду с острой необходимостью разработки действенных высокоэффективных теплообменных аппаратов с улучшенными свойствами. Отмеченные обстоятельства и определяют актуальность разработки новых модификаций термоэлектрических теплообменных аппаратов.

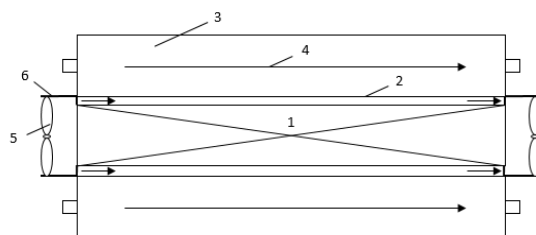


Рис. 1. Структурная схема термоэлектрического теплообменного аппарата

Разработана конструкция прибора для интенсификации процесса теплопередачи между потоками двух сред, структурная схема которого изображена на рис. 1 [2]. Аппарат состоит из термоэлектрической батареи 1, составленной из идентичных по размерам и физическим свойствам термоэлементов, питаемой источником электрической энергии (на рис.1 не показан), обе поверхности которой находятся на некотором расстоянии от стенок 2 транспортных зон 3 с движущимися в них средами 4. В начале и конце транспортных зон 3 в направлении, перпендикулярном движению сред 4 устанавливаются вентиляторные агрегаты 5, запитываемые от того же источника электрической энергии, что и термоэлектрическая батарея 1. Вентиляторные агрегаты 5 осуществляют продув воздуха в зазоре между стенками 2 транспортных зон 3 и

поверхностями термоэлектрической батареи 1, причем один вентиляторный агрегат работает на вдув воздушного потока, а второй на его выдув. Термоэлектрическая батарея 1, транспортные зоны 3 и вентиляторные агрегаты 5 образуют жесткую механическую конструкцию посредством крепежных приспособлений 6.

Термоэлектрический теплообменный аппарат функционирует следующим образом. При пропускании через термоэлектрическую батарею 1 постоянного электрического тока от источника энергии на одних спаях термоэлементов будет поглощаться теплота Пельтье, а на других - выделяться. Если холодные спаи термоэлементов будут находиться в непосредственной близости со стенкой 2 транспортной зоны 3 с горячей движущейся средой 4, а горячие спаи термоэлементов - со стенкой транспортной зоны с холодной движущейся средой, то за счет имеющегося перепада температур будет происходить интенсификация обмена тепловой энергией между двумя потоками сред. При этом продув воздуха в зазорах между стенками 2 транспортных зон 3 и поверхностями термоэлектрической батареи 1 воздушными агрегатами 5 даст возможность повысить коэффициент теплопередачи между ними за счет обеспечения режима вынужденной конвекции, при котором значение данного коэффициента существенно выше, чем в случае кондуктивного механизма теплообмена.

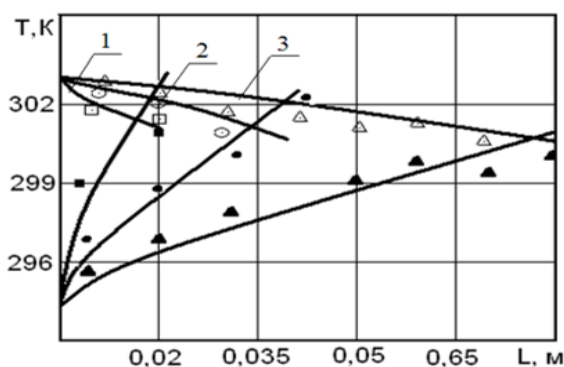


Рис. 2. Изменение температуры теплоносителей на выходе из теплообменного аппарата в зависимости от длины при различных скоростях вращения лопастей вентиляторного агрегата (1 – $\xi=3000$ об/мин.; 2 – $\xi=2500$ об/мин.; 3 – $\xi=2000$ об/мин.; 4 – $\xi=1500$ об/мин.)

Получены зависимости изменения температуры сред T на выходе теплообменного аппарата от его длины для различных скоростей вращения лопастей вентиляторного агрегата ξ при фиксированной величине тока питания ТЭБ, равной 5 А, представленные на рис.2. Точками обозначены результаты измерений.

Согласно полученным данным увеличение скорости воздушного потока вдоль транспортных зон со средами дает возможность снизить (увеличить) их температуру на выходе из теплообменного аппарата при его одинаковой длине. Так изменение ξ на 500 об/мин. в среднем изменяет температуру нагреваемой среды на 2 К, а нагреваемой - на 3 К.

Литература:

1. Анатычук Л.И. Термоэлектричество. Термоэлектрические преобразователи энергии. Киев, Черновцы: Институт термоэлектричества. 2003. 376 с.
2. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Казумов Р.Ш. Экспериментальные исследования термоэлектрических теплообменных аппаратов проточного типа с тепловыми мостиками // Вестник Международной академии холода. – 2010. - № 4. - С. 5-7.

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Ш.Ф. Давлатбекова, А.А. Никитин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Pamirka0493@mail.ru

Целью данной работы является исследование режимов работы теплового насоса и разработка теплонасосного оборудования с наибольшим отопительным коэффициентом для применения в коттеджном строительстве.

Тепловой насос – это экологически чистая компактная установка, позволяющая получать тепло для отопления и горячего водоснабжения за счет использования тепла низкопотенциального источника (тепло грунтовых, артезианских вод, озер, морей, грунтовое тепло, тепло земных недр) путем переноса его к теплоносителю с более высокой температурой [1,2].

Устройство теплового насоса

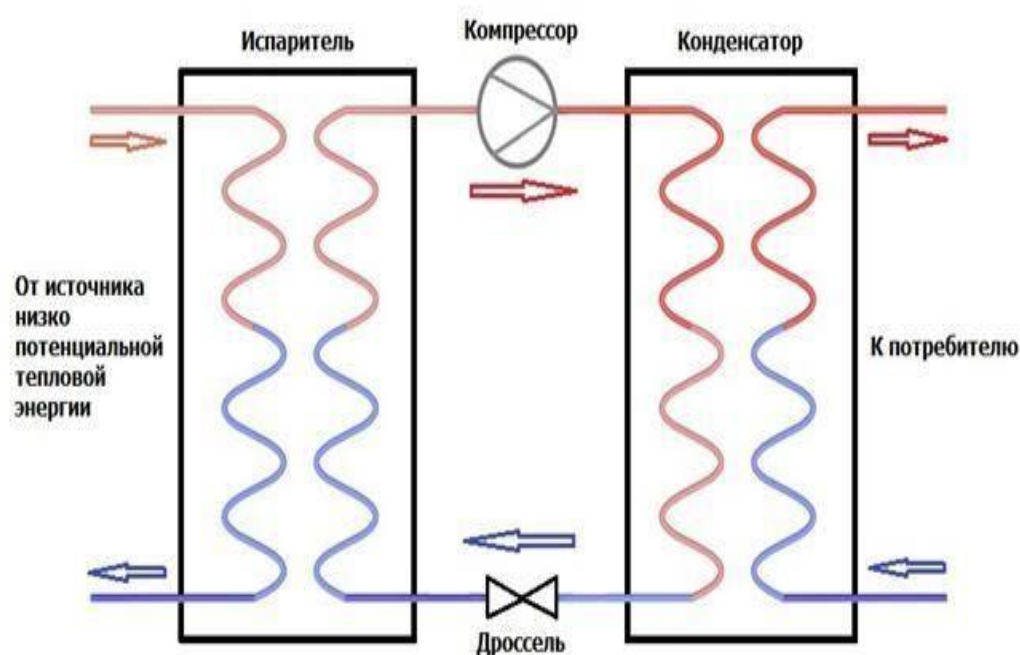


Рис. 1. Принципиальная схема работы

Испаритель – теплообменный аппарат, предназначен, для превращения хладагента в пар.

Компрессор – предназначенный для сжатия и перекачки паров хладагента.

Конденсатор – теплообменный аппарат для конденсации пара хладагента

Дроссель – предназначенный для снижения (редуцирования) рабочего давления в системе

Хладагент – рабочее вещество, теплового насоса, которое при кипении и в процессе изотермического расширения отнимает теплоту от охлаждаемого объекта и затем после сжатия передаёт её охлаждающей среде за счёт конденсации (воде, воздуху и т. п.).

Принцип работы теплового насоса:

1. Теплоноситель, проходя по трубопроводу, уложенному, например, в землю нагревается на несколько градусов. Внутри теплового насоса теплоноситель, проходя через теплообменник, называемый испарителем, отдает собранное из окружающей среды тепло во внутренний контур теплового насоса. 2. Внутренний контур теплового насоса заполнен хладагентом. Хладагент, имея очень низкую температуру кипения, проходя через испаритель, превращается из жидкого состояния в газ. Это происходит при низком давлении и низкой температуре.

3. Из испарителя газообразный хладагент попадает, в компрессор, где он сжимается, его температура повышается.

4. Далее горячий газ поступает во второй теплообменник (конденсатор). В конденсаторе происходит теплообмен между горячим газом и теплоносителем из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент отдает свое тепло в систему отопления, охлаждается и снова переходит в жидкое состояние, а нагретый теплоноситель системы отопления поступает к отопительным приборам.

5. При прохождении хладагента через редукционный клапан – давление понижается, хладагент попадает в испаритель, и цикл повторяется снова.

Расчет циклов тепловых насосов.

Для расчетов были выбраны три типа циклов тепловых насосов:

- одноступенчатый
- двухступенчатый
- каскадный

Для каждого цикла были произведены расчеты для трех режимов работы: 40/60/75°C. Температура конденсации $T_c = 40^\circ\text{C}$ мы использовали для теплого пола, а температура конденсация 60-75°C для отопления.

Для расчета циклов тепловых насосов была использована программа CoolPack. Для того чтобы получить значение отопительного коэффициента мы задавали в программе следующие параметры: температуры верхнего и нижнего каскада, а также задали фреон. На разных фреонах у нас получились разные КПД. В основном мы использовали для верхней каскад, фреон R143a, для нижнего каскада, фреон R410a, и R717, температура испарителя ($T_E = -10$): В результате у нас получились:

1. Одноступенчатый цикл теплового насоса при $T_c = 40^\circ\text{C}$:

при R134a КПД=3,83; при R410a КПД=3,58.

$T_c = 60^\circ\text{C}$; при R134a КПД=2,61; при R410a КПД=2,39.

$T_c = 75^\circ\text{C}$; при R134a КПД=2,05; при R717 КПД=2,35.

2. Двухступенчатый цикл теплового насоса при $T = 40^\circ\text{C}$; $T = 60^\circ\text{C}$; $T = 75^\circ\text{C}$

$T = 40^\circ\text{C}$; при R134a КПД=4,17; при R410a КПД=4,0.

$T_c = 60^\circ\text{C}$; при R134a КПД=2,63; при R410a КПД=2,56.

$T_c = 75^\circ\text{C}$; при R134a КПД=2,17; при R717 КПД=2,38.

3. В тепловом насосе, работающем по каскадному циклу, для верхнего каскада мы использовали фреон R134a, а для нижнего - R410a. У нас получилось при $T = 40^\circ\text{C}$, КПД=3,44, фреон (R143a, R410a), при $T = 60^\circ\text{C}$, КПД=2,60; фреон (R143a, R410a) при $T = 75^\circ\text{C}$, КПД=2,20; фреон (R143a, R410a).

Подбор оборудования.

Исходя из произведенных расчетов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным является каскадный цикл теплового насоса.

Каскадный цикл состоит из следующих элементов:

- испаритель первой ступени;
- компрессор первой ступени;
- испаритель-конденсатор;

- компрессор второй ступени;
- конденсатор второй ступени;
- регулирующие вентили.

Таблица 1

Используя программу Select 7 торговой марки CopelandScroll, были подобраны компрессоры для верхнего и нижнего каскада [3-5]

марка	ZR48K3E-PFJ	ZR42K5E-PFJ
каскад	верхний	нижний
хладагент	R134a	R410a
T _с	75,0	20,0
T _е	15,0	-10,0
Q _с	11,35	8,46
Q _е	7,48	6,98
W	4,08	1,56
отопительный коэффициент	2,01	

Таблица 2

Используя программу Нехаст торговой марки Danfoss, были подобраны

	Испаритель	Конденсатор	Испаритель-Конденсатор
марка	H22L-E-38	H22-C-26	D22L-38
кол-во пластин	38	26	38
общая площадь	0,76	0,5	0,77

Вывод

1. Для системы отопления целесообразней использовать тепловой насос, работающий по каскадному циклу, поскольку отопительный коэффициент такой машины будет выше.

2. Сравнив расчеты теоретического цикла и цикла с использованием реального оборудования, можно сделать вывод, что отопительный коэффициент теоретического цикла теплового насоса выше.

Литература:

1. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, 8 февраля 2013 ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/>
2. Тепловые насосы, их назначение и основные типы. [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://msd.com.ua/misc/teplovyye-nasosy-4>
3. Программа Copeland: <http://www.portal-holod.ru/menu/resources.php>
4. Программа Danfoss: <http://heating.danfoss.ru/download/online-tools/#/>
5. Программа <http://heating.danfoss.ru/download/online-tools>

ЭФФЕКТ КОАНДА ДЛЯ ЗАДАЧ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

С.М. Афанасьев, А.Б. Сулин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

saveliy19101995@gmail.com

Обеспечение необходимого и постоянного качества воздухообмена на рабочих местах во всех помещениях требует нового подхода к принципам распределения воздуха. Методы достижения требуемой эффективности воздухообмена и выбора воздухооборудования хорошо известны. Однако существует проблема достижения комфорта на рабочих местах – «сквозняки», что подразумевает, что некоторым находящимся в помещении людям жарко, в то время как другие жалуются на холод. Данный вопрос можно решить, перенаправив потоки воздуха. Наиболее эффективно это можно сделать благодаря эффекту Коанда.

Анри Коанда в 1932 году обнаружил, что струя жидкости, вытекающая из сопла, стремится отклониться по направлению к стенке и при определенных условиях прилипает к ней. Это объясняется тем, что стенка препятствует свободному поступлению воздуха с одной стороны струи, создавая вихрь в зоне пониженного давления. Аналогично и поведение струи газа (рис. 1) [1].

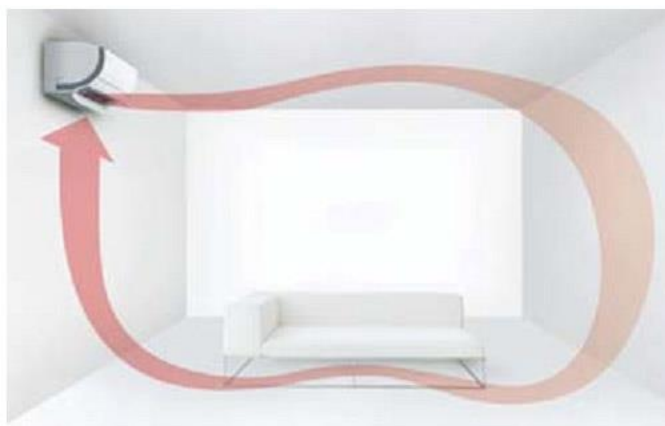


Рис. 1. Наглядная иллюстрация действия эффекта Коанда.

Эффект возникает, если устройство, установленное на стене, подвешено на расстоянии менее 30 см от потолка, или если угол выхода приточной струи из потолочного плафона не превышает 40° к линии горизонта при нормальной температуре и скорости потока воздуха. В остальных случаях струя ведет себя совершенно иначе: стремительно поднимается вверх, если температура приточного воздуха выше температуры воздуха в помещении, или же стремительно падает, если температура приточного воздуха ниже температуры воздуха в помещении. Эффект Коанда повышает дальность приточных струй примерно на 20 %, благодаря чему предотвращает попадание в рабочую зону помещения прямого потока холодного воздуха. Для осуществления эффекта Коанда необходимо, чтобы фактическая скорость воздушной струи на выходе из диффузора была выше 2 м/с [2].

Сегодня существуют различные виды систем, использующих данный эффект. Например, вихревой диффузор. Принцип его работы заключается в формировании закрученной струи воздушного потока. Такая особенность способствует увеличению коэффициента эжекции воздушной массы в обслуживаемой зоне относительно приточного воздушного потока. Использование вихревых диффузоров направлено на повышение интенсивности уменьшения скорости и стабилизацию температуры воздушной струи относительно температуры помещения. Вихревая подача приводит к тому, что температура струи стабилизируется через короткий промежуток времени после выхода из распределителя воздуха. Вихревые распределители воздуха имеют направляющие лопатки, благодаря которым образуются радиальные струи воздуха. При сборе в выпускной части воздухоораспределителя струи оказываются в горизонтальном направлении. Центральная часть струи является зоной разряжения, в которую попадает находящаяся внизу помещения воздушная масса. В случае расположения воздухоораспределителя прямо под потолочной поверхностью осуществляется эффект Коанда, сопровождающийся концентрацией воздушных струй в самой верхней области. Находящиеся в распределителях воздуха лопатки фиксируются или регулируются независимым образом. Если регулировка происходит независимо, появляется возможность разнонаправленной регулировки и изменения конфигурации струи воздушной массы в нужную сторону [3].

Другим примером является эжекционный доводчик (рис. 2). Это многофункциональный климатический агрегат без вентилятора. Он состоит из камеры первичного воздуха, блока эжектирующих сопел, смесительной камеры и входного патрубка первичного воздуха. Первичный приточный наружный воздух от центрального или локального приточного агрегата через входной патрубок поступает в камеру первичного воздуха. Затем через отверстия в блоке эжектирующих сопел попадает в смесительную камеру, создавая в ней эффект эжекции. В результате эжектирующего действия воздух из помещения засасывается в смесительную камеру через теплообменник нагревается или охлаждается, в зависимости от заданного режима работы.

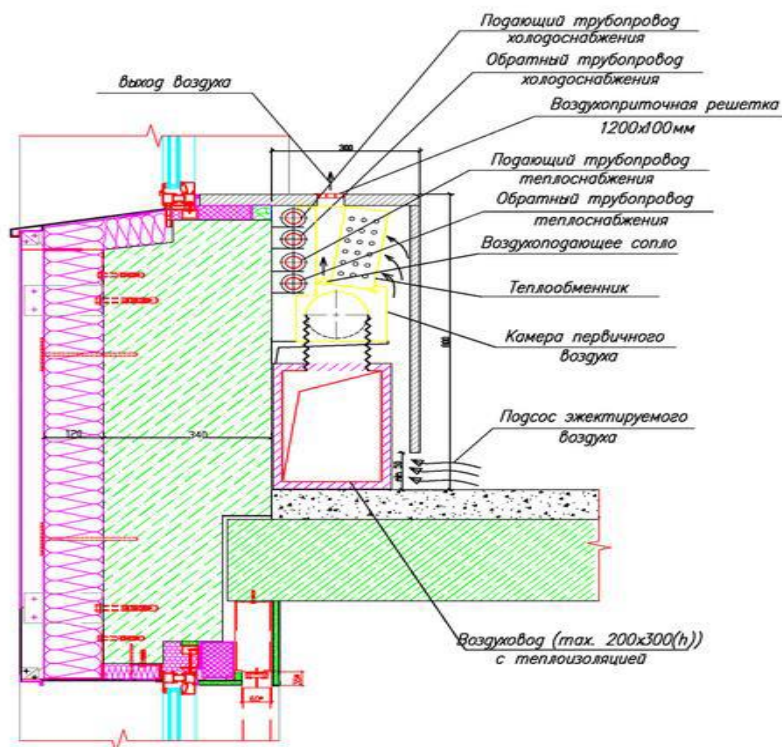


Рис. 2. Эжекционная система

Преимущества данной системы:

- Отопление, вентиляция, кондиционирование в одном устройстве
- Комфортная температура на выходе из устройства - нет сквозняков
- Стабильная бесшумная работа, так как нет мотора и вентилятора
- При 14°C холодопроизводительность чиллера возрастает на 15%
- При 14°C теплообменник сухой, нет конденсата, коррозии, запахов
- Система защиты от протечек тепло/холодоносителя [4].

Достаточно интересной разработкой с применением эффекта Коанда является вентилятор Дайсона (рис. 3). Данное устройство наиболее часто применяется для сушения рук. Суть его работы состоит в том, что в основании прибора находятся воздухозаборники, которые всасывают воздух, затем он по трубкам поступает в кольцо по всему периметру и под высоким давлением выходит через маленькую щель (1,3 мм) в центр кольца. Образуется воздушный поток, который непосредственно сушит руки человека.



Рис. 3. Вентилятор Дайсона

Очевидными примерами мест с некомфортным воздухораспределением являются рестораны с низкими потолками и установленными кассетными кондиционерами, расположенными в центральной части залов. Во время теплого периода года, когда температура окружающей среды выше температуры в помещении, а также при большом потоке посетителей требуется работа кондиционеров, что вызывает дискомфорт у гостей, сидящих непосредственно под воздухораспределителями, из-за прямого холодного потока воздуха. Данная проблема может повлиять на прибыльность заведения, поэтому их владельцам рекомендуется использовать системы вентиляции и кондиционирования с применением эффекта Коанда.

Таким образом применение эффекта Коанда позволяет существенно повысить эффективность воздухораспределения, что особенно существенно для помещений со сложной геометрией.

Литература:

1. Электронная энциклопедия Академик: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1214691>
2. Воздухораспределение в помещениях: классификация систем / АВОК № 3, 2009.
3. Распределение воздушных потоков при помощи вихревых диффузоров / Материалы компании REOL 03 апреля 2017 г.
4. Энергосберегающая климатическая система AIR-STREAM / Эжекция - комфортная комплексная климатизация 2015, 07.06, 1-17 стр.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛО- И ХЛАДОТЕХНИКИ

УДК 502.52

МОНРЕАЛЬСКИЙ ПРОТОКОЛ – ТРИДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

**О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев, А.В. Кушнерев, Н.А. Галахова, Г.Л. Пятаков,
И.В. Столповская**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

max_iar@irbt-itmo.ru

Монреальский протокол (МП-87) по веществам, разрушающим озоновый слой, принят в сентябре 1987 года. Уникальной особенностью этого документа стало его стопроцентная ратификация всеми странами, представленными в ООН [1]. Из судьбоносных последствий МП-87 –запрещение производства хлорпроизводных предельных углеводородов (CFC-хладагенты), бромированных соединений и грядущее с 2020 года за прещение гидрохлорфторуглеродов (HCFC-хладагенты) [2–4]. Индустрия холода в этом историческом процессе потеряла хладагенты R12, R11, R113, R114, речь идет о прекращении производства широко известных дифторхлорметана (хладагент R22) и трифтордихлорэтана (хладагент R123). Потенциал разрушения озонового слоя первого из них ODP = 0,055 и для R123 ODP = 0,02.

На 28-м совещании Сторон Монреальского протокола в октябре 2016 года принята новая, так называемая Кигалийская поправка, включившая в сферу МП-87 гидрофторуглероды (HFC-соединения). Считалось, что эти соединения не враждебны озоновому слою нашей планеты, однако изучение экологического воздействия HFC-хладагентов показало их не нулевой вклад в разрушение озонового слоя. Величины новых оценок ODP-потенциалов HFC-соединений ранжируются от $0,39 \cdot 10^{-3}$ до $30,0 \cdot 10^{-3}$ [5, 6]. Для сравнения эффект разрушения озонового слоя CFC-11 в сотни раз больше, а у HCFC-22 всего в восемь раз больше. Разрушение озонового слоя HFC-соединениями обусловлено влиянием роста температуры в стратосфере и изменениями циркуляции. Гидрофторуглероды из-за значительного парникового эффекта и значительной продолжительности своего существования в атмосфере повышают тропосферную и стратосферную температуры. Подогрев увеличивается с высотой от тропосферы в нижнюю стратосферу, причем пик разогрева оценивается в 0,41 К на 18-километровой высоте к 2050 году. Меньший рост температур ожидается в средней и верхней стратосфере. Подобные температурные изменения опосредовано способствуют разрушению слоя озона из-за ускорения температурно зависимых химических реакций. Более того, процесс разрушения озона становится зависимым также от широты и долготы участка поверхности Земли.

Из HFC-хладагентов наиболее опасен для озонового слоя пентафторэтан (HFC-125). К 2050 году его вклад в разрушение озонового слоя Земли будут равен, по оценке экспертов, атмосферному воздействию хладагентов HFC-23, HFC-32, HFC-134a и HFC-143a вместе взятых.

Согласно Кигалийской поправке все страны разделены на три категории. В Европе уже снижают потребление HFC-хладагентов. К 2019 году это снижение

составит 10% от исходного 2011–2013 годов уровня. В 2029 году будет достигнут уровень в 90%, после чего предполагается заморозить потребление всех гидрофторуглеродов. Для России подобный график сокращений по годам: 2020–2024 годы – 5%; 2025–2028 годы – 35%; 2029–2033 годы – 70%; 2034–2035 годы – 80% и 2036 год и далее – 85%-ное сокращение от уровня потребления 2011–2013 годов.

Парниковый эффект HFC-хладагентов сыграл с ними злую шутку. Не думалось об этом в период эйфории и активного поиска озонобезопасных хладагентов, охвативших индустрию после 1987 года. Сегодня, т. е. тридцать лет спустя, наступил очередной этап этой гонки – синтез хладагентов с низким потенциалом глобального потепления (GWP) [7]. Эти хладагенты должны иметь исключительно низкий GWP, в сотни раз меньше, чем GWP исходных HFC-гидрофторуглеродов и даже некоторых из них $GWP < 1$, т. е. ниже потенциала глобального потепления диоксида углерода (R744). Номенклатура подобных соединений представлена в табл. 1.

Таблица 1

Фторизомеры пропилена на базе R1225, R1234 и R1243

Основа	Возможные изомеры
R1225	R1225ye (E), R1225ye(Z), R1225ye(E), R1225yc, R1225zc
R1234	R1234yc, R1234ye (E), R1234ye(Z), R1234yf, R1234zc, R1234ze(E), R1234ze(Z)
R1243	R1243ye(E), R1243ye(Z), R1243yc, R1243yf, R1243zc, R1243ze(E), R1243ze(Z), R1243zf

Табл. 1 иллюстрирует предлагаемые сегодня индустрии холода фтор-изомеры пропилена (пропилен R1270). Изомеры пропилена содержат двойную углерод–углеродную связь и могут быть классифицированы как олефины или алкены с наиболее часто встречаемой идентификацией – HFO (гидрофторолефин, ГФО). К примеру, R1234yf может обозначаться как HFO-1234yf.

В табл. 2 показаны некоторые особенности обозначений (числовых и буквенных) изомеров пропилена. Известный гидрофторпропилен HFO-1234yf имеет химическую формулу $CF_3CF=CH_2$. Буква «у» означает присутствие в левой части углеродной матрицы молекулы только атомов фтора, а буква «f» – присутствие в правой части $=CH_2$. В молекуле HFO-1234ye(E) в левой части только атомы фтора, но в правой части вместо $=CH_2$ трансизомер $=C-H$.



Молекула HFO-1234ye(Z) отличается от HFO-1234ye(E) правой частью $=C-F$,



где присутствует цис-изомер.

Таблица 2

Особенности обозначения изомеров пропилена ($CH_3CH=CH_2$)

Левая часть молекулы CH_3CH		Правая часть молекулы $=CH_2$	
Замещаемые атомы	Обозначения	Замещаемая группа	Обозначение
– Cl	x	$= CCl_2$	a
– F	y	$= CClF$	b
– H	z	$= CF_4$	c
		$= CHCl$	d
		$= CHF$	e
		$= CH_2$	f

Гидрофторолефины по термодинамическим характеристикам способны заменить рабочие вещества НФС-класса в диапазоне нормальных температур кипения от -28 до 9°C и критических давлений $3,5\text{--}4,0$ МПа. Интересны зеотропные смеси НФО и НФС, позволяющие расширить диапазон температур кипения до -50°C , правда, в ряде случаев с ощутимым температурным глайдом: R448A, R444A, R444B, R445A, R449A, R417C и др.

Разумеется, резко возрос интерес к гидрофторолефинам, но историю с веществами НФС-класса нельзя игнорировать и в очередной раз вспомнить о неизменности природных хладагентов и еще более активной поддержке перехода на эти хладагенты индустрии холода.

Литература:

1. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. ЮНЕП: Программа ООН по окружающей среде. – Монреаль, 1987. – 24 с.
2. Химия, технологии и применение фторсодержащих соединений в промышленности: Тез. докл., 1-я междун. конф., 30.05–03.06.1994, Санкт–Петербург. – СПб, 1994. – 228 с.
3. Экология и холодильная техника/ Б.С. Бабакин, К.В. Показеев, В.А. Выгодин, Т.О. Чаплина. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 532 с.
4. Houghton J. Global warming: The underlying science and the possible response. – Proc. of 19 th Int. Congress of refrigeration. Hague, Netherlands, august 20–25, 1995. – Vol. IVb. – P. 1297–1300.
5. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А., Рыков С.В., Галахова Н.А., Исмагилов Н.Г. О теплопроводности R32 в критической области // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С.80-84.
6. Ozone depletion by hydrofluorocarbons/ M.M. Hurwitz, E.L. Fleming, P.A. Newman, R. Miawer// Geophysical Research Letters. – 2015. – October.
7. Brown J.S. HFOs-new, low global warming potential refrigerants// ASHRAE-Journal. – 2009. – August. P. 22-29.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ В ПАРОВОМ КАНАЛЕ КОРОТКИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ БОЛЬШИХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

А.В. Серяков, А.В. Конькин

ООО «РУДЕТРАНССЕРВИС», г. Великий Новгород, Россия.

seryakovav@yandex.ru

Интенсивное развитие и применение коротких низкотемпературных ТТ с повышенными значениями коэффициента теплопередачи ставит задачи детального изучения процессов внутреннего течения и конденсации в паровом канале. Выполнение парового канала в виде сопла, близкого к соплу Лаваля, и окруженного слоем капиллярно-пористой вставки вдоль всей длины короткой ТТ, приводит к увеличению скорости и частоты пульсаций течения влажного пара, и коэффициента теплопередачи в сравнении с ТТ со стандартным цилиндрическим паровым каналом при равных габаритных размерах [1–3].

Возникновение пульсаций давления при течении влажного пара внутри парового канала в коротких ТТ представляет собой сложное явление, связанное с возникновением кипения в капиллярно-пористом испарителе и прерывистом распространением пара над ним. Экспериментальное исследование пульсаций подробно описано в [4–5].

Настоящая статья посвящена сопоставлению результатов численного моделирования течения влажного пара в выполненном в виде сопла, близкого к соплу Лаваля паровом канале коротких ТТ с экспериментальными результатами по определению коэффициентов теплопередачи K_{HP} таких ТТ.

Специально разработанные короткие ТТ с паровым каналом, выполненным в виде сопла, близкого к соплу Лаваля показаны на рис.1. Вместе со сложными ТТ были изготовлены ТТ с капиллярной вставкой и со стандартным цилиндрическим паровым каналом, причем емкостные датчики установлены заподлицо в верхнюю крышку ТТ. Внешний диаметр ТТ 20 мм, толщина капиллярно-пористого испарителя 3 мм, толщина цилиндрической пористой вставки также 3 мм [6].

В качестве рабочей жидкости ТТ применен диэтиловый эфир $C_4H_{10}O$, имеющий температуру кипения при атмосферном давлении $T_B=308.55K$ ($35,4^\circ C$), температуру замерзания $T_F=156,95K$ ($-116,2^\circ C$), критические параметры $T_C=466.55K$ ($193.4^\circ C$), $P_C=3,61MPa$ и величину диэлектрической проницаемости $\epsilon=4,3$ ($298K$). Зоны конденсации ТТ с изолированными термопарами помещены в вихревой проточный калориметр, температура и расход воды на входе в который с помощью регулируемого термостата стабилизированы. Испаритель ТТ с помощью резистивного нагревателя подогревается и поддерживается при температуре, превышающей температуру кипения диэтилового эфира $308,55K$ ($35,4^\circ C$) при атмосферном давлении на величину перегрева $\Delta T=0\div 20K$.

Коэффициент теплопередачи K_{HP} , Faghri [7], определяют по формуле:

$$K_{HP} = \frac{E_C}{F(T_{ev} - T_{cond})}, \quad (1)$$

где K_{HP} – коэффициент теплопередачи ТТ, W/K ; E_C – тепловая мощность, поступающая в калориметр ТТ, W; $F(z)$ – площадь поверхности испарителя ТТ, m^2 ; T_{ev} – температура испарителя, K; T_{cond} – температура поверхности конденсации, K.

Температуру поверхности испарителя и температуру воды во входном и выходном штуцерах калориметра измеряли с помощью дифференциальных термпар медь-константан, температуру пленки конденсата измеряли с помощью микротермистора СТЗ-19, тепловую мощность, передаваемую в калориметр зонами конденсации ТТ, определяли по формуле:

$$E_C = G \cdot \left(C_{H_2O} + \frac{C_K}{\rho_{H_2O} V_0} \right) \cdot [T_K(\tau) - T_{K0}(\tau)], \quad (2)$$

где G – расход воды в вихревом проточном калориметре, kg/s ; C_{H_2O} – удельная теплоемкость воды, J/kg·K; C_K – теплоемкость калориметра, J/K; ρ_{H_2O} – плотность воды в калориметре, kg / m^3 ; V_0 – внутренний объем калориметра, m^3 ; $T_{K0}(\tau)$, $T_K(\tau)$ – температура воды на входе и выходе из калориметра, K.

Суммарная погрешность измерения тепловой мощности E_C с помощью вихревого проточного калориметра, включая потери на неполную адиабатичность, не превышает 1,7%. Контактное тепловое сопротивление поверхности нагревателя H_2 и покрытых тонкой пленкой теплопроводной пасты КПТ-8 торцов ТТ не превышает 0,35 K/W и учитывается при всех измерениях.

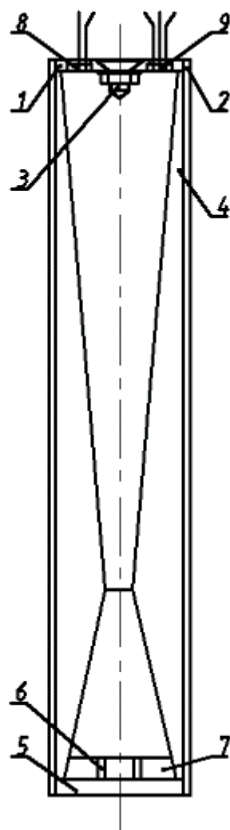


Рис. 1. Схема ТТ: 1-верхняя крышка; 2-цилиндрический корпус ТТ; 3-конический турбулизатор; 4-капиллярно-пористая вставка; 5-нижняя крышка; 6-инжекторные каналы; 7-капиллярно-пористый испаритель; 8,9-емкостные датчики конденсации, измеряющие толщину слоя жидкого конденсата.

Измерительная поверхность емкостных датчиков совпадает с внутренней поверхностью плоской верхней крышки

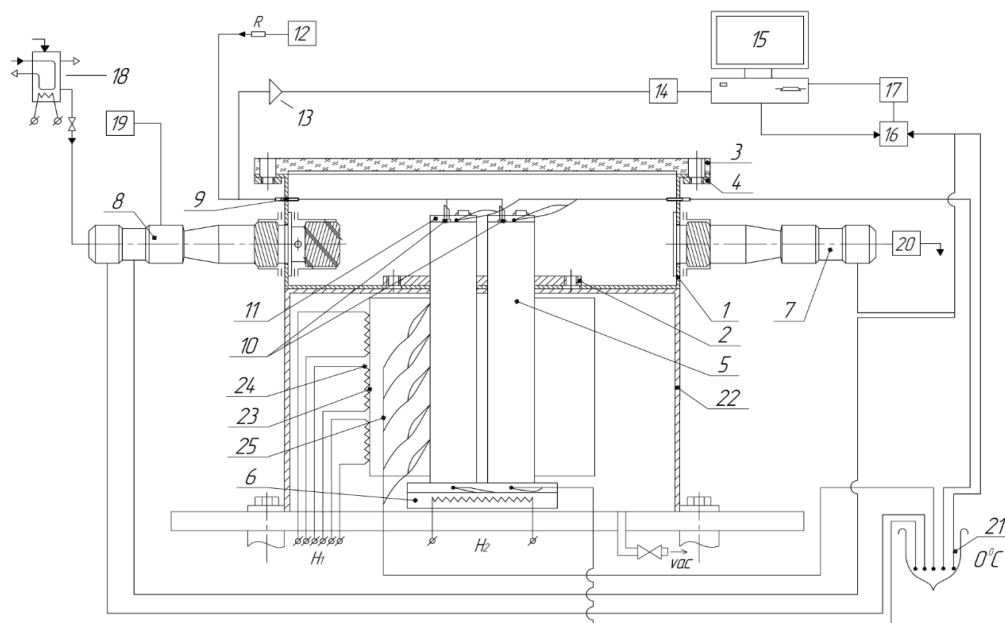


Рис.2. 1-вихревой проточный калориметр; 2-фланец крепления тепловых труб; 3-стеклянная крышка; 4-крепление крышки; 5-тепловые трубы; 6-резистивный нагреватель; 7-выходной штуцер для воды; 8-входной штуцер для воды; 9-уплотнение измерительных проводов; 10-конденсаторные датчики измерения толщины слоя конденсата; 11- высокочастотные генераторы; 12-генератор импульсов Г5-56; 13-усилитель; 14-осциллограф АКИП-4116/2; 15-компьютер; 16-коммутатор; 17-вольтметр В7-34А; 18-сосуд постоянного напора воды; 19-генератор пузырьков воздуха; 20-расходомер воды; 21-сосуд Дьюара; 22- вакуумная камера; 23- адиабатическая оболочка; 24- три секции регулирующих нагревателей; 25-дифференциальные термопары

Сравнение коэффициентов теплопередачи ТТс паровым каналом в виде сопла, близкого к соплу Лаваля, с ТТ со стандартным цилиндрическим каналом в зависимости от перегрева испарителей относительно температуры кипения диэтилового эфира (при атмосферном давлении) $\delta T = (T - T_B)$ показало результаты, приведенные на рис.3.

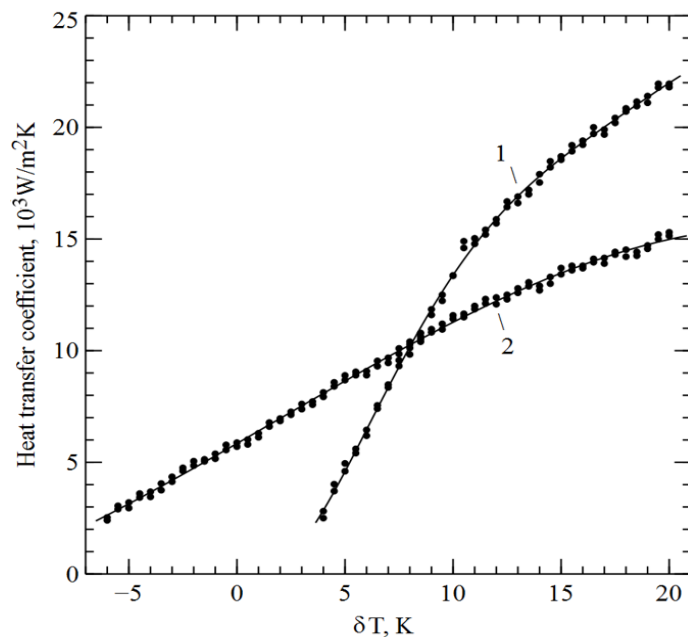


Рис. 3. Сравнение коэффициентов теплопередачи ТТ с паровым каналом в виде сопла, близкого к соплу Лаваля и ТТ со стандартным цилиндрическим паровым каналом, при равных габаритных размерах.
1 – ТТ с паровым каналом в виде сопла Лаваля;
2 – ТТ со стандартным цилиндрическим паровым каналом, $\delta T = T - T_B = T - 308.65\text{K}$

Вблизи поверхности конденсации ТТ с паровым каналом в виде сопла, близкого к соплу Лавалья при начале кипения в испарителе и образовании большого количества пара возникает вихревое кольцо конденсирующего пара, расчетная схема движения которого показана на рис.4. Численный расчет течения конденсирующегося пара был проведен с помощью метода конечных элементов, реализованном в программе CFD 10,0 в 2D варианте двойной точности Fluent 6.3.26 с осесимметричными условиями. Решались уравнения Навье-Стокса с измеренными и заданными граничными условиями, при фиксированных значениях температур испарителя и поверхности конденсации ТТ. Конструкция расчетной модели содержала 457233 конечных элемента с повышенной плотностью расчетной сетки в областях инжекторных каналов испарителя, критического сечения сопла и турбулизирующего элемента на поверхности конденсации ТТ. Расчетная модель показывает, что вихревое образование вблизи поверхности конденсации ТТ имеет явно выраженную пространственную структуру. Кроме того, вблизи поверхности крышки ТТ заметны асимметрия и плоскостность течения, определяемые трением о подстилающую поверхность пленки конденсата рабочей жидкости и двумерной сжимаемостью вихревого образования из влажного конденсирующегося пара.

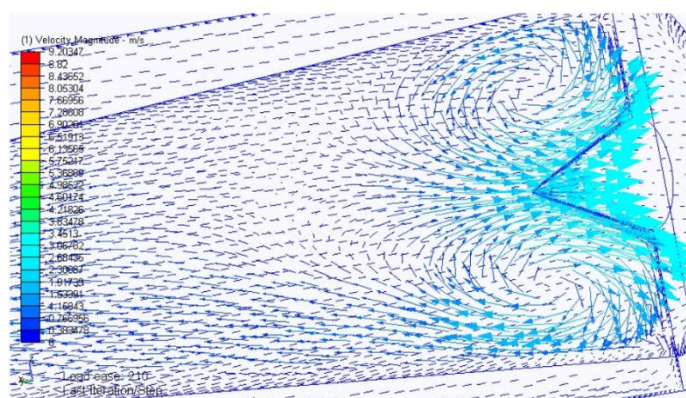


Рис. 4. Возникновение вихревого кольцевого течения вблизи поверхности конденсации вокруг турбулизирующего элемента внутри ТТ с паровым каналом в виде сопла, близкого к соплу Лавалья.

Перегрев испарителя относительно температуры кипения диэтилового эфира $\delta T = T - T_B = 15\text{K}$,
 $T_{ev} = 323.55\text{K}$ (50.5°C), граничная разность температур между испарителем
 и поверхностью конденсации ТТ в калориметре 25K

На рис. 5 показаны результаты численного расчета распределения продольной составляющей скорости сжимаемого влажного пара в паровом канале ТТ. Формирование вихревого кольца конденсирующегося пара вблизи плоской поверхности конденсации в выполненном в виде сопла, близкого к соплу Лавалья паровом канале ТТ приводит к довольно интересным результатам. Вихревое кольцо – это область с высокими градиентами скорости конденсирующегося влажного пара с противоположно направленными скоростями внутри и снаружи кольца. Численный анализ распределения скорости вдоль продольной оси парового канала, включая и вихревое кольцо, показывает появление двух положительных по абсолютному значению экстремумов скорости, один из них находится в критическом сечении сопла а второй вблизи от поверхности конденсации. В критическом сечении сопла расчетная осевая составляющая скорости достигает 85 м/с , а вблизи поверхности конденсации скорость потока достигает величины 33 м/с .

Распределение расчетных значений осевой составляющей скорости влажного пара на нижней части рис. 5 показывает наличие противотока (встречного течения) за счет образования кольцевого вихря вблизи поверхности конденсации. В центральной части вихревого кольца имеет место заметное положительное динамическое давление, и

отрицательное динамическое давление на периферийной части вихревого кольца. Это означает, что в центральной части вихревого кольца возникает пониженное статическое давление, приводящее к дополнительному поглощению (всасыванию) влажного пара в зоне центральной оси, и отрицательное динамическое а значит повышенное статическое давление на периферийной части вихревого кольца, что может приводить к интенсификации процесса конденсации и повышению коэффициента теплопередачи K_{HP} .

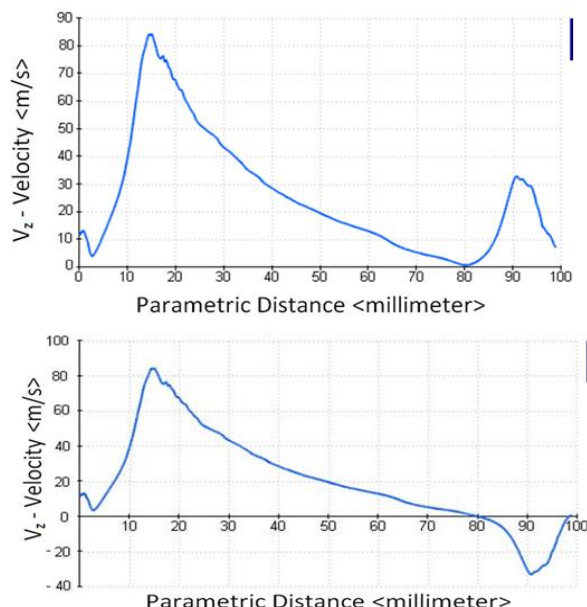


Рис. 5. Распределение расчетных значений осевой составляющей скорости влажного пара внутри выполненного в виде сопла, близкого к соплу Лавала парового канала ТТ. Перегрев испарителя относительно температуры кипения диэтилового эфира 15K, расчетная разница температур между испарителем и поверхностью конденсации ТТ в калориметре 25K

Литература:

1. A.V. Seryakov. Velocity measurements in the vapour channel of low temperature range heat pipes// International Journal of Engineering Research & Technology 2013, v.2, № 8, pp. 1595 – 1603.
2. A.V. Seryakov, A.V. Konkin, V.K. Belousov The intensification of heat-transfer characteristic of heat pipes.//Proceedings of the VIII Minsk International Seminar of Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources. Minsk, Belarus, 12-15 September 2011. v 2. p. 59-65.
3. A. V. Seryakov, A. V. Konkin, V. K. Belousov. Application of jet vapour nozzle in heat pipes of medium temperature range // Vestnik SibSAU 2012. Issue. 1(41), pp.142-147.
4. Seryakov A.V. Pulsation flow in the vapour channel of short low temperature range heat pipes // International Journal on Heat and Mass Transfer. Theory and Application 2014, v. 2, N 2, pp. 40-49.
5. Серяков А.В. Исследование характеристик коротких низкотемпературных тепловых труб с паровым каналом в виде сопла // Прикладная Механика Техническая Физика 2016. Т.57, №1, с. 1-15.
6. Серяков А. В., Михайлов Ю.Е., Шакшин С.Л. Применение емкостных датчиков для изучения процессов конденсации в коротких низкотемпературных тепловых трубах. Калибровка и измерения // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С.57-65.
7. Faghri A. Heat Pipe Science and Technology. 1995. Washington USA, Taylor and Francis. p. 267.

ЦЕНТРИРОВАНИЕ МИКРОКАПЕЛЬ КОНДЕНСАТА В ПАРОВОМ КАНАЛЕ КОРОТКИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ БОЛЬШИХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

А.В. Серяков, С.Л. Шакшин, А.П. Алексеев

ООО «РУДЕТРАНССЕРВИС», г. Великий Новгород, Россия

seryakovav@yandex.ru

Представлены результаты экспериментального исследования процесса центрирования микрокапель конденсата, содержащихся в движущемся влажном паре в паровом канале коротких низкотемпературных тепловых труб (ТТ) при больших тепловых нагрузках. Паровой канал сформирован капиллярно-пористой вставкой в виде внутреннего сопла, близкого к соплу Лаваля вдоль всей длины ТТ, в качестве рабочей жидкости выбран диэтиловый эфир $C_4H_{10}O$, температура кипения которого при атмосферном давлении равна $T_B = 308,55$ К ($T_B = 35,4^\circ\text{C}$), критические параметры $T_K = 466,55$ К; $P_K = 3,61$ МПа. Объем рабочей жидкости в капиллярно-пористой вставке и испарителе ТТ не менее 20 см^3 .

В верхнюю крышку, образующую поверхность конденсации ТТ, на диаметральной линии установлены емкостные датчики, образующие три плоских конденсатора, расположенных на разном расстоянии от продольной оси парового канала и называемых внешним, средним и внутренним конденсаторами. При повышении тепловой нагрузки и начале кипения в испарителе образуется большое количество влажного пара и в паровом канале ТТ возникают пульсации давления частотой 400-500 Hz и амплитудой до $1 \cdot 10^4$ Па. Эти пульсации воздействуют на движущуюся инерционную подсистему микрокапель влажного пара и за счет неоднородности профиля скорости несущего потока при обтекании микрокапель в паровом канале на диаметре микрокапли возникает поперечная сила, называемая силой Саффмана и сдвигающая микрокапли к центру парового канала.

С помощью трех конденсаторов, установленных в верхней крышке на разных расстояниях от продольной оси ТТ удастся зафиксировать радиальное смещение от периферии к центру движущихся вдоль продольной оси в паровом канале конденсирующихся микрокапель в виде последовательности осциллограмм. Проведены измерения частоты радиальных волн пульсаций сдвигающихся в радиальном направлении к центру максимумов толщины пленки конденсата рабочей жидкости в зависимости от тепловой нагрузки на испаритель ТТ.

Распространение влажного пара в паровом канале коротких ТТ при больших тепловых нагрузках имеет ряд особенностей, связанных прежде всего с началом кипения в капиллярно-пористом испарителе и возникновением продольных пульсационных волн давления в паровом канале. Продольные пульсационные волны в паровом канале ТТ возникают при избытке пара над испарителем и повышении давления до значения P^* , при котором температура испарителя T_{ev} оказывается меньше температуры кипения рабочей жидкости, $T_{ev} < T_B(P^*)$. Для исследования эффекта центрирования инерционной примеси в двухфазном влажном паре были изготовлены специальные короткие ТТ с выполненным в виде сопла, близкого к соплу Лаваля паровым каналом, и показанные на рис. 1. Капиллярно-пористая вставка вытянута вдоль всей длины ТТ и формирует выполненный в виде сопла, близкого к соплу Лаваля паровой канал ТТ. Вместе со сложными ТТ были изготовлены ТТ с

капиллярной вставкой и со стандартным цилиндрическим паровым каналом, причем емкостные датчики также установлены заподлицо в верхнюю крышку ТТ. Внешний диаметр ТТ 20 мм, толщина капиллярно-пористого испарителя 3 мм, толщина цилиндрической пористой вставки также 3 мм.

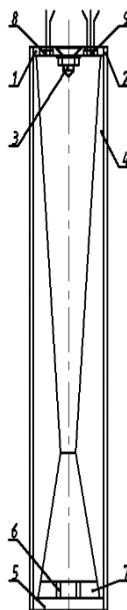


Рис. 1. Схема ТТ: 1-верхняя крышка; 2-цилиндрический корпус ТТ; 3-конический турбулизатор; 4-капиллярно-пористая вставка; 5-нижняя крышка; 6-инжекторные каналы; 7-капиллярно-пористый испаритель; 8,9-емкостные датчики конденсации, измеряющие толщину пленки жидкого конденсата. Измерительная поверхность емкостных датчиков совпадает с внутренней поверхностью плоской верхней крышки

Все подробности измерений и экспериментальные значения частот пульсаций в паровом канале ТТ приведены во втором докладе и в [1–3].

На рис.2 показан полученный с помощью численного моделирования программой CFD-Design 10.0 переход от конвективного течения к пульсационному в выполненном в виде сопла, близкого к соплу Лаваля паровом канале коротких ТТ.

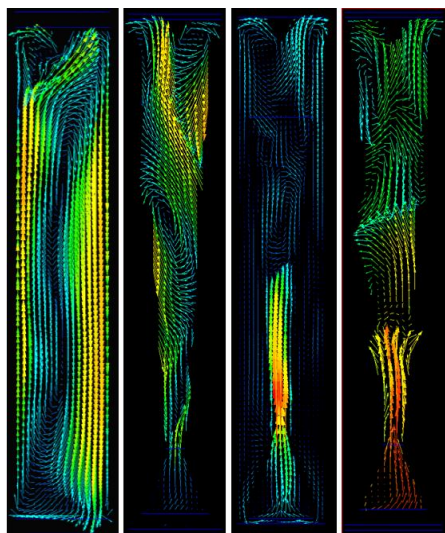


Рис. 2. На рисунке приведены расчетные значения пульсаций потока сжимаемого влажного пара в выполненном в виде сопла, близкого к соплу Лаваля в паровом канале ТТ в зависимости от величины перегрева испарителя относительно температуры кипения диэтилового эфира $\delta T = T - T_B = 2\text{K}; 5\text{K}; 8\text{K};$ и 13K , слева направо

Эффект центрирования (фокусировки) инерционных микрокапель двухфазного потока внутри выполненного в виде сопла, близкого к соплу Лаваля парового канала ТТ возникает в течениях влажного пара с большими поперечными градиентами скорости – в паровых каналах с переменным сечением, струях, слоях смещения и т.д. Этот эффект связан с появлением боковой силы f_{sa} , действующей на движущиеся в продольном направлении микрокапли влажного пара иназываемой силой Саффмана, обусловленной поперечной неоднородностью несущего потока на линейном размере инерционной микрокапли. Возникновение боковой силы, приводящей к центрированию и фокусировке микрокапель основано на учете конечных (ненулевых) значений инерционных эффектов при обтекании микрокапли течением типа течения в пограничном слое.

1. Число Рейнольдса обтекаемой паром капли в паровом канале ТТ может быть записано в следующем виде:

$$Re = \frac{|U_{vp} - U_{dr}| 2r_a}{\nu_{vp}}, \quad (1)$$

Где U_{vp} – среднее значение скорости потока пара в паровом канале ТТ, м/с; U_{dr} – среднее значение скорости течения микрокапель, м/с; ν_{vp} – коэффициент кинематической вязкости пара диэтилового эфира, м²/с; $2r_a$ – среднеарифметический диаметр микрокапель, м.

2. Величина отношения плотности паровой и жидкой фаз диэтилового эфира $\rho_{vp} / \rho_{dr} \leq 0.004$, рассматриваем область течений $Re < 1$ при диаметре микрокапель $2r_a \leq 1 \mu m$.

3. Саффман [4, 5] получил уравнение для расчета поперечной подъемной силы (liftforce), действующей на движущуюся в потоке вдоль продольной оси Z в горизонтальном плоском канале твердую частицу при малых числах Рейнольдса в следующем виде:

$$f_{sa} = 6.46 \rho_{vp} \sqrt{\nu_{vp}} r_a^2 (U_{vp} - U_{dr}) \sqrt{\left| \frac{dU_{vp}}{dy} \right| \text{sign} \left(\frac{dU_{vp}}{dy} \right)}, \quad (2)$$

где ρ_{vp} – плотность пара, кг/м³.

4. Поток текучей среды является плоскопараллельным и чисто сдвиговым, при этом направление сдвига по оси Y перпендикулярно направлению обтекания по оси Z.

Анализ реальных двухфазных паровых потоков с более сложным типом неоднородностей, обтекающих инерционные микрокапли конденсата в паровых каналах теплообменных устройств, включая ТТ, представляет собой значительно более сложную задачу и в настоящее время не может быть адекватно завершен с получением аналитического выражения для сдвигающей силы.

Для экспериментального исследования радиального сдвига микрокапель конденсата в выполненном в виде сопла, близкого к соплу Лаваля паровом канале коротких ТТ при возникновении продольных пульсаций поверхность конденсации была оснащена измерительной системой. Три емкостных датчика установлены в верхнюю крышку ТТ на одинаковом расстоянии от центра, как это изображено на рис.3, первые два из них на диаметральной линии, третий с микротермистором 8 на перпендикулярной линии. Торцевые поверхности измерительных электродов двух диаметрально установленных емкостных датчиков ориентированы в радиальном направлении, угловая погрешность их установки не более 1°. Внешние электроды этих двух диаметрально установленных датчиков составляют внешний конденсатор C_1 емкостью $C_1 = 0,21 \pm 0.005 \text{ pF}$, внутренние электроды этих двух диаметрально установленных датчиков составляют внутренний конденсатор C_3 емкостью

$C_3 = 0.26 \pm 0.005 \text{ pF}$, один из диаметрально установленных датчиков как целое представляет собой средний конденсатор C_2 емкостью $C_2 = 1.55 \pm 0.005 \text{ pF}$. Радиусы установки электродов конденсаторов $C_1 : R_1 = 6 \text{ мм}$, $C_2 : R_2 = 5 \text{ мм}$ и $C_3 : R_3 = 4 \text{ мм}$ от продольной оси ТТ.

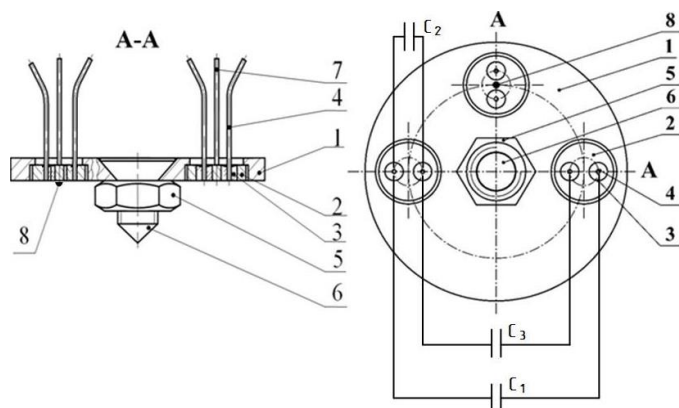


Рис.3. Схема установки трехемкостных датчиков в верхнюю крышку ТТ, сечение А-А:
 1- верхняя крышка ТТ, выполненная из стали 1Х18Н9Т; 2- собственно емкостные датчики, по своему периметру приваренные к крышке 1 лазерной сваркой, при этом шлифованная измерительная поверхность датчиков заподлицо совпадает с внутренней поверхностью крышки;
 3- стеклянные изоляторы (металлостеклянные спаи); 4- измерительные электроды обоих датчиков;
 5- крепежная гайка заполнительного узла ТТ, приваренная к внутренней поверхности крышки 1;
 6- запорный винт заполнительного узла ТТ; 7- электрод заземления емкостного датчика;
 8- микротермистор, представляющий собой чувствительный элемент термистора СТЗ-19 и приваренный лазерной сваркой к торцевым поверхностям электродов третьего емкостного датчика

Все измерения сдвига микрокапель конденсата проведены в дифференциальном режиме с помощью двух ТТ, все подробности экспериментов приведены в [3].

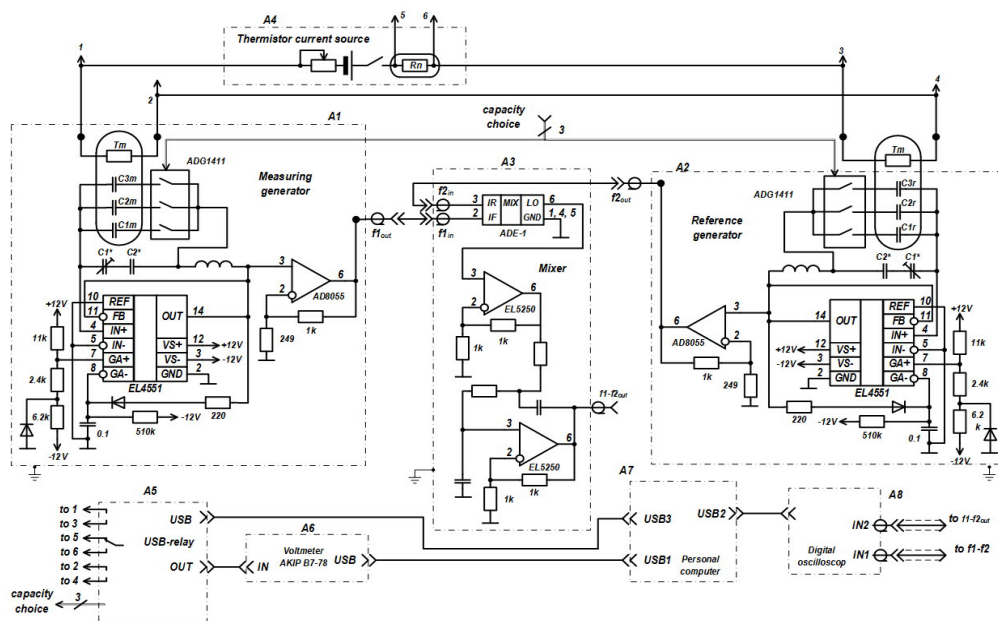


Рис. 4. Схема емкостного преобразователя, состоящего из измерительного и опорного генераторов, смесителя и фильтра низких частот, программно-управляемого коммутатора на основе микросхемы ADG1411, схемы измерения температуры с помощью двух термисторов, USB-релейного коммутатора, вольтметра АКІРВ7-78, компьютера РС и цифрового осциллографа Tektronix. Результаты измерений представлены в виде осциллограмм толщины пленки на поверхности датчиков (поверхности конденсации)

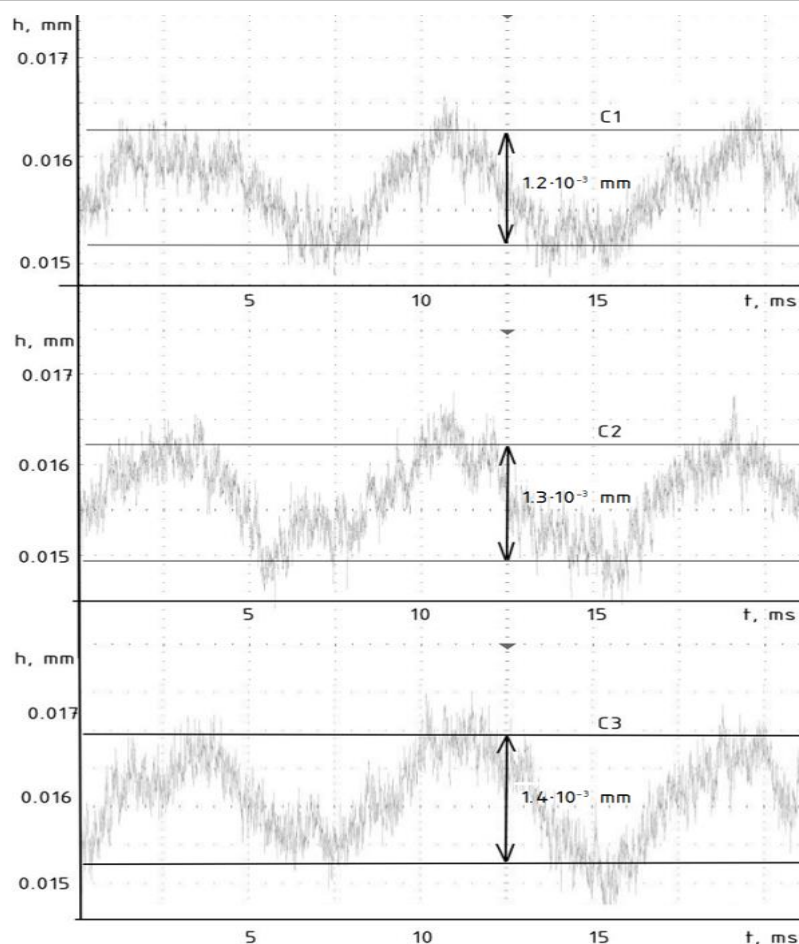


Рис. 5. Осциллограммы частотой $86 \pm 6\text{Hz}$, возникшие на поверхности конденсации ТТ за счет радиального движения микрокапель при перегреве испарителя относительно температуры кипения диэтилового эфира 15K, при разнице температур между испарителем и поверхностью конденсации ТТ в калориметре 25K. При увеличении тепловой нагрузки частота радиальных пульсаций увеличивается

Литература:

1. Серяков А.В. Исследование характеристик коротких низкотемпературных тепловых труб с паровым каналом в виде сопла // Прикладная Механика Техническая Физика 2016 т.57, № 1, с.1-15
2. Seryakov A.V. The Application of Capacitance Transducer for Measuring Local Thickness of Condensate Film in Low-Temperature Range Heat Pipes // International Journal on Heat and Mass Transfer Theory and Application 2016, v. 4, N 1, pp. 1-13
3. Seryakov A.V. The study of condensation processes in the low-temperature short heat pipes with a nozzle-shaped vapour channel // Engineering 2017, v.9. pp.190-240
4. Saffman P.G. The lift on a small sphere in a slow shear flow // Journal of Fluid Mechanics. 1965. v. 22. pp. 385-400
5. Saffman P.G. Corrigendum to the « The lift on a small sphere in a slow shear flow» // Journal of Fluid Mechanics. 1968. v. 31. pp. 624

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОКРОВНОЙ ТКАНИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СЕАНСА ОБЩЕЙ КРИОТЕРАПИИ

**А.В. Новотельнова, А.В. Асач, А.С. Тукмакова, Д. Ережеп, К.А. Курбаков,
Д.В. Виноградский**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

darhan1305@gmail.com

Оценка тепловых параметров покровной ткани тела человека актуальна при воздействии на организм человека экстремально низких температур, например, при сеансе криотерапии. Снижение температуры кожного покрова T_k является одним из важных параметров, который необходимо отслеживать во время сеанса криотерапии. Значения T_k не должны опускаться ниже $-2,5^\circ\text{C}$. В противном случае может начаться отмирание верхних слоев покровных тканей вследствие ожога [1].

Для оценки биологической активности живых существ чаще всего используются температура, измеряемая на различных участках поверхности тела. С помощью температуры дается оценка общего состояния организма и возможности протекания локальных биологических процессов. Однако, экспериментальное измерение T_k термометром во время сеанса криотерапии затруднительно. Для его проведения требуется плотное прилегание мягких тканей вокруг поверхности термометра и полученный результат не дает информации о состоянии кожных покровов открытых участков тела. Применение пирометров также не дает результата, так как кожный покров тела находящегося в парах азота прозрачен для прибора.

Не менее информативными могут быть данные об измерении теплового потока от покровных тканей. Однако, эти возможности пока используются крайне редко. Тепломеры распространены куда меньше, чем устройства для измерения температуры. Чаще они используются для определения потерь тепла через ограждающие конструкции, хотя реальная область их применения может быть значительно шире [2].

Проведение измерений теплового потока и расчета температуры на основании экспериментальных измерений возможно при помощи термоэлектрических тепломеров. Точность и достоверность результатов измерений, получаемых с помощью тепломеров, напрямую связана с необходимостью отслеживания ряда параметров. Так, на результат измерения может оказывать влияние интенсивность прижатия и свойства устройства, свойства и характер движения охлаждающей среды и пр. [3].

Для развития экспериментальных методик теплотрии в условиях нахождения тела человека при экстремально низких температурах большой интерес представляет компьютерное моделирование, позволяющее получить расчетные значения температуры различных слоев кожных покровов [4, 5].

Возможность описывать с использованием численных моделей тепловые процессы, протекающие в кожном покрове человека в нормальных условиях, были показаны в [6, 7].

Компьютерная модель воздействия экстремально низких температур на тело человека была создана методом конечных элементов в программном комплексе Comsol Multiphysics.

2D модель включала участок поперечного разреза кожного покрова человеческого тела. Схематическое изображение модели представлено на рис. 1.

Геометрия модели кожного покрова составляла прямоугольник с шириной 400 мм и высотой 40 мм, состоящий из слоев с теплофизическими свойствами, соответствующими тканям человеческого тела [8].

В модели для описания криовоздействия был использован фрагмент криокамеры с геометрическими размерами 200х500 мм. Теплофизические свойства окружающей среды соответствовали азоту и воздуху в газообразном состоянии. В период от 0 до 180 секунд среда состояла из газообразного азота, охлажденного до 190К, что соответствовало нахождению человека в криокамере. В период от 180 до 2000 секунд среда состояла из воздуха при комнатной температуре, что соответствовало нахождению человека в обычных условиях.

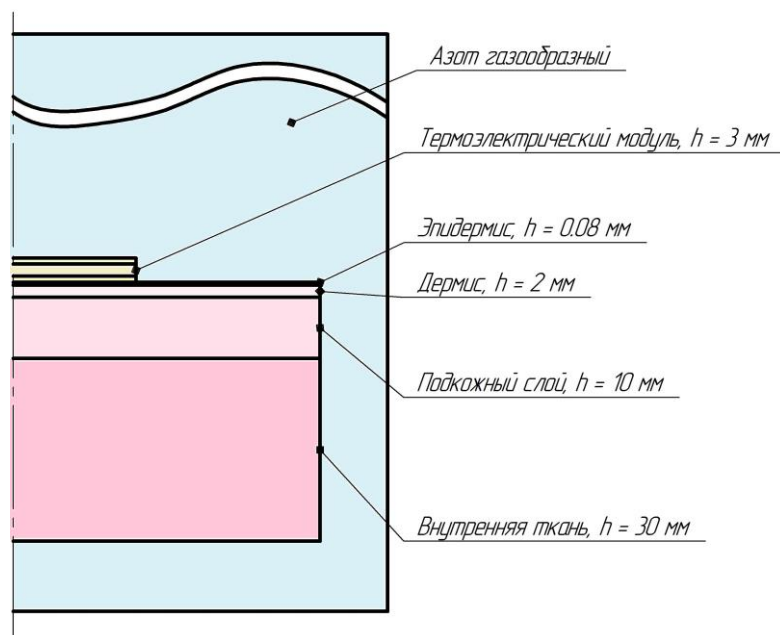


Рис. 1. Схематическое изображение геометрической модели покровных тканей человека и термоэлектрического тепломера

Измерительное устройство имитировал фрагмент – термоэлектрический модуль, состоящий из термоэлектрического материала теллурида висмута Bi_2Te_3 [9], окружённого двумя слоями керамики Al_2O_3 .

Созданная модель отображала внутренние биологические тепловые процессы, протекающие в человеческом теле.

В начальный момент времени для описания состояние газовой среды камеры была принято заполнение ее воздухом, температура которого равнялась 293,15 К, давление которого соответствовало 1 атм. Температура внутренних тканей принималась равной 310,15 К, подкожного слоя – 309,15 К, дермиса – 307,65 К, эпидермиса – 307,15 К. Скорость потока азота равнялась нулю.

Процесс теплообмена в биологических тканях описывался следующим уравнением [10]:

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} - \nabla (\lambda \nabla T) = q + q_{bio}, \quad (2)$$

где ρ – плотность материала, c_p – теплоемкость при постоянном давлении, T – температура, t – время, λ – коэффициент теплопроводности. Для оценки тепловыделения в биологической ткани q_{bio} было использовано выражение:

$$q_{bio} = \rho_b c_{pb} \omega_b (T_b - T) + q_{met}, \quad (3)$$

где ρ_b – плотность крови, c_{pb} – теплоемкость крови, ω_b – скорость перфузии крови, T_b – температура крови.

Процесс теплообмена в среде азота описывался следующим уравнением:

$$q_g = \rho_N c_p \frac{\partial T}{\partial t} \rho_N c_N \mathbf{u} \cdot \nabla T - \nabla (\lambda_N \nabla T), \quad (4)$$

где ρ_N – плотность паров азота, c_N – теплоемкость паров азота, t – время воздействия, λ_N – коэффициент теплопроводности азота, $\mathbf{u}$ – скорость движения потока.

Ламинарный поток паров азота двигался со скоростью 1 м/с. Для его описания было использовано уравнение Навье-Стокса:

$$\rho_N \frac{d\mathbf{u}}{dt} + \rho_N (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-\rho \mathbf{I} + \mu (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - \frac{2}{3} \mu (\nabla \cdot \mathbf{u}) \cdot \mathbf{I} \right] + \mathbf{F}, \quad (5)$$

где $\mathbf{u}$ – скорость потока, μ – динамическая вязкость, $\mathbf{F}$ – объемная сила, $\mathbf{I}$ – единичная матрица.

Уравнение неразрывности имело вид:

$$\frac{d\rho_N}{dt} + \nabla \cdot (\rho_N \mathbf{u}) = 0 \quad \frac{d\rho}{dt} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0. \quad (6)$$

В результате проведенного компьютерного моделирования была получена модель, позволяющая проводить расчет и оценку ряда тепловых параметров и зависимых от них величин, а также их изменение во времени.

Зависимости изменения температуры в разных слоях биологической ткани во временном промежутке во время сеанса криотерапии (от 0 до 180 с) и после его окончания (от 180 до 2000 с) представлена на рисунке 2.

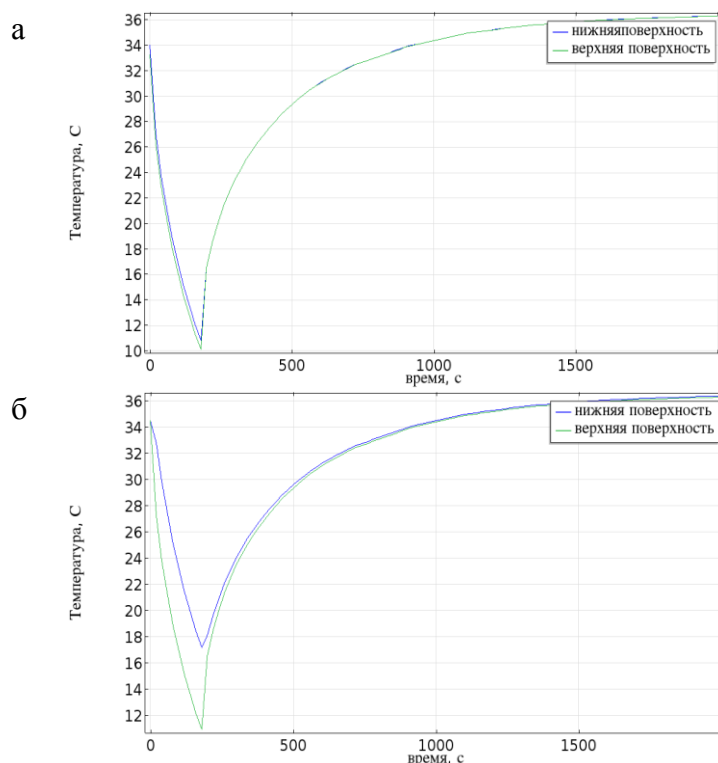


Рис. 2. Временная зависимость температуры в эпидермисе (а) и дермисе (б)

Таким образом, компьютерная модель позволяет рассчитывать значения температуры в каждом слое покровной ткани. Модель позволяет рассчитать ряд параметров, характеризующих протекание тепловых процессов в покровных тканях человеческого тела, которые на данный момент нельзя получить эмпирическим путем.

Изменение параметров модели, таких как свойства окружающей среды, ее температура и скорость, делает реальным ее применение к различным условиям критерапевтического воздействия.

Для оценки индивидуальных особенностей организма в модели можно варьировать величину толщины слоев покровной ткани, скорость метаболизма и перфузии крови, производить учет потовыделения. Эти параметры могут оказывать существенное влияние на тепловые процессы, протекающие в кожных покровах в условиях экстремально низких температур.

Результаты будут использованы при разработке устройств и методов измерения теплового потока от тела человека, которые позволят повысить эффективность и безопасность криотерапии.

Литература:

1. Bauer A., Wiechec M. Przewodnik metodyczny powybranych zabiegach fizykalnych, powybranych zabiegach fizykalnych / Markmed Rehabilitacja S.C., Ostowiec Sw. 2013. 450 p.
2. Булат Л.П., Ведерников М.В., Вялов А.П. и пр. Термоэлектрическое охлаждение: Текст лекций / Под общ. ред. Л.П. Булата. – СПб.: СПбГУНиПТ. 2002. 147 с.
3. Анатычук Л.И. О влиянии термоэлектрического источника питания на точность измерения температуры и теплового потока / Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р., Константинович И.А. // Термоэлектричество. 2013. №6. С. 53-62.
4. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магомадов Р.А. Математическая модель термоэлектрической системы для локального теплового воздействия на руку человека / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магомадов Р.А. // Термоэлектричество. 2014. №1. С. 77-86.
5. Струтинский М.Н. Компьютерные технологии в термоэлектричестве / Струтинский М.Н. // Термоэлектричество. 2009. №4. С. 32-48.
6. Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. Компьютерное моделирование показаний термоэлектрического тепломера в условиях реальной эксплуатации / Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. // Термоэлектричество. 2013. №1. С. 53-61.
7. Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. Исследование влияния термоэлектрического тепломера на определение тепловыделения человека / Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. // Термоэлектричество. 2012. №4. С. 63-70.
8. Daniela Carstea, Ion Carstea and Iulia Maria Carstea, Interdisciplinarity in Computer-Aided Analysis of Thermal Therapies, WSEAS Transactions on Systems and Control 2011. Vol. 6(4). P. 115-124.
9. Scherrer, H.; Scherrer, S. Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano; Rowe, D.M., Ed.; CRC Taylor and Francis: Boca Raton, FL, USA. 2012.
10. Ciesielski M., Mochnacki B., Szopa R. Numerical modelling of biological tissue heating. Admissible thermal dose / Ciesielski M., Mochnacki B., Szopa R. // Scientific Research of the Institute of Mathematics and Computer Science. 2011. Vol. 1(10). P. 11-20.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

А.В. Новотельнова, А.В. Асач, А.С. Тукмакова, Д. Ережеп, В. Когай, К.А. Гамова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

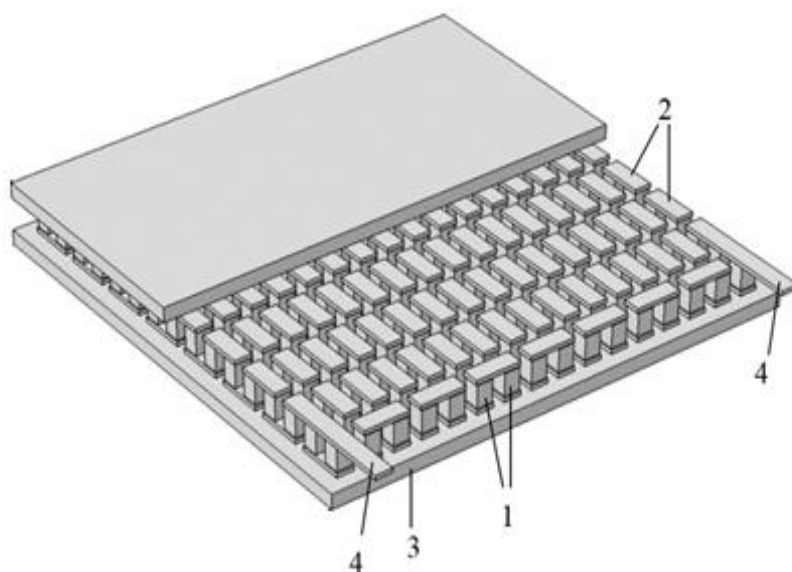
astukmakova@corp.ifmo.ru

Введение. В последние десятилетия активно развивается интерес к термоэлектрическому преобразованию энергии и, в частности, к термоэлектрическому охлаждению [1–6]. Оно находит широкое применение в промышленности и быту, например, для термостабилизации электронных устройств, таких как инфракрасные датчики и полупроводниковые лазеры. Холодильные термоэлектрические модули (ТЭМ) обладают рядом таких преимуществ, как высокая степень экологической безопасности, легкость, надежность.

Главной проблемой, ограничивающей применение ТЭМ, является сравнительно невысокая эффективность устройств. Эффективность ТЭМ зависит от свойств применяемых материалов [7], а также технологии сборки, конструкции и условий эксплуатации [6, 8–11].

В качестве доступного и эффективного метода оптимизации ТЭМ может быть использовано компьютерное моделирование. В настоящей работе рассмотрена созданная методом конечных элементов параметрическая компьютерная модель ТЭМ, способная стать платформой для расчетов основных характеристик модуля на этапе конструирования и эксплуатации. Модель может учитывать конструктивные особенности изделий, свойства применяемых материалов и условия эксплуатации.

Описание модели. Конструкция моделируемого ТЭМ, содержащего 127 пар термоэлектрических ветвей *n*- и *p*- типа, представлена на рисунке 1.



1- ветви термоэлементов (1×1×1,7 мм), 2- медные шины (2,5×1×0,1 мм), 3 – теплообменные керамические пластины (30×30×3 мм), 4 – контактные выводы (8×1×0,1 мм)

Рис.1 Геометрическая 3-D модель ТЭМ

Свойства материалов, заложенных в математическую модель, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства материалов 1- Al_2O_3 , 2 –термоэлектрический материалп-типа, 3 –
термоэлектрический материалр-типа, 4 – Cu

Темп ерату ра, К	λ (Вт/(м·К))				$\sigma \times 10^6$ (См/м)				c_p (Дж/(кг·К))			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
300	35	1,938	1,938	730	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0816	0,0816	59	730	0,1555	0,1555	385
400	35	1,604	1,604	730	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0597	0,0597	59	730	0,1626	0,1626	385

Температура, К	S (В/К)				ρ (кг/м ³)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
300	0	218	218	1×10^{-9}	3965	7700	7700	8960
400	0	218	218	1×10^{-9}	3965	7700	7700	8960

продолжение таблицы 1

Для описания процессов, протекающих в модуле применялись следующие уравнения:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot \mathbf{q} = Q_e, \quad (1)$$

где ρ – плотность материала, T – абсолютная температура, C_p – теплоемкость при постоянном давлении, Q_e – источник Джоулева тепла; $\mathbf{q}$ – плотность теплового потока:

$$\mathbf{q} = -\lambda \nabla T + ST\mathbf{J}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, ∇T – градиент температуры, S – коэффициент Зеебека, $\mathbf{J}$ – плотность тока:

$$\mathbf{J} = -\sigma(\nabla V + S\nabla T), \quad (3)$$

где V – электрический потенциал, σ – коэффициент электропроводности

Закон сохранения заряда записан в виде:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0. \quad (4)$$

В качестве граничных условий для тепловых величин верхней керамической пластине прикладывалась температура, величина которой составила 325,15 К. Поверхность противоположной пластины была изолирована по теплоте. На остальной поверхности модуля осуществлялся естественный конвективный теплообмен с окружающей средой, имеющей комнатную температуру, с коэффициентом теплоотдачи, равным 2 Вт/(м²·К).

Для описания граничных условий для электрических величин потенциал левого вывода был принят равным потенциалу земли. На другой вывод подавался ток, величина которого варьировалась при расчете от 0,1 до 1,1 А с шагом 0,1 А. Все остальные поверхности были электрически изолированы.

Результаты. При достижении значения питающего тока, равного 3,15 А, выделение Джоулева тепла начинает преобладать над отводом теплоты на холодной стороне модуля. На рисунке 2 представлен график зависимости разности температур ΔT на сторонах ТЭМ от тока. При максимальном значении тока величина ΔT достигает верхнего значения, что соответствует режиму максимальной холодопроизводительности. В рассмотренном случае величина потребляемой мощности составила 56,6 Вт.

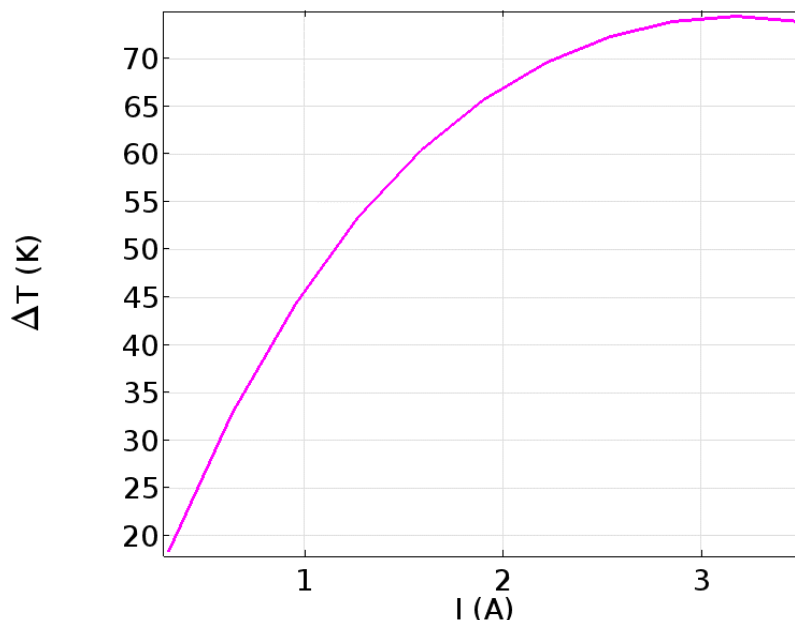


Рис. 2. Зависимость разности температур на сторонах модуля от тока

Режиму максимальной эффективности соответствует значение тока 0,78 А при ΔT , равной 20 К. Холодопроизводительность в этом случае достигает 23,8 Вт, а холодильный коэффициент составляет 1,63.

В зависимости от требований к устройствам возможно применение ТЭМ в режиме максимальной холодопроизводительности или применении нескольких ТЭМ в режиме максимального энергосбережения [12].

Основные результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Основные рассчитанные параметры ТЭМ	
Максимальная разница температур	73,97 К
Рекомендуемый ток, соответствующий максимальной разнице температур	3,15 А
Рекомендуемое напряжение, соответствующее максимальной разнице температур	18 В
Общее электрическое сопротивление устройства	5,7 Ом
Максимальная холодильная мощность	32,8 Вт
Максимальный холодильный коэффициент	1,63

Выводы. Создана модель ТЭМ методом конечных элементов. Проведен расчет экстремальных режимов эксплуатации модуля заданной конфигурации и состава. Произведен анализ максимальной разности температур, достигаемой в модуле в

зависимости от тока и напряжения. Осуществлен анализ параметров эксплуатации, соответствующих наибольшей эффективности работы устройства.

Результаты расчета хорошо согласуются с характеристиками реальных холодильных ТЭМ рассмотренной конфигурации и состава[13]. Модель может быть использована для дальнейших конструктивных и параметрических расчетов.

Литература:

1. He W. Recent development and application of thermoelectric generator and cooler / He W., Zhang G., Zhang X., Ji J., Li G., Zhao X. // *Applied Energy*. 2015. V.143. P.1-25.
2. Owoyele O. Performance analysis of a thermoelectric cooler with a corrugated architecture / Owoyele O., Ferguson S., O'Connor BT. // *Applied Energy* 2015. V.147. P.184–91.
3. Enescu D. A review on thermoelectric cooling parameters and performance / Enescu D., Virjoghe E. // *Renew Sustain Energy Reviews*. 2014. V.33. P.903–16.
4. Sharma S. Exergy analysis of single-stage and multistage thermoelectric cooler/ Sharma S., Dwivedi V., Pandit S. // *International Journal of Energy Research*. 2014.V.38. P.213–22.
5. Wang T. Parameter analysis and optimal design for two-stage thermoelectric cooler/ Wang T., Wang Q., Leng C., Wang X. // *Applied Energy*. 2015. V.154. P.1–12.
6. Ma M. A numerical study on the temperature overshoot characteristic of a realistic thermoelectric module under a current pulse operation / Ma M., Yu JL. // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2014. V.72. P.34–41.
7. Rowe D. M. *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*/ Ed. by D. M. Rowe, CRC Press. 2006. 912 p.
8. Erturun U. Influence of leg sizing and spacing on power generation and thermal stresses of thermoelectric devices / Erturun U., Erermis K., Mossi K. // *Applied Energy* 2015. V.159. P.19–27.
9. Owoyele O. Performance analysis of a thermoelectric cooler with a corrugated architecture / Owoyele O., Ferguson S., O'Connor B. // *Applied Energy* 2015. V.147. P.184–91.
10. Chen L. Effect of pulsed heat power on the thermal and electrical performances of a thermoelectric generator / Chen L., Lee J. // *Applied Energy* 2015. V.150 P.138–49.
11. Yu S. Start-up modes of thermoelectric generator based on vehicle exhaust waste heat recovery / Yu S., Du Q., Diao H., Shu G., Jiao K. // *Applied Energy* 2015. V.138 P.276–90.
12. Покорный Е. Г., Щербина А. Г. Расчет полупроводниковых охлаждающих устройств / Наука, Ленинград. 1969. 209 с.
13. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kryothermtec.com/ru/standard-single-stage-thermoelectric-coolers.html>/ свободный. Яз. рус.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ РАБОЧИЕ ТЕЛА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ

В.И. Могорычный, А.С. Должиков

Национальный исследовательский университет «Московский Энергетический Институт», г. Москва, Россия

MogorychnyVI@mpei.ru

Дроссельные системы, в основе которых лежит цикл Джоуля-Томсона, очень простые и надежные системы. Принципиальная схема дроссельных компрессорной системы приведена на рис.1. При работе на «чистых» рабочих телах, таких как азот или аргон, термодинамическая эффективность цикла невелика – в большинстве случаев она составляет примерно 10–12% от цикла Карно на азотном уровне температур (80–90 К). Это объясняется небольшой величиной изотермического дроссель-эффекта при температуре окружающей среды (примерно 295К) и необходимостью иметь большие значения давления нагнетания около 20 МПа.

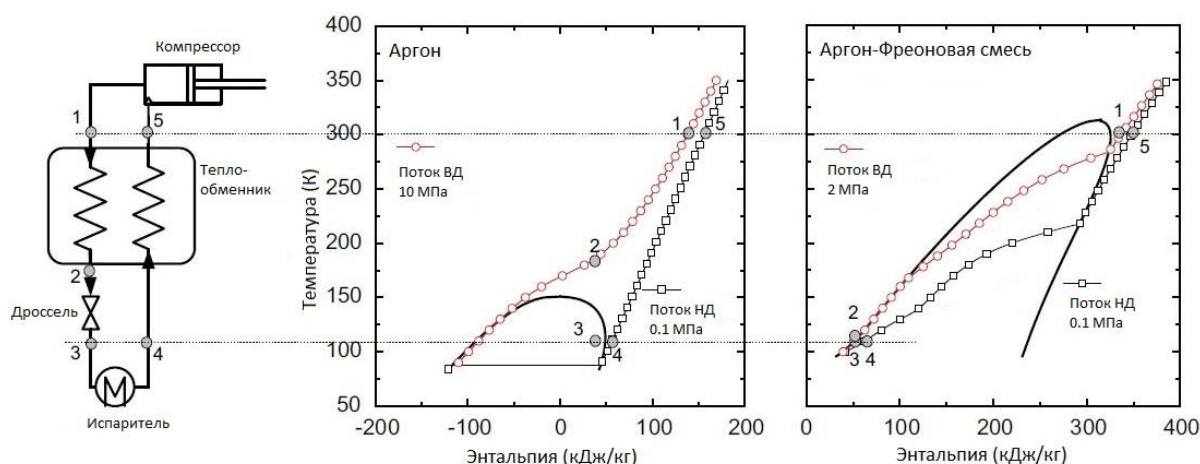


Рис. 1. Условное представление цикла дроссельной холодильной машины, работающей на чистом веществе (Аг) и на смеси (Аг + фреоны)

Применение многокомпонентных рабочих тел (МРТ) в компрессорных дроссельных системах значительно (в несколько раз) повышает их энергетическую эффективность и улучшает масса-габаритные характеристики. Следует отметить, что это утверждение справедливо и для баллонных дроссельных систем.

Достоинства дроссельных систем на смесях хорошо известны:

- большой изотермический дроссель-эффект при температуре окружающей среды
- низкие давления нагнетания (для компрессорных систем), как правило, от 1,0 до 3,0 Мпа
- возможность использования как смазываемых холодильных компрессоров, так и «сухих» компрессоров
- большой ресурс системы
- сравнительно низкая стоимость.

Дроссельные системы на МРТ возможно использовать как для криостатирования (поддержание температуры на заданном уровне), так и для охлаждения (отвод тепла в заданном температурном интервале).

Типичными температурами криостатирования для таких систем являются 70–230 К, а диапазон нагрузок варьируется от долей ватта до нескольких десятков киловатт.

На данный момент цикл Джоуля–Томсона используется во многих специфических криогенных применениях, таких как криохирургические зонды, охлаждение инфракрасных датчиков, криоконсервация, реконденсация газов, ожижение природного газа, биомедицинские образцы и ВТСП тоководы.

Первые работы по дроссельным системам на МРТ начались в СССР в середине семидесятых годов и проводились весьма интенсивно. В те годы был заложен научный фундамент в этой области криогенной техники. К сожалению, накопленный опыт в настоящее время в значительной степени, остается невостребованным. В последнее десятилетие активно ведутся работы по исследованию и разработке дроссельных систем на МРТ в ряде государств – США, Китай, Индия и ряде других.

Подробно с опытом разработки дроссельных систем в СССР и РФ на многокомпонентных рабочих телах можно ознакомиться в [1, 2]. Опыт применения МРТ зарубежными исследователями и инженерами отражен в работе [3–7].

В настоящее время в Московском энергетическом институте, на кафедре Низких температур, совместно с ООО «Криомаг», возобновились исследования и опытно-конструкторские работы в области дроссельных систем, работающих на МРТ. В основном исследуются и создаются системы относительно небольшой холодопроизводительности – от 1 до 100 Вт, температура криостатирования также менялась от 70 до 200 К. Некоторые системы охлаждения делались и делаются специально для проведения научно-исследовательских работ, другие делались согласно требованиям заказчиков. Рабочие тела для дроссельных рекуперативных систем обычно составляют из следующих веществ:

1. азот и инертные газы (гелий, неон, аргон);
2. углеводороды (метан, этан, этилен, пропан, бутан, пентан,);
3. фреоны (R-14, R-23, R-125, R-236fa, R-245fa).

Смеси, предназначенные для криостатирования и охлаждения различных объектов при температурах выше 120 К, можно формировать на базе фреонов или углеводородов с использованием азота (или аргона). Для достижения более низких температур (ниже 120 К) обычно используют углеводороды, азот, аргон, неон и гелий. Главным образом это объясняется низкими температурами тройных точек углеводородов по сравнению с фреонами. Однако, МРТ с использованием углеводородов относят к классу горючих, в то время как смеси с фреонами являются, как правило, негорючими.

Оптимизация состава рабочего тела для дроссельной системы приводит к необходимости наличия некоторого количества жидкой фазы в потоке высокого давления при температуре окружающей среды, т.е. на входе в теплообменник. Холодопроизводительность системы, определяемая изотермическим дроссель-эффектом, при этом резко возрастает.

МРТ использовались не только в системах охлаждения с традиционными теплообменниками (труба в трубе, поперечно-точными, пластинчатыми), но и в планарных дроссельных системах, выполненных на стекле и металле.

В настоящий момент в МЭИ и ООО «Криомаг» начаты работы по исследованию и разработке микрокриогенных дроссельных систем на азотный уровень температур (75–90 К) с холодопроизводительностью менее 1 Вт. Можно выделить следующие задачи, которые предстоит решить при создании микрокриогенных дроссельных систем на смесях:

1. Расчет процессов теплообмена и гидравлических потерь в каналах и менее рекуперативного теплообменника. Задача не решена для всех видов теплообменников.

2. Разработка и создание микрокомпрессоров (производительность менее $0,25 \text{ м}^3/\text{час}$).

3. Разработка и создание микротеплообменников различного типа.

Первая задача является приоритетной и требующей проведения большого количества исследований. На данный момент имеется ограниченное число работ, посвященных исследованию процессов кипения и конденсации многокомпонентных рабочих тел (МРТ) в области низких температур, а также исследованию гидродинамики данных процессов.

Известно две работы, в которых производились исследования смесей, состоящих из трех и более компонентов [8, 9], а также ряд экспериментальных работ для бинарных смесей. Большинство методик, разработанных для смесей, основано на соотношениях, используемых для чистых веществ, с включением в них поправок, учитывающих многокомпонентность рабочего тела. Однако, данные, полученные с помощью этих соотношений, носят частный характер и применимы для конкретной смеси и параметров потока.

В общем случае, модели кипения для турбулентного потока чистого вещества, указывают на то, что в двухфазной области при расчете коэффициента теплоотдачи (КТО) можно выделить две основные составляющие: конвекция и пузырьковое кипение. Поэтому большинство соотношений для определения при кипении потока рабочего тела в двухфазной области ($\alpha_{\text{дф}}$) представляют собой суперпозицию составляющих с некоторыми поправочными коэффициентами, учитывающими двухфазность потока.

$$\alpha_{\text{дф}} = A\alpha_{\text{конв}} + B\alpha_{\text{кип}}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{конв}}$ – КТО за счет конвекции; $\alpha_{\text{кип}}$ – КТО при кипении; A и B – коэффициенты, учитывающие двухфазность потока.

Такой подход позволяет добиться неплохих результатов, однако является трудоемким, а зачастую нереализуемым, так как требует знания большого количества теплофизических свойств и других параметров рабочего тела, что в условиях течения кипящего потока не всегда представляется возможным.

Расчет гидравлических потерь производится либо по гомогенной модели, либо по модели раздельных потоков. Гомогенная модель рассматривает двухфазный поток как однородную среду, теплофизические свойства которой определяются составом жидкой и паровой фаз и массовой долей пара и жидкости. В таком случае оценку потерь давления ($\Delta P_{\text{дф}}$) можно производить по соотношению:

$$\Delta P_{\text{дф}} = \xi_{\text{дф}} \frac{j^2 L}{2\rho_{\text{см}} d_{\text{вн}}}, \quad (2)$$

Где $\xi_{\text{дф}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления двухфазного потока; j – массовый поток, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$; $\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$; L – длина участка, м; $d_{\text{вн}}$ – характерный размер участка, м.

Одной из основных трудностей расчета по гомогенной модели является определение теплофизических свойств двухфазного потока смеси.

В модели раздельного течения потери давления оцениваются в предположении, что жидкая и паровая фазы движутся в отдельных каналах со своими параметрами потока (расходом, теплофизическими свойствами и т.д.), и каждая из фаз вносит свой вклад в гидравлическое сопротивление. В общем, большинство моделей, основанных на этом подходе можно представить в виде произведения потерь давления в жидкой фазе ($(\frac{\partial P}{\partial z})_{\text{ж}}$) на коэффициент, учитывающий двухфазность потока ($\Phi_{\text{ж}}^2$):

$$\left(\frac{\partial P}{\partial z}\right)_{\text{дф}} = \left(\frac{\partial P}{\partial z}\right)_{\text{ж}} \Phi_{\text{ж}}^2 = \xi_{\text{ж}} \frac{(j(1-x))^2}{2d_{\text{вн}}\rho_{\text{ж}}} \Phi_{\text{ж}}^2, \quad (3)$$

где $\xi_{\text{ж}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления жидкой фазы; x – массовое расходное паросодержание; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкой фазы, кг/м³; $d_{\text{вн}}$ – характерный размер участка, м.

На кафедре Низких температур МЭИ совместно с ООО «Криомаг» разработан и создан экспериментальный стенд [10], позволяющий производить измерение коэффициента теплоотдачи при кипении смесевых рабочих тел и гидравлического сопротивления на экспериментальном участке. Сравнение полученных на стенде экспериментальных данных с предлагаемыми соотношениями для расчета коэффициента теплоотдачи для МРТ показало, что эти соотношения плохо описывают экспериментальные данные [10].

В перспективе дальнейших исследований предполагается модернизация данной установки с целью визуализировать течение потока рабочего тела, для того чтобы исследовать различные режимы течения МРТ, так как режимы течения оказывают существенное влияние на особенности как процесса теплообмена, так и процесса установления фазового равновесия в МРТ.

Литература:

1. Boiarskii, M., Brodyanskii, V. M., and Longworth, R. C. (1998). Retrospective of mixed-refrigerant technology and modern status of cryocoolers based on onestage, oil-lubricated compressors. *Advances in Cryogenic Engineering*, Vol. 43. P.1701–1708
2. Brodyanskii, V. M., Gramov, E. A., Grezin, A. K., Yagodin, V. M., Nikol'skii, A., and Tashchina, A. G. (1971). Efficient throttling cryogenic refrigerators which operate on mixtures. *Chemical and Petroleum Engineering*, Vol.8(12). P.1057–1061.
3. G. Venkatarathnam Cryogenic mixed refrigerant processes, P.248, 2008, Springer
4. Chakravarthy V.S., Shah R.K., Venkatarathnam G. Review of Refrigeration Methods in the Temperature Range 4 – 300 K // *J. Therm. Sci. Eng. Appl.* 2011. Vol. 3. P. 3 - 11.
5. Little W.A. Recent development in Joule-Thomson cooling: gases, coolers, and compressors // *Proc. 5th Int. Cryocooler Conf.* 1998. P. 3 - 11.
6. Luo E.C., Gong M.Q., Zhou Y., Liang J.T., Zang L. Mixed-refrigerant Joule-Thomson cryocoolers in CL/CAS // *Adv, Cryog. Eng.* 2000. P. 299 - 306.
7. Boiarski M., Khatri A., Kovalenko V. Design Optimization of the Throttle-Cycle Cooler with Mixed Refrigerant // *R.G.R. Jr.* 2002. Vol. 10. P. 457 – 465.
8. Baek S., Lee C., Jeong S. Investigation of two-phase heat transfer coefficients of argon-freon cryogenic mixed refrigerants // *Cryogenics*. 2014. Vol. 64. P. 29 - 39.
9. Nellis G., Hughes C., Pfotenbauer J. Heat transfer coefficient measurements for mixed gas working fluids at cryogenic temperatures // *Cryogenics*. 2005. Vol. 45. P. 546 – 556.
10. Должиков А.С., Могорыч В.И. Экспериментальное исследование процесса кипения многокомпонентных рабочих тел // *Машиностроение и инженерное образование*. 2017. №1 (50). С. 6–15.

АНАЛИЗ СВОЙСТВ БИНАРНОГО ЛЬДА

Р.Р. Тазитдинов, А.А. Круглов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

t.r_92@mail.ru

Двухфазный хладоноситель в отечественной литературе упоминается как бинарный лёд или жидкий лёд, а в зарубежных источниках айс-сларри (iceslurry).

Бинарный лёд представляет собой смесь жидкой и твёрдой фазы. В виде твердой фазы используются кристаллы льда размер, которых не превышает 0,5 мм, а массовая доля льда в смеси может варьироваться в диапазоне от 5 до 60% [1, 2]. С концентрацией льда до 30% бинарный лёд ведет себя как ньютоновская жидкость и может перекачиваться с помощью обычных центробежных насосов. Если концентрация выше 30%, хладоноситель проявляет свойства псевдоэластичной неньютоновской жидкости [3]. Жидкая фаза может быть в виде чистой воды или воды с добавками. Сама вода обладает отличными теплофизическими свойствами. Химические вещества, добавленные для снижения температуры замерзания, неблагоприятно влияют на теплофизические свойства жидкости и бинарной смеси, но позволяют расширить температурный диапазон применения.

Чтобы предсказать теплофизические свойства бинарной смеси, необходимо знать свойства жидкости и льда, комбинируя эти свойства в правильном соотношении. Основным параметром здесь является массовая доля льда или концентрация льда. Ниже представлены формулы для определения плотности, теплопроводности, энтальпии и динамической вязкости бинарной смеси.

Плотность жидкости оказывает большое влияние на тепло- и массоперенос. Поскольку бинарная смесь содержит лёд, плотность которого ниже плотности жидкости, в трубах и в резервуарах системы может происходить расслоение смеси. Для предотвращения расслоения в резервуарах требуется перемешивающая система, а в трубах скорость потока должна превышать 1 м/с [4]. Проблема более значима при использовании бинарного льда с отрицательными температурами, что требует более высокой концентрации добавок, и увеличивает разницу в плотности между жидкой и ледяной фазой (за исключением спиртов и аммиака). Плотность бинарного льда можно определить по формуле:

$$\rho_{б.л} = \frac{1}{\frac{\varphi_{л}}{\rho_{л}} + \frac{(1 - \varphi_{л})}{\rho_{ж}}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{л}$ – массовая концентрация льда, %; $\rho_{л}$ – плотность льда, кг/м³; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³.

Одно из важнейших свойств для определения размеров теплообменного и емкостного оборудования системы с использованием бинарного льда является энтальпия. Энтальпию бинарной смеси можно определить из уравнения:

$$h_{бл} = \varphi_{л} \left(h_{л}\{0^{\circ}\text{C}\} + \int_{0^{\circ}\text{C}}^t c_{p,л} dt \right) + (1 - \varphi_{л}) \left(h_{ж}\{0^{\circ}\text{C}\} + \int_{0^{\circ}\text{C}}^t c_{p,ж} dt \right), \quad (2)$$

где $\varphi_{л}$ – массовая концентрация льда, %; $c_{p,л}$ – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·К); $c_{p,ж}$ – удельная теплоемкость жидкости, кДж/(кг·К); $h_{л}$ – энтальпия льда, кДж/кг; $h_{ж}$ – энтальпия жидкости, кДж/кг.

Первая часть уравнения включает в себя скрытую теплоту плавления частиц льда при 0°C и явную теплоту льда соответственно. Второе слагаемое включает в себя явную теплоту жидкости. Благодаря скрытой теплоте фазового перехода, бинарный лед с массовой долей льда 20% может отвести тепла в 3,5 раза больше, чем 10%-ный раствор этиленгликоля или пропиленгликоля (при $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$), при том, что температура бинарной смеси останется постоянной (таблицу 1).

Теплопроводность бинарной смеси может быть вычислена с помощью формулы (3), предложенной Тареефом (*Tareef*) для жидко-твердой смеси [5]:

$$\lambda_{бл} = \lambda_{ж} \left(\frac{2\lambda_{ж} + \lambda_{л} - 2\xi(\lambda_{ж} - \lambda_{л})}{2\lambda_{ж} + \lambda_{л} + \xi(\lambda_{ж} - \lambda_{л})} \right); \quad (3)$$

где $\lambda_{ж}$ – теплопроводность жидкости, Вт/(м·К); $\lambda_{л}$ – теплопроводность льда, Вт/(м·К); ξ – объемная концентрация льда, %.

Для определения динамической вязкости бинарного льда, используют эмпирическое уравнение, предложенное Томасом (4). Это уравнение учитывает не только концентрацию твердых частиц, но и взаимодействие между ними. Уравнение действительно, если концентрация частиц не превышает 62,5 %, а их размер находится в диапазоне от 0,099 до 435 мкм [6].

$$\mu_{бл} = \mu_{ж} (1 + 2,5\xi + 10,05\xi^2 + 0,00273e^{16,6\xi}), \quad (4)$$

где $\mu_{ж}$ – динамическая вязкость жидкости, Па·с; ξ – объемная концентрация льда, %.

По приведенным уравнениям был произведен расчет свойств бинарного льда с различной концентрацией и построены графики относительного их изменения (рис.1).

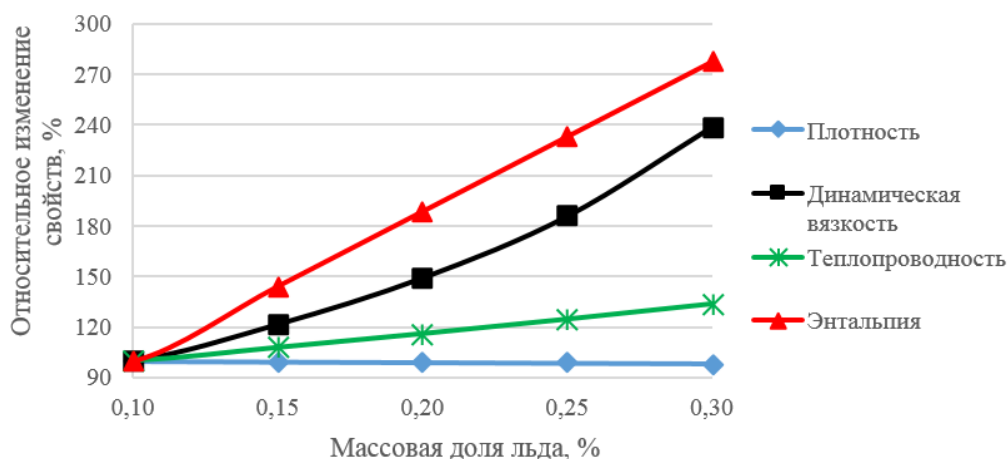


Рис. 1. Относительное изменение свойств при увеличении массовой доли льда в бинарной смеси, полученной из воды

Из графика видно, что плотность бинарной смеси с увеличением массовой доли льда (от 10 до 30%) уменьшается, но не значительно по отношению к теплопроводности, энтальпии и динамической вязкости. Наибольшее влияние

изменение массовой доли льда оказывает на энтальпию смеси, она увеличивается в 2,8 раз и динамическую вязкость, которая в свою очередь возрастает в 2,4 раза. Также с повышением концентрации льда происходит рост теплопроводности бинарной смеси на 35%.

Таблица 1

Свойства хладоносителей

Хладоноситель	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Динамическая вязкость, Па·с	Энтальпия, кДж/кг
Бинарный лед 20% (льда)	982,00	0,757	0,00375	70,1 ($\Delta t = const$)
Этиленгликоль, 10%	1018,64	0,512	0,00208	19,7 ($\Delta t=5$)
Пропиленгликоль, 10%	1015,62	0,510	0,00268	20,2 ($\Delta t=5$)

Литература:

1. Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А. Получение "бинарного льда" с помощью вакуумно-выпарной кристаллизации // VII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.): Материалы конференции - 2015. - № Часть 1. - С. 154-156.
2. Миненков, В.В.. Влияние примесей на процессы получения и применения бинарного льда / В.В. Миненков, А.В. Зимин, М.Г. Хмельнюк // Холодильная техника и технологии. – 2013. - №4(144). – с. 24-30.
3. Цветков О.Б. Айс-сларри и однофазные хладоносители [Текст] / Цветков О. Б., Лаптев Ю. А. // Холодильная техника. – 2004. – N 3. – С. 2-4. – ISSN 0023-124X.
4. Doron P, Granica D, Barnea D. Slurry flow in horizontal pipes—experimental and modeling. International Journal of Multiphase Flow 1987;13(4):535–47.
5. Tareef, B.M., 1940, Colloidal Journal USSR, vol.6, p.545.
6. Thomas, D.G., 1965, Transport characteristics of suspension: VIII. A note on the viscosity of Newtonian suspensions of uniform spherical particles, Journal of Colloid Science, vol.20, pp.267-277.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРЦЕВЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

П.И.Кривоносов¹, А.В. Асач¹, А.В. Новотельнова¹, М.А. Москвичева^{1,2}

1 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

2 – ООО «Криотерм», г. Санкт-Петербург, Россия

a.asach@mail.ru

В современном мире наблюдается рост интереса к альтернативным способам получения электроэнергии. Он обусловлен как повышенным вниманием к экологическим проблемам человека, так и нефтяным кризисом, прошедшим в конце прошлого века [1].

Альтернативные способы получения электроэнергии имеют меньшую эффективность, по сравнению с традиционным способом. Пути повышения эффективности устройств альтернативной энергетики и, в частности, устройств термоэлектрических генераторов могут лежать как в области повышения эффективности используемых в них материалов, так и в области поиска новых нетрадиционных конструктивных решений. Одним из таких решений может быть идея создания конструкции торцевого термоэлектрического генератора.

Традиционная конструкция термоэлектрических генераторов (ТЭГ) представлена на рис. 1, а. ТЭГ состоит из термоэлектрических элементов, имеющих П-образную форму и состоящих из двух ветвей, выполненных из полупроводниковых материалов *p*- и *n*-типов проводимости, соединенных контактными площадками из меди [2,3]. На контактных площадках через керамическую пластину создают тепловые условия, приводящие к возникновению градиента температур в ветвях термоэлементов, что в свою очередь приводит к появлению разности электрических потенциалов на концах термоэлемента (термоэлектрический эффект). Для увеличения ЭДС, ТЭГ в зависимости от конструкции, может содержать несколько десятков или сотен термоэлементов. Ветви термоэлементов имеют последовательное электрическое соединение, но при этом расположены параллельно друг другу в создаваемом тепловом потоке. Форма ветвей термоэлементов прямоугольный параллелепипед, геометрические размеры которого подбираются исходя из условий получения максимальных значений эффективности.

Идея создания торцевого генератора заключается в линейном расположении ветвей термоэлементов (рис. 1, б). Такая конструкция может позволить гибко менять форму генератора, подстраиваясь под реальные геометрические размеры источника тепла. Распределения потоков тепла и электрических зарядов в объеме такого устройства должно отличаться от имеющих место в традиционных конструкциях термоэлектрических генераторов.

Данные о процессах и возможностях торцевых термоэлектрических генераторов в литературе практически отсутствуют.

Настоящая работа посвящена разработке мультифизической модели, позволяющей оценивать и оптимизировать параметры торцевых ТЭГ.

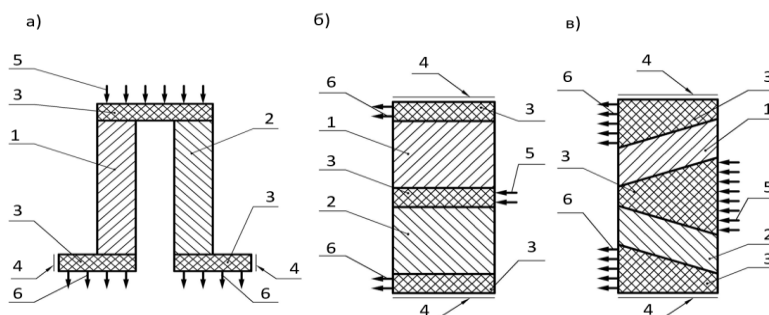


Рис. 1. Типы конструкций термоэлементов

а – классическая П-образная форма, б – торцевой ТЭГ с ветвями в форме прямого параллелепипеда; в – торцевой ТЭГ с ветвями в форме наклонного параллелепипеда.

1 – полупроводник n-типа; 2 – полупроводник р-типа; 3 – контактные металлические вставки; 4 – электрические контакты; 5 – подвод тепла; 6 – отвод тепла

Исследование работы торцевого ТЭГ проводилось путем математического моделирования с использованием программного продукта ComsolMultiphysics, возможности использования которого для оценки эксплуатационных свойств термоэлектрических преобразователей нами были опробованы ранее [4, 5].

Рассматривался случай среднетемпературного термоэлектрического генератора с ветвями, выполненными из теллурида свинца.

Были исследованы различные варианты конструкции. В первом случае ветви термоэлемента представляли собой прямые параллелепипеды (рис. 1, б), в остальных наклонные параллелепипеды с различными углами наклона (рис. 1, в). Использование ветвей термоэлементов в форме наклонных параллелепипедов сопровождалось изменением формы контактных вставок (поз. 3 рис. 1, в).

Для поверхностей ТЭГ, через которые осуществляется подвод и сброс тепла, были приняты граничные условия первого рода. Температура горячих контактных площадок составляла 700 К, температура площадок сброса тепла принималась равной 400 К. Остальные поверхности полагались адиабатно изолированными. Наличие адиабатической изоляции позволило перейти от расчета трехмерных объектов к расчету распределения температурных и электрических полей в продольном сечении ТЭГ. Модель торцевого ТЭГ включала основные уравнения электро- и теплопроводности с учетом вклада термоэлектрических эффектов.

Уравнение теплопроводности записано в виде:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot \mathbf{q} = Q_e. \quad (1)$$

Здесь T – абсолютная температура, C_p – теплоемкость при постоянном давлении и плотность материала соответственно, Q_e – Джоулево тепло.

Закон сохранения заряда записан в виде:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0. \quad (2)$$

Плотность теплового потока $\mathbf{q}$:

$$\mathbf{q} = -\kappa \nabla T + \alpha T \mathbf{J}, \quad (3)$$

где κ – коэффициент теплопроводности материала, ∇T – градиент температуры, α – коэффициент Зеебека.

Плотность электрического тока $\mathbf{J}$ описывается выражением:

$$\mathbf{J} = -\sigma(\nabla V + \alpha \nabla T), \quad (4)$$

где V – электрический потенциал, σ – коэффициент электропроводности.

В процессе расчета было определено распределение электрического потенциала и температуры в сечении торцевого ТЭГ с различными геометрическими размерами и конструктивными особенностями (рис.2). Длина рассмотренных термоэлементов l отложена на оси слева. Из-за изменения габаритного размера термоэлемента при изменении угла наклона его ножки общее количество термоэлементов на единицу поверхности будет различным для каждого отдельного случая. На рис.2 представлены торцевые ТЭГ с различным количеством термоэлементов, расположенных на длине в 100 мм. Высота ветви термоэлемента – 10 мм.

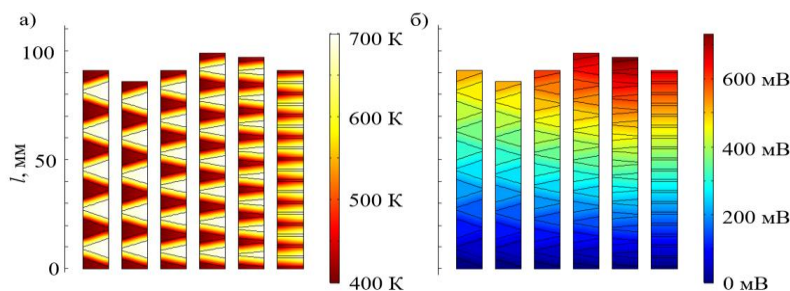


Рис. 2. Распределение температуры (а) и электрического потенциала (б) в торцевых ТЭГ различной конструкции

Из представленных распределений видно, что форма и геометрические размеры ветвей термоэлементов оказывают влияние на достигаемое значение разности потенциалов генератора. Данная зависимость не линейна и будет зависеть не только от угла наклона, но и от предельных габаритных размеров ТЭГ. Геометрические размеры необходимо рассчитывать отдельно для каждого частного случая применения торцевых ТЭГ.

Таким образом, созданная в процессе работы мультифизическая модель позволяет производить анализ конструктивных решений при разработке торцевых ТЭГ. Дальнейшими направлениями развития данной тематики может быть создание трехмерной модели с переходом от граничных условий первого рода к граничным условиям третьего рода, изучение зависимостей вырабатываемой электрической энергии от высоты ТЭГ и угла наклона ветвей термоэлементов.

Литература:

1. Арутюнов, В.С. Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики / В. С. Арутюнов. – М.: Алгоритм, 2016. – 208 с.
2. Термоэлектрические генераторы / Охотин А.С. [и др.]; под ред. А. С. Охотина. – М.: Атомиздат, 1971. – 290 с.
3. Goldsmid H. J. Introduction to thermoelectricity. – Heidelberg : Springer, 2010. – Т. 121.
4. Асач А.В., Новотельнова А.В. Моделирование термоэлектрических явлений в Comsol Multiphysics 4.2. // VI Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2013 г.): Материалы конференции. 2013. С. 209-211.
5. Новотельнова А.В., Асач А.В., Тукмакова А.С., Ережеп Д., Когай В., Гамова К.А. Моделирование распределения температуры и механических напряжений в термоэлектрическом генераторе в процессе эксплуатации // Казахстан-Холод 2017: Сборник докладов международной научно-технической конференции (15-16 марта 2017 г.) -2017. - С. 182-186.

КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯМИ

И.А. Габитов

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия

gabitovia@mail.ru

Перспективным для охлаждения элементов РЭА, работающих в режиме повторно-кратковременных тепловыделений, является метод, основанный на использовании плавящихся рабочих веществ со стабильной температурой плавления и большой величиной теплоты плавления [1]. В работе предложена конструкция системы для охлаждения элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями, реализованная на основе плавящихся в заданном температурном диапазоне рабочих веществ с дополнительным воздушным теплоотводом. На рис.1 представлена структурная схема рассматриваемого устройства [2]. Здесь элементы РЭА 1 размещаются на двух противоположных торцевых поверхностях тонкостенного металлического контейнера 2, заполненного рабочим веществом 3. В направлении, перпендикулярном размещению элементов РЭА в контейнере имеются каналы 4 для продува воздуха за счет установленных вентиляторных агрегатов 5, один из которых работает на вдув воздушного потока, а другой на выдув. Вентиляторные агрегаты включаются и осуществляют продув воздушного потока по каналу в перерыве функционирования тепловыделяющего элемента. В общем случае канал для продува воздушного потока может быть оребрен.

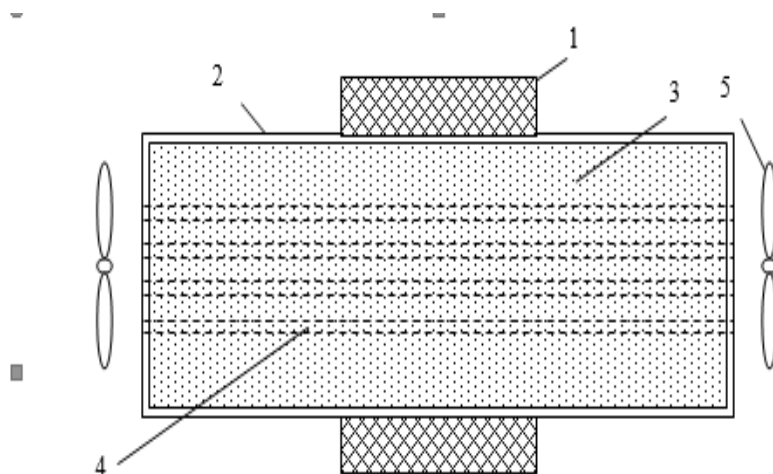


Рис. 1. Конструкция устройства для охлаждения элементов РЭА, работающих в режиме повторно-кратковременных тепловыделений, основанного на использовании плавящихся рабочих веществ с дополнительным воздушным теплоотводом

Проведены натурные испытания опытного образца. Результаты исследований представлены в виде графиков зависимостей изменения температуры оболочки контейнера во времени при плавлении и затвердевании рабочего вещества, а также продолжительности полного плавления (затвердевания) рабочего агента от подводимой (отводимой) тепловой мощности.

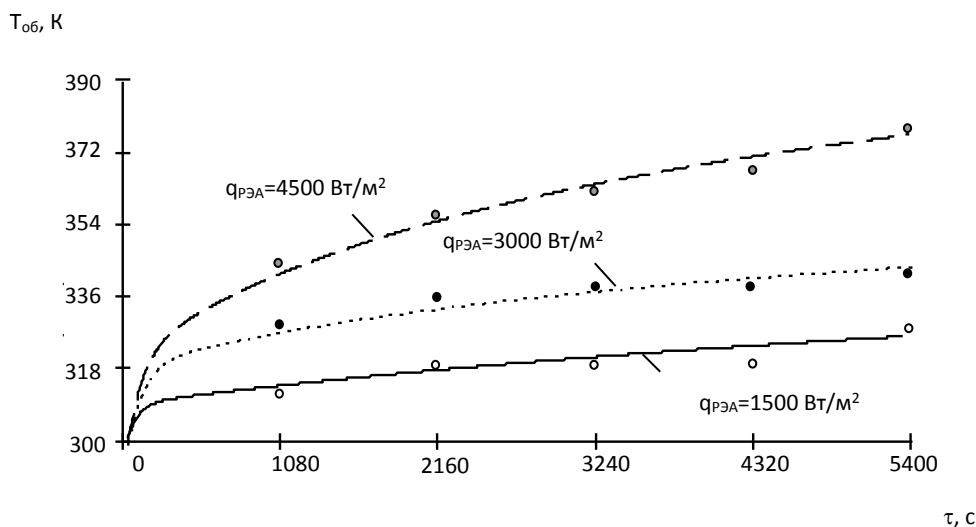


Рис. 2. Зависимость температуры оболочки от времени при плавлении вещества при подводе теплоты к верхней торцевой поверхности контейнера

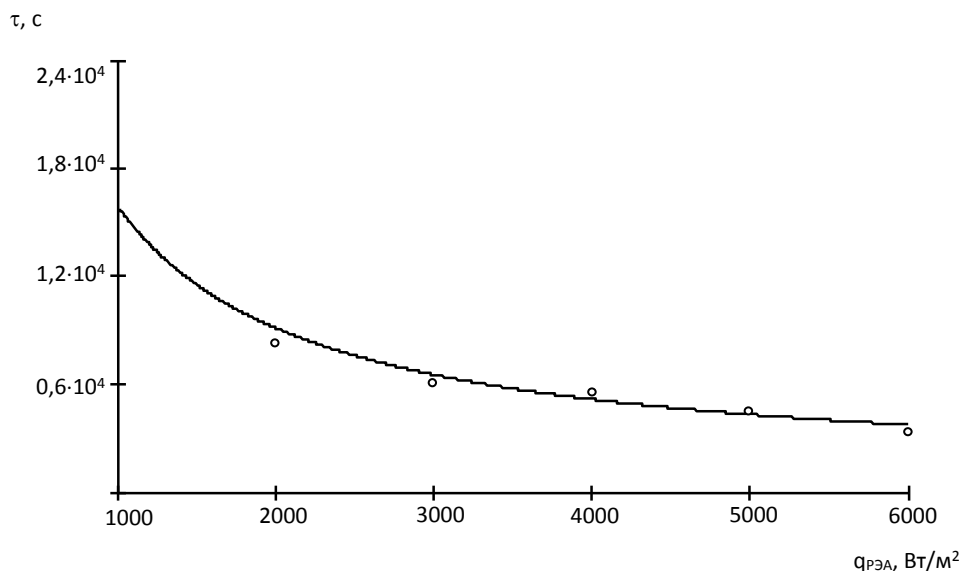


Рис. 3. Зависимость времени полного плавления теплового аккумулятора от мощности тепловыделений элемента РЭА, приходящейся на единицу площади

На рис. 3 представлены результаты изменения температуры оболочки $T_{об}$ (торцевой поверхности контейнера, с которой имеет тепловой контакт электронагреватель) в зависимости от времени при плавлении рабочего вещества. Согласно приведенным зависимостям с ростом количества теплоты, подводимого к поверхности емкости в единицу времени (тепловой мощности) увеличивается температура оболочки. Так, увеличение плотности теплового потока от электронагревателя $q_{РЭА}$ с 1500 до 4500 Вт/м² повышает температуру оболочки примерно на 45°C через 1,5 ч. Соответственно повышается и скорость плавления вещества. Согласно рис.4, где приведены данные о продолжительности полного плавления веществ от плотности теплового потока нагревателя, увеличение теплоты рассеяния с 1000 до 6000 Вт/м² снижает время полного плавления агентов с 4,7 до 1,1 ч. На практике это может привести к тому, что при определенных тепловых нагрузках

может нарушиться требуемый режим работы элементов РЭА, возникнет риск их выхода из строя. Поэтому указанное обстоятельство следует учитывать при проектировании охлаждающей системы.

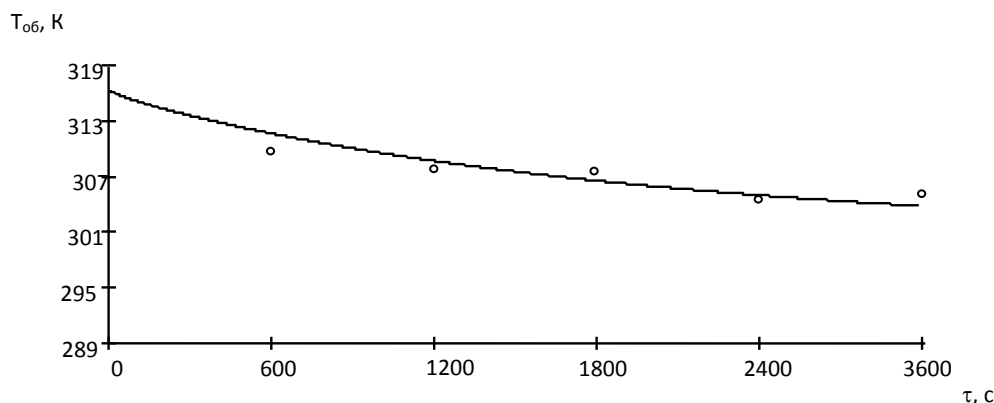


Рис. 4. Зависимость температуры оболочки от времени при затвердевании вещества (вещество – парафин)

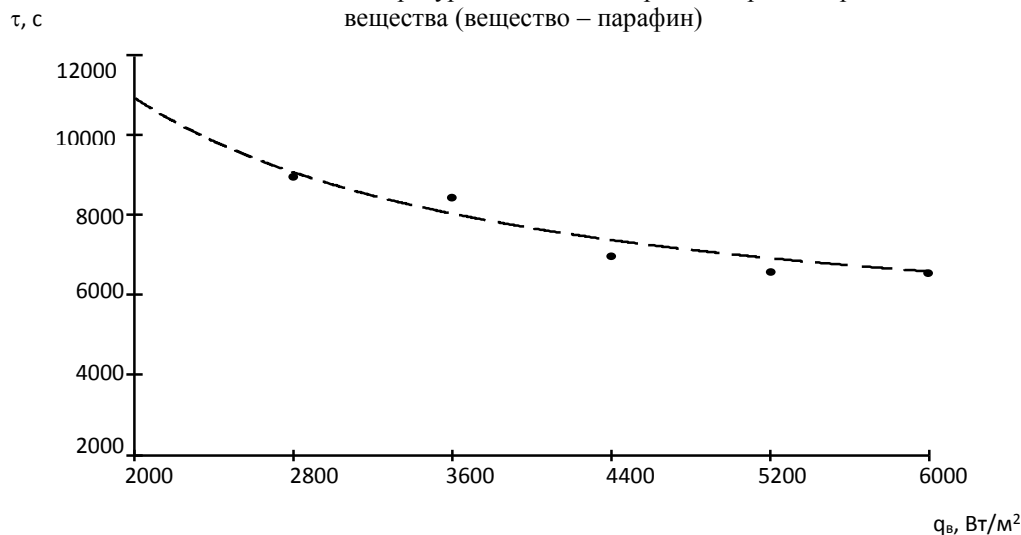


Рис. 5. Зависимость времени полного затвердевания рабочего вещества от мощности дополнительной воздушной системы теплоотвода, приходящейся на единицу площади

На рис. 5 приведены данные, полученные при исследовании процесса охлаждения и затвердевания рабочего вещества. Согласно полученным зависимостям применение дополнительного теплосъема при затвердевании рабочего наполнителя позволяет в значительной степени снизить время «паузы» в работе тепловыделяющего элемента РЭА. Графики показывают, что в рассмотренных случаях за 1 ч температуру поверхности контейнера можно снизить с 317 К до 305 К. При этом без применения дополнительно воздушного теплоотвода за 1 ч температура поверхности контейнера будет составлять соответственно 311 К.

На рис. 6 представлены графики зависимости продолжительности полного затвердевания теплового аккумулятора от мощности дополнительной системы теплоотвода q_v . Для сравнения измерены данные, снятые при остывании и затвердевании рабочего вещества при естественном теплообмене с окружающей средой. Для отвода теплоты в этом случае применялся медный ребристый радиатор. Сопоставление опытных данных показывает, что при использовании для интенсификации процесса затвердевания рабочего вещества дополнительного воздушного теплосъема время охлаждения тепловыделяющего элемента до

температуры окружающей среды примерно в 1,7 раз меньше, чем при использовании естественного теплообмена. Указанное обстоятельство позволяет снизить ограничения во времени перерыва в работе циклически работающего элемента РЭА.

Литература:

1. Алексеев В.А. Основы проектирования тепловых аккумуляторов космических аппаратов. Курск.: Наукком. - 2016. - 248 с.
2. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В. Системы отвода теплоты от элементов РЭА на базе плавящихся тепловых аккумуляторов // Вестник ДГТУ. Технические науки. - 2015. - № 36. - С. 38-44.

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ LASER-FLASHМЕТОДОМ НА ОБРАЗЦАХ НЕСТАНДАРТНОЙ ГЕОМЕТРИИ

А.В. Асач, Г.Н. Исаченко, К.Л. Самусевич, Д.В. Виноградский, М.А. Барабкин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

k.1.samusevich@gmail.com

В области теплофизических измерений одним из самых трудоемких для определения параметров материала является коэффициент теплопроводности (λ). Среди многих способов определения коэффициента теплопроводности наибольшую популярность в современном мире получил метод лазерной вспышки [1]. К плюсам этого метода можно отнести скорость измерений, возможность проведения испытаний нескольких образцов различного состава за один цикл и малые габариты исследуемых образцов. Недостатком является жесткое ограничение габаритных размеров образца. Так, например, для измерительных установок фирмы Linseis образцы должны иметь цилиндрическую форму диаметром 12,7 мм или 25,4 мм и толщиной от 1 до 6 мм [2]. Получение образцов может быть достаточно трудоемкой задачей, поэтому для случаев предварительной оценки теплофизических свойств материала целесообразно использовать один и тот же образец на нескольких измерительных установках. В связи с этим возникает вопрос об оценке неопределенности измерений коэффициента теплопроводности материала в случае использования образца нестандартной геометрии.

Для проведения измерений по методу лазерной вспышки одну сторону тонкого образца облучают импульсом лучистой энергии. Поглощенное тепло распределяется по объему исследуемого материала и достигает его обратной стороны. Это влечет за собой изменение температуры на обратной стороне, которое регистрируется при помощи термостатированного тепловизора. По скорости роста температуры можно судить о величине коэффициента теплопроводности материала. Его рассчитывают по следующей формуле [1]:

$$\lambda = 1,36976 \cdot \rho \cdot C_p \cdot \frac{h_0^2}{\pi^2 \tau_{1/2}}, \quad (1)$$

где ρ – плотность материала, C_p – изобарная теплоемкость, h_0 – высота образца, $\tau_{1/2}$ – время достижения половины максимальной температуры.

Оценка точности результатов измерений может быть выражена путем расчета стандартной неопределенности [3]. Для определения влияния геометрии образца на величину стандартной неопределенности измерений была разработана трехмерная математическая модель laser-flash метода в программной среде comsolmultiphysics [4]. Данная программная среда имеет предустановленный теплофизический модуль, позволяющий рассчитывать тепловые поля в моделируемых объектах, решая дифференциальное уравнение теплопроводности в твердом теле методом конечных элементов.

Для проверки работоспособности модели был произведен расчет графитового диска стандартной геометрии диаметром 12,7 мм и толщиной 2,1 мм (рисунок 1,а).

Нижняя сторона диска облучалась импульсом лучистой энергии плотностью 3 МВт/м^2 . Распределение энергии во времени имело форму Гаусса с величиной среднего стандартного отклонения равной $0,2 \text{ мс}$. Величина импульса была определена эмпирическим путем из расчета изменения температуры на обратной стороне цилиндра на 1 К . Начальная температура диска – 300 К , плотность – 1830 кг/м^3 , изобарная теплоемкость – 720 Дж/(кг·К) , излучательная способность – $0,9$. В качестве тепловых граничных условий был выбран радиационный теплообмен с окружающей средой. Результаты расчета представлены на рисунке 2 в виде графика зависимости роста температуры на обратной стороне образца от времени (сплошная линия).

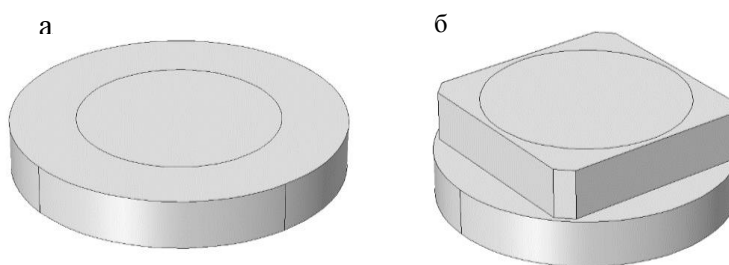


Рис. 1. Общий вид трехмерных моделируемых объектов
а – стандартная геометрическая форма, б – нестандартная геометрическая форма

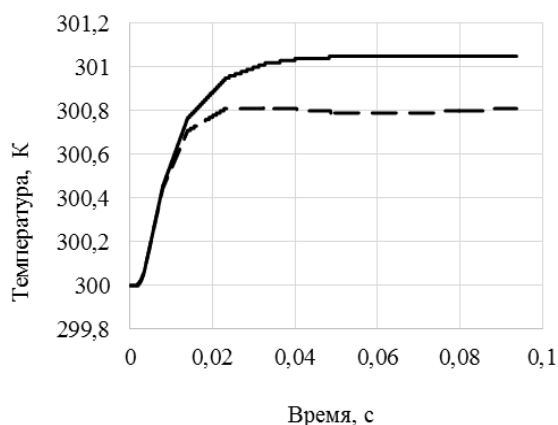


Рис. 2. График роста температуры на верхней стороне образца
сплошная – стандартная геометрическая форма, штрих – нестандартная геометрическая форма

На основании полученной временной зависимости (1) были рассчитаны коэффициент теплопроводности материала и величина стандартной неопределенности измерений. Результаты вычислений представлены в первой строке таблицы 1.

Таблица 1

Расчетные параметры для моделируемых образцов различной геометрии

№ п/п	$T_{\max}, \text{ К}$	$T_{\text{CP}}, \text{ К}$	$\tau_{1/2}, \text{ с}$	$\lambda_{\text{изм}}, \text{ Вт/(м·К)}$	$\lambda_{\text{ист}}, \text{ Вт/(м·К)}$	стандартная неопределенность, %
1	301,04	300,52	0,00682	118,39	116,89	0,6
2	300,81	300,405	0,00719	112,23	116,89	2,0

Как видно из таблицы стандартная неопределенность представленной модели составляет 0,6% из чего можно сделать вывод о работоспособности модели и ее пригодности для дальнейшего использования.

В качестве образца нестандартной геометрии был выбран квадрат со стороной 9,3 мм, размещенный на держателе диаметром 11,6 мм. Общий вид данной модели представлен на рисунке 1,б. Физические свойства материала держателя и образца, а также начальные и граничные условия аналогичны предыдущей модели. Импульс лучистой энергии, подводимый к нижней стороне образца, также попадает и на держатель, что приводит к перераспределению тепловых потоков внутри исследуемого материала и изменению временной термограммы. График зависимости температуры на обратной стороне образца от времени представлен на рисунке 2 (штриховая линия). Результаты расчета коэффициента теплопроводности для образца нестандартной геометрии представлены во второй строке таблицы. На основании расчетов можно сделать вывод о том, что неопределенность измерений коэффициента теплопроводности увеличивается в случае использования образцов нестандартной геометрии. Однако ее результирующее значение не столь велико, и использование подобных образцов допустимо для проведения оценочных измерений и выявления дальнейшего пути исследований.

Для сопоставления результатов моделирования с экспериментальными данными было произведено измерение теплопроводности твердого раствора $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ laser-Flash методом на установке XFA500 фирмы Linseis, расположенной на кафедре электронных и термических материалов Университета ИТМО [5]. При комнатной температуре образец цилиндрической формы показал значение теплопроводности равное 2,444 Вт/(м·К). Образец нестандартной геометрической формы, установленный на держатель, имеющий схожую форму с представленной выше математической моделью, показал значение теплопроводности равное 2,536 Вт/(м·К). Значение стандартной неопределенности для этих двух измерений составляет 1,8%, что согласуется с результатами математического моделирования.

Литература:

1. Parker W. J. et al. Flash method of determining thermal diffusivity, heat capacity, and thermal conductivity // Journal of applied physics. – 1961. – Т. 32. – №. 9. – С. 1679-1684.
2. XFA 300/600 Xenon Flash Apparatus: [Электронный ресурс]. Linseis - thermal analysis equipment manufacturer, 2012-2017. URL: <https://www.linseis.com/en/our-products/thermal-diffusivity-thermal-conductivity/xf-300600-xenonflash/> (Дата обращения: 28.06.2017)
3. ГОСТ Р. 54500.3–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3: 2008 // Неопределенность измерения. Ч. – Т. 3.
4. Measuring thermal conductivity with the flash method app: [Электронный ресурс]. Comsol multiphysics modeling software, 1992-2017. URL: <https://www.comsol.com/model/flash-method-30371> (дата обращения: 28.06.2017).
5. Новотельнова А.В., Асач А.В. Лаборатория исследования свойств термоэлектрических материалов // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. Материалы VI международной научнотехнической конференции.-Санкт-Петербург: НИУ ИТМО. – 2013. – С. 206-208.

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В КАНАЛАХ ЕГО ТРАНСПОРТИРОВКИ В СКВ

Н.В. Коченков, Я.А. Шакиров, П.М. Сидоренков, А.П. Александрова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kochenkov63@mail.ru

В частично-многофакторной модели (термин предложен профессором А.А. Рымкевичем) системы кондиционирования воздуха (СКВ), в отличие от идеальной модели СКВ [1], снимается одно или несколько из допущений, характерных для идеальной модели и исследуется влияние этого фактора или их комбинаций. В данной статье учитывается влияние изменения термодинамических параметров воздуха наружного, рециркуляционного и приточного в каналах (сетях) его транспортировки.

Вопрос, связанный с исследованием влияния изменения термодинамических параметров воздуха в каналах его транспортировки на режим функционирования СКВ, несмотря на свою исключительную важность, в литературе практически нигде не рассматривается, за исключением работ [1, 2]. В зарубежных источниках упоминается о наличии таких возмущающих воздействий, но без анализа и оценки их влияния на корректировку режимов функционирования СКВ [3]. В статье приводятся результаты исследований в этой области, полученные автором в развитие тех положений, которые изложены в [1].

Цель работы – проанализировать механизм влияния дополнительных нагрузок, возникающих со стороны подсистемы транспортировки воздуха, на режим функционирования СКВ и раскрыть механизм компенсации этих возмущающих воздействий.

В разработанной частично-многофакторной модели СКВ, позволяющей методом математического моделирования количественно оценивать влияние рассматриваемого фактора на режимы функционирования СКВ, приняты следующие ограничения и допущения.

1. Рассматривается «встроенное» помещение. Напомним, для такого помещения внешние возмущающие воздействия на нормируемые параметры воздушной среды проявляются только через изменение термодинамических параметров потребляемого наружного воздуха на входе в СКВ. Ограждающие конструкции такого помещения не граничат с окружающей средой, а тепловая q_{Π} и влажностная W_{Π} нагрузка в помещении определяется только внутренними тепло- $q_{\text{вн}}$ и влагоизбытками $W_{\text{вн}}$: $q_{\Pi} = q_{\text{вн}}$; $W_{\Pi} = W_{\text{вн}}$.

2. Внутренние возмущающие нагрузки $q_{\text{вн}}$, $W_{\text{вн}}$ приняты постоянными. В этом случае тепловлажностная q_{Π} , W_{Π} и газовая (в виде расхода наружного воздуха) $m_{\text{н}}$ нагрузка в помещении остается постоянной за годовой цикл эксплуатации, а, следовательно, положение исходной термодинамической схемы (ИТС) на $I-d$ -диаграмме влажного воздуха для помещения так же не изменяется.

3. Рассматривается самостоятельно функционирующая центральная СКВ без смежных систем микроклимата. В этом случае вся тепловлажностная q_{Π} , W_{Π} и газовая $m_{\text{н}}$ нагрузка в помещении приходится на СКВ и она является *нагрузкой со стороны помещения*. Кроме этой нагрузки рассматривается так же тепловлажностная нагрузка на СКВ, но уже *со стороны подсистемы транспортировки воздуха*.

4. В модели СКВ учитывается влияние изменения термодинамических параметров наружного, рециркуляционного и приточного воздуха в каналах его транспортировки. Причиной этих изменений являются дополнительные возмущения $q_H, W_H, q_{R1}, W_{R1}, q_{R2}, W_{R2}, q_{пр}, W_{пр}$, возникающие в каналах транспортировки воздуха, соответственно, наружного, I-й рециркуляции, II-й центральной рециркуляции и приточного. Влияние этих дополнительных возмущений на режимы функционирования СКВ оценивается по отдельности, поскольку при определении способа компенсации этих возмущений принципиальное значение будет иметь место их приложения в подсистеме транспортировки воздуха. Кроме того, задача, связанная с оценкой совместного влияния указанных дополнительных внешних возмущений на нормируемые параметры воздуха в рабочей зоне помещения является довольно сложной и должна рассматриваться только после того, как будет исследовано влияние этих возмущений по отдельности.

5. Количественная оценка изменения параметров воздуха в каналах его транспортировки производится по результатам замеров в следующих точках $H_K, R1, R2, \Pi_0, Y$ (рис. 1). Они обозначены в виде «•».

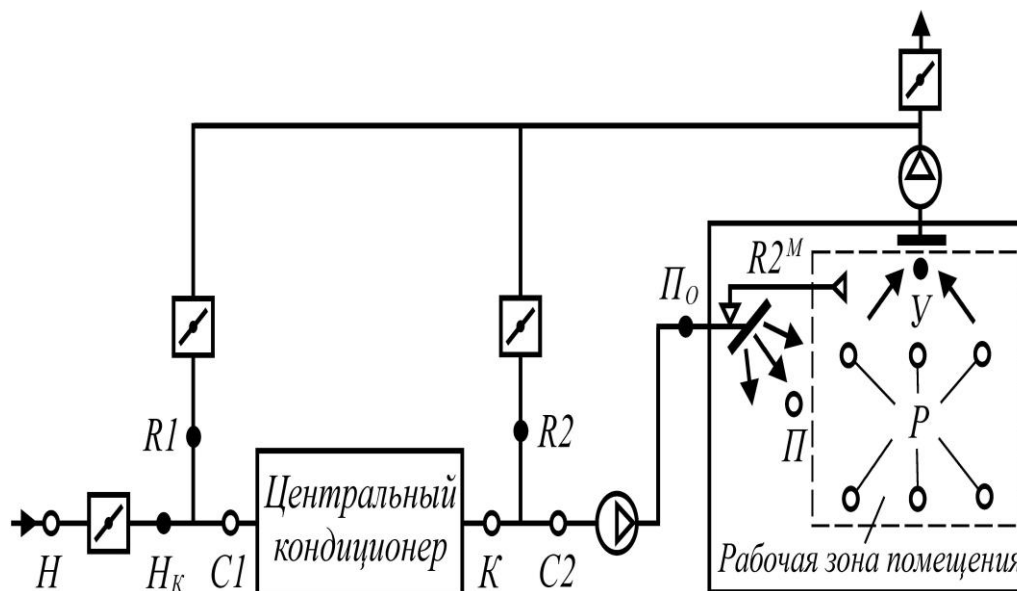


Рис. 1. Схема СКВ совместно с обслуживаемым помещением

Точки, показанные на рис. 1, характеризуют следующие параметры воздуха:

- (•)Н – параметры климата;
- (•)Н_к – параметры потребляемого наружного воздуха перед входом в кондиционер;
- (•)С1 – параметры воздуха после его смешивания с воздухом I рециркуляции;
- (•)С2 – параметры воздуха после его смешивания с воздухом II центральной рециркуляции;
- (•)К – параметры воздуха на выходе из кондиционера;
- (•)П₀ – параметры воздуха в конце приточного канала перед его смешиванием с воздухом II местной рециркуляции (R2^м), если таковая предусмотрена (эта точка рассматривается только при учете влияния возмущений $q_{пр}, W_{пр}$; во всех остальных случаях точка П₀ совпадает с точкой С2);
- (•)П – параметры приточного воздуха, подаваемого непосредственно в помещение (параметры воздуха после его смешивания с воздухом II местной рециркуляции, если таковая предусмотрена);
- (•)R1 – параметры воздуха в конце канала I рециркуляции;

(·)R2 – параметры воздуха в конце канала II центральной рециркуляции;

(·)P – параметры воздуха в рабочей зоне помещения.

Дополнительные возмущения $q_H, W_H, q_{R1}, W_{R1}, q_{R2}, W_{R2}, q_{np}, W_{np}$ (общее обозначение для них q^*, W^*) рассчитываются по следующим уравнениям:

$$q_H = m_{\bar{H}}(I_{H_K} - I_H); \quad W_H = m_{\bar{H}}(d_{H_K} - d_H); \quad (1)$$

$$q_{R1} = m_{R1}(I_{R1} - I_Y); \quad W_{R1} = m_{R1}(d_{R1} - d_Y); \quad (2)$$

$$q_{R2} = m_{R2}(I_{R2} - I_Y); \quad W_{R2} = m_{R2}(d_{R2} - d_Y); \quad (3)$$

$$q_{np} = m_{C2}(I_{\Pi_0} - I_{C2}); \quad W_{np} = m_{C2}(d_{\Pi_0} - d_{C2}), \quad (4)$$

где $I_H, d_H, I_{H_K}, d_{H_K}, I_{R1}, d_{R1}, I_{R2}, d_{R2}, I_{C2}, d_{C2}, I_{\Pi_0}, d_{\Pi_0}$ – энтальпия и влагосодержание в точках H, H_K, R1, R2, C2, Π₀, соответственно, кДж/кг; г/кг; $m_{\bar{H}}$ – текущий расход наружного воздуха, кг/(с·м²); m_{R1}, m_{R2}, m_{C2} – расходы воздуха в точках R1, R2 и C2, соответственно.

Поскольку возмущения q^*, W^* не должны передаваться в помещение и не должны изменять значения q_{Π}, W_{Π} , то их следует компенсировать в подсистемах СКВ.

Рассмотрим «механизмы» их компенсации.

Дополнительные возмущения q_H, W_H оказывают влияние на изменение термодинамических параметров потребляемого наружного воздуха при его транспортировке от точки H, характеризующей параметры климата, до точки H_K, характеризующей параметры наружного воздуха перед входом в кондиционер. Под влиянием этих возмущений изменяется тепловлажностная нагрузка на СКВ со стороны подсистемы транспортировки наружного воздуха, обозначаемая как $q_{СКВ}^H, W_{СКВ}^H$:

$$q_{СКВ}^H = q_{\Pi} + q_H; \quad W_{СКВ}^H = W_{\Pi} + W_H. \quad (5)$$

Компенсация возмущений q_H, W_H должна осуществляться только за счет корректировки положения исходной точки климата H, которая перемещается в точку H_K. В этом случае выбирается такой режим функционирования СКВ, при котором конец вектора режима (положение точки K, характеризующей параметры воздуха на выходе из кондиционера) и точка Y, характеризующая параметры воздуха в рабочей зоне (параметры удаляемого воздуха), должны соответствовать положению точки H_K, являющейся началом вектора режима функционирования. При этом следует отметить, что из всех дополнительных возмущений q^*, W^* только q_H, W_H могут влиять на изменение положения точки Y.

Дополнительные возмущения q_{R1}, W_{R1} оказывают влияние на изменение термодинамических параметров воздуха при его транспортировке по каналу I-й рециркуляции от точки Y до точки R1, характеризующей параметры воздуха в конце канала I-й рециркуляции. Под влиянием этих возмущений изменяется тепловлажностная нагрузка на СКВ со стороны подсистемы транспортировки воздуха I-й рециркуляции, обозначаемая как $q_{СКВ}^I, W_{СКВ}^I$:

$$q_{СКВ}^I = q_{\Pi} + q_{R1}; \quad W_{СКВ}^I = W_{\Pi} + W_{R1}. \quad (6)$$

Компенсация возмущений q_{R1}, W_{R1} должна осуществляться только за счет корректировки положения точки C1, характеризующей параметры воздуха после его

смешивания с воздухом I-й рециркуляции, а начало вектора режима (положение точки Н), конец вектора режима (положение точки К) и положение точки У остаются неизменными.

Дополнительные возмущения q_{R2} , W_{R2} оказывают влияние на изменение термодинамических параметров воздуха при его транспортировке по каналу II-й центральной рециркуляции от точки У до точки R2, характеризующей параметры воздуха в конце канала II-й центральной рециркуляции. Под влиянием этих возмущений изменяется тепловлажностная нагрузка на СКВ со стороны подсистемы транспортировки воздуха II-й рециркуляции, обозначаемая как $q_{СКВ}^{II}$, $W_{СКВ}^{II}$:

$$q_{СКВ}^{II} = q_{II} + q_{R2}; W_{СКВ}^{II} = W_{II} + W_{R2}. \quad (7)$$

Для компенсации возмущений q_{R2} , W_{R2} требуется определить соответствующее положение точки К, являющейся концом вектора режима, и, как следствие, положение точки С2, характеризующей параметры воздуха после его смешивания со II-й центральной рециркуляцией. При наличии I-й рециркуляции корректируется так же положение точки С1 (за счет изменения расхода воздуха I-й рециркуляции m_{R1} , а так же в отдельных случаях, за счет изменения расхода наружного воздуха m_H). Начало вектора режима (положение точки Н) и положение точки У при компенсации возмущений q_{R2} , W_{R2} остаются неизменными.

Следует отметить, что поскольку расход воздуха m_{C2} в точке С2 может оказаться меньше требуемого расхода приточного воздуха m_{II} , то увеличения значения m_{C2} до m_{II} добиваются за счет использования II-й местной рециркуляции. Такая необходимость в разделении II-й рециркуляции на центральную и местную появляется только при учете влияния возмущений q_{R2} , W_{R2} и при этом не во всех расчетных зонах климата.

Дополнительные возмущения $q_{пр}$, $W_{пр}$ оказывают влияние на изменение термодинамических параметров воздуха при его транспортировке по каналу приточного воздуха от точки С2 до точки П_о, характеризующей параметры воздуха в конце приточного канала перед его смешиванием с воздухом II-й местной рециркуляции ($R2^M$), если таковая предусмотрена. Точка П_о рассматривается только при учете влияния возмущений $q_{пр}$, $W_{пр}$. В остальных случаях точка П_о совпадает с точкой С2.

Под влиянием этих возмущений изменяется тепловлажностная нагрузка на СКВ со стороны подсистемы транспортировки приточного воздуха, обозначаемая как $q_{пр}$, $W_{пр}$:

$$q_{СКВ}^{пр} = q_{II} + q_{пр}; W_{СКВ}^{пр} = W_{II} + W_{пр}. \quad (8)$$

Для компенсации возмущений $q_{пр}$, $W_{пр}$ требуется определить соответствующее положение точки С2, а так же скорректировать положение конца вектора режима (положение точки К). При наличии I-й рециркуляции изменяется и положение точки С1. Начало вектора режима (положение точки Н), положение точек П и У остаются неизменными.

Таким образом, при определении «механизма» компенсации дополнительных возмущений q^* , W^* существенное значение имеет место их приложения в СКВ. Эти возмущения нельзя суммировать между собой, определяя их результирующую, как это предлагалось в [1, 5], поскольку для их компенсации задействуются разные механизмы, связанные с соответствующими подсистемами СКВ.

Изложенный подход к учету дополнительных внешних возмущений, возникающих в каналах транспортировки воздуха, реализован при разработке компьютерной программы [4].

Литература:

1. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб: АВОК С-3, 2003. – 272 с.
2. Коченков Н.В. Энергосберегающие режимы систем кондиционирования воздуха: монография. Ч. 1. СКВ, обслуживающие помещения с однохарактерными нагрузками. СПб.: ВКА им. А.Ф.Можайского, 2009. 399 с.
3. Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Energieaufwand der Nutzenübergabe. Raumlufttechnik. Technische Regel. VDI 2067 Blatt 21:2003-05.
4. Коченков Н.В. Руководство к практическим занятиям и лабораторным работам по дисциплине «Системы кондиционирования». Ч.1. Порядок работы с компьютерной программой: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 56 с.
5. Коченков Н.В., Мотрев А.А., Коченков В.Н. Энергоэффективное функционирование систем кондиционирования и отопления для встроенного помещения // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 47–52.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСТАНОВКИ КРОВОТЕЧЕНИЯ

О.В. Евдулов, Н.А. Набиев

Дагестанский государственный технический университет, г.Махачкала, Россия

ole-ole-ole@rambler.ru

Одним из главных аспектов сохранения жизни и здоровья человека при той или иной чрезвычайной ситуации является оперативное и своевременное лечебное вмешательство, которое в большинстве случаев включает в себя остановку кровотечения, восполнение кровопотери, а также введение лекарственных препаратов и экстренное хирургическое вмешательство, включая трансплантацию. При этом особенно важным, а зачастую определяющим действием, является быстрая остановка кровотечения с использованием различных средств. Данное обстоятельство определяется тем фактом, что кровотечение представляет большую опасность жизни человека, так как связано с недостаточным кровоснабжением тканей, потерей крови, которое приводит к гипотензии (снижению артериального давления), затем гипоксии (кислородному голоданию), дыхательной и сосудистой недостаточности и в последствии к смерти человека (здесь следует отметить, что к смертельному исходу может привести даже сравнительно небольшая кровопотеря в пределах 15–20%). Поэтому адекватная остановка кровотечения дает возможность во многих случаях спасти жизнь человека, предотвращая развитие травматического шока, во многом облегчая последующее выздоровление.

В настоящее время методы остановки кровотечения делятся на четыре основные группы: механические, химические, биологические и термические [1]. При обширных ранениях и сильных кровотечениях одновременно или последовательно применяются несколько методов из перечисленных в различных комбинациях.

В полевых условиях наиболее простым способом устранения кровопотерь является механический (наложение жгута, повязок, тампонов и т.п.) [2]. Другим методом остановки крови является химический или биологический (использование лекарственных средств, например таких, как криопреципитат, дицинон, кальция глюконат, викасол, протамина сульфат и др.) [3]. Однако, в первом случае, может наблюдаться низкая эффективность остановки крови, связанная, например, с плохой свертываемостью, во втором – с недоступностью соответствующих лекарственных препаратов. В этой связи актуально использование новых методов остановки кровопотерь, к которым также относится термический метод, основанный на локальном охлаждении зоны кровотечения. Эффект от местного применения холода состоит в вызываемом спазме сосудов, что приводит к снижению объемного кровотока по поврежденному сосуду и тем самым способствует фиксации тромбов в месте повреждения. Практически при любом виде травм в практике оказания первой помощи в этом случае применяется пузырь со льдом. При желудочном кровотечении желудок промывают холодной водой. Несмотря на то, что перечисленные методы достаточно эффективны, их главными недостатками являются сложность использования в полевых условиях, где сказывается отсутствие постоянного источника холода, дискомфортность процедуры остановки кровотечения, риск обморожения тканей. В этих условиях актуальным является разработка и исследование новых технических средств, позволяющих реализовывать с высокой эффективностью рассмотренный метод

остановки кровотечения, основанный на локальном замораживании области кровопотери. В качестве таких технических средств перспективным представляется использование приборов и устройств, исполнительным элементом в которых являются термоэлектрические преобразователи энергии [4, 5].

Предлагаемая к рассмотрению конструкция устройства (рис. 1, 2)[6] состоит из термоэлектрической батареи (ТЭБ) 1, рабочей поверхностью 2 сопряженной с тепловыравнивающей пластиной 3. Поверхность 4 ТЭБ 1, противоположная рабочей 2, приведена в тепловой контакт с теплосъемной пластиной 5. Тепловыравнивающая 3 и теплосъемная 5 пластины, обладающие высокой теплопроводностью, связаны между собой креплениями 6 (например, в виде болтового соединения) так, чтобы тепловыравнивающая, теплосъемная пластины и ТЭБ образовывали жесткую конструкцию. Для устранения теплоперетоков между тепловыравнивающей 3 и теплосъемной 5 пластиной крепления 6 выполняются из материала с низким коэффициентом теплопередачи (например, пластмассы). На поверхность тепловыравнивающей пластины 3, контактирующей с объектом воздействия, с хорошим сцеплением нанесен тонкий слой эластичного материала 7 (например, силикона). Питание ТЭБ 1 производится управляемым источником электрической энергии 8. Для плотной фиксации устройства на поврежденном участке ткани используется фиксирующее приспособление 9, выполненное в виде двух полос из кожного или матерчатого материала, с одной стороны крепящихся по бокам тепловыравнивающей пластины 3, а с другой имеющие возможность осуществлять ременное соединение.

Перед эксплуатацией прибор тщательно дезинфицируется и затем поверхностью с нанесенным эластичным материалом 7 приводится в механический контакт с поврежденным участком ткани. С помощью фиксирующего приспособления 9 производится плотное прижатие устройства к пораженному участку. Далее посредством управляемого источника электрической энергии 8 на ТЭБ 1 подается постоянный электрический ток такой полярности, чтобы ее рабочая поверхность 2, и, следовательно, тепловыравнивающая пластина 3 и эластичный материал 7, охладилась. Величина тока питания, а также продолжительность охлаждения определяются длительностью кристаллизации, затвердевания и остановки кровотока поврежденного участка. Излишек теплоты, выделяющейся на поверхности 4 ТЭБ 1, противоположной рабочей, отводится в окружающую среду посредством теплосъемной пластины 5.

После остановки кровотечения на ТЭБ 1 от источника электрической энергии 8 подается краткий импульс тока противоположной полярности, что приводит к непродолжительному нагреву тепловыравнивающей пластины 3 и эластичного материала 7 с целью снятия болезненных ощущений при съеме устройства. Далее происходит непосредственно съем прибора, после чего проводятся дальнейшие медицинские процедуры.

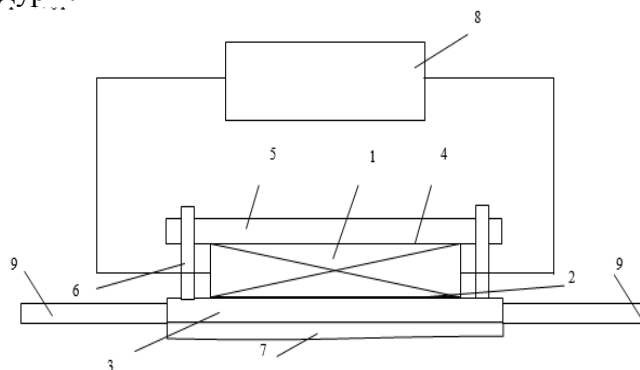


Рис.1. Схематическое изображение термоэлектрического устройства для остановки кровотечения



Рис. 2. Объемная модель термоэлектрического устройства для остановки кровотечения

Использование ТЭБ при воздействии на место кровотечения дает возможность получить более высокую интенсивность охлаждения, тем самым сокращая продолжительность образования тромба, прекращающего кровоток, а применение реверса тока дает возможность устранить болезненные ощущения при смене прибора с поврежденного участка. При этом сокращение длительности охлаждения во многом сокращает риск обморожения близлежащих тканей.

Литература:

1. Корнеев А. Первая медицинская помощь. Донецк: БАО. - 2013. - 240 с.
2. Первая медицинская помощь: Справочник / Под общ. ред. В. М. Баршая и Л. В. Димитровой. Ростов наДону: Феникс. - 2001. - 346 с.
3. <http://fb.ru/article/165072/krovoostanavlivayuschie-preparaty-krovoostanavlivayuschie-preparaty-v-ginekologii>.
4. SsennogaTwaha, Jie Zhu, YuyingAn, Bo Li. A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement// Renewable and sustainable energy reviews. - 2016. - vol. 65. - pp. 698-726.
5. Yevdulov O.V., Ragimova T.A. Investigation of thermoelectric system for local freezing of tissues of the larynx // Journal of Thermoelectricity. - 2015. - № 2. - pp. 86-94.
6. Патент РФ на изобретение № 2594821 Термоэлектрическое устройство для остановки кровотечения / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., опубл. 20.08.2016, Бюл. №23.

ТЕХНИКА И ПРОЦЕССЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 663.952.11:663.03:534-8

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИВАН-ЧАЯ

А.В. Юдин, Е.И. Верболоз

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

udin21@mail.ru , eleneverboloz@mail.ru

Кипрей – травянистое растение, используемое в производстве кормов, народной медицине, пищевой промышленности и др. В пищу могут употребляться соцветия, корни, но в основном употребляются листья. Листья и иногда цветки заваривают в качестве чая, а из пыльцы и нектара пчелами заготавливается кипрейный мед [1].

Также кипрей может использоваться в качестве сырья для приготовления мазей и настоек из-за большого содержания биологически активных веществ. Корни и листья содержат до 20% дубильных веществ, сахара, каротин, пектиновые вещества, а содержание витамина С в несколько раз выше, чем в лимоне и черной смородине – 375 мг%. Он обладает противовоспалительным, успокаивающим, смягчительным и потогонным средством. Для его использования нет серьезных противопоказаний. Но высокое содержание танинов, содержание, которых при длительном применении может сказаться на работе желудочно-кишечного тракта [2]. Употребление крепкого чая не рекомендуется всем по медицинским показаниям, поэтому напиток на основе кипрея может быть достойной альтернативой чаю, представленному сегодня на рынке.

Россия является крупным потребителем чая. Но около 90 % всего ассортимента чайной продукции представлено иностранными компаниями. В нашей стране производство чая почти отсутствует, таким образом чай приходится закупать из-за рубежа. И сейчас наиболее актуально производить чай в России, когда курс иностранной валюты достаточно высок [3]. Правильно приготовленный настой не уступает по вкусо-ароматическим качествам индийскому и цейлонскому чаю.

На сегодняшний день на рынке представлено некоторое количество производителей БАД с использованием кипрея узколистного, расположенными в Краснодарском крае, Алтайском крае, Пензенской, Московской и Ленинградской областях. Реализуются населению через аптечные сети в виде фитосборов, специализированные магазины и отделы торговой сети [4]. Согласно исследованиям, в 2017 году в России малому бизнесу выгодно производить в том числе и кипрей-чай [5]. Но в основной массе население нашей страны занимается сбором и заготовлением кипрей-чая самостоятельно. По причине массового сбора сокращается популяция данного вида трав. Важно наладить выращивание кипрея узколистного в промышленных масштабах во избежание исчезновения растения в России. Также из-за малого количества предприятий и самостоятельного способа сбора кипрея отсутствует единая научно обоснованная технология производства и технологическое оборудование.

Распространенная технология производства:

1. завяливание. Листья кипрей-чая укладывают слоем не больше 5 см на 1 день, чтобы листья стали немного вялыми;

2. скручивание. Завяленные листья кипрей-чая скручивают между ладонями, пока они не станут темными от выступившего сока;

3. ферментация. После скручивания листья укладывают слоем около 5 см в посуду, укрывают слегка мокрой тканью и оставляют на 6–12 часов в теплое место (24–27°C).

4. сушка. Для сушки, ферментированные листья кипрей-чая мелко режут, расстилают на противнях, слоем в 1–1,5 см и сушат в духовом шкафу при температуре 100°C около часа [6].

В работе особое внимание уделяется технологии сушки. Распространенным способом сушки является нагрев до высокой температуры около 90–100°C. Данный способ сушки обладает рядом недостатков. При нагревании кипрея до высоких температур в присутствии окислительного агента, наступает разрушение витаминов и микроэлементов в составе сырья. Происходит улетучивание эфирных масел и их соединений с органическими кислотами, которые являются основой букета, вследствие чего конечный продукт будет менее вкусным и ароматным. Из-за неравномерного нагрева высушиваемого сырья часть листьев высушивается не полностью, а часть листьев подгорает, что снижает качество конечного продукта. Необходимо создавать новые технологии сушки, которые позволят избежать крупных негативных последствий и повысить качество продукта. Сушка в поле ультразвука является перспективным способом влагоудаления. При ультразвуковой обработке энергия на всю глубину проникает в пористую структуру листа, интенсивно извлекает воду и ее пары на поверхность за счет быстрого напряжения и сжатия при прохождении звуковой волны в толще листа. Тем самым, создаются силы, превышающие силы, удерживающие влагу в капиллярах [7]. Кроме того, ультразвук увеличивает интенсивность теплообмена в 2–2,5 раза за счет завихрений и создания в результате этого утонченного слоя паровоздушной смеси на поверхности листьев. Это резко снижает термическое сопротивление передаче теплоты от сушильного воздуха и за счет испарительного эффекта понижает температуру процесса в объеме листа на десятки градусов, что сохраняет ингредиенты от разложения и окисления кислородом воздуха.

На кафедре Процессов и аппаратов пищевых производств была разработана установка на основе пароконвектомата Angelo Po в качестве сушильного шкафа. Для создания ультразвуковых колебаний в дверцу пароконвектомата был вмонтирован пьезоэлектрический ультразвуковой излучатель серии «Соловей», связанный с генератором ультразвуковых колебаний УЗАГС-0,3/22-О. Изменение частоты может проводиться на самом генераторе. Экспериментальные данные снимались для кипрей-чая при температуре 90°C, относительной влажности воздуха 30 %, интенсивности ультразвукового давления 100-140 дБ.

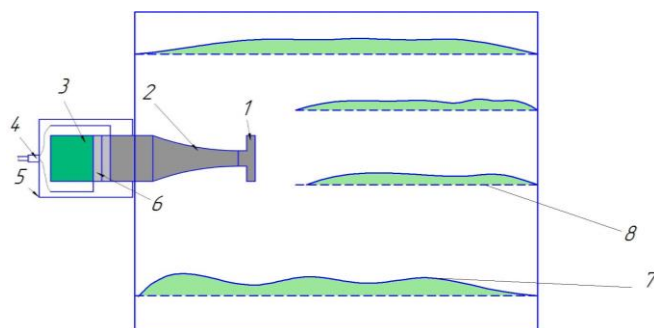


Рис. 1. Схема установки. 1 – излучающая поверхность; 2 – концентратор; 3 – отражающая накладка; 4 – электрический кабель к генератору УЗВ колебаний; 5 – корпус; 6 – пьезокерамика; 7 – ферментированные листья иван-чая; 8 – сетка

Был проведен ряд опытов для выявления зависимости времени сушки от температуры и мощности ультразвукового излучения.

Для изготовления чая была использована следующая технология:

1. Сборка сырья.
2. Скручивание.
3. Ферментация под крышкой.
4. Сушка при температуре 70°C, толщине слоя 1,5 см, относительной влажности воздуха 30%, в поле ультразвука различной мощности. Начальная масса высушиваемого чая – 200 г.

Была выявлена следующая зависимость времени сушки от параметров работы установки:

Таблица 1

Определение времени сушки

№ опыта.	Температура, °C.	Мощность, Вт.	Время, мин.	Масса до опыта/после опыта, г
1	70	Без использ. УЗ	51	200/20
2	70	100	35	200/20
3	70	200	29	200/20

Данная технология показала положительный результат. Применение высокочастотных механических колебаний способствует созданию сил, превышающих силы поверхностного натяжения, тем самым интенсивно выводится жидкость из капилляров и снижается время сушки. В большей степени сохраняются эфирные масла, продукт высушивается равномерно, имеет одинаковый цвет за счет снижения времени сушки и невысокой температуры. Цвет чая более яркий. Существенен экономический эффект за счет снижения затрат электроэнергии и повышения качества готового продукта. Требуется исследование качественного состава чая и производственная апробация в дальнейшем.

Литература:

1. Википедия, Иван-чай узколистый, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Иван-чай_узколистый, своб.
2. Орлов В.П. Биолого-экологические особенности кипрея узколистного (*chamerion angustifolium* L.) и технологии его заготовки на лекарственные цели [Текст]/ В.П. Орлов, Е.В. Митина // Russian agricultural science review.– 2015.– № 5-1.– с. 171–173
3. Сушицкая О.С. кипрей узколистый (*chamerion angustifolium*) как объект промышленной заготовки биологических ресурсов в центральной группе районов Красноярского края и элемент традиционного русского чаепития // Сборн. мат-лов Междунар. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектив-2015», посв. 70-летию Великой Победы. – 2015. – С 82–85.
4. Фозилова В.В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2014.
5. Шишкина А.А. Малый и средний бизнес: проблемы и перспективы развития / А.А. Шишкина // Молодой ученый.– 2017.– № 18 (152).– с. 192–195.
6. NATIONALEXPLORER - Интернет Outdoor канал, Иван-чай: как правильно собирать, сушить и заваривать, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nexplorer.ru/news__13651.htm, своб.
7. S. de la Fuente-Blanco. Food drying process by power ultrasound. / S. de la Fuente-Blanco, E. Riera-Franco de Sarabia, V.M. Acosta-Aparicio, A. Blanco-Blanco, J.A. Gallego-Jua´rez // Ultrasonics. – 2006. –№44. – p.523–527

ВЛИЯНИЕ НЕОДИМОВЫХ МАГНИТОВ НА РАСТВОРИМОСТЬ ФОСФАТИДОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОГОНОВ

Е.А. Шестакова, Е.И. Верболоз

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики <http://www.ifmo.ru/ru/-ixzz4kR6Ueolr>, г. Санкт-Петербург, Россия

katya_eash@mail.ru, elenaverboloz@mail.ru

За последнее десятилетие производство растительных масел в России возросло примерно в 2 раза. Его производят в более чем 50 регионах России. В связи с этим мы занимаем 9 место по производству растительных масел, а по подсолнечному маслу – 2 место в мире. Так в прошлом году наша страна произвела более 4126 тонн нерафинированного подсолнечного масла и его фракций, что выше на 12,7% по сравнению с 2015 годом.

Одними из основных видов ценных веществ, образующихся при выработке подсолнечного масла являются также фосфолипиды, крайне необходимые в пищевой промышленности. Такие пищевые концентраты используются при производстве маргарина, кондитерских, хлебобулочных и других изделий[1,2]. Чаще всего применяют водно-жировую эмульсию, которая получается при механическом взбивании растительного масла и фосфолипидов с водой, при температуре $t = 40\text{--}50^\circ\text{C}$ (состав эмульсии: вода – 75%, масло – 20%, фосфатиды – 5%), но она имеет недостаточную дисперсность и стойкость при хранении[5,6].

Выработка масла из семян любым способом приводит к одновременному извлечению фосфатидов, а их удаление является достаточно сложным и значимым в процессе рафинации. Даже незначительная примесь фосфатидов в масле снижает вкусовые показатели продукта, и влияет на необходимость частой очистки теплопередающих поверхностей оборудования. При хранении растительных масел проявляется гидролиз фосфатидов на жирные кислоты, глицерин, и фосфорную кислоту. Гидролиз лецитина характерен образованием триметиламина, который имеет запах рыбьего жира, что портит продукт[8].

Фосфатиды легко окисляются кислородом воздуха. Они содержат в молекуле непредельные кислоты, что также интенсифицирует порчу растительных жиров. В связи с этим при хранении необходимо удалять фосфатиды специальной обработкой. Фосфатиды гигроскопичны и при контакте с водой они выпадают в осадок из-за потери растворимости. Это свойство используется при очистке масел от фосфатидов и процесс их выработки из отстоев в промышленном масштабе.

Поэтому сейчас гидратация позволяет извлекать фосфатиды, имеющие теперь важное значение товарного продукта. Фосфатиды крайне необходимы и важны в пищевой промышленности, медицине и сельском хозяйстве. В России непрерывно проводятся исследования и внедрение их результатов по повышению качества выделенных фосфолипидов из масла. Большинство производимых фосфолипидов не допускают длительного хранения, имеют несоответствующую цветность и кислотность и вязкость.

Наша исследовательская работа направлена на повышение эффективности машинно-аппаратурной схемы дополнительной очистки спиртовыми растворителями фосфатидного концентрата магнито-акустическим способом с последующей их

дистилляцией и адсорбцией. При этом одновременно обрабатывались фосфатиды в ультразвуке 10 Вт/см^2 и пульсирующем магнитном поле 2 Тл в присутствии силикагеля. Это обеспечило получение высококачественного лецитинсодержащего продукта в виде гранул, нерастворимых в этиловом спирте и фракции жидкой жиросодержащей их части при небольшой величине отходов, поглощенных силикагелем. Задачей исследования являлось определить влияние гидродинамических воздействий ультразвука и магнитного поля на процессы очистки свободных жирных кислот и других сопутствующих липидов в погонах подсолнечного масла с обоснованием применения силикагеля для нейтрализации и адсорбции в фосфатидах побочных ингредиентов. Использование физических воздействий пульсирующего магнитного поля, а также поверхностных и адсорбирующих свойств силикагеля позволяет внедрить новую технологию и более эффективное оборудование, патентуемое кафедрой Процессы и аппараты пищевых производств Университета ИТМО.

Анализ литературных источников говорит о том, что более чистые фосфолипиды можно получать путем процесса экстракции этиловым спиртом при соотношении фосфатидных концентратов и этилового спирта $(1:9) \div (1:12)$ и температуре около $50...60^\circ\text{C}$ с образованием как спирторастворимой, так и спиртонерастворимой фракций. Последнюю фракцию освобождают от спирта с получением концентрированного фосфолипидного продукта, не лишенного характерного запаха и повышенной цветности. Имеют также другие технологии, позволяющие после доочистки применить такие фосфатиды в виде пищевых добавок. Так обработка фосфатидного концентрата перекисно-ферментной системой с дальнейшим растворением в дезодорированном масле. В результате, такая технология получения отечественных фосфатидов на наших заводах позволила повысить выход растительного масла в основном процессе и получать полноценные фосфатидные концентраты марок ПП-1, СП-1, ПВП-1, выпускаемые по ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные. Технические условия». Однако и они не полностью соответствуют ГОСТ Р 53970-2010 по таким показателям, как массовая доля веществ, нерастворимых в ацетоне, и массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле [3,4].

Данный анализ показывает, что актуальной проблемой является доработка технологии дополнительной очистки полученных фосфатидов до требований ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые. Лецитины Е322. Общие технические условия».

Этот ГОСТ разрешает применение фракционированных лецитинов в качестве пищевых добавок в виде вязкой жидкости, воскообразной массы, порошка, или гранул, содержащих нерастворимых в ацетоне определенный набор фракций веществ. Такой продукт может содержать фосфорсодержащие соединения в виде лецитина, кефалина, фосфосерина, инозитолфосфатида, фосфатидной кислоты и прочих соединений, а также масла растительного (до 30% ... 50%).

Проведенный нами анализ образцов фосфатидов Кропоткинского и Лабинского МЭЗ показал, что их продукты не полностью соответствуют для выработки пищевых продуктов, в частности, из-за низких показателей окислительной порчи. Нами в данном исследовании разработан магнито-акустический способ очистки фосфатидов с получением из них фосфолипидов для пищевого применения. Они соответствуют требованиям ГОСТ Р 53970-2010, для чего была разработана новая схема получения подсолнечных лецитинов с высоким содержанием физиологически и технологически функциональных групп фосфолипидов, представленных на рисунке 1. Для исследования использованы образцы фосфатидного концентрата производства Лабинского МЭЗ, а также применен всем известный селективный растворитель для получения лецитинов с повышенным содержанием фосфатидилхолинов - этиловый спирт, причем для увеличения его растворяющей способности применили ультразвук интенсивностью 10 Вт/см^2 в комплексе с пульсирующим магнитным полем индуктивностью 2 Тл согласно нашей заявки на изобретение

№ 21016117454/13(027502) от 04.05.2016 [9]. Магнитная обработка может дать положительный антиокислительный эффект не только в дальнейшем при хранении погонов, но также в технологических процессах нейтрализации, отбели и дезодорации погонов. Поэтому для снижения кислотности и цветности жидких продуктов процесс ведем в присутствии силикагеля марки КСК[7].

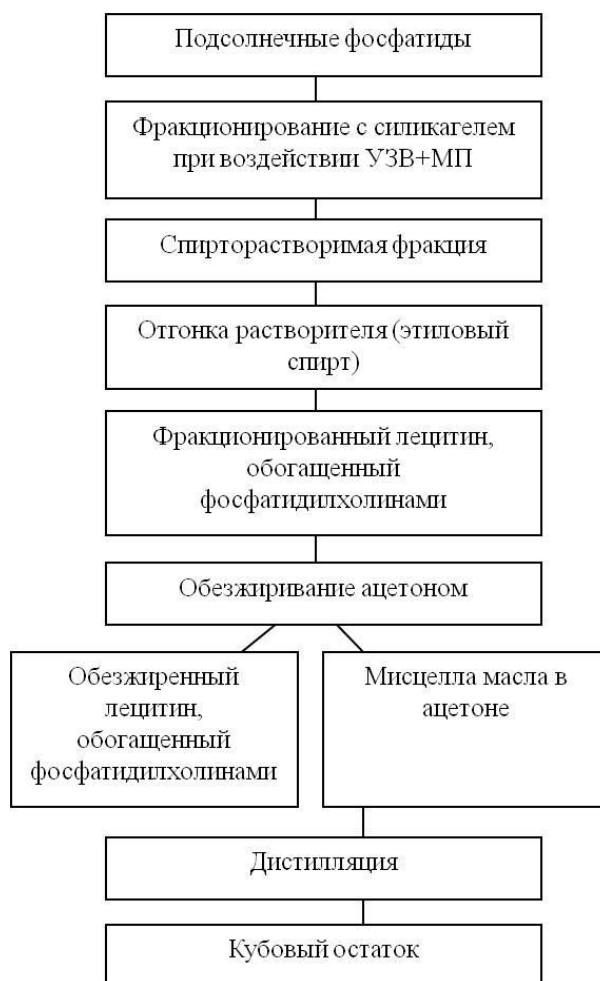


Рис. 1. Технология получения модифицированных подсолнечных лецитинов

Предложенная технология выработки модифицированных подсолнечных фосфатидов дает возможность получать как фракционированные лецитины с массовой долей ацетонрастворимых веществ более 60%, так и лецитины, не имеющих жиров, которые можно отнести к ацетоннерастворимым веществам (не менее 95%) с высоким содержанием физиологически важных групп фосфолипидов. Так обезжиренные лецитины имеют такие преимущества, как удобство в виде порошка в использовании, наличие нейтрального вкуса (уже отсутствуют ненасыщенные жирные кислоты растительного масла), большую гидрофильность [8]. Отсутствие растительного масла естественно снижает пероксидное число в модифицированных подсолнечных лецитинах. Таким образом, подсолнечные фосфатиды – перспективное сырье для выработки лецитинов с высоким содержанием функциональных групп фосфолипидов, а разработка новой технологии их получения – актуальной. Таким образом, ультразвук с подвижным магнитным полем интенсифицирует растворимость и получение очищенных фосфолипидов из промышленных фосфатидов подсолнечных масел, а также повышает качество и пищевую ценность лецитинсодержащего пищевого продукта. Наше изобретение разрешает проведение эффективной обработки больших объемов жидкости в непрерывном потоке в технически простых

устройствах, не содержащих дорогостоящих комплектующих деталей. Способ является экологически чистым и имеет низкую энергоемкость. Возможен к осуществлению как в промышленных, так и в бытовых условиях.

Литература:

1. Антуфьев В.Т., Иванова М.А. Патент на изобретение №2496319 Способ и устройство для интенсификации выпечки хлебобулочных изделий. 17.06.2011 г.
2. Большаков О.В. и др. Кавитационный реактор как средство сонохимических исследований и технологий в пищевой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья, 2, 2010.
3. Красуля О. Н. и др. Процессы и аппараты пищевой сонотехнологии для мясной промышленности // Мясная индустрия, 7, 2009.
4. Остриков А. Н., Абрамов О. В. Расчёт и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
5. Отраслевая программа «Развитие масложировой отрасли в Российской Федерации на 2014-2016 годы» (утверждена приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 23 мая 2014 г. № 170). Паспорт отраслевой программы, стр.3.
6. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением правительства РФ от 17 апреля 2012 г. N 559-р) Раздел V, Отраслевые целевые программы и комплекс обеспечивающих мероприятий по решению проблем. Масложировая промышленность, стр. 33.
7. Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности. Барнаул: АлтГТУ, 2007. 416 с.
8. Шестаков С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш [и др.]. — СПб. : ГИОРД, 2013.
9. Способ и устройство получения белково-жировой эмульсии. Шестакова Е.А., Распопов Д.С., Антуфьев В.Т., Верболоз Е.И., Пальчиков А.Н., Соковнин Е.Л. Заявка № 2016117454/13(027502) от 04.05.2016 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА «СУХОЙ ЖАР» ПАРОКОНВЕКТОМАТА UNOX

В.А. Парамонова, И.С. Пасхин

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк, Донецкая Национальная Республика

vaparamonova@mail.ru

На современном рынке оборудования для предприятий питания (кафе, рестораны, столовые, кулинарии и др.) широкое распространение получили пароконвекционные печи (пароконвектоматы), сочетающие в себе возможности тепловой обработки конвекционного шкафа и пароварки. Данные методы позволяют интенсифицировать процессы теплопередачи, сохранить «сочность» блюд, обеспечить разогрев продуктов с эффектом свежеприготовленных блюд, снизить потери влаги из продукта на режиме обработки «пар» и др. [1].

Основными ограничивающими факторами для применения пароконвекционных печей является их низкая эффективность при обработке малых объемов продуктов относительно объема печи и при нагреве больших объемов воды (кипячение горячих напитков и приготовление супов).

К недостаткам пароконвектомата следует отнести:

- ограниченный перечень блюд (пареные, запеченные);
- специфика установки режимов: шкала сухости жара и влажности пара не соответствует действительным значениям влажности воздуха;
- невозможность обеспечения постоянного режима работы (температурный перепад на рабочих режимах может составлять порядка 15...40°C).

Сегодняшний рынок предлагает большое разнообразие моделей пароконвектоматов. Среди наиболее распространенных моделей такие фирмы как «Unox», «Rational», «Convotherm», «Lainox».

Основными элементами пароконвектомата являются (рис. 1): рабочая камера, реверсивный вентилятор, нагревательные элементы, система подачи пара, дверца, лоток для сбора конденсата, система контроля и регулирования температуры, таймер.

Теплоноситель (горячий воздух или образованный пар) подается двумя вентиляторами вдоль функциональных емкостей с кулинарными изделиями. Обогреватели теплоносителя (кольцевые тэны) мощностью 8,5 кВт расположены концентрически по отношению к лопастям вентилятора. Для создания пара в камере предусмотрена инжекционная система: регулируемый поток воды по трубке 12 подается на крыльчатку вентилятора, за счет чего разбрызгивается на мелкие капли и попадает на поверхность тэнов, где мгновенно превращается в пар.

Температура внутри камеры шкафа при использовании в качестве теплоносителя сухого или влажного воздуха, либо смеси воздуха с паром, может достигать 250°C, насыщенного водяного пара при атмосферном давлении – около 100°C.

Проведенный анализ литературных источников показал, что в них не приводится реальный рабочий диапазон температур для различных уровней, отсутствуют какие-либо сведения о потерях теплоты на разогрев конструкции и в окружающую среду, а также рекомендации по регулированию влажности и температуры для различных режимов [1–3].



Рис. 1. Общий вид пароконвектомата Unox

1 – основание, 2 – решетка, 3 – направляющие, 4 – регулируемые ножки, 5 – ручка введения программ, 6 – ручка таймера, 7 – ручка задания температуры в камере, 8 – ручка регулирования влажности пара или степени сухости жара, 9 – ручка дверцы, 10 – камера, 11 – задняя стенка с отклоняющимися пластинами, 12 – трубка подачи воды на крыльчатку вентилятора для разбрызгивания на кольцевые тэны

Следует отметить, что в различных источниках можно найти рекомендуемые температурные режимы обработки для различных видов кулинарной продукции. Однако в случае с пароконвектоматами данные рекомендации могут быть неприемлемы для отдельных моделей.

В связи с этим была поставлена задача исследования термограмм нагрева рабочей камеры. Была проведена серия экспериментов по изучению работы пароконвектоматов UNOX. Исследование работы пароконвектомата в режиме «сухой жар» было проведено в диапазоне от 180 до 220°C с шагом 20°C. «Степень сухости жара» варьировалась в диапазоне от 10 до 90% (регулятором пароконвектомата).

В результате проведения экспериментальных исследований было установлено время выхода на рабочий режим, и величины отклонений температуры в камере от рабочего уровня.

Для описания изменения температуры в процессе работы пароконвектомата в режиме «сухой жар» (стационарный режим) была получена следующая экспериментальная зависимость:

$$t = 1,02 \cdot t_{\kappa} \cdot k^{\cos\left(\frac{\tau \cdot \tau_{\text{рабнагр}}}{2 \tau_{\text{выстнагр}}}\right)} + \left(\frac{t_{\kappa} \cdot \Omega}{100}\right)^{0,1}, \quad (1)$$

где τ – время работы камеры к моменту замера, с;

$\frac{\tau_{\text{рабнагр}}}{\tau_{\text{выстнагр}}}$ – отношение времени работы нагревателей к времени их выстоя;

Ω – «степень сухости»;

t_{κ} – температурный режим камеры, °C;

k – коэффициент учитывающий условия работы нагревателей и вентиляторов; экспериментальные значения для 180°C – 0,97; 200°C – 1,07; 220°C – 0,93.

Изменение температуры в камере в режиме разогрева может быть определено из зависимости:

$$t = -4,7143 \cdot \tau^2 + 61,143 \cdot \tau + 21,857 \quad (R^2 = 0,98) \quad (2)$$

Следует отметить, что для температур 180...200°C (включительно) выход на рабочий режим осуществляется за 4 минуты; при повышении рабочей температуры до 220°C – за 5 минут. После выхода на рабочий режим включается таймер, контролирующий время работы и выстоя нагревателей. В процессе исследования пароконвектомата Unox было установлено, что время работы нагревателей в

стационарном режиме составляет 42 с, а время, в течение которого нагреватели отключены 56 с. Такой режим работы дает ступенчатое изменение температурных режимов в определенных диапазонах.

На основании полученных данных следует указать на отсутствие необходимости регулирования «степени сухости» в режимах «сухой жар». Вполне уместным будет ограничение «степени сухости» на уровне 10%.

Литература:

1. Пат. US5619983 А США, Грант Combinationconvectionsteameroven [Текст] / MarkJ. Smith; заявитель и патентообладатель MiddlebyMarshall, Inc. - № US 08/435,303; заявл. 08.05.1995; опубл. 15.04.1997, BiBTeX, EndNote, RefMan. – 16 с.: ил.
2. Захаров А.А. Підвищення ефективності процесу обробки харчових продуктів у пароконвектоматах: автореф. дис. ... канд. техн. - М., 2004.- 19 с.
3. Куткина М.Н., Иванов Е.Л., Фединишина Е.Ю. Особенности тепловой обработки кулинарных изделий в пароконвектоматах. // Межвуз. сб. научн. трудов «Научно прикладные аспекты технологии продуктов и организации общественного питания».– СПб: СПТЭИ, 2006.– С. 14–18.

МЕТАРЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.В. Мещанинов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики <http://www.ifmo.ru/ru/-ixzz4kR6Ueolr>, г. Санкт-Петербург, Россия

t8090@ya.ru

Исследованиями, проведенными в МТИППе (ныне МГУПП) [1–3], а также в других вузах Москвы [4–6], было установлено, что изменение при хранении хлеба белковых веществ также приводит к очерствению. Подобные исследования проводились также в Санкт-Петербурге [7–9] и за границей [10–11].

По своему характеру эти изменения обратны тем, которые происходили при денатурации белка в процессе выпечки тестовой заготовки. Эти изменения в белковой части мякиша хлеба происходят в 4–6 раз медленнее по сравнению со скоростью ретроградации крахмала. Кроме того, крахмала в хлебе в 5–6 раз больше, чем белка. Поэтому естественно, что основную роль в очерствении хлеба играет изменение крахмала. Потеря хлебом влаги при хранении (усушка) ускоряет процесс черствения, однако хлеб черствеет, хотя и медленно, даже в условиях, когда усыхание исключено (например, в атмосфере насыщенного водяного пара).

На скорость очерствения хлеба влияют многие технологические факторы. Интенсивный замес опары и теста замедляет очерствение изделий, так же действует и длительный процесс брожения полуфабрикатов, более длительные (в пределах возможного) окончательная расстойка и выпечка. Изделия, выпеченные при оптимальном режиме, с плотной и гладкой коркой черствеют медленнее. Наиболее существенно на процесс очерствения влияют условия хранения хлебных изделий. Для того, чтобы сохранить свежесть изделий на большой срок, их хранят при повышенной температуре и влажности воздуха, замораживают, упаковывают. Установлено, что наиболее быстро черствеют изделия, хранящиеся при температуре 7–20°C. Хлеб, хранящийся при температуре близкой к 60°C или в замороженном состоянии, практически не черствеет, так как при этих температурах не происходит ретроградации крахмала. Однако хлеб не хранят при температуре 60°C, так как этот способ отрицательно влияет на качество продукции.

В качестве объектов исследований были выбраны четыре хлебобулочных изделия с начальной массой 40 г каждое (далее объекты №1, 2, 3 и 4 соответственно). На момент начала опытов объектам было 3,5 часа. Масса каждого уменьшилась до 34 г. Объект №1 был измерен сразу. В качестве нагрузки был использован груз массой 1322 г. Деформация объекта №1 фиксировалась на видеоустройство в режиме реального времени по перемещению луча лазерного устройства вдоль шкалы за определенный промежуток времени. Затем, груз был удален, и была зафиксирована обратная деформация объекта. Объект №2 оставили при комнатной температуре. Объект №3 был помещен в холодильную камеру. Объект №4 был помещен в морозильную камеру. На следующий день объекты №2, 3 и 4 так же были подвергнуты исследованию на обратную деформацию.

Полученные экспериментальные данные с подробным описанием объектов были занесены в таблицу.

Таблица 1

Результаты измерений

№ опыта	t(с)	H(мм)	Описание состояния объекта (№ объекта, свойства и время хранения)
1	0–90 (деформация) 90–180 (обратная деформация)	0,537 (деформация) 0,317 (обратная деформация)	Объект №1 (вес 34 г, время хранения 3.5 ч)
2	0–15 (деформация) 15–30 (обратная деформация)	0,047 (деформация) 0,035 (обратная деформация)	Объект №2 (вес 32 г, время хранения 26 ч при комнатной t)
3	0–60 (деформация) 60–120 (обратная деформация)	0,143 (деформация) 0,042 (обратная деформация)	Объект №3 (вес 32 г, время хранения 26.5 ч в холодильной камере, 3.5 ч на производстве)
4	0–80 (деформация) 80–130 (обратная деформация)	0,155 (деформация) 0,055 (обратная деформация)	Объект №4 (вес 34 г, время хранения 27.5 ч в морозильной камере, 3.5 ч на производстве)

Для определения вязкоупругих свойств всех объектов был проведен тактильный опыт. В опыте приняли участие 8 оценщиков, которым было предложено определить качество и степень свежести объектов по пятибалльной шкале, что относит результаты к метареологии [12].

Пять, как мягкий и свежий, обладающий яркой обратной деформацией объект. Ноль, как черствый и не свежий, у которого обратная деформация практически отсутствует. По результатам опыта, оценщики частично разошлись во мнениях относительно состояния объектов № 1, 3, 4, но единогласно сошлись, относительно объекта №2, признав его наиболее черствым, несвежим и утратившим способность к обратной деформации. Кроме черствости, дегустаторы оценивали еще два органолептических параметра, которые в этой статье не обсуждаются.

В результате органолептической оценки дегустаторами образцов хлеба было получены три матрицы оценок следующего вида, приведенные в таблице 2. Все совокупное множество органолептических экспериментальных данных представляет собой нечеткое множество, для обработки которых можно использовать теории американского профессора азербайджанского происхождения Лотифа Заде [13–15] и численные методы в программе Маткаде [16,17].

Таблица 2

Результаты тактильного опыта

Обозначение матриц	Показатели	Средние арифметические величины показателей группы экспертов						
$\mu 1$ -матрица ингредиента 1	Содержание мг/100 г, а	20	21.4	23	25	27.2	28.6	0
	Средние оценки экспертов	0.12	0.32	0.68	0.88	0.82	0.38	06
$\mu 2$ - матрица ингредиента 2	Содержание мг/100 г, b	10	11.7	13.4	15	16.7	18.4	0
	Средние оценки экспертов	0	0.33	0.65	1	0.63	0.32	
$\mu 3$ - матрица тактильной оценки	Время хранения в часах, h	0,5	3	12	24	48	72	6
	Средние оценки черствости экспертов	1	1	1	1	0.64	0.35	

Мнения экспертов представляли собой степень принадлежностей: вкусно – 1, почти вкусно – 0,8; не очень вкусно – 0,3; невкусно – 0; а свежий – 1; довольно свежий – 0,8; черствоватый – 0,3; черствый – 0. Поскольку экспертов 8 человек, то их оценки отличаются и в таблице уже приведены математические ожидания оценок экспертов. Для матрицы оценок μ_1 применим функцию принадлежности в виде нормального закона распределения и программу Matcad 14. В обозначениях программы:

$\mu_g(g, A1, B1) = \exp[-A1 \cdot (B1 - g)^2]$,

где g – содержание ингредиента 1 в таблице,

$A1$ – статистическая дисперсия строки g в таблице,

$B1$ – среднее арифметическое строки g в таблице.

Расчет дал величины $B1=25,029$; $A1=0,083$.

По данным таблицы, очевидно, что для нечеткого множества результатов тактильных опытов, нельзя построить такую простую функцию принадлежности, как для двух предыдущих. Не останавливаясь на промежуточных операциях, приведем вид функции (6) принадлежности для второго множества в обозначениях Mathcad 14:

$\mu_h(h, A3, B3) = \text{if}[h \leq 12,6, \mu_{h0}(h, A3, B3)]$,

где h – цена в таблице,

$A3$ – статистическая дисперсия правой части строки h в таблице,

$B3$ – среднее арифметическое правой части строки h в таблице.

Сопоставление функции принадлежности $\mu_h(h, A3, B3)$ и точек нечеткого множества μ_3 из таблицы. $A3 = 0,011$; $B3 = 11,21$.

С целью оптимизации находим пересечение трех функций принадлежности в виде функции трех переменных:

$$\mu_{gbh}(g, b, h) = \min \begin{bmatrix} \mu_g(g, A1, B1) \\ \mu_b(b, A2, B2) \\ \mu_h(h, A3, B3) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Пример показывает, что теория нечетких множеств позволяет проводить оптимизацию по факторам совершенно разной природы, используя один и тот же состав экспертов на одной одновременной сессии.

Литература:

1. Реология пищевых масс [К. П. Гуськов, Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин, Л. Н. Лунин]. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 208 с.
2. Азаров Б. М., Арет В. А. Инженерная реология пищевых производств. – М.: МТИПП, 1978. – 112 с.
3. Мачихин Ю. А. Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1981. – 216 с.
4. Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 583 с.
5. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.; Под ред. А. В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1982. – 296 с.
6. Урьев Н. Б., Талейсник М. А. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс. – М.: Пищевая промышленность. – 1976. – 239 с.
7. Маслов А. М. Инженерная реология в пищевой промышленности. – Л.: ЛТИХП МВ и ССО РСФСР, 1977. – 88 с.
8. Николаев Л.К. Реологические свойства жиросодержащих пищевых продуктов. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1978. – 86 с.
9. Щербаков А.С. Вискозиметрия пшеничного теста // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2012. № 2.

10. Рейнер М. Реология. – М.: Наука, 1965. – 223 с.
11. Реология. Под редакцией Ф.Эйриха. - М.: Иностранной литературы, 1962. – 824 с.
12. Scott Blair G. Psychorheology. Journal of Texture Studies, 1974, v. 5. -pg. 3–12.
13. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control, 1965, Vol.8, No3, pp. 338-353.
14. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. – с. 165
15. Li Calzi M. Towards a General Setting for the Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets and Systems, 1990, No 35, pp. 265 - 280
16. http://twi.mpei.ru/ochkov/Mathcad_14/index.html
17. Янков В.Ю. Лабораторный практикум по Маткаду . Модуль 3. Моделирование в Маткаде.-М.: МГУТУ, 2009.- с. 68.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.А. Валишев, В.В. Кириллов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

andrey_valishev@mail.ru

Мясо и мясные продукты являются источниками аминокислот, белков, жиров и витаминов, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека. Однако они могут стать источниками патогенных микроорганизмов. Поэтому мясо и мясные продукты должны быть безопасными в ветеринарно-санитарном отношении [9]. Попадание патогенов может произойти при посоле мясного сырья [8], приготовлении фарша [10, 11], они могут находиться в колбасных оболочках [5] производстве готовых изделий [12]. Микроорганизмы способны существенно повлиять на цвет, вкус и запах [13, 14].

Под безопасностью мяса и мясной продукции понимается отсутствие риска распространения «пищевых» болезней через мясо и мясные продукты. Получить высококачественные мясные продукты можно только при строгой и четкой организации режима противоэпидемических и противоэпизоотических мероприятий.

Дезинфекция — это комплекс мероприятий, направленный на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний и разрушение токсинов на объектах внешней среды.

Целью дезинфекции на предприятиях мясной промышленности является недопущение распространения микроорганизмов, опасных для человека через мясо и мясные продукты. Современные дезинфицирующие средства обеспечивают микробиологическую чистоту производственных помещений.

Дезинфицирующие препараты должны проходить лабораторные испытания и иметь разрешение к применению на пищевых объектах. [6]

Требования по безопасности мясной продукции в Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) и СанПиН 2.3.2.1078-01 [1, 2].

Дезинфекция помещений на мясоперерабатывающих предприятиях должна проводиться с особой тщательностью из-за жестких требований к микробиологической чистоте мясных продуктов. Современные дезинфицирующие средства в мясной промышленности способствуют удалению микроорганизмов со стен, пола, потолка помещений.

На мясоперерабатывающих предприятиях используют дезинфицирующие средства различных классов. Широко применяют щелочные и кислотные дезсредства: йодоформы, а также соединения хлора. Для обработки стен, полов, оборудования рекомендуются также дезинфектанты на основе четвертичных аммониевых соединений (ЧАС). Они обладают высокой проникающей способностью, поэтому хороши для неровных и пористых поверхностей. Также четвертичные аммониевые соединения образуют на поверхностях бактериостатические пленки, препятствующие росту микроорганизмов. Чередование дезинфицирующих средств на основе ЧАС и кислот обеспечивает контроль роста патогенных микроорганизмов [6, 7, 8, 15].

Из современных средств для дезинфекции помещений мясоперерабатывающих предприятий используют следующие препараты:

Макси-Дез – дезинфицирующее средство, которое используется для различных видов технологического оборудования, трубопроводов, деталей машин и установок, арматуры, инвентаря и тары, а также поверхностей помещений на предприятиях мясной промышленности.

Макси-Дез М – дезинфицирующее и обезжиривающее средство. Эффективно обеззараживает сильно загрязненные объекты, используется для дезинфекции различных видов технологического оборудования, трубопроводов, инвентаря, тары и поверхностей производственных помещений.

Бианол – эффективное дезинфицирующее средство, которое используется даже для борьбы со спорами сибирской язвы. Не вызывает коррозии металлов и термолабильных материалов. Используется для профилактической и вынужденной дезинфекции различных объектов ветнадзора при инфекционных заболеваниях, при экзотических инфекционных заболеваниях невыясненной этиологии, сибирской язве и других споровых инфекциях.

Биопаг-Д – дезинфицирующее средство, предназначенное для дезинфекции поверхностей в помещениях, поверхностей аппаратов, приборов, санитарно-технического оборудования, а также для проведения профилактической дезинфекции на предприятиях общественного питания и мясоперерабатывающих предприятиях. Средство рекомендуется также для борьбы с плесневыми грибами [16].

Эффективность дезинфекции контролируют по наличию наиболее распространенных микроорганизмов – кишечная палочка и стафилококк. После проведенной дезинфекции не должно быть обнаружено их роста.

Через 2–3 ч после проведения профилактической дезинфекции берут пробы с пола, двух стен, из углов производственных и бытовых помещений. Для этого с помощью специальных трафаретов величиной 10х10 см намечают участки и протирают их стерильным ватным тампоном, пропитанным физиологическим раствором. Тампон помещают в отдельные пробирки с 10 мл физиологического раствора и доставляют для бактериологического исследования в лабораторию [3].

Оборудование мясоперерабатывающих предприятий имеет непосредственный контакт с мясным сырьем, полуфабрикатами и готовой продукцией, а также с внешней средой производственных помещений. Поэтому оно может стать источником патогенных микроорганизмов, опасных для здоровья и жизни человека. Поэтому поддержание оборудования в должном ветеринарно-санитарном состоянии является приоритетной задачей.

Обсеменение микрофлорой оборудования происходит при переработке мяса больных животных, в результате нарушения санитарных правил во время убоя и последующей переработки. Бактериальная обсемененность особенно быстро возрастает при использовании мяса с дефектами PSE и DFD.

На оборудовании могут содержаться гнилостные, молочнокислые, маслянокислые и другие бактерии, микрококки, плесневые грибы, дрожжи и др. В результате мясо и мясные продукты могут становиться причиной микробных пищевых отравлений.

Источниками микробиологического обсеменения оборудования могут стать воздух производственных цехов, мясное сырье, убойные животные, персонал, ингредиенты, вспомогательные материалы нарушения режимов переработки мяса. [6, 7]

Для проведения дезинфекции были приобретены следующие средства:

УНИВЕРСАЛ мясной – слабощелочное средство, применяемое для очистки и дезинфекции технологического оборудования: измельчителей, волчков, куттеров, массажеров, фаршемешалок, формовочных аппаратов, машин для нарезки, шприцов и

т.д. Оно используется для дезинфекции вспомогательного оборудования от трудноудаляемых органических загрязнений. Обладает хорошим бактерицидным действием по отношению к неспоровой микрофлоре.

Макси-Дез М – дезинфицирующее, моющее и обезжиривающее средство на основе ЧАС. Эффективно обеззараживает сильно загрязненные объекты. Используется для дезинфекции различных видов технологического оборудования, трубопроводов, инвентаря, тары и поверхностей производственных помещений.

Препарат “Демп” – щелочное моюще-дезинфицирующее средство, которое используют для мойки и профилактической дезинфекции помещений и оборудования производственных цехов мясокомбинатов, птицекомбинатов, убойных цехов птицефабрик, санитарно-убойных пунктов.

Хлорная известь из которой приготовили 10%-ый раствор для профилактической дезинфекции оборудования [16].

Результаты исследования. При исследовании смывов с оборудования, сделанных до и после дезинфекции в пробирках со средой Кесслер после культивирования 24 ч при температуре 37°C не был выявлен характерный для кишечных палочек рост.

Для определения наличия золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*) были сделаны посевы по 1 см³ в солевой мясопептонный бульон с содержанием 6,5% NaCl сделанных из смывов до и после дезинфекции. Пробирки со средой поместили в термостат при температуре 37°C на 24 ч. После инкубации из пробирок сделали, пересев на агар Байрда-Паркера. Посевы культивировали при температуре 37°C в течение 18–24 ч. На агаре Байрда-Паркера после посева смывов, сделанных до проведения дезинфекции, выросли мелкие, черные, блестящие и выпуклые колонии без прозрачной зоны вокруг них [3,4].

При посеве проб смывов, сделанных после дезинфекции, в солевом мясопептонном бульоне с содержанием 6,5% NaCl не было выявлено характерных признаков роста стафилококков (бульон остался прозрачным).

Выводы:

- обязателен производственный ветеринарно-санитарный контроль сырья, вспомогательных материалов и готовой продукцией;
- необходим контроль показателей микробиологической безопасности в процессе производства мясной продукции;
- обязательна дезинфекция и контроль качества проводимой дезинфекции производственных помещений;
- при производстве и транспортировке мяса и мясной продукцией обязательно соблюдение правил личной гигиены персонала.

Литература:

1. Техническом регламенте Таможенного союза "О безопасности мяса и мясной продукции" (ТР ТС 034/2013)
2. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности пищевых продуктов»
3. Инструкция по санитарной обработке технологического оборудования и производственных помещений на предприятиях мясной промышленности (утв. Ростехрегулированием 14.01.2003)
4. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов– М.: Колос, 2014
5. Архангельская П.А., Мурашев С.В. Натуральные колбасные оболочки: характеристика, подготовка, дефекты, термообработка. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1.
6. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Кочеровец В.И. и др. Промышленная дезинфекция и антисептика: учебное пособие для ВУЗов – СПб, 2008.

7. Госманов Р.Г., Колычев Н.М., Кабиров Г.Ф. и др. Санитарная микробиология пищевых продуктов: Учебное пособие – СПб.: Издательство «Лань», 2015.
8. Кострова М.Г., Мурашев С.В. Влияние солей сильных электролитов на гидратацию и изоэлектрическую точку белков. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 2.
9. Мурмозова Л.В. Основы микробиологии санитарии и гигиены в пищевой промышленности: учебник для научного профессионального образования/ Мурзова Л.В. – 2-е изд. – М.: Академия, 2003
10. Мурашев С.В., Курбанов Б.М. Зависимость свойств фарша баранины от степени измельчения сырья. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 2.
11. Мурашев С.В., Кодиров У.О. Влияние глубины измельчения на свойства фарша говядины. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1.
12. Мурашев С.В., Светличная В.Д., Петухова Д.Б. Особенности изменения цветового тона вареных колбасных изделий, возникающие под влиянием бетулина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4.
13. Мурашев С.В., Большакова О.С. Влияние металл-лигандного взаимодействия в гемовой группе на цвет форм миоглобина. Научный журнал НИУ ИТМО Процессы и аппараты пищевых производств 2014, № 3.
14. Парамонова А.П., Мурашев С.В. Стабильность железопорфириновых комплексов красного цвета и свойства лиганд // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4.
15. Сидорчук А. А., Крупальник В.Л., Попов Н.И. и др. Ветеринарная санитария: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2011.
16. <http://ses-sanepidemstanciya.ru/dezinfekciya-predpriyatiy/>

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЬНЫХ ЭКСПАНДИРОВАННЫХ СНЕКОВ

О.И. Аксенова, Г.В. Алексеев, Д.В. Карпачев, В.В. Кривопустов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

oksi280491@yandex.ru

Ритм жизни современного общества настолько ускорен, что у людей не остается достаточно времени на приготовление и употребление полноценных приемов пищи, их вытесняют продукты быстрого приготовления, в том числе снеки для перекусов «на ходу».

В промышленном производстве снеков из зерновых культур ведущую роль играет экструзия: в настоящее время на экструдерах перерабатывают 12% сырья и наблюдается тенденция к увеличению объема продукции [1].

Принятие потребителем экструдированных продуктов питания во многом связано с удобством их употребления, ценой, привлекательным внешним видом и текстурой, которые особенно важны для закусочных продуктов. А физические параметры, такие как насыпная плотность, коэффициент экспандирования, текстура, соответствуют качественным показателям готового продукта.

Основным сырьем для производства экспандированных экструдированных снеков во всем мире являются высоко крахмальные культуры: кукуруза, рис, пшеница и другие. Одной из наиболее возделываемых в нашей стране крахмальных культур является картофель: за последние 15 лет валовый сбор картофеля вырос на 20%. Однако процесс экструдирования картофеля для разработки закусочных продуктов во всем мире практически не изучен. Вопросы экструзии картофеля и картофелепродуктов отражены в работах таких зарубежных и российских ученых, как Nath и Chattopadhyay, Cheyne, Barnes, Ненахова Р.В. и Острикова А.Н [3–9].

Скудность существующих литературных данных по вопросу экструзии картофеля, из которого производят традиционные неполноценные снеки, побуждает к дальнейшим исследованиям в этой области.

Исследование, приведенное в статье направлено на определение типа обработки, влажности и размера частиц картофельного полуфабриката для разработки биологически полноценного экструдированного снека на основе картофеля, обогащенного белками и диетическими волокнами из вторичного сырья пищевого назначения [2].

Картофельный полуфабрикат для дальнейшей экструзии может быть представлен в трех видах: готовые картофельные хлопья/мука/порошок, картофельное пюре, предварительное подсушенное до требуемого уровня влажности, измельченный высушенный картофель.

Экструзия сырого измельченного картофеля не рассматривается из-за изначально высокого уровня влажности сырого картофеля 49%, и необходимости экструдера со сверхдлинным шнеком и дополнительными подогревающими элементами, так как в противном случае вовремя экструдирования не успеют произойти разрыв крахмальных зерен и его желатинизация.

Готовые картофельные хлопья, полученные методом распылительной сушки, является наиболее распространенным и хорошо изученным вариантом для производства экструдатов. Однако из-за дороговизны их получения в данном исследовании они были отвергнуты, так как одна из задач исследования – это снижение себестоимости готового продукта.

Таким образом, дальнейшая работа была направлена на исследование возможности экструзии подсушенного картофельного пюре и высушенного измельченного картофеля.

Экструдирование изучаемых модельных сред проводили на одношнековом кормовом экструдере КЭШ-2 при температуре в предматричной зоне 120°C. Исходное сырье, при начальной влажности от 15 до 30% подавали в загрузочный бункер экструдера. Далее в корпусе оно захватывалось подающим шнеком и транспортировалось при помощи промежуточного и прессующего шнеков, вращающихся с частотой 4 об/с, к формирующей матрице, через которую выпрессовывалось в качестве готового экспандированного продукта.

Как отмечалось ранее, текстура экструдата и коэффициент его экспандирования являются основными качественными показателями экструдированных снеков, поэтому они были выбраны в качестве критериев оптимальности. Уровни начальной и конечной влажности исследуемого сырья определяли на влагомере Элвиз-2, коэффициент экспандирования вычисляли как отношение диаметра экструдата к диаметру фильеры матрицы.

Для получения картофельного полуфабриката в виде пюре, картофель предварительно очищали и отваривали, после чего отваренный картофель разминали, высушивали в конвективной сушилке при постоянной температуре, равной 55°C в течение 3–4 часов до уровней влажности 37; 30; 26%. Более длительная сушка приводила к пригоранию пюре и образованию твердой корки, которые негативно сказывались на однородности рассматриваемого полуфабриката.

Прежде чем описывать результаты экструзии подсушенного картофельного пюре необходимо отметить, что подача пюре в загрузочное отверстие экструдера была значительно затруднена адгезионными свойствами пюре.

При экструдировании подсушенного до 37% влажности картофельного пюре получался экструдат в виде жидкой бесформенной массы зеленоватого оттенка с конечной влажностью 15%. При экструдировании подсушенного до 30% влажности картофельного пюре получался экструдат в виде липкого плотноспрессованного жгута характерного для картофельного пюре цвета с конечной влажностью 11%. При экструдировании подсушенного до 26% влажности картофельного пюре получался экструдат в виде рыхлого не липкого жгута более темного цвета большего диаметра с конечной влажностью 7%. Коэффициенты экспандирования жгутов с конечной влажностью 11 и 7% равны 116 и 133%, что говорит о недостаточном вспучивании экструдатов.

Таким образом, из результатов экспериментов видно, что экструдат из картофельного пюре не обладает желательной хрусткой текстурой, имеет липкую или рыхлую структуру, плохо экспандируется и имеет внешний вид не характерный для закусовых продуктов для всех уровней влажности. Поэтому подсушенное картофельное пюре было отвергнуто в качестве полуфабриката, для производства закусовых продуктов.

Для подготовки картофельных полуфабрикатов из измельченного высушенного картофеля, предварительно очищенный от кожуры картофель бланшировали с целью максимального выхода крахмала на поверхность клубней. Затем клубни картофеля измельчали на планетарном миксере KitchenAid с ножом-барабаном для мелкой шинковки при частоте вращения рабочего органа 180 об/мин. После чего измельченный картофель тонким слоем (около 3 мм) раскладывали на противни

конвективной сушилки и сушили при постоянной температуре равной 55°C в течение 4–5 часов до различных уровней влажности.

При экструдировании высушенного от 30 до 25% влажности измельченного картофеля получались экструдаты в виде темных плотных полых жгутов с включениями не проэкструдированных кусочков с конечной влажностью от 10 до 5%, и низкими коэффициентами экспандирования от 66 до 78%. Однако при 22% влажности исходного сырья начинал наблюдаться переход к ряду более тонких заполненных жгутов, хотя степень экспандирования была по-прежнему достаточно низкой, поэтому шаг варьирования влажности исходной смеси был уменьшен до 1%. При экструдировании этих смесей наблюдался постоянный обрыв большего полого жгута в тонкий не полый жгут, при этом экструдаты не обладали желаемой хрусткой текстурой и значительным коэффициентом экспандирования вплоть до достижения 18% влажности полуфабриката. При 18% влажности измельченного высушенного картофеля получался экструдат в виде светлого хорошо вспученного заполненного жгута с пористой структурой, характерной хрусткой текстурой, привлекательным внешним видом и ароматом, при этом его влажность была равна 3,5%, а коэффициент экспандирования – 400%. Необходимо отметить, что коэффициент расширения тонких жгутов рассчитывался как отношение диаметра жгута к высоте щели с одной стороны между фильерой матрицы и прижимной гайкой, так как размеры полого и заполненного жгутов отличаются в несколько раз. При дальнейшем уменьшении влажности полуфабриката до 15% начинается маложелательная реакция меланоидинообразования, получается экструдат в виде потемневшего менее вспученного (коэффициент экспандирования 308%) заполненного жгута с пористой более плотной структурой, характерной хрусткой текстурой. Из-за начала пригорания происходит обрыв жгута и хлопьеобразование. Внешний вид полученных экструдатов приведен на рис. 1.



Рис. 1. Экструдаты из высушенного измельченного картофеля

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что повышенный уровень влажности полуфабрикатов приводит к получению экструдатов плотной текстуры с пониженным коэффициентом экспандирования, а слишком низкий уровень влажности смеси приводит к снижению коэффициента экспандирования, пригоранию смеси к последним виткам шнека и фильере матрицы, нежелательному потемнению экструдата в ходе реакции меланоидинообразования. Из этого следует, что подбор полуфабрикатов для получения картофельных экструдатов с максимальным коэффициентом экспандирования, пористой хрусткой текстурой и хорошими органолептическими показателями является актуальной задачей.

В заключение необходимо отметить, что оптимальным полуфабрикатом на основе картофеля для данного одношнекового экструдера – является измельченный высушенный до 18% влажности картофель, при этом достигаются максимальный коэффициент экспандирования равный 400% и благоприятные органолептические характеристики (хрусткость, пористость, характерный для картофеля кремовый цвет и аромат), а так же соблюдается экономичность технологического процесса.

Литература:

1. Аксенова О.И. Разработка технологической линии производства экструдированного закусочного продукта на основе картофеля [Электронный ресурс] //Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. 2017. URL:http://kmu.ifmo.ru/collections_rubric/286/biotehnologii_i_resursosberegayuschie_inzhenernye_sistemy.htm (дата обращения: 10.05.2017).
2. Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Функционально-стоимостной анализ процесса экструдирования вторичного пищевого сырья птицепереработки//Энергетика, информатика, инновации - 2016: сборник трудов VI Международной научно-технической конференции. 2016. Т. 2. С. 249 - 252.
3. Ненахов Р.В. Разработка и научное обоснование способа производства экструдированных картофелепродуктов, обогащенных белковыми добавками : дис. ...канд. техн. наук. Воронеж, 2001. 147с.
4. Mohammed A., Jowitt R., Brennan J. G. Instrumental and sensory evaluations of crispness in friable foods. – Journal of Food Engineering. 1982. №1. P.55 - 75.
5. Delgado-Nieblas C.I., Zazueta-Morales J.J., Gallegos-Infante J.A. Elaboration of functional snack foods using raw materials rich in carotenoids and dietary fiber: effect of extrusion processing// CyTA - Journal of Food. 2015. №1. P. 69 - 79.
6. Nath A., Chattopadhyay P. K. Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructural changes in ready-to-eat potato–soy snack using high-temperature short time air puffing.//LWT Food Sci. Technol. 2008. №41. P. 707 - 715.
7. Cheyne A., Barnes J., Gedney S., Wilson D.I. Extrusion behavior of cohesive potato starch pastes: II. Microstructure-process interactions.//Journal of Food Engineering. 2005. №66. P. 13 - 24.
8. Suknark K., Phillips R.D., Huang Y.-W. Tapioca-fish and Tapioca-Peanut snacks by twin-screw extrusion and deep fat frying//Journal of food science. 1999. №2. P. 303 – 308.
9. Heidenreich S., Jaros D., Rohm R. Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps.//J. Texture Stud. 2004. №35. P. 621 - 633.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ХИТИНА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЫБНЫХ ФАРШЕЙ

Е.Э. Куприна, А.Н. Мануйлов, О.В. Никитина, А.Н. Яккола

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

elkuprina@yandex.ru

Особенности потребления продуктов питания современного человека, в частности, их избыточная рафинированность приводит к дефициту в питании грубоволокнистых веществ, что может вызвать развитие ряда заболеваний, таких как, сахарный диабет, нарушение перистальтики желудочно-кишечного тракта, ожирение, атеросклероз, остеопороз, и др. Введение в пищевые продукты биологически активных добавок на основе пищевых волокон дает возможность влиять на метаболизм человека, и придавать новые улучшенные органолептические свойства пищевым продуктам[1].

Хитинсодержащие биологически активные вещества (БАВ) относятся к группе диетических волокон, которые не усваиваются организмом человека, но при этом восстанавливают микрофлору кишечника. Ацетамидные группы этих БАВ придают последним сорбционные свойства, выводя из организма ионы тяжелых металлов и радионуклиды.

Их применение в пищевой промышленности обусловлено не только биологической активностью, но и высокими значениями влаго- и жиродерживающих свойств и способностью улучшать реологические характеристики фаршевой массы [2, 3].

Целью работы было исследование влияния введения пищевых волокон на основе хитина на реологические свойства фаршевых композиции и определение рациональных параметров куттерования этих смесей.

В качестве объектов исследования были выбраны фарш из теши семги и минтая в соотношении 1:1. В качестве биологически-активной добавки использовался БАД "Хизитэл" ТУ 9197-003-00472437-03, получаемая из отходов переработки креветки с использованием электрохимической установки УПХ-01 производства АО «Гипрорыбфлот»..

Хизитэл – это полностью натуральный композиционный продукт, состоящий из входящих в его состав полисахарида панциря ракообразных - хитина (20 – 40 %) и минеральных веществ (60 – 80 % в зависимости от вида сырья).

Минеральные вещества хизитэла представлены важнейшими биогенными элементами: кальцием – 22–28%, магнием – 3–4%, фосфором – 1,3–1,5%, натрием – 1,26%, калием – 0,25%, железом – 0,12%, цинком – 0,09%, а также медью, хромом [4].

Определение реологических свойств рыбных фаршей производилось с помощью ротационного вискозиметра "REOTECT-RV".

Прибор допускает изменение пределов измерения моментов путём модификации постоянной торсиона с помощью рукоятки. Принцип действия прибора основан на вращении внутреннего цилиндра от электродвигателя со скоростью 0,3-240 об/мин. Наружный цилиндр неподвижен. Рыбный фарш помещают в зазор между цилиндрами. Измерение вязкости осуществляется путём определения крутящего момента на валу внутреннего цилиндра и замера скорости его вращения.

Выбирают наиболее подходящее для рыбного фарша измерительное устройство (внутренний цилиндр) для разных пределов вязкости, используя специальные данные. Необходимое количество фарша определяют по формуле:

$$C = \rho \cdot V, \quad (1)$$

где ρ – плотность вещества, кг/м³; V – объем цилиндра, м³.

Прибор допускает измерение вязкости в пределах 0,01–10000 Па·с. По показаниям вычисляются реологические показатели, на основании которых строятся кривые текучести, определяющие зависимость касательного напряжения (ПНС) от градиента скорости. Касательное напряжение τ (Па) вычисляют по формуле:

$$\tau = \kappa \cdot \alpha, \quad (2)$$

где κ – постоянная измерительного устройства.

α – показания прибора.

Значение эффективной вязкости η (СП) вычисляют по формуле:

$$\eta = \frac{\tau \cdot 100}{\gamma}, \quad (3)$$

где γ – скорость сдвига (градиент скорости).

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что введение 10% Хизитэла в фаршевую композицию позволяет увеличить количество воды до 30% при сохранении реологических характеристик исходной фаршевой смеси.

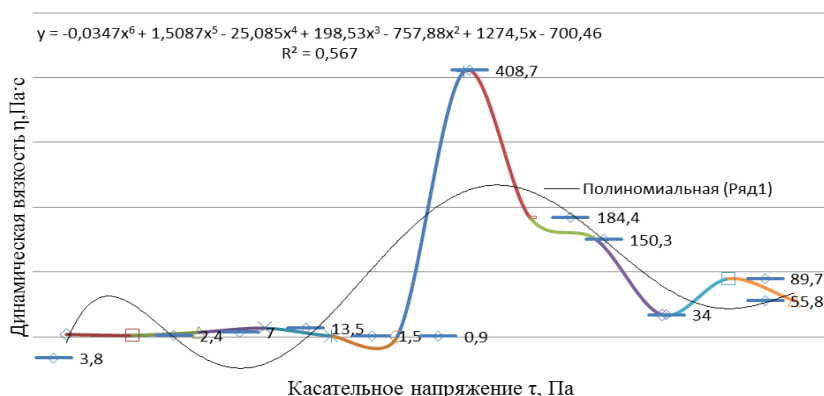


Рис.1. Зависимость вязкости рыбного фарша (теша семги, минтай, БАД “Хизитэл”) с добавкой воды - 30% от касательного напряжения

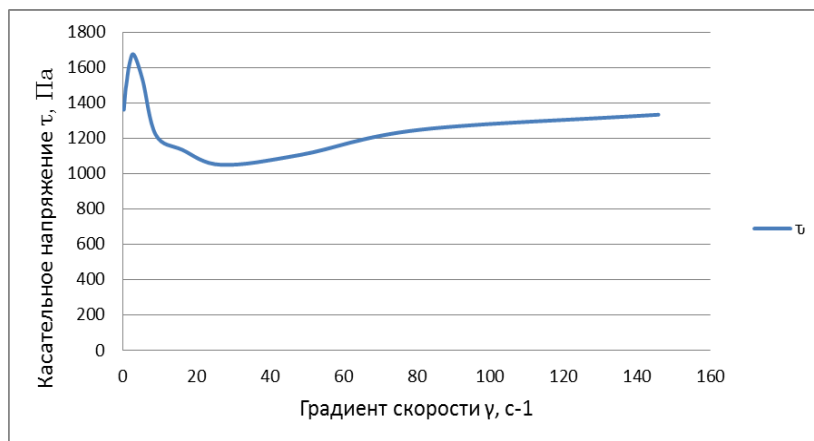


Рис.2. Зависимость градиента скорости от касательного напряжения (теша семги, минтай, БАД “Хизитэл”), с добавкой воды - 30% от касательного напряжения

Как видно из графиков рис. 1, 2 при скорости сдвига 85 с^{-1} динамическая вязкость системы резко увеличивается, при дальнейшем увеличении скорости сдвига наблюдается ее снижение, которое сопровождается визуально определяемым расслоением системы с выделением из нее жира и воды. Очевидно, что наблюдаемое явление обусловлено разрушением целостности фаршевой композиции, что вероятно обусловлено разрывом актомиозинового комплекса белков.

Таким образом, можно рекомендовать осуществлять смешение фарша в куттере при скорости сдвига не более 85 с^{-1} , что соответствует скорости вращения ротора не более 240 об/мин.

Превышение выбранного скоростного режима смешения не рекомендовано из-за необратимого разрушения целостности структуры фаршевой системы и ее расслоение с выделением жировой и водной фаз.

Литература:

1. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия. - СПб: ГИОРД, 2007. - 640 с.
2. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К. Г. Скрябина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. - М.: Наука, 2002.
3. Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Мезенова О.Я. и др. Биотехнология морепродуктов. М.: Мир. - 2006. - 560 с.
4. Тимофеева К.Г., Осипова Е.В., Куприна Е.Э. Биологически активная пищевая добавка «Хизитэл» - Рыбная промышленность. – 2004. – №1. – С. 19.

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК66.022.1:537.52:66.021.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ МАСЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. Шорсткий, Е.П. Кошевой

Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия

i-shorstky@mail.ru

Основным промышленным методом получения подсолнечного масла в маслоэкстракционном производстве на сегодняшний день является твердо-жидкая экстракция, с применением способов противоточного погружения и многоступенчатого противоточного орошения [5]. Существует множество разнообразных методов и способов интенсификации процесса экстрагирования, как на стадии подготовки материала, так и при непосредственном воздействии в самом процессе экстрагирования. К таким методам можно отнести СВЧ-обработку, сверхкритическая CO₂ экстракция, обработка в ультразвуке, электроразрядная обработка [4, 9, 13].

Анализ литературы по применению обработки ИЭП, в качестве метода, способного интенсифицировать процесс экстрагирования, совместно со вскрытием растительных клеток от воздействия электрического поля, напряженностью более 1 кВ/см нашел применение при обработке фруктов и овощей [13]. Обработка ИЭП эффективна при обработке яблок, винограда, свеклы [13]. Применение ИЭП в процессах интенсификации выхода масла из семян масличных культур, а также влияние на содержащиеся в их составе многочисленные связанные с ними функциональные компоненты, были изучены в работах [8, 10]. Авторы отмечают увеличение выхода масла, с использованием технологии ИЭП в процессе предварительной обработки для зародышей кукурузы и оливок на 32,4 и 7,4% соответственно. В работе [9] отмечена эффективность экстрагирования полифенолов из виноградной кожуры в более чем 2 раза.

Возможность безтемпературной обработки в дополнение к интенсификации процесса экстрагирования придает высокую конкурентоспособность технологии обработки ИЭП по сравнению с известными методами электрофизической обработки [3]. Таким образом, обработка ИЭП представляется перспективным направлением электрофизической обработки в области интенсификации массообменных процессов [14].

Целью данной работы является исследование эффективности обработки ИЭП на процесс экстрагирования масла из структуры масличных клеток лепестка подсолнечника с оценкой основных показателей качества получаемого экстракта.

Подготовленный лепесток подсолнечника, массой 5 гр, с добавлением жидкой фазы растворителя, подвергался обработке ИЭП в диэлектрической камере [12], между двумя параллельно расположенных титановых электрода с диаметром 40 мм. По данным работы [7] для достижения оптимального показателя напряженности электрического поля (7 кВ/см) устанавливался зазор 5 мм между электродами. Изначально при помощи функционального генератора (Agilent 33220A,

Agilent Technologies, USA) создавались положительные электрические импульсы прямоугольного вида, амплитудой до 30 В и длительностью 90 мкс, которые в усилителе напряжения (Trek COR-A-TROL 610D, TREK Inc, Lockport, USA) усиливались по амплитуде до 15 кВ. Для равномерного распределения напряжённости поля между электродами, необходимым условием является плотный контакт электродов с обрабатываемым материалом. Для оцифровки и контроля качества, подаваемого на обработку импульсов, использовался осциллограф (Tektronix TDS 220), с дополнительным высоковольтным делителем (400 МГц, X100) для считывания импульсов высокого напряжения. После обработки материал подавался на стадию экстрагирования.

По спецификации используемых образцов лепестка подсолнечника содержание масла составляло $50,18 \pm 0,01\%$. Начальное влагосодержание составляло $7,95 \pm 0,5\%$. С применением предварительной обработки ИЭП максимальное значение выхода масла составило 48,9%, по сравнению с показателем выхода масла без обработки 41,7%. Обработка проводилась при следующих параметрах: напряженность поля 7,0 кВ/см, частота следования импульсов 0,5 Гц, время обработки 90 с. Показатель вскрытых клеток составил $P=41,9\%$. Образцы фотографий вскрытых клеток семядолей подсолнечника, выполненных на сканирующем электронном микроскопе JEOL SEM 6360LA представлены на рис. 1. На представленных рисунках заметен характер разрушения целостности масляных клеток после обработки ИЭП, при котором мембрана клеток вскрыта. Однако авторы также не исключают возможность дополнительного повреждения целостности клеток при подготовке образцов к исследованию.

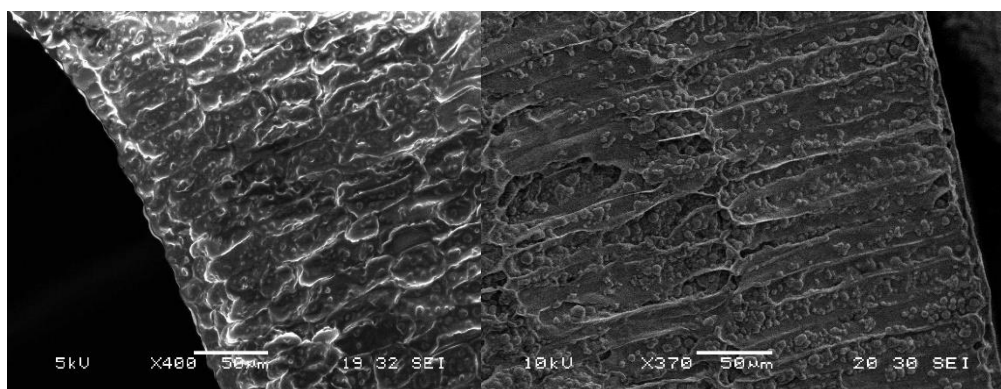


Рис. 1 Изображения сканирующего электронного микроскопа поверхности образца подсолнечника до (слева) и после обработки ИЭП (справа), увеличенных в 400 и 370 раз

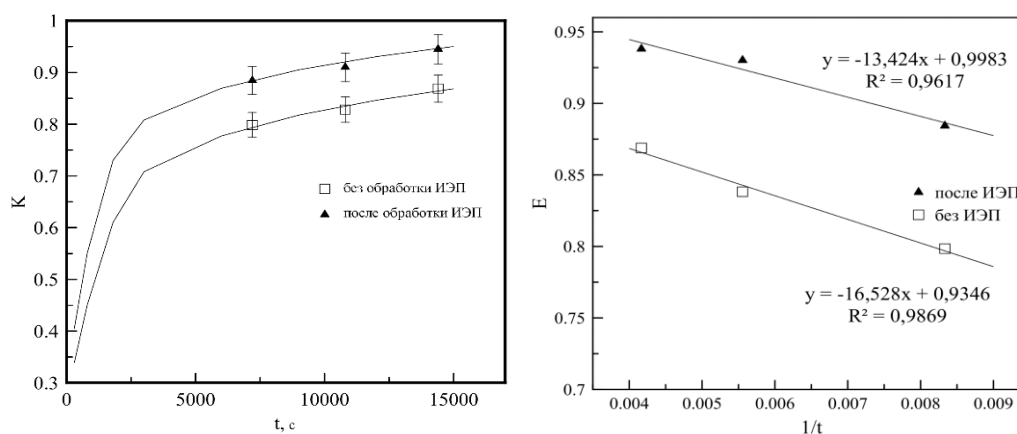


Рис. 2 Кинетика экстрагирования лепестка подсолнечника для образцов без предварительной обработки (□) и с ИЭП обработкой (▲) (слева); зависимость концентрационного симплекса от обратного времени экстракции (справа)

Результаты сравнительных кривых выхода масла с предварительной обработкой ИЭП и без нее представлены на рис. 2. Время экстракции, 14800с потребовалось для проведения сравнительной оценки. Все эксперименты проводились при комнатной температуре.

Для определения коэффициента А из уравнения (3), построен график зависимости концентрационного симплекса Е от обратного времени с выводом уравнения для определения нулевой точки (точки пересечения кривой с осью концентрационного симплекса (рис. 2)).

Для проведения сравнения двух кривых кинетики экстрагирования, приравняем значения β до и после обработки через уравнения Аксельруда [1]:

$$B' = \frac{B \cdot C \cdot \beta' \cdot (1 + \beta)^2}{C \cdot \beta \cdot (1 + \beta')^2}; \quad (1)$$

$$C' = \frac{C}{1 - B \cdot \frac{(1 + \beta)(\beta - \beta')}{\beta(1 + \beta')}}; \quad (2)$$

где β' - соотношения объема пор и объема внешнего растворителя после обработки; - коэффициенты кинетического уравнения после обработки.

По данным на рис. 2 значения коэффициентов А, В и С занесены в таблицу 1. Связь между показателем К и концентрационным симплексом Е можно представить, как:

$$E = 1 - K \quad (3)$$

Значение критерия Био (Bi_m), представляющего собой отношение интенсивности внешней и внутренней массоотдачи, согласно [2] $Bi_m \rightarrow \infty$ и это определяет выбор соответствующих зависимостей для расчета параметров кинетического уравнения.

Таблица 1

Значения коэффициентов из экспериментальных данных на рис. 3, а также параметры кинетических зависимостей

Без обработки				Совместно с обработкой ИЭП			
A	0,9346	β	0,013274	A	0,9983	β	0,001703
B	0,301864	μ	6,61206	B'	0,031295	μ	7,473085
C	6,54219E-05	D	9,8943E-12	C'	5,16688E-05	D	1,5504E-11

Результаты анализа определения перекисного и кислотного числа для полученного экстракта масла представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели качества масла для образцов без и после предварительной обработки ИЭП с использованием биоэтанола в качестве растворителя

Образец	Перекисное число	Кислотное число	Параметры цвета
Без обработки	7,4±0,2	2,2±0,2	L=91,68; a*=-1,84; b*= 9,51
После обработки	7,1 ±0,2	2,3±0,2	L= 92,06; a*=-1,46; b*= 7,06

Одной из дальнейших перспективных задач представляется создание технологического комплекса непрерывной обработки масличного материала импульсным электрическим полем, в основу которого войдут полученные результаты кинетики экстрагирования, показателей качества получаемых экстрактов, а также полученные ранее данные по основным реологическим свойствам течения среды, устройству экстрагирования [6], а также электрические свойства обрабатываемого материала [12].

Литература:

1. Аксельруд, Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело – жидкость). – Л.: Химия, 1974. – 256 с.
2. Матюхов Д.В. Влияние природы растворителя на процесс экстракции жмыхов подсолнечника // Матер. межд. науч.-практ. конф.: сб. тр. 2013. Т. 2013. С. 18-24.
3. Жматова Г. В. и др. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – Т. 11. – №. 3.
4. Кудимов Ю. Н., Казуб В.Т., Голов Е.В. Электроразрядные процессы в жидкости и кинетика экстрагирования биологически активных компонентов часть 1. Ударные волны и кавитация // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8. – №. 2.
5. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. СПб: ГИОРД, 2001. 368 с.
6. Пат. 164195 РФ. Устройство для экстрагирования сырья/И.А. Шорсткий, Е.П. Кошевой, заявл.02.11.2015; опубл.06.08.2016 -2 с.
7. Шорсткий И.А. Совершенствование процесса экстрагирования масличных материалов на основе применения электрофизического воздействия: дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2016. 168 с.
8. Andreou V. et al. Shelf-life evaluation of virgin olive oil extracted from olives subjected to nonthermal pretreatments for yield increase // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2016.
9. Boussetta N., Grimi N., Vorobiev E. Pulsed electrical technologies assisted polyphenols extraction from agricultural plants and bioresources: a review // Int J Food Process Technol. – 2015. – Т. 2. – С. 1-10.
10. Guderjan M., Elez-Martínez P., Knorr D. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2007. Т. 8. №. 1. С. 55-62. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.07.001>
11. Shorstkii I., Mirshekarloo M.S., Koshevoi E. (2015) Application of Pulsed Electric Field for Oil Extraction from Sunflower Seeds: Electrical Parameter Effects on Oil Yield. *J Food Process Eng.*
12. Shorstkii I., Koh X.Q., Koshevoi E. Influence of Temperature and Solvent Content on Electrical Properties of Sunflower Seed Cake // Journal of Food Processing and Preservation. – 2015. – Т. 39. – №. 6. – С. 3092-3097. doi: 10.1111/jfpp.12574
13. Vorobiev E., Lebovka N. I. Electrotechnologies for extraction from food plants and biomaterials. – New York : Springer, 2008. – Т. 5996.
14. Шорсткий И.А., Кошевой Е.П. Оценка эффективности использования импульсного электрического поля в процессах экстрагирования масличных материалов Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3. С. 26–32.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯГКОГО СЫРА

А.Ю. Чечеткина, Л.А. Забодалова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Aleksandra.chechetskina@mail.ru

Основная стратегия пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года обуславливает устойчивое обеспечение населения страны безопасным и качественным продовольствием [1].

В настоящее время во всем мире в пищевой промышленности активно развивается производство продуктов функционального питания. Молочные продукты, ассортимент которых весьма широк, являются одним из важнейших компонентов питания населения. Основной идеей данной работы является применение комбинирования исходного молока-сырья, а именно, коровьего и козьего для производства сыра, что может повысить качество и конкурентоспособность продукта за счет придания ему новых функциональных свойств, а также обеспечить некоторую экономическую выгоду. При разработке технологии инновационных видов продуктов, применяется принцип, что продукты питания, во-первых, являются источником энергии, во-вторых, источником пластических веществ, необходимых для построения большинства структур организма, а также источником витаминов и минеральных солей, без которых в организме не происходят основные обменные процессы.

Целью настоящей работы является разработка инновационной технологии комбинированного мягкого сыра со сниженной аллергенностью, улучшенными органолептическими и физико-химическими характеристиками.

Одним из перспективных направлений пищевой промышленности является разработка способа сочетания различных белков молока-сырья с дальнейшим получением функциональных пищевых ингредиентов и пищевых продуктов на их основе. Молоко, как известно, один из основных продуктов питания различных групп населения. Оно изначально обладает диетическими свойствами, однако, наряду с высокой питательной ценностью компонентов молока, в нем содержится более 20 аллергенов, среди которых основными являются отдельные фракции казеина и сывороточные белки – β -лактоглобулин, α -лактальбумин и бычий сывороточный альбумин [2, 3]. По последним данным до 10% детей раннего возраста страдают пищевой аллергией. Повышение процента заболеваемости населения активно связывают с изменениями в рационе питания населения, а также экологическими факторами. Разработка и введение функциональных гипоаллергенных продуктов – вопрос, актуальный в настоящее время для пищевой промышленности и здравоохранения. В большинстве стран мира, в том числе и в России в питании населения наибольшее распространение получило коровье молоко, реже – козье, овечье, кобылье, в меньшей степени – верблюжье и буйволиное молоко. В настоящее время в питании детей и взрослых широко используется коровье молоко и продукты на его основе, но не меньший интерес всегда привлекало и козье молоко. В последние десятилетия проводятся исследования, указывающие на возможность использования смесей коровьего и козьего молока при производстве молочных продуктов [4].

В работе исследуется возможность получения мягкого сыра с пониженной аллергенностью на основе смеси козьего и коровьего молока, а также использование растительного наполнителя в качестве пищевого функционального ингредиента.

Разрабатываемая технология основывается на классической технологии производства мягкого сыра из козьего молока с мукой экструдированного нута (патент 2541788 РФ, МПК А23С19/076 Способ получения мягкого сырного продукта из козьего молока с бобовым наполнителем) [5].

В данной работе для придания функциональной направленности продукту, а также для увеличения ассортиментной линейки мягких сыров предлагается вносить растительную добавку в виде муки из экструдированного нута. Нут предварительно проращивали для увеличения суммарного количества водорастворимых антиоксидантов, далее нут подвергали экструзии.

Процесс экструзии – процесс, совмещающий термо-, гидро- и механохимическую обработку сырья с целью получения продуктов с новой структурой и свойствами [6]. Кроме того, в результате экструзии происходят существенные изменения и текстурирование не только на клеточном уровне, но и сложные химические, микробиологические (стерилизация), физические процессы и явления [7]. В процессе обработки образуется новая структура в виде биополимерной пищевой пены. Процесс экструзии позволяет повысить вкусовые свойства готового продукта, поскольку крахмал расщепляется на более простые, сладкие компоненты.

Основной целью являлось разработать рецептуру комбинированного сыра из смеси молока различных сельскохозяйственных животных с растительным наполнителем с максимальным применением всех составляющих молока. Адекватные соотношения компонентов определяли первоочередно по критериям пищевой, биологической и энергетической ценности при условиях, следующих из параметрических моделей адекватного питания. Решением задачи является применение методов математического моделирования, используемых при составлении рецептур продуктов с заданными свойствами и составом [8]. Функция позволяет выбрать оптимальную рецептуру моделируемого продукта с учетом заданных ограничений. Результаты расчетов показали, что рациональным соотношением рекомендуемых ингредиентов – молоко коровье/ молоко козье/ растительный компонент в рецептуре разрабатываемого продукта является 47,6:49,4:2,9.

При проектировании рецептуры в образцы продукта вносили различные массовые доли муки из нута. В результате расчетных и экспериментальных данных была подобрана рациональная массовая доля наполнителя.

Результаты экспериментов при проектировании продукта показывают, что в случае использования в сырной массе бобовой муки с дозой 3% от массы сыра был получен продукт имевший высокие органолептические показатели. Увеличение дозы бобовой муки в сырной массе более 3% приводило к появлению в продукте излишнего привкуса бобового наполнителя и к ухудшению консистенции. Так, в продукте мягко ощущался привкус вводимой экструдированной муки нута, и опытный образец превосходил контрольный по вкусу, запаху и цвету по цвету.

Мягкий сыр с мукой экструдированного нута представляет собой продукт белого цвета, с равномерным распределением бобового наполнителя по всей массе, весом до килограмма, поверхность увлажненная, без ослизнений; консистенция однородная, в меру плотная, ломкая, но не крошливая. Аромат сыра чистый кисломолочный, со слабым ароматом бобового наполнителя. Вкус сыра чистый, кисломолочный, в меру соленый.

Основной задачей разрабатываемого проекта являлось снижение аллергенности продукта. По данным ВОЗ, пищевой аллергией страдают в настоящее время во всем мире не менее 1–2% взрослых и не менее 10% детей. При лечении пищевой аллергии основываются на элиминационном принципе, состоящем в уменьшении или вовсе

извлечении аллергенного продукта из рациона питания. При этом высокоаллергенные продукты обладают высокой пищевой ценностью, являясь источниками полноценного белка и ряда микронутриентов. В этой связи было предложено разработать продукт на основе смеси коровьего и козьего молока. Исследования по изучению аллергизирующих свойств сыра были выполнены на базе ФГБОУ ВО СПХФА Минздрава.

Исследования проводили на мышах линии С57BL/6, которым сыр вводили в дозе, кратной эквивалентному среднесуточному потреблению для человека, пересчитанному для мышей по соотношению массы тела.

В результате исследований установлено, что введение тестируемых сыров не приводит к развитию реакции гиперчувствительности замедленного типа, однако следует отметить индивидуальную повышенную чувствительность животных.

Проектирование состава мягкого сыра позволило получить новый вид функциональной продукции. Использование смеси белков различного молочного сырья позволяет получить продукт, обладающий менее выраженными аллергенными свойствами по сравнению с сыром из коровьего молока.

Данная технология мягкого сыра позволяет получить продукт с улучшенными свойствами, а применение нутовой муки позволяет увеличить степень использования сухих веществ молока, так как связывает влагу, удерживая растворенные в ней вещества, входящие в состав молока, результатом чего является повышение выхода сыра. Продукт позволяет расширить ассортиментную линейку мягких сыров. Предполагаемая реализация полученного продукта - это организация производства инновационной продукции на действующем предприятии.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что использование комбинирования молочного сырья актуально при создании молочных продуктов с пониженной аллергенностью, а также продуктов профилактического питания. В современных условиях позволяют решить проблему дефицита белка за счет комбинирования молочного сырья с растительными компонентами. Что позволит создавать новые виды молочных продуктов с заданным составом и свойствами, в данном случае – низкоаллергенный мягкий сыр с повышенным содержанием белка антистрессовой направленности, обладающий высокой пищевой и биологической ценностью.

Литература:

1. Распоряжение от 17 апреля 2012 года №559-р. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года
2. Sorva, R. β -Lactoglobulin secretion in human milk varies widely after cow's milk ingestion in mothers of infants with cows' milk allergy / R. Sorva, S. Makinen-Kiljunen, K. Juntunen-Backman // J. Allergy Clin. Immunol. – 1994. – Vol. 93. – P. 787–792.
3. El-Agamy, E.I. The challenge of cow milk protein allergy // Small Rumin. Res. – 2007. – Vol. 68. – P. 64–72.
4. Лабинов В.В. Ситуация на мировом и российском рынках молочных продуктов // Молочная промышленность. – 2006. – №11. – С. 4-6
5. Патент 2541788 РФ, МПК А23С19/076 Способ получения мягкого сырного продукта из козьего молока с бобовым наполнителем
6. Экструзия. Технологический процесс [Электронный ресурс]: – 2012. – Режим доступа :<http://omop.su>
7. Изменение качества сои в результате экструдирования. 2011. [Электронный ресурс]//<http://biagroferm.ru>
8. Компьютерное моделирование рецептурных расчетов многокомпонентных мясных продуктов [Электронный ресурс] //Журнал о сельском хозяйстве <http://borona.net/high-technologies.ru>

РАЗРАБОТКА ИНОВАЦИОННОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА НООТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ РАССТРОЙСТВ ЛИМБИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Р. Хасанов, Н.А. Матвеева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kingartur-12@mail.ru, matveevanatalja2007@rambler.ru

Тенденция здорового образа жизни активно развивается. Об этом свидетельствует большой спрос на натуральные продукты, занятие спортом, а также желание быть эрудированным в медицинских аспектах, которые связаны со строением и функционированием организма. За последние годы общества стало относиться к продуктам не просто как к ресурсу для поддержания жизнедеятельности, а даже в большей степени как к источнику пользы для своего здоровья. В связи с этим растёт потребительский спрос на функциональные продукты питания. Наиболее удобной для получения полезных компонентов формой, являются безалкогольные функциональные напитки на основе растительного сырья. Данный сегмент в России только начинает развиваться, а рынок функциональных напитков профилактического действия практически отсутствует. Как показывают статистические исследования, существует перенасыщенность и высокая конкуренция на рынке безалкогольных напитков, а доля функциональных напитков в общем объеме потребления безалкогольных напитков мала и, поэтому, возникает необходимость создания новых технологий напитков функционального и специализированного назначения, рассчитанные на определенные группы потребителей и на определённые системы организма[1]. На сегодняшний день существуют напитки для профилактики сердечно-сосудистой системы организма, а также напитки для диабетиков.

Таким образом, целью данной работы явилась разработка функционального напитка-ноотропа на основе плодово-ягодных соков, чая и сухих растительных экстрактов для профилактики расстройств лимбической системы. Висцеральный мозг имеет следующие функции: регуляция внутренних органов через гипоталамус, мотивационное, поведенческое, эмоциональное формирование, играет роль в обучении, обонянии; организация долговременной, кратковременной и пространственной памяти; формирование ориентировочно-исследовательской деятельности, а также регулирует процессы и механизмы сна.

Прогрессия расстройств лимбической системы в большей степени связана со стрессом, тревогой, переутомлением. Рациональным решением в профилактике данных расстройств являются создание функционального напитка на основе растительного сырья с повышенным содержанием полифенолов [2]. Этот класс растительных биологически активных веществ обладает анксиолитическим, ноотропным, антиоксидантным действием, а также являются нейрометаболическими стимуляторами. Функциональный напиток-ноотроп предназначен для детей школьного возраста, студентов, людей, занимающихся активной интеллектуальной деятельностью и испытывающие стресс [3, 4]. Именно данные группы населения больше всего подвержены расстройствам лимбической системы, так как испытывают переутомление и воспринимают большой объем информации в течение продолжительного времени.

Напиток направлен на профилактику устойчивости клеток мозга к повреждающим факторам, а также болезни Альцгеймера.

Для напитка использовались следующие ингредиенты: соки прямого отжима красного винограда, моркови, киви, черники, яблока, а также чёрный чай и зелёный чай [5,6]. Сырье подобрано на основании анализа химического состава ингредиентов, а также рекомендаций диетологов. Основным функциональным компонентом выступает такой класс растительных полифенолов, как флавоноиды (антоцианы, флавонолы, флавононы, кверцетин и рутин, а также их производные). В качестве основного источника флавоноидов использовался купаж сухих растительных экстрактов чёрной смородины и винограда, которая обеспечивает 60% от суточной нормы [7,8].

В сырье и готовом продукте определяли следующие физико-химические показатели: рефрактометрическим методом определяли содержание сухих веществ на рефрактометре PTR 46(Великобритания); титруемую кислотность и pH измеряли потенциометрическим способом на титраторе Titripoplus (Швейцария). Содержание полифенолов определялось перманганатометрический методом. Для количественного анализа антоцианов прибегали к фотоэлектроколориметрии на приборе КФК-3-01(Россия).

В результате получены следующие значения, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели плодово-ягодных соков

Наименование сырья	pH среды	Массовая доля Сухих веществ (%Brix)	Общая кислотность в пересчёте на яблочную кислоту, град
Сок красного винограда	3.9	14,2	3,1
Сок моркови	5,2	8,3	4,2
Сок киви	3.2	9.5	8,1
Сок черники	4.1	7,1	6,4
Сок яблока	3.5	10,0	3,3

Физико-химические показатели готового функционального напитка-ноотропа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели готового функционального напитка

Наименование показателей	Значение
Водородный показатель, pH	3,7
Титруемая кислотность, град	5,6
Содержание сухих веществ, %	7,5
Содержание полифенолов, мг/л	594.3
Содержание антоцианов мг/л	447.5

Следующим этапом исследований стало испытания функционального напитка на такой показатель безопасности согласно техническому регламенту таможенного союза 021 «О безопасности пищевой продукции», как тяжелые металлы [9].

Пищевые продукты должны быть безопасными для организма человека с точки зрения системы качества. В связи с этим всю выпускаемую продукцию контролируют на содержание таких вредных контаминантов, как антибиотики, пестициды, радионуклиды, микробиологические показатели, тяжелые металлы [10].

Тяжелыми металлами являются: свинец (Pb), мышьяк (As), кадмий (Cd), ртуть (Hg). Эти вещества ингибируют обменные процессы мозга и воздействуют на сульфгидрильные группы белков, из-за чего нарушается транспортная и рецепторная функция. Следует отметить, что ртуть и мышьяк блокируют передачу нервных импульсов в коре головного мозга. Главным образом тяжелые металлы попадают в организм человека через растительную и животную пищу, так как они способны аккумулироваться в тканях, поэтому контроль концентраций в сырье и продуктах строго регламентируется [11].

Тяжелые металлы определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии, который базируется на свойствах определённых атомов поглощать свет с определенной длиной волны. Измерения проводили на следующих приборах:

Пробоподготовку осуществляли методом мокрой минерализации на термоустановке EHD 36 LABTECH (Венгрия) ($t=180-200^{\circ}\text{C}$). Метод основан на разложении проб концентрированными минеральными кислотами при высоких температурах.

Мышьяк, свинец и кадмий измеряли на атомно абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6300, Япония.

Ртуть определяли на приборе «Юлия 5-К», Россия. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Содержание токсичных элементов в функциональном напитке
иммуностимулирующего действия**

Наименование элемента	Результат измерения	Норма
Мышьяк	менее 0,02 мг/ л	не более 0,1 мг/ л
Кадмий	менее 0,01 мг/ л	не более 0,03 мг/ л
Свинец	менее 0,15 мг/ л	не более 0,3 мг/ л
Ртуть	менее 0,005 мг/ л	не более 0,05 мг/ л

Таким образом, разработан инновационный функциональный напиток на основе растительного сырья для профилактики расстройств лимбической системы для людей испытывающие переутомление, стресс, тревогу, перенапряжение. Определены основные физико-химические показатели сырья и готового напитка. Также готовый продукт испытан на содержание тяжёлых металлов, концентрации которых не превышают нормы технического регламента. Продукт является безопасным.

Литература:

1. Анализ рынка функциональных напитков в России в 2008-2012 гг, прогноз на 2013-2017 гг. <http://marketing.rbc.ru/research/562949984448382.shtml>.
2. Функциональные напитки и напитки специального назначения. Поль Пакен. Санкт-Петербург: Профессия, 2010. - 495 с.
3. Догаева Л.А., Пехтерева Н.Т. Классификация и идентификационные признаки функциональных безалкогольных напитков // Пиво и напитки. 2011. № 5. - С. 62-65
4. Хасанов А.Р., Матвеева Н.А. Разработка функционального напитка для профилактики болезней сердечно-сосудистой системы // IV Международный Балтийский морской форум: Материалы Международного морского форума (Калининград, 22-28 мая 2016 г.) - 2016. - С. 1509-1515
5. VA Marcos, NM Ageev, RV Gabl ,2007. «Phenolic compounds in berries under different conditions of growing grapes» USA, California - № 4. - P 24-25. Journal Winemaking and Viticulture.
6. Khasanov A.R, Iureva L.V «The usage of natural flavonoids in functional drinks.». Russia, Kazan. №3 (83) P- 298-300. Journal of a young scientist in ISSN 2072-0297, 2015

7. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н.; [отв. ред. Е.И. Маевский] – Пушино: Synchronobook, 2013. – 310 с. ISBN 978-5-91874-043-9
8. Килкаст Д., Субраманиам П. (ред.-сост.), Стабильность и срок годности. Безалкогольные напитки, соки, пиво и вино. Издательство: Профессия, 2012г.
9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомно-абсорбционная_спектрометрия
10. http://www.lumex.ru/methods/atomnaya_absorbciya.php
11. Технический Регламент Таможенного Союза 021-2011 «О безопасности пищевой продукции»

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ

А.В. Федоров^{1,2}, А.Г. Новоселов¹, С.М. Волков², А.А. Федоров¹

1 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

2 – ВНИИЖиров, г. Санкт-Петербург, Россия,

afedorov@corp.ifmo.ru

Растительные жиры нашли широкое применение в различных отраслях мирового промышленного производства. Значительная доля растительных жиров, производимых из семян и плодов масличных культур, используется в пищевом секторе экономики в качестве продуктов питания. Пищевые растительные масла, содержащие растительные жиры, жирные кислоты, стиролы, токоферолы и другие ценные компоненты являются важным источником энергии, а также незаменимых биологически активных веществ в ежедневном рационе человека [1,2].

Растительные масла представляют собой сложную мультифазную многокомпонентную систему, состоящую из большого количества химических веществ. Около 90% массы растительных масел составляют триацилглицериды различного состава, около 1–2% – жирные кислоты, входящие в эти триацилглицериды, до 5% – фосфолипиды, приблизительно 2% – воска и воскоподобные сложные эфиры, а также токоферолы, стиролы и многие другие химические вещества [5]. Высокая энергетическая и биологическая ценность растительных масел обуславливает растущую интенсивность научных исследований их физических и химических свойств.

Производство пищевых растительных масел представляют собой последовательность энергозатратных тепло- и массообменных процессов, проводимых в аппаратах, связанных между собой сложной системой продуктопроводов [3,4]. Новые данные о физико-химических свойствах производственных потоков в процессе маслодобыwania используются для создания эффективных технологических и аппаратурных моделей, которые позволяют получать дополнительную экономию энергоресурсов и решать экологические проблемы масложирового производства. Кроме того, некоторые из этих физико-химических свойств могут быть использованы для создания средств контроля и регулирования состава технологических потоков [6,7].

Появление исследовательского оборудования нового поколения позволило приступить к реализации системной программы более глубоких исследований реологических свойств растительных масел и масляных мисцелл с целью определения характера изменения динамической вязкости при изменении технологических параметров масложирового производства.

Проведенные нами исследования структурно-реологических свойств образцов нерафинированного высокоолеинового подсолнечного масла и нерафинированного подсолнечного масла линолевого типа, а также масляных мисцелл, приготовленных на основе этих масел, позволил определить для этих образцов реологическую модель жидкой фазы. Было установлено, что полученные экспериментальные данные реологических исследований описываются моделью «псевдопластичной жидкости». При этом было обнаружено, что в интервале численных значений градиента сдвига $\dot{\gamma} = 20\text{--}40$ коэффициент динамической вязкости изменяется сложным образом, характерным для жидкостей, обладающих реопексными свойствами. Причем в

процессе последовательного увеличения значений градиента сдвига до 1500 с^{-1} , а затем снижения до 1 с^{-1} коэффициент динамической вязкости в конце эксперимента при значениях менее 10 с^{-1} почти на 50% превышал собственное значение при тех же значениях градиента сдвига в начале эксперимента. Изменение температуры в интервале проводимых технологических процессов маслосодобывания позволили установить характер температурной зависимости данного эффекта для исследованных модельных образцов.

Литература:

1. Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства в масложировой промышленности /под ред. Ржехина В.П. и Сергеева А.Г. Ленинград, 1967. Т.1, кн. 1.
2. Рудаков О.Б., Пономарев А.Н., Полянский К.К, Любарь А.В.. Жиры. Химический состав и экспертиза качества. Москва. «Де Ли Принт». 2005. 140с.
3. Ребиндер П.А.Физико-химическая механика дисперсных структур. М.:Наука,1966. 130с.
4. Santos J.C.O., Santos I.M.G., Souza A.G. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. Journal of Food Engineering, 67, (2005), p.401-405.
5. Geller D.P., Goodrum J.W. Journal of American Oil Chemist Society, 2014, 77(2), pp.111–114.
6. Плесовский В.А., Дубовик О.А., Безденежных А.А. Физико-химия и технология производства мыла. СПб.:Химиздат, 2007.
7. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство. Состав и свойства. Применение. СПб.; Профессия, 2007.

РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНОГО СЫРКА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕЛЕНА

Т.И. Укконен, М.С. Белозерова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

ukkonentatiana@gmail.com

Дефицит микронутриентов на сегодняшний день является серьезной проблемой, так как широко распространен во всем мире. Данная проблема привлекает все большее внимание, как правительств разных стран, так и промышленных организаций. Для ее ликвидации создаются специальные национальные программы по созданию и реализации обогащенных пищевых продуктов, а так же функциональных продуктов питания, которые в свою очередь обеспечивают профилактику возникновения алиментарно-зависимых заболеваний [7].

В данной работе было обращено внимание на дефицит такого микроэлемента, как селен. Дефицит селена наблюдается в областях и регионах с пониженным его содержанием в почве. Прежде всего, это Ленинградская, Псковская область, Карелия, часть Поволжского региона России, Удмуртия и Забайкалье [8].

Таким образом, дефицит селена наблюдается практически на всей территории Российской Федерации. Институтом питания РАМН были представлены данные, свидетельствующие о том, что в Москве дефицит селена был выявлен у 80% женщин репродуктивного возраста, у 33% детей и 38% мужчин [2].

Практически у всего населения России, живущего вдалеке от моря, наблюдается «мягкий селенодефицит», при котором в организм поступает лишь 70–80% необходимой ежедневной дозы селена [1].

Селен был впервые открыт в 1817 году шведским химиком Й.Я. Берцеллиусом. Назван селен был в честь Луны (греч. – selene), так как он в природе является спутником такого элемента, как теллур (лат. tellus – земля). Еще в 20 веке селен считался токсичным, обладающим канцерогенными свойствами, а также совсем не рассматривался наукой о питании, как необходимый элемент [6].

1970-х годах всесторонне изучались свойства селена, и было получено, что данный элемент необходим для активации фермента глутатионпероксидазы, который является одним из ключевых в антиоксидантной защите. Данный фермент играет барьерную роль при поступлении агрессивных перекисных соединений, он предотвращает активацию перекисного окисления липидов мембран. Этот процесс опасен тем, что способен вызывать нарушение структурной и функциональной целостности мембран клеток, что увеличивает проницаемость мембран и снижение их устойчивости к повреждающим воздействиям [3,4,6,8].

Селен также является элементом, регулирующим работу трех основных систем организма, направленных на поддержание нормальной жизнедеятельности человека, которые были сформированы в ходе эволюции. Это антиоксидантная, иммунная и детоксикационная системы [4].

Селен поступает в организм человека в основном в виде селенопротеидов: селеноцистеина и селенометионина, а также некоторая часть в виде неорганических солей. При поступлении в организм большого количества неорганического селена, происходит

накопление токсичного вещества – гидроселенита. Однако в пищевых продуктах почти весь селен находится в органической, легкоусвояемой форме [2, 5, 8, 11].

Селенопротеиды, или селеносодержащие протеины, – это особая группа ферментов, участвующих в образовании ферментативного звена антиоксидантной защиты, которая предотвращает накопление свободных радикалов и развитие ацидоза [4, 6, 8].

Селен, кроме всего выше сказанного, участвует в построение селеноцистеинсодержащих ферментов, например, тиоредоксинредуктазы – фермента обладающего широкой субстратной специфичностью и участвующего, помимо процессов антиоксидантной защиты, в регулировании клеточного роста, а также рециклинге аскорбиновой кислоты [4].

Являясь коферментом дейодиназы, селен принимает участие в нормализации работы щитовидной железы. Его основная задача – трансформация тетраiodтиронина в активный тиреоидный гормон трийодтиронин. Вследствие этого, при возникновении дефицита селена в организме может усугубляться проявление йододефицита, а также увеличиваться шанс развития заболеваний связанных с йодной недостаточностью. Исследования показали, что у 80% умерших от болезни Кешана при вскрытии были обнаружены осложнения зоба. Таким образом, недостаточность селена в организме блокирует оптимальный йодный обмен. Поэтому становится важным соблюдение баланса поступления йода и селена в организм, только в таком случае будет обеспечена эффективная работа щитовидной железы [3, 4, 9].

При недостатке селена в рационе могут появляться сердечно-сосудистые заболевания: атеросклероз, слабость сердечной мышцы, инфаркт миокарда, а также в 1960 году было установлено, что недостаток селена является причиной практически неизлечимой эндемической кардиомиопатии у животных и людей (болезнь Кешана), возникающей в результате хронического дефицита селена [5, 6].

Кроме того, было замечено, что витамин Е и селен являются взаимодополняющими элементами, их антиоксидантная защита резко возрастает при совместном употреблении. Синергизм этих элементов положительно влияет на иммунную систему, повышает устойчивость к радиоактивному облучению. Данное исследование актуально и в контексте противораковой активности. Так, применение препаратов селена и витамина Е усиливало антиканцерогенный эффект в отношении экспериментальных опухолей [6].

Дефицит селена – один из факторов развития анемии у недоношенных детей, бесплодия у мужчин, а так же возникновения диабета. Было выявлено, что селеновый статус влияет и на функции головного мозга, так как при дефиците селена изменяется оборот нейротрансмиттеров – гормонов головного мозга, оказывающих влияние на психическое здоровье человека: эмоциональную устойчивость, способность концентрироваться и запоминать информацию [9].

В связи с вышеперечисленным, актуальной является разработка творожного продукта с повышенным содержанием селена для детей среднего школьного возраста (11–14 лет).

Согласно данным ФАО ВОЗ суточная потребность в селене для детей 11–14 лет составляет 40 мкг/сутки, в то время как для мужчин – 70 мкг/сутки, для женщин – 55 мкг/сутки, а верхний допустимый предел – 300 мкг/сутки [10].

На первом этапе работы проводился аналитический обзор литературных источников с целью подобрать ингредиент, который бы содержал в своем составе повышенное содержание селена, по сравнению с ежедневно употребляемыми продуктами питания. Наибольшее количество было обнаружено в морепродуктах, мясе, субпродуктах, отрубях и орехах.

Наибольшей сочетаемостью с творожным сырком из перечисленного списка, будут обладать орехи. Среди них самое большое количество селена содержится в

бразильском орехе, который и был выбран для разработки творожного сырка. Для примера в таблице 1 приведены количественные значения для различных видов орехов по содержанию селена и йода, которые, как было сказано, являются синергистами друг друга.

Таблица 1

Содержание селена в различных видах орехов

Наименование	Количество микроэлемента, мкг/100 г продукта	
	Йод	Селен
Арахис	20,0	3,0
Бразильский орех	20,0	254,0
Грецкий орех	9,0	3,0
Кешью (поджаренный)	11,0	34,0
Кокосовый орех (высушенный)	3,0	12,0
Миндаль	2,0	2,0
Фисташки	–	6,0
Фундук	17,0	2,0

Бразильский орех произрастает на дереве под названием бертоллетия по всей протяженности реки Амазонки: в Бразилии, Венесуэле, Боливии и части Перу. Он является ценным продуктом, так как содержит в своем составе большое количество биологически полноценного белка, микроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот, отдельных витаминов и клетчатки. Бразильский орех, как и многие орехи, обладает высокой калорийностью, которая составляет 682 ккал на 100 г продукта.

На следующем этапе работы разрабатывалась рецептура творожного сырка. Масса готового продукта была взята стандартная для творожного сырка – 50 грамм.

Составление рецептуры проводили расчетным путем исходя из химического состава отдельных компонентов. На основании проведенных расчетов в разрабатываемую рецептуру творожного сырка вошли следующие компоненты:

1. Творог нежирный 0,6% – 37,1 г
2. Сливочное масло с м.д.ж. 72,5% – 5,9 г
3. Яичный порошок – 0,5 г
4. Бразильский орех – 4 г
5. Киви – 2,5 г

После этого был произведен доказательный расчет функциональности. В результате было получено, что внесение бразильского ореха в количестве 4 г будет обеспечивать 25,4% от суточной потребности в селене у детей среднего школьного возраста, а разработанный продукт будет покрывать 53,22% от суточной потребности.

На основании проведенных исследований была разработана рецептура творожного сырка с повышенным содержанием селена, предназначенного для питания детей среднего школьного возраста. Данный продукт можно отнести к категории функциональных.

Литература:

1. Антонова С.Г. Содержание и определение селена в пищевых продуктах / С.Г. Антонова, Е.Е. Елесова, Г.Н. Носкова, Л.В. Драчева // Пищевая промышленность. – 2009. – №2. – С. 8-10

2. Глотова И.А. Селенодефицитные состояния населения и способы их алиментарной коррекции / И.А. Глотова, Н.А. Галочкина, Е.Е. Курчаева // Пищевая промышленность. – 2013. – № 12. – С. 74-76
3. Донская Г.А. Обогащение селеном молока для детского питания / Г.А. Донская, З.А. Бирюкова, О.Г. Пантелеева // Переработка молока. – 2015. – № 6. – С. 26-27
4. Драчева Л.В. Функционально-метаболический аспект микроэлемента селена / Л.В. Драчева // Пищевая промышленность. – 2005. - № 4. – С.38-39
5. Молчанова Е.Н. Физиология питания: Учебное пособие / Е.Н. Молчанова – СПб.: Троицкий мост, 2014. – 240 с.
6. Нечаев А.П. Пищевая химия / Под ред. А.П.Нечаева, С.Е.Траубенберга, А.А. Кочетковой – 6-е изд., стер. – СПб.: ГИОРД, 2015. 672 с.
7. Оттавей П.Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база. СПб.: Профессия, 2010. 312 с.
8. Рубина Е.А. Физиология питания: учебник для студ. учреждения высш. проф. Образования / Е.А. Рубина. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 208 с.
9. Стрейн Дж. Последствия превышения рекомендуемой суточной дозы микронутриентов: фолиевой кислоты и селена // Вопросы питания. 2000. № 3. С. 50–54.
10. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
11. Поташова А.Б., Гуляева Ю.Н., Новоселов А.Г. Исследование реодинамики йогуртов, обогащенных селеном // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 1. С. 37–44.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

И.А. Супрунова

Школа биомедицины, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

suprunova.ia@dvfu.ru

Пищевая ценность хлебобулочных изделий определяется содержанием в них пищевых веществ, необходимых организму человека, в первую очередь белков, незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных веществ, а также энергетической ценностью и способностью усваиваться. Это главное. «Но не менее определенное значение для характеристики пищевой ценности хлеба имеют и такие показатели, как вкус, аромат, состояние мякиша, его пористость, внешний вид готовых изделий. Так как изделия с хорошо выраженным вкусом и ароматом получают из достаточно выброженных тестовых полуфабрикатов, имеют необходимый уровень протекания биохимических процессов и соблюдение условий и параметров процесса выпечки» [1]. Что и является первичными факторами обеспечения физиологической полноценности хлеба.

Высокая усвояемость хлеба связана с особенностью химического состава и биодоступностью входящих в его состав веществ. «Белки находятся в денатурированном виде, крахмал – клейстеризован, жир – в составе эмульсий или комплексов с белками, углеводами и другими компонентами, пищевые волокна – в сильно набухшем и размягченном состоянии» [2]. Данное состояние веществ делает их доступными для действия ферментов желудочно-кишечного тракта. Мягкая консистенция позволяет легко и полностью измельчать хлеб, делая его доступным для пищеварительных соков. За счет потребления хлебобулочных изделий человек примерно на треть может удовлетворять физиологические потребности в калориях и белках, более чем наполовину – в водорастворимых витаминах, солях фосфора и железа, в углеводах [1,2]. Согласно «Рекомендуемым рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» по приказу Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614, в России принята усреднённая ежедневная норма в пересчете на муку – 0,175 кг, т.е. для хлебобулочных изделий с учетом расчетного выхода 140% – в пределах от 0,210 кг до 0,245 кг, с учетом потребления других продуктов переработки зерновых культур (крупы, макаронные изделия, бобовые) без замены. Возникает вопрос, какая должна быть пищевая и биологическая ценность современных хлебобулочных изделий, чтобы такими нормами обеспечить физиологическую потребность в важных для организма нутриентах? Исходя из информации по существующим проблемам в зерноперерабатывающей отрасли, в последние годы приобретает все большую актуальность проблема качества и безопасности хлеба и хлебобулочных изделий. «Это связано со снижением товарного качества зерна пшеницы и его высокой микробиологической обсемененностью, что отрицательно сказывается на потребительских свойствах и показателях хлебобулочных изделий» [3,4]. Поэтому остается существенной тенденцией постоянное использование и хлебопекарных улучшителей, и комплексных ферментных препаратов, что, безусловно, выручает производителей хлеба, снижая риски по использованию муки нестабильного качества

для достижения не только соответствия с требованиями НТД (что гораздо сложнее), но и потребительских свойств (что удастся производителям лучше).

Пищевая и биологическая ценность хлеба и хлебобулочных изделий, как показатель качества, определяется химическим составом зерна и зависит от хлебопекарных свойств муки, состояния белков клейковины. Химический состав хлеба зависит от вида и сорта используемой муки и от ее выхода – чем меньше выход, тем ниже содержание белка, витаминов, минеральных веществ [3–5]. В настоящее время накоплен значительный научный материал для систематизации и научного обоснования повышения пищевой ценности изделий хлебопекарного производства. Неоценимый вклад в разработку научных основ повышения пищевой ценности хлеба внесли Л.Я. Ауэрман, Н.П. Козьмина, Л.В. Кретович, Е.Д. Казаков, В.А. Патт, Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, Л.П. Пашенко, В.И. Дробот, А.П. Косован, Л.Н. Казанская, Т.Б. Цыганова, И.В. Матвеева, С.Я. Корячкина, Г.О. Магомедов, Л.Н. Шатнюк, А.С. Джабоева, Т.В. Санина, Е.И. Пономарева, Т.Н. Тертычная и другие. В науке и практике хлебопечения накоплен определенный опыт по созданию нового ассортимента диетических профилактических и диетических лечебных изделий, обогащенных натуральными компонентами, разработаны соответствующие технологии производства, отдельные из которых уже применяются на предприятиях отрасли. Однако фактическое внедрение ограничивается возможностями технологии и сложившимися требованиями к органолептическим и физико-химическим показателям, а также межотраслевой технологической несогласованностью между мукомольными и хлебопекарными предприятиями и низкой инновационной восприимчивостью [4]. В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р), главным приоритетом является создание экономической, законодательной и материальной базы для повышения качества и пищевой ценности продуктов, в том числе хлебобулочных изделий. Несмотря на выбранное направление исследований для создания высокоэффективных технологий, на решение проблем качества продукции, ее безопасности, развитие ассортимента изделий, обогащенных витаминами и минеральными веществами, функционального, специального и диетического назначения, на модернизацию и техническое перевооружение предприятий, главная системная проблема – это переработка муки с пониженными хлебопекарными свойствами остается не решенной [3–5]. Экономические и социальные преобразования приводят к изменению ассортимента продукции и его смещению с традиционных хлебобулочных изделий на широкий ряд новых, чаще всего вызывающих у покупателя случайный спрос. По аналитическим данным [5–9] формирование ассортимента и технологий происходит хаотическим, спонтанным образом без четких принципов дифференциации по нормам, видам обогащения, отвечающим современным требованиям науки о питании.

Физиологическая потребность в пищевых веществах и энергии за счет ежедневного потребления хлебобулочных изделий покрывается в пределах 30%. В соответствии с научными данными, хлеб и хлебопродукты являются источниками энергии, белка и углеводов, обеспечивающими соответственно 36,6; 40 и 53% суточного их поступления. Все группы населения достаточно часто потребляют такую продукцию не только потому, что хлеб и хлебобулочные изделия – традиционные продукты питания для нашей культуры, но и определяемые респондентами как сытные и удобные в употреблении [2]. Исходя из концепции сбалансированного питания, в хлебе не оптимально соотношение основных пищевых веществ: белков и углеводов. «Рекомендуемое соотношение 1:4, а в хлебе на одну часть белка приходится примерно около 7 частей углеводов. Только равномерное поступление белков высокой биологической ценности может сохранить в организме азотистое равновесие» [6]. По рекомендуемым ФАО/ВОЗ составам и суточной потребности человека в незаменимых

аминокислотах полноценные пищевые белки должны содержать 36% незаменимых аминокислот [6]. Известно, что биологическая ценность хлеба зависит от вида, сорта и выхода муки. Чем выше сорт и ниже выход муки, тем ниже содержание в ней белка. Аминокислотный скор по лизину у ржаной муки выше, чем у пшеничной. Поэтому высокая биологическая ценность белков хлеба из муки низшего сорта объясняется их более полноценным аминокислотным составом, что в свою очередь компенсирует сравнительно низкую усвояемость белков из муки низшего сорта. В связи с этим, важной задачей повышения биологической ценности хлеба и хлебобулочных изделий является повышение общего содержания белка и улучшения его аминокислотного состава (добавление яичного порошка, молочных продуктов и вторичного молочного сырья: обезжиренного молока, молочной сыворотки и молочной пахты; продуктов переработки бобов сои и белковых препаратов из масличных и бобовых культур; добавок из пшеницы: сухой клейковины, выделенных из пшеничных отрубей белков; продуктов переработки различных злаков: добавок из амаранта, рапса, тритикале; экструзионных продуктов; кукурузной, овсяной, рисовой, пшеничной, льняной и других видов злаковой муки).

Хлеб является одним из основных источников витаминов В₁, В₂ и РР. Однако он не покрывает и половины потребности организма в этих витаминах. Витаминную ценность хлеба повышают обогащением хлеба витаминами и введением натуральных молочных продуктов, соевой муки, дрожжей, солодовых ростков и других веществ, богатых витаминами, а также внесением в муку синтетических витаминов – В₂, В₁ и РР. Они относительно хорошо сохраняются в процессе приготовления хлеба [7].

Многочисленными исследованиями установлено, что содержание всех макро- и микроэлементов в процессе помола существенно уменьшается. Содержание минеральных веществ в хлебе зависит от сорта муки: чем ниже сорт, тем богаче хлеб минеральными веществами [3, 13]. Установлено: наибольшее значение среди минеральных компонентов зерна имеют кальций, фосфор и железо. Их усвояемость значительно снижается из-за образования нерастворимых солей фитиновой кислоты. Наиболее дефицитным в хлебе является кальций [1, 2]. По нормам физиологических потребностей [8] и по рекомендуемым уровням потребления пищевых и биологически активных веществ [9] для различных категорий населения оптимальным, научно обоснованным является соотношение кальция и фосфора в пище, лежащее в пределах от 1:1,5 до 1:2. Соотношение солей кальция и фосфора в хлебе далеко не оптимальное. Неблагоприятное соотношение кальция и фосфора в хлебе усугубляется еще и тем, что часть фосфора находится в виде фитиновых соединений, которые снижают усвояемость кальция, содержащегося в пище. В хлебных изделиях оно составляет 1:5,5. То же наблюдается и в соотношении кальция : магний. Фактическое составляет 1:2,3, желаемое – 1:0,5. [8–10]. Минеральное обогащение хлеба направлено на достижение оптимального соотношения веществ. В этих целях промышленность широко использует молоко и молочные продукты, которые содержат не только полноценные белки, но и в достаточном количестве и в легко усвояемой организмом форме кальций в виде лактата кальция. Увеличение количества кальция достигается введением как сухого обезжиренного молока, так и молочнокислого кальция и рыбной муки. Для снижения дефицита кальция и других минеральных веществ авторами предлагается к использованию продукты переработки масличных семян, в частности протертые семена кунжута, подсолнечника, мака, льна, тыквы и муки жмыха после получения масла из перечисленных культур.

Усвояемость хлеба зависит от таких показателей его качества, как вкус, аромат, внешний вид. Хлеб, правильно выпеченный из хорошо выброженного теста, хорошо окрашенной, румяной и нежной корочкой своим внешним видом возбуждает аппетит [1–3, 11–15]. На пищевую ценность хлеба оказывает влияние и степень разрыхленности мякиша. Хлеб с более высокой степенью разрыхленности и более однородной и нежной

пористостью лучше усваивается. Поскольку органолептические и физико-химические показатели хлеба (хлебобулочных изделий) оказывают влияние на усвояемость его организмом, улучшение этих показателей положительно влияет и на пищевую ценность хлеба. Важным фактором в употреблении хлеба является и период, прошедший после его выпечки. Биологическая ценность черствого хлеба не снижается. Хлеб улучшает разжевываемость пищи, с которой употребляется за счет упруго-эластичной текстуры мякиша, и поэтому с хлебом человек лучше усваивает и другие продукты [6,11,12,13]. Соответственно важная роль в физиологии пищеварения очевидна. Таким образом, учитывая важность хлеба в рационе питания и в сложившейся в России экономической, экологической обстановке, необходимо разрабатывать новые подходы в решении проблемы повышения его пищевой ценности.

Литература:

1. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник / Л.Я. Ауэрман. – 9-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2009. – 416 с.
2. Шлеленко, Л.А. Современный ассортимент хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания // Хлебопечение России. – 2004. – № 2. – С. 17-18.
3. Мелешкина, Е.П. Развитие системы оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы при его производстве и переработке: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Мелешкина Елена Павловна. – Москва, 2006. – 401 с.
4. Костюченко, М.Н. Инновационные подходы к решению актуальных проблем хлебопекарной отрасли России / М.Н. Костюченко // Хранение и переработка сельхозсырья – 2012. – № 10. – С.51-53.
5. Санина, Т.В. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий массового потребления / Т.В. Санина, Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева // Хлебопечение России. – 2006. – № 6. – С. 28-29.
6. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян, А.И. Вялков, А.Н. Разумов, [и др.] – М.: Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.
7. Шатнюк, Л.Н. Витаминно-минеральные обогатители для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Л.Н. Шатнюк, В.Н. Спиричев // Хлебопродукты. – 1999. – № 6. – С. 21-24.
8. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432-08. / Роспотребнадзор – Введ. 18.12.2008 – М. 2008. – 41 с.
9. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Методические рекомендации. МР 2.3.1.1915-04 / Роспотребнадзор – Введ. 04.07.2004 – М.: РИК ГОУ ОГУ 2004. – 36 с.
10. Нечаев, А.П. Пищевая химия: учебник / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.]. Под ред. А.П. Нечаева. – 6-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2015. 672 с.
11. Eastwood V.A. Physical properties of fiber / V.A. Eastwood, W.P. Mitchell // Fiber in human nutrition. New-York, London: Plenum Press, 1979. – P. 109-131.
12. Джабоева, А.С. Создание технологий хлебобулочных, мучных кондитерских и кулинарных изделий повышенной пищевой ценности с использованием нетрадиционного растительного сырья: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2009. 354 с.
13. Логунова, Л.В. Разработка технологий хлеба с зерном ржи для рационального использования ресурсов и повышения пищевой ценности изделий: дис. ... канд. техн. наук: Воронеж, 2013. 197 с.
14. Stanley, P. *Cauvain Technology of Breadmaking* / Stanley P. Cauvain, Linda S. Young. – New York: Springer Science+Business Media, LLC. – 2007. – 397 p.
15. Hui, Y.H. *Bakery Products: Science and Technology* / Editor Y.H. Hui, associate editors Harold Corke, Ingrid De Leyn, Wai-Kit Nip, Nanna Cross. – Iowa: Blackwell Publishing Professional. – 2006. – 575 p.

ВЫБОР СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ ЗЕРНОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С КАРТОФЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКОЙ

М.П. Сидикова, Т.Н. Евстигнеева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

s.Mira_1995@mail.ru, romihka@mail.ru

Во всем мире широкое признание получило развитие нового направления в пищевой промышленности – так называемое функциональное питание, под которым подразумевается использование таких продуктов естественного происхождения, которые при систематическом употреблении оказывают регулирующее воздействие на организм человека [1]. Существенную долю рынка функционального питания занимают молочные продукты. Среди функциональных ингредиентов важная роль отводится пищевым волокнам [2].

Дефицит пищевых волокон в рационе питания населения обуславливает необходимость обогащения ими различных продуктов, в том числе молочных.

Существуют различные подходы к обогащению продуктов пищевыми волокнами:

- использование в полном объеме сырья, содержащего пищевые волокна (мука из цельносмолотого зерна пшеницы и ржи, мука грубого помола, нетрадиционные виды муки – овсяная, ячменная, гороховая, пшенная и др.);
- добавление вторичных продуктов с высоким содержанием пищевых волокон (овощные, крупяные, фруктовые добавки, отруби злаковых);
- введение препаратов пищевых волокон. Предварительное выделение из злаков, вторичного растительного сырья или различных нетрадиционных источников концентратов растворимых и нерастворимых пищевых волокон позволяет использовать их в виде очищенных препаратов. Это направление в последние годы является наиболее перспективным [3].

Целью исследования явилась разработка состава и технологии кисломолочного продукта с применением картофельной клетчатки FiberBind 300.

Картофельная клетчатка FiberBind 300 – это пищевая клетчатка, полученная из картофеля путем переработки картофельных очистков и остатков стенок картофельных клубней. Картофельная клетчатка (КК) содержит 56% пищевых волокон, 5% белка, 2% жира. Представляет собой мелкодисперсный однородный порошок светло-бежевого цвета с чистым нейтральным запахом и слабовыраженным специфическим вкусом. Размер частиц клетчатки составляет от 150 до 250 мкм.

Исследование влияния температурно-временных режимов на влагопоглощающую способность КК в воде и молоке показало, что для обеспечения наибольшей степени набухания клетчатки ее следует выдерживать в части нормализованной молочной смеси при температуре 90°C не менее 15 мин.

На следующем этапе работы выбирали кисломолочный продукт для обогащения картофельной клетчаткой. При этом проводили сравнительную органолептическую оценку следующих кисломолочных продуктов с введенной в их состав КК в количестве 2%: ряженка с массовой долей жира (м.д.ж) 4%, питьевой йогурт без наполнителей

м.д.ж 1,2% и йогурт со злаками с м.д.ж 2,5%, творог мягкий без наполнителя с м.д.ж 4,5% и творог мягкий с яблочным наполнителем м.д.ж 3,9%.

Во всех образцах оценивали вкус и запах, цвет, консистенцию и внешний вид по пятибалльной шкале. По результатам органолептической оценки продуктом для обогащения картофельной клетчаткой был выбран йогурт со злаковым наполнителем. В данном продукте привкус КК наиболее гармонично сочетался со вкусом злаков, а частицы КК на фоне злаковых включений были заметны в наименьшей степени.

В дальнейшем определяли рациональную дозу КК в продукте. В ходе выполнения исследований картофельную клетчатку предварительно подготавливали описанным выше способом, после чего набухшую КК вносили в образцы обезжиренного молока в количестве, обеспечивающем дозу КК в смеси 1; 2 и 3%. Контролем служил образец без добавления клетчатки. Полученные смеси пастеризовали при температуре $(92 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой в течение 5 мин, охлаждали до температуры $(42 \pm 2)^\circ\text{C}$, после чего заквашивали закваской для йогурта на основе болгарской палочки и термофильного стрептококка в количестве 4% и помещали в термостат с соответствующей температурой. В процессе сквашивания через каждый час в опытных и контрольном образцах измеряли титруемую кислотность и pH.

После образования сгустка образцы помещали в холодильник на 24 ч. По истечении суток температуру образцов доводили до 20°C , а затем в них определяли активную и титруемую кислотности, условную вязкость методом истечения на вискозиметре и влагоудерживающую способность сгустков методом центрифугирования. Проводили их органолептическую оценку.

Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение картофельной клетчатки несколько активизировало процесс кислотообразования. Так в контрольном образце за 5 ч сквашивания прирост титруемой кислотности составил 29°T , а в опытном образце с массовой долей клетчатки 3% – 43°T . По-видимому, растворимые волокна картофельной клетчатки активизируют развитие молочнокислой микрофлоры закваски.

По совокупности результатов проведенных исследований был сделан вывод о том, что рациональная доза введения картофельной клетчатки в состав кисломолочного продукта не должна превышать 2%. Введение добавки в указанном количестве активизирует процесс кислотообразования при сквашивании смеси, способствует повышению влагоудерживающей способности молочно-растительного сгустка.

Органолептическая оценка продукта показала, что введение клетчатки без применения каких-либо дополнительных ингредиентов вполне допустимо, однако целесообразно вносить наполнители с соответствующим вкусом и консистенцией для того, чтобы сделать некоторую мучнистость продукта менее заметной. Так как наиболее высокие баллы имел образец с картофельной клетчаткой на основе йогурта со злаками. В связи с этим представляется перспективным в качестве наполнителя при производстве десертного продукта с КК использовать злаки.

В качестве злакового наполнителя использовали добавку «Талкан» по ТУ 9294-004-60367600-09, производитель ООО «Шифа». Данный продукт в своем составе содержит пророщенные зерна пшеницы, ячменя, ржи и овса. Массовая доля белка в «Талкане» составляет 10,6%, жиров – 2,7%, углеводов (крахмала) – 60,5%. Наполнитель богат клетчаткой, макро- и микроэлементами.

Предварительными опытами установлено, что зерновая добавка «Талкан» сообщает десерту приятный зерновой вкус, однако он становится наиболее гармоничным в подслащенном продукте. В качестве носителя сладкого вкуса применяли сахарный сироп (с массовой долей сухих веществ 65%) в количестве 10%. При меньшей дозе сиропа сладкий вкус был выражен недостаточно, а при заметно большей – излишне. Кроме того, известно, что содержание сахара в смеси выше 6% приводит к замедлению кислотообразования.

Рассматривались следующие способы введения зерновой добавки и сахарного сиропа в состав продукта:

- «Талкан» смешивали с картофельной клетчаткой и подготавливали наполнитель вышеописанным способом, сироп вносили в сгусток после сквашивания;
- «Талкан» вносили в водно-сахарный раствор в процессе приготовления сиропа, последний вводили в состав продукта до и после сквашивания.

Контролем служил образец без наполнителей. Кроме того, один из опытных образцов вырабатывали с картофельной клетчаткой и сахарным сиропом (без зерновой добавки).

В таблице 1 указаны способы введения злакового наполнителя (Т) и сахарного сиропа (С) в состав продукта.

Таблица 1

Способы приготовления образцов йогурта с «Талканом» и КК

№ обр	Вид и доза наполнителей			Способ внесения «Талкана» (Т) и сахарного сиропа (С)
	Картофельная клетчатка (2,0%)	Талкан (2%)	Сироп (10%)	
1	–	–	–	–
2	КК	–	С	С в сгусток
3	КК + Т		С	С в сгусток
4	КК	Т + С		Т + С до сквашивания
5	КК	Т + С		Т + С в сгусток

В процессе сквашивания образцов № 1, 2, 3 и 4 через каждый час оценивали титруемую кислотность (полученные данные приведены на рис. 1), условную вязкость (данные представлены на рис. 2), а также органолептические показатели.

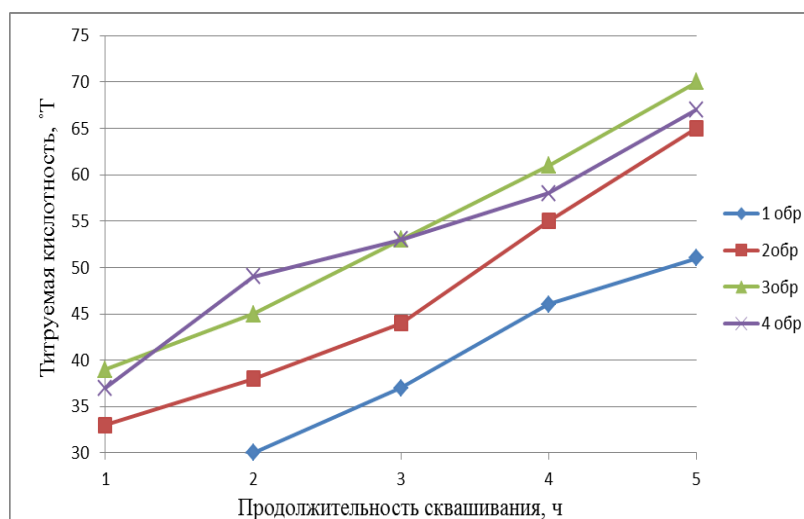


Рис. 1. Титруемая кислотность образцов с «Талканом» и КК

Как видно из рис.1, введение зернового наполнителя до сквашивания (образцы № 3 и 4) интенсифицирует процесс кислотонакопления в смеси (по сравнению с образцами № 1 и 2). Однако следует отметить, что в случае подготовки «Талкана» в составе сахарного сиропа значения титруемой кислотности (в образце № 4) были несколько ниже, чем при подготовке его совместно с картофельной клетчаткой (образец № 3).

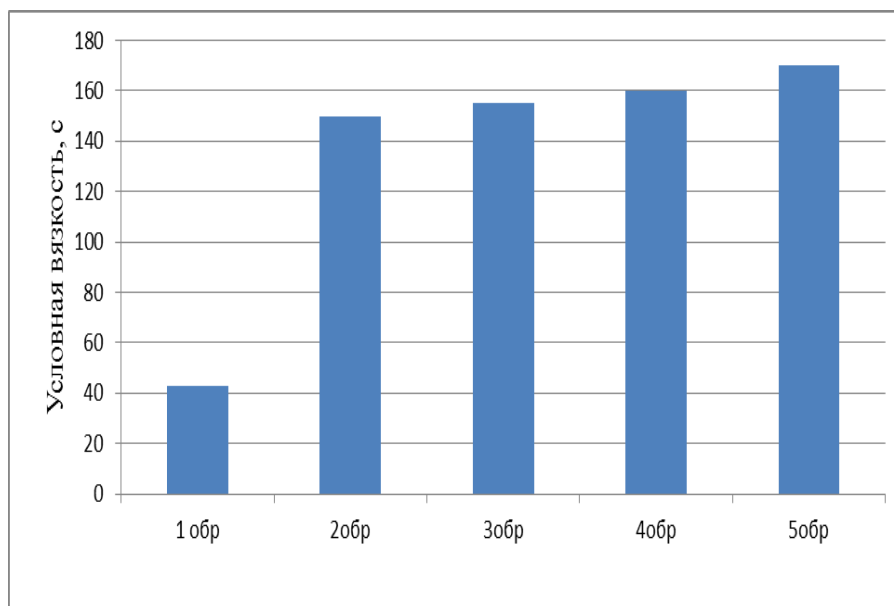


Рис. 2. Условная вязкость образцов с «Талканом» и КК

Что касается условной вязкости, то образцы с «Талканом» не существенно отличались по данному показателю. Однако, наибольшие значения вязкости отмечены у образца № 5.

Наиболее высокую оценку по органолептическим показателям получил образец № 4. Он отличался более однородной и густой консистенцией, частицы наполнителей были наиболее мягкие, мучнистость, обусловленная картофельной клетчаткой была практически не заметна и не ухудшала качества продукта (оценка по данному показателю была максимальной).

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Доказана возможность применения картофельной клетчатки при производстве кисломолочных продуктов с целью обогащения их состава пищевыми волокнами.
2. При составлении нормализованной смеси картофельную клетчатку следует выдерживать в течение 15 мин в молоке при температуре 90°C.
3. Наиболее целесообразно вводить картофельную клетчатку в состав кисломолочного продукта типа йогурта в количестве 2%.
4. Применение злаков в качестве вкусового наполнителя в составе йогурта с картофельной клетчаткой позволило получить продукт с наилучшими потребительскими свойствами.
5. При производстве продукта подготовку злакового наполнителя целесообразно совмещать с процессом приготовления сахарного сиропа. Полученный растительный сироп следует вносить в молочную нормализованную смесь перед сквашиванием.

Литература:

1. Забодалова Л.А. Функциональные пищевые продукты – путь к здоровью. Переработка молока, 2006. №11.С.8–11.
2. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии/Под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛипринт, 2009. – 288 с.
3. Тарте Р. Ингредиенты в производстве мясных изделий. Свойства, функциональность, применение. СПб.: Профессия, 2015.– 450 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАКЦИИ ГИПЕРИЦИНА ИЗ ЗВЕРОБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО (HYPERICUMPERFORATUM L.)

Н.В. Рудометова^{1,2}, И.С. Ким¹, Е.В. Иванова¹

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок,
г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург, Россия

natrudjob@mail.ru

Культурные и дикорастущие растения являются источником биологически активных веществ (БАВ), обладающих широким спектром действия на организм человека. Вместе с витаминами, флавоноидами и другими полезными БАВ в пищевую продукцию из растительного сырья могут поступать и потенциально опасные БАВ. Содержание потенциально опасных БАВ, в том числе гиперического, регламентировано требованиями Технических регламентов Таможенного союза [1,2].

Гиперичесин – 4,5,7,4',5',7'-гексагидрокси-2,2'-диметилнафтодиантрон, строение которого установлено Брокманом (рис. 1).

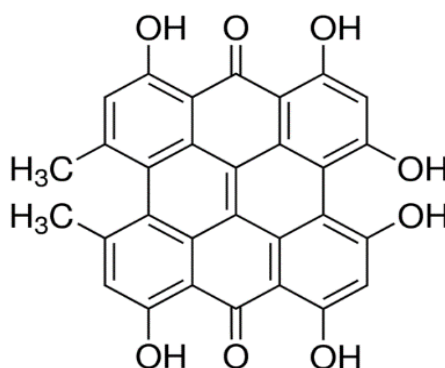


Рис. 1. Структурная формула молекулы гиперического

Молярная масса гиперического равна 504,44 г/моль, температура кипения – 1020°C, плотность – 1,915 г/см³, показатель преломления – 2,131. Гиперичесин растворяется в различных органических растворителях, щелочных водных растворах, но не растворяется в воде. Гиперичесин содержится в траве зверобоя, в которой также присутствуют флавоноиды (рутин и гиперозид), дубильные вещества, тритерпеновые сапонины, эфирные масла, хлорофиллы, каротиноиды, антраценпроизводные (предшественники и производные гиперического) и другие соединения. Содержание флавоноидов и дубильных веществ в десятки раз превышает содержание гиперического и других нафтодиантронов, что обуславливает сложность их выделения и очистки от сопутствующих веществ.

Одной из методических особенностей обеспечения безопасного использования растительного сырья является необходимость исчерпывающего выделения потенциально опасных БАВ из сырьевого источника или пищевого продукта. Поскольку процессы выделения и очистки БАВ из растительного

сырья являются наиболее ресурсоемкими, постоянно продолжают поиски путей их интенсификации. Опубликованные в последние годы работы, демонстрируют эффективность механохимической [3], микроволновой [4] и ультразвуковой обработки растительного сырья [5,6].

Целью настоящей работы явилось экспериментальное исследование влияния ультразвука (УЗ) на экстракцию нафтодиантронов из травы зверобоя. Для исследования использовали лекарственное растительное сырье «Зверобоя трава, измельченная» ОАО «Красногорсклексредства» и траву зверобоя продырявленного, собранную в регионе Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2014–2016 годах.

В соответствии с разработанной методологией [7] в работе [8] были установлены параметры извлечения гиперицина из травы зверобоя: мацерация сырья в воде при гидромодуле 1:10, экстракция 70%-ным водным раствором этанола, гидромодуль от 1:40 до 1:60, размер частиц менее 1 мм. Содержание гиперицина определяли спектрофотометрическим методом при характеристической длине волны 590 нм.

Исследования влияния УЗ на процесс мацерации и экстракции проводили в УЗ – ванне Sonorex DK 255 P с эффективной мощностью 160 Вт и частотой ультразвука 35 кГц.

Экспериментальные результаты показали, что УЗ не оказывает значимого влияния на время установления равновесия в экстракционной системе. УЗ обработка сырья в процессе предварительной мацерации, напротив, приводит к сокращению стадий экстракции и позволяет достигнуть 99% выхода нафтодиантронов без увеличения продолжительности процесса экстракции. Сравнительные экспериментальные данные по влиянию предварительной мацерации сырья на выход нафтодиантронов приведены на рис. 2.

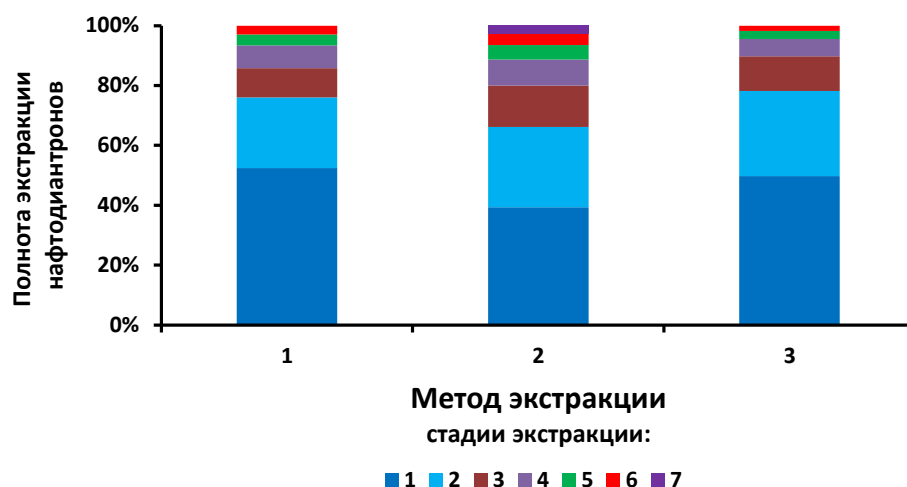


Рис. 2 Влияние способа мацерации сухого сырья на кратность экстракции нафтодиантронов из травы зверобоя продырявленного
1 –экстракция в течение 2 ч. без предварительной мацерации; 2 – экстракция в течение 1 ч. с предварительной мацерацией; 3 – экстракция в течение 1 ч. с предварительной мацерацией УЗ мощностью 112 Вт

Установлено также, что варьирование мощности УЗ в диапазоне от 112 до 160 Вт не влияет на эффективность процессов мацерации и экстракции. Дальнейшее увеличение мощности приводит к изменению температурного режима процесса, что отрицательно сказывается на содержании гиперицина в экстрактах.

Таким образом, экстракцию гиперицина рекомендовано проводить с предварительной мацерацией сырья с размером частиц менее 1 мм в воде в течение часа при мощности ультразвука от 112 до 160 Вт и гидромодуле 1:10.

Литература:

1. ТРТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. Введ. 01.07.2013 [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения 05.10.2016).
2. ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. Введ. 01.07.2013 [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс URL: <http://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения 05.10.2016).
3. Ломовский И. О., Ломовский О. И. Композиция на основе зверобоя, включающая соединения диантронового ряда, и способ ее получения: пат. 2436586 Российская Федерация. 2011. Бюл. № 35. 12 с.
4. Пунегов В.В. Экстрагирование гиперидина и псевдогиперидина из зверобоя продырявленного в условиях микроволновой активации процесса / В.В. Пунегов, В.И. Костромин, М.Г. Фомина, В.Г. Зайнуллин, Е.А. Юшкова, Д.В. Белых, И.Ю. Чукичева, Г.Г. Зайнуллин // Химия растительного сырья. 2014. № 1. С. 125-130.
5. Yamaner Omer. Stimulation of the production of hypericins in vitro seedlings of *Hypericum adenotrichum* by some biotic elicitors. *Turkish Journal of Botany*. 2012, no. 37, pp. 153–159.
6. Милевская В.В., Статкус М.А., Темердашев З.А. Способ экстракции биологически активных веществ из зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.): пат. 2568912 Российская Федерация. 2015. Бюл. № 32. 8 с.
7. Рудометова Н.В. Контроль потенциально опасных биологически активных веществ в растительном сырье // Молочная промышленность. 2015. № 1. С. 54–56.
8. Рудометова Н.В., Никифорова Т.А., Ким И.С. Исследование экстракции гиперидина из зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 4. С. 32–39.

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОЛОДОВОГО ДИСТИЛЛЯТА

В.А. Романов, Н.В. Баракова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

dyvom@notsharingmy.info

Перед специалистами пищевой промышленности стоит проблема улучшения качества текущей продукции и разработки новых качественных продуктов, производимых с помощью биотехнологических процессов. Для улучшения существующей и поиска оптимальной новой технологии применяются математические методы. С их помощью возможно приблизить параметры биотехнологического процесса к необходимым значениям [6].

Если в принципе осуществимо выделить из всех вариантов завершения биотехнологического процесса с выходными показателями x множество равно приемлемых конечных состояний A , то границы A для точек x определяются характеристической функцией $m_A(x)$, которая обращается в нуль, если данное x не может входить в A , и имеет ненулевое значение для x , удовлетворяющих условию вхождения в A .

Пример: пусть x — все действительные числа, причем в A могут входить числа от a_1 до a_2 ; тогда условием вхождения x в A служит удовлетворение неравенству $a_1 \leq x \leq a_2$. Следовательно, $m_A(x) \neq 0$ только для x , равных $a_1 + \varepsilon$ и далее вплоть до $a_2 - \varepsilon$. Величина ошибки ε задается по необходимости (при этом «гарантированный от ошибки» интервал вхождения в A для x уменьшается на 2ε).

Характерной чертой данного примера является полнота информации, необходимой для отнесения всякого x к A или оставлению его вне A , что можно обозначить как $\neg A$ или $\bar{A}$. Но в оптимизации биотехнологических процессов часто встречается нечеткое представление о границах A . Следовательно, некоторые x , в предыдущем случае не попавшие бы в пределы A , по-прежнему будут удовлетворять требованиям к членам A , но с меньшей степенью достоверности. Тогда A — нечеткое множество, и при пересечении с $\neg A$ дает непустое множество:

$$A \cap \bar{A} \neq \emptyset. \quad (1)$$

В этом случае $m_A(x)$ есть функция принадлежности, принимающая значения, входящие во множество принадлежности M , в котором более двух членов (в противном случае A остается четким множеством). Возможно также, что M в свою очередь нечетко, т. е. имеет непустое пересечение с $\neg M$ аналогично (1), но этот случай встречается реже [3].

Задание множества равно приемлемых конечных состояний системы и характеристической функции этого множества называется формированием обобщенного целевого критерия.

Простейший способ построения обобщенного целевого критерия — сложение значений частных критериев, умноженных на коэффициенты принадлежности (значимости) соответствующих критериев [2,3,5]:

$$\hat{C} = \sum_{k=1}^m w_k \cdot C_k; \quad \sum_{k=1}^m w_k = 1, \quad (2)$$

где w_k , $k = \{1; 2; \dots; m\}$ — коэффициенты значимости частных критериев; $\hat{C}$, C_k — обобщенный целевой критерий и частные критерии соответственно.

Коэффициенты принадлежности отражают тот факт, что необходимость достижения лучших значений каждого из частных критериев неодинакова. Значимость (с теоретической точки зрения) каждого из частных критериев уже известна специалисту по данному биотехнологическому процессу [4,5].

Однако не во всех случаях при оптимизации биотехнологического процесса возможно перевести относительную значимость частных критериев непосредственно в коэффициенты принадлежности. В частности, если относительная значимость частных критериев представлена в вербальной форме, целесообразно при введении частных критериев в обобщенный определять значимость как степень выраженности «полезности» данного параметра, т.е. меры того, насколько выиграет биотехнологический процесс от удовлетворения данного параметра. При таком условии для составления обобщенного целевого критерия полезен метод функции желательности Харрингтона.

Метод функции желательности предполагает введение n уровней приемлемости (желательности), которым соответствуют баллы от 0 до n . При вербальном представлении относительной значимости частных целевых критериев постановка баллов более проста, нежели непосредственное задание коэффициентов принадлежности, как в (2). Затем балльная оценка проецируется на шкалу $\{w\}_i^n=0$, где w — коэффициенты желательности частных критериев. Следующий этап — построение обобщенного показателя $\hat{C}$ [3].

Далее рассматривается применение функции Харрингтона в выборе параметров получения солодового дистиллята. Эта жидкость, содержащая 60 и более объемных процентов спирта, получается двойной простой перегонкой зрелой бражки из соложенного ячменя. Во время второй перегонки проводится разделение на три фракции: головную, среднюю, хвостовую. Конечным продуктом является только средняя фракция.

Состав всех трех фракций значительно изменяется по сравнению с составом зрелой бражки и нефракционированным дистиллятом первой сгонки. Это обусловлено разностью температур кипения летучих компонентов зрелой бражки и дистиллята:

- алифатических альдегидов (главным образом предельных $C_zH_{2z+1}COH$);
- высших спиртов;
- средних эфиров.

Качество продукта со столь сложным химическим составом, как солодовый дистиллят, не определяется только «объективными» показателями (нормальность сырья и других материалов, отсутствие нарушений в биотехнологическом процессе). Понятие качества здесь также включает аспект желательности, удовлетворения потребности в напитке определенного органолептического характера, поэтому неотъемлемой частью качества напитка является сенсорная картина, складывающаяся главным образом из перечисленных летучих компонентов [1].

В головной фракции содержится наибольшее количество альдегидов и средних эфиров. Поскольку эти вещества, особенно эфиры, влияют на органолептические характеристики солодового дистиллята, важно обеспечение их оптимального количества в средней фракции.

В хвостовой фракции содержится наибольшее количество высших спиртов, которые также влияют на органолептические характеристики дистиллята.

Формирование сенсорного профиля начинается с состава применяемого сырья (ячменного солода), параметры которого влияют на состав сусла, далее — ход брожения и, в конечном счете, — сенсорный профиль готового дистиллята. Поэтому данный эксперимент призван демонстрировать возможность обеспечения формирования оптимального (по экспертной оценке) сенсорного профиля дистиллята через подбор сырья методом функции желательности Харрингтона.

Решение основано на экспериментальном статистическом подходе к рассмотрению биотехнологических процессов, т. е. основанием для предпочтения одного из сортов сырья служило доведение технологического процесса до конца, когда формирование сенсорного профиля завершается, с последующим сравнением образцов, полученных из различных сортов солода, методом функции Харрингтона для представления экспертной оценки сенсорного профиля в объективном числовом виде.

Четыре солодовых дистиллята с содержанием альдегидов (в пересчете на ацетальдегид), высших спиртов и сложных эфиров, указанным в таблице 1, сравнивались методом односторонней функции Харрингтона с пятью уровнями желательности. Диапазон шкалы $\{w\}_{i=0}^5$ — от 0,00 до 1,00; кроме того, на ней имелись четыре точки: 0,20; 0,37 ($\approx 1 - e^{-1}$); 0,63 ($\approx e^{-1}$); 0,80. После присвоения группой экспертов каждому из показателей всех образцов уровня приемлемости (желательности) проекцией на шкалу $\{w\}_{i=0}^3$ по оси абсцисс находились коэффициенты значимости w и линейным свертыванием — обобщенный показатель $\hat{C}$ (2). Результаты также представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ранжир солодовых дистиллятов на основе показателей качества

Показатель, $\frac{\text{мг}}{\text{л}}$	Дистилляты				Коэффициент значимости w
	I	II	III	IV	
Сложные эфиры	53,0	26,9	59,8	26,8	1,00
Ацетальдегид	35,4	11,5	43,1	15,9	0,20
Высшие спирты	5125,3	4080,3	1980,3	2785,8	0,20
Метиловый спирт	51,5	36,8	59,3	42,4	–1,00
Обобщенный показатель $\hat{C}$	521,1	400,4	207,0	266,2	

После сравнения обобщенных показателей сенсорных профилей солодовых дистиллятов $\hat{C}_{I-IV}$ методом функции Харрингтона лучшим признан образец I с $\hat{C}_I = 521,1$, т. к. объективное выражение желательности его сенсорного профиля говорит о наибольшей приемлемости сенсорики данного образца, а следовательно, и соответствующего сорта сырья, при выбранной системе подсчета. Тем самым показана возможность получения оптимального (по экспертной оценке) сенсорного профиля солодового дистиллята через подбор сырья описанным методом.

Литература:

1. Jack F. R., Steele G. M. Modelling the sensory characteristics of Scotch whisky using neural networks – A novel tool for generic protection // Food Quality and Preference, 2002(4). DOI:10.1016/s0950
2. Володин А. А. Системный анализ и управление сложными биосистемами на базе нейро-нечетких регуляторов. – Дисс. ... канд. техн. наук. – Ставрополь: СКФУ, 2014. – 214 с.
3. Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 488 с.
4. Ершов К. С. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации // Новые информационные технологии в автоматизированных системах, 2016. – № 19. – С. 274–279.
5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
6. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2007. – 256 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЛАКОВОЙ ДОБАВКИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

В.И. Пак, Н.В. Доржиева, Е.П. Сучкова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

waveball@mail.ru

Несбалансированность рациона питания большинства людей в современных экономических условиях создает дефицит незаменимых веществ, которые необходимы для потребления в экологически неблагоприятных районах. Выбросы промышленных предприятий, содержащих токсичные, чужеродные для организма химические соединения ведут к подавлению иммунитета, росту заболеваемости и смертности [1]. Поэтому все большее значение приобретает расширение производства пищевых продуктов с оздоровительными и лечебно-профилактическими свойствами. Возникает необходимость обогащения продуктов биологически активными компонентами, в том числе растительного происхождения. Поэтому производство продуктов высокой биологической ценности следует отнести к числу приоритетных.

Сложный химический состав растительного сырья и его благотворное терапевтическое влияние на организм человека позволяет создавать безалкогольные напитки с определенным целевым назначением. Растительное сырье удивительным образом сочетается со вторичными продуктами молочного производства, в частности с молочной сывороткой. Для создания высококачественных напитков на натуральной основе, в том числе с использованием растительного сырья, необходимы рациональные технологии его переработки. Основным принципом в совершенствовании технологии переработки сырья является максимальное использование его экстрактивных веществ, в том числе легкоусвояемых углеводной и белковой природы и сохранение биологически активных веществ в активной форме в конечных продуктах.

Растворимые и нерастворимые волокна увеличивают ощущение сытости, так как пища, обогащенная волокнами, требует более длительного времени для переваривания, тем самым вызывая большее выделение слюны и желудочного сока. Удовлетворение чувства голода предотвращает избыточное потребление пищи. Установлено, что растворимые пищевые волокна, особенно пектин, оказывают положительное действие на обмен холестерина в организме. Продукты, содержащие пищевые волокна, имеют большое практическое значение при профилактике такого заболевания, как сахарный диабет.

Получить пищевые продукты, обладающие функциональными свойствами возможно и с помощью продуктов из молочной сыворотки, так как в ряде случаев удается сбалансировать и использовать всю совокупность пищевых компонентов, входящих в ее состав. Сыворотка улучшает работу почек и нормализует функции печени, стимулирует деятельность кишечника, способствует выведению из организма токсинов, помогает при ревматизме, гипертонии, улучшает кровообращение и предотвращает развитие атеросклероза, уменьшает воспалительные процессы, оказывает успокаивающее действие на нервную систему. В сухом веществе молочной сыворотки основные компоненты распределяются следующим образом: лактоза – 70%, азотистые вещества – 14,5%, жир – 7,5% и минеральные соли – 8%. Высокую биологическую ценность сыворотки обуславливают белковые вещества, а также

витамины, гормоны, органические кислоты, иммунные тела и микроэлементы. Состав сыворотки определяется технологией ее получения и степенью перехода компонентов молока. Азотистые вещества сыворотки представлены белковыми и небелковыми органическими соединениями. В сыворотку переходят почти целиком сывороточные белки. Кроме основных компонентов во вторичное молочное сырье переходят минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, ферменты, гормоны, иммунные тела, органические кислоты [3].

Безалкогольные напитки являются удобным объектом для оздоровления населения посредством обогащения биологически активными компонентами, а невысокая стоимость и высокие потребительские свойства таких напитков обеспечивают популярность у населения и массовость употребления. Стремление производителей использовать местное растительное сырье продиктовано наличием сырьевой базы, возможностью создания в регионе напитков, обладающих высокими органолептическими и функциональными свойствами. Роль углеводов в напитках многогранна. Они формируют полноту вкуса, обладая поверхностно-активными свойствами, сорбируют ароматизирующие соединения, сохраняя их в процессе длительного хранения. Благодаря наличию углеводов в напитках они легко пьются, утоляют жажду несколькими глотками, не вызывая нарушений водно-углеводного обмена в организме, освежают, не оставляют послевкусия [2].

Цель исследования заключалась в поиске наиболее эффективного использования злаковой добавки как функционального компонента для кисломолочного напитка на основе молочной сыворотки.

Приготовление злаковой добавки для напитка на основе молочной сыворотки происходило в следующей последовательности: измельчение зерна до определенной степени дисперсности, термическая обработка, перемешивание с сухими компонентами: сахаром и стабилизатором.

В качестве злаковой основы для добавки использовались следующие культуры: зерна пшеницы и ячменя. Для наиболее полного использования пищевых веществ, которые содержатся в зерне, его подвергают механической обработке: измельчению и отделению мучнистого ядра от оболочек. Получаемая масса, в результате данной обработки, отличается от исходного сырья не только дисперсностью, но и химическим составом и степенью усвояемости.

Для исследования степени перехода сухих веществ из зерновой массы (мука и крупа) в водную среду были подготовлены 4 образца. Устанавливалось соотношение муки (крупы) к дистиллированной воде 1:9 соответственно.

Образец 1 – ячменная крупа, Образец 2 – ячменная мука, Образец 3 – пшеничная крупа, Образец 4 – пшеничная мука.

Каждый образец выдерживался при температуре 20°C в течение 30 минут в покое. Далее образцы центрифугировали на лабораторной центрифуге. Надосадочную жидкость, объемом 3 см³, высушивали в течение 1 часа в сушильном шкафу при температуре 105°C в соответствии с ГОСТ 3626-73. В табл.1 приведены результаты определения количества сухих веществ, перешедших в водный раствор в зависимости от степени дисперсности исследуемых зерновых культур.

Таблица 1

Массовая доля сухих веществ зерновых культур в водном растворе в зависимости от размера помола

Зерновая культура	Дисперсность, мкм	Сухие вещества, %
Ячменная крупа	850	0,4326
Ячменная мука	120	0,8319
Пшеничная крупа	800	0,5667
Пшеничная мука	130	0,6044

Анализируя результаты можно заключить, чем меньше размер частиц, тем больше сухих веществ переходит в раствор. Поэтому, для дальнейших исследований были рассмотрены варианты с ячменной и пшеничной мукой

Однако использование муки в термически необработанном виде дало низкие органолептические показатели напитка, поэтому следующим этапом является отработка параметров термической обработки муки. Тепловая обработка способствует формированию хороших органолептических показателей. На основании литературных источников были подобраны способы обжаривания муки на растительном жире:

№ 1 – при температуре 100–130°C в течение 180 секунд;

№ 2 – при температуре 130–150°C в течение 90 секунд.

Были подготовлены термически обработанные образцы для исследований по следующему рецепту: 200 см³ творожной сыворотки, 16,5 г муки, 10 г сахара, 0,5 г стабилизатора, 4 см³ закваски.

Образец 1.1 – ячменная мука, способ обработки №1;

Образец 1.2 – пшеничная мука, способ обработки №1;

Образец 2.1 – ячменная мука, способ обработки №2;

Образец 2.2 – пшеничная мука, способ обработки №2.

Органолептические показатели напитков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические показатели напитка с ячменной и пшеничной мукой

Образец	Вкус		Цвет		Запах		Консистенция	
	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл
Образец 1.1	Привкус горечи	3	Коричневый	4	Выраженный кисло-молочный	5	Однородная	5
Образец 1.2	Привкус горечи	3	Темно-коричневый	4	Кисло-молочный	4	Однородная	5
Образец 2.1	Кисло-сладкий	5	Светло-коричневый	5	Выраженный кисло-молочный	5	Однородная	5
Образец 2.2	Сладковатый	4	Коричневый	5	Кисло-молочный	4	Однородная	5

По вкусу и запаху выбор был остановлен на ячменной муке, причем второй способ термической обработки придал более высокие органолептические показатели, чем первый способ. Также наблюдалось, что перемешивание муки с сахаром и стабилизатором на этапе подготовки сухих смесей дает более однородную консистенцию в дальнейшем, в сравнении с добавлением сухих компонентов в напиток по отдельности.

В качестве злаковой основы добавки выбран ячмень, для подготовки которого рекомендуется измельчение зерна до получения муки, обеспечивающее большую степень извлечения сухих веществ в напиток, тепловая обработка для придания хороших органолептических показателей при температуре 130–150°C в течение 90 секунд, смешивание сухих компонентов до внесения в напиток, что придает ему более однородную консистенцию.

Выработанный на основе молочной сыворотки напиток с использованием злаковой добавки обладает функциональными и хорошими органолептическими свойствами.

Литература:

1. Заворохина Н.В., Чугунова О.В. Пиво и напитки/ Дескриптивно-профильный анализ при разработке напитков брожения. - №2. – 2008. – с.62.
2. Филонова Г.Л., Стрелков В.Н. Пиво и напитки/ Разработка технологий концентратов для напитков здоровья из растительного сырья (научные аспекты). - №1. – 2001. – с.33.
3. Шилов В., Рахманов С. Наука и инновации/Функциональные продукты питания. РУП Белорусская наука. 2009 - №6 - 76с.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ИМПОРТА НА РЫНКЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Т.А. Никифорова^{1,2}, Т.Н. Губасова¹

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок,
г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

vniiipakk55@mail.ru

Российский рынок пищевых ингредиентов находится в стадии активного развития. Тем не менее, на текущий момент пищевые добавки остаются важнейшей частью импорта в Россию. По данным 2015 года, затраты на приобретение импортных пищевых микроингредиентов достигли 2,0 млрд. долл. США. Потребителями пищевых добавок, технологических вспомогательных средств и ароматизаторов являются практически все отрасли пищевой промышленности, выпуск продукции которых очень серьезно зависит от ввозимых в страну пищевых ингредиентов. В современных рыночных условиях именно пищевые микроингредиенты являются эффективным инструментом реализации наукоемких экономически целесообразных технологий пищевых продуктов нового поколения.

В настоящее время в России производят ограниченную номенклатуру пищевых добавок, а именно лимонную кислоту (12,4 тыс. т.), молочную кислоту (0,50 тыс.т), уксусную кислоту (~120,0 тыс. т), ряд модифицированных крахмалов (~15,0 тыс. т), лецитины (~ 5,7 тыс.т), сорбит (0,2 тыс. т.), карамельный колер (0,1 тыс.т), дигидрокверцетин(0,02 тыс.т), цитрат натрия (0,7 тыс.т), а также β -каротин, агар, пиросульфит натрия, бикарбонат натрия и др. Из 364 разрешенных в России индивидуальных пищевых добавок производят порядка 40 наименований. Отечественное производство пищевых ингредиентов развивается преимущественно в направлении выпуска комплексных пищевых добавок и композиционных ароматизаторов на основе импортных индивидуальных ингредиентов и баз ароматических веществ, что не решает проблему импортозамещения. В настоящее время в России выпускают порядка 2,0 тыс. т смесевых пищевых красителей, 3,0 тыс. т. ароматизаторов и большой спектр комплексных пищевых добавок. С учетом объема выпуска индивидуальных пищевых добавок – это составляет примерно 15% от потребностей промышленности. В России отсутствуют производства подсластителей, консервантов, антиокислителей пищевых волокон, ванилина, обогащающих минеральных добавок, витаминов, аминокислот, ферментов, т.е. не только ингредиентов, которые традиционно используются в производстве, но и тех, которые позволяют расширить линейку выпускаемой продукции и позиционировать её как функциональную и специализированную. На текущий момент российские производители не могут составить конкуренцию иностранным фирмам по объемам производства практически по всем классам пищевых добавок. Высокая импортозависимость отечественного производителя – одна из причин того, что пищевые микроингредиенты не попали под ответные санкции в отличие от многих других категорий сырья и продуктов питания.

Ввиду отсутствия статистической отчетности по пищевым микроингредиентам, информация по объемам их производства не доступна для достоверного анализа и

определения направлений развития производства. Поэтому судить о потребностях в них отечественной пищевой индустрии можно только косвенно по показателям импорта. Структура импорта наиболее востребованных пищевых добавок за 5 лет дана в таблице [1].

По отношению к 2012 году отмечается устойчивый рост импортных поставок по группе влагоудерживающих пищевых добавок, загустителей и гелеобразователей, эмульгатора лецитина, пищевых кислот.

Стремительное падение в 2014-2016 гг. импорта уксусной кислоты из Украины не удалось перекрыть выходом на российский рынок Китая и Ирана.

В целом, в 2016 г. можно отметить стабилизацию рынка пищевых добавок, что не исключает роста потребности в импортных поставках в дальнейшем по мере увеличения объемов производства отечественной пищевой продукции.

Учитывая высокую импортозависимость пищевой и перерабатывающей промышленности от зарубежных поставок, что подтверждают данные Таможенной статистики, необходимость развития этого сектора экономики очевидна.

Таблица 1

Импорт пищевых добавок в 2012-2016 гг.

Пищевая добавка	Объем импорта, тыс. т				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Пищевые кислоты:					
лимонная	20,6	19,1	23,5	33,9	24,0
винная	3,03	3,38	3,12	3,56	4,70
молочная	6,6	7,2	5,0	7,0	6,8
глюконовая	1,05	1,62	1,69	2,21	3,60
Сахарозаменители:					
сорбит	31,2	30,7	25,6	21,2	20,6
маннит	1,07	1,01	0,8	0,7	0,7
Консерванты:					
уксусная кислота	31,2	17,8	1,7	0,24	4,2
бензойная кислота	8,4	8,1	7,3	6,0	6,5
муравьиная кислота	7,8	6,4	5,2	6,9	7,8
пропионовая кислота	0,89	0,91	0,98	1,40	0,95
Загустители и гелеобразователи:					
пектин	2,68	2,57	3,11	4,20	4,50
агар-агар	0,27	0,27	0,47	0,90	0,62
камеди рожкового дерева и дерева гуары	6,9	5,6	5,6	5,7	8,1
прочие растительные загустители	2,9	2,8	3,1	4,5	3,9
желатин	5,6	6,7	5,5	7,6	8,1
Влагоудерживающие пищевые добавки:					
глицерин	91,0	104,7	108,4	103,1	102,8
пропиленгликоль	21,9	24,9	21,3	22,5	22,4
Лецитин	5,0	4,2	5,5	7,6	8,1
Глутаминовая кислота и ее соли	9,7	9,2	8,8	9,7	9,5
Ванилин	0,324	0,325	0,352	0,315	0,311
Этилванилин	0,076	0,051	0,058	0,073	0,065

В последние годы принят ряд правительственных постановлений, направленных на развитие и повышение конкурентоспособности всей пищевой индустрии. Среди них важнейший для пищевой индустрии документ «Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года», который ставит задачу возрождения в России производства пищевых ингредиентов. Несмотря на сложность ситуации, которая состоит в большой номенклатуре требуемых производству пищевых микроингредиентов, в стране есть объективные предпосылки для дальнейшего развития собственной индустрии пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств: сырьевые ресурсы [2], технологические решения, кадровое обеспечение. Проработан вопрос о целесообразности расположения новых производств в различных экономических зонах страны во взаимосвязи с сырьевой базой.

Пищевые добавки, по совокупности выполняемых ими задач в пищевой системе, объективно можно рассматривать как локомотив в выполнении инновационных задач поставленных перед пищевой промышленностью [3].

Заинтересованность государства в наполнении российского рынка пищевых продуктов дают основание для оптимистического прогноза развития отечественной индустрии пищевых ингредиентов и её перехода на инновационные пути.

Литература:

1. ФТС Таможенная статистика внешней торговли, stat.customs.ru.
2. Никифорова Т.А., Кулёв Д.Х., Нечаев А.П., Семенова П.А. О подготовке проекта Программы развития производства микроингредиентов в РФ на 2015-2025 гг. // Молочная промышленность, 2015, № 3, С. 40-42.
3. Никифорова Т.А., Шарова Н.Ю., Губасова Т.Н. Биотехнология и производство пищевых добавок // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 8. С. 24-26.

ОЦЕНКА ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРОДУКТА ПИТАНИЯ

Л.А. Надточий, А.Ж. Оразов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

I.tochka@mail.ru

Химический состав молока различных видов животных, употребляемого в пищу человеком, широко исследован учеными многих стран. Коровье молоко как продукт питания наиболее популярно среди жителей планеты и составляет около 85% от общего объема потребляемого молока, в меньшей степени популярностью пользуется козье и овечье молоко. Недостаточно изучено молоко других молочных животных, таких как буйвола, яка, кобылы и верблюда, несмотря на их питательную ценность.

В данной статье внимание уделено верблюжьему молоку как альтернативному источнику пищевых веществ для питания человека. Во-первых, верблюжье молоко является отличным источником макро- и микронутриентов для людей, живущих в засушливых регионах мира. Во-вторых, имеются данные ученых о лечебно-профилактических свойствах верблюжьего молока, которые могут использоваться для превентивного питания. В публикациях ряда авторов отмечается, что верблюжье молоко имеет противораковые [1], гипоаллергенные [2], противодиабетические свойства [3]. Относительно высокое содержание ненасыщенных жирных кислот в верблюьем молоке позволяет рассматривать его как продукт, обладающий диетическими свойствами. Гипоаллергенный эффект верблюжьего молока связывают с низким содержанием β -казеина и отсутствием β -лактоглобулина [4]. Другие фракции, такие как лактоферрин, иммуноглобулины, лизоцим и витамин С также играют важную роль в пищевой ценности верблюжьего молока.

На кафедре прикладной биотехнологии ведутся исследования свойств верблюжьего молока, получаемого в регионах Казахстана. На основании данных таблицы 1 можно судить о широком диапазоне химического состава молока верблюжьего в зависимости от породы животного [4]. Наиболее высокое содержание сухих веществ молока (в большей степени за счет жиров) отмечается в сырье, получаемом от породы верблюдов – бактриан. Незначительно уступает по изучаемому показателю молоко, получаемое от дромедаров, помимо этого данный вид сырья отличается повышенным содержанием лактозы по сравнению с молоком других пород верблюдов. Самое низкое содержание сухих веществ показано в молоке гибридных пород верблюдов.

Таблица 1

Среднее значение и стандартное отклонение состава верблюжьего молока из
Казахстана для породы бактриан, дромедар и гибриды

Породы	Жир	Белок	Сухие вещества	Лактоза
Бактрианы	6,67±2,93	3,33±0,74	13,07±1,15	2,77±0,96
Дромедары	5,94±2,26	3,03±0,76	12,39±0,74	3,12±0,92
Гибриды	6,09±1,81	3,28±1,01	11,91±0,74	3,04±0,60

Верблюжье молоко может быть рассмотрено как альтернативный источник коровьему молоку для питания людей, имеющих некоторые ограничения в питании. Имеются статистические данные, что в России около 1,5 млн. человек имеют аллергические реакции на белки коровьего молока. К тому же с каждым годом увеличивается количество людей, страдающих пищевой аллергией и непереносимостью молока, соответственно, в связи, с чем растет интерес к гипоаллергенным молочным продуктам [6–8]. Коровье молоко содержит более двадцати белковых фракций, которые могут быть причиной пищевой аллергии у людей. Белки молока, как известно, разделяют на казеин (около 80% в коровьем молоке) и сывороточные белки (около 20%). Казеин содержит 4 основные фракции: ω_1 -, ω_2 -, β -, κ -казеин. Учеными установлено, что основными белковыми аллергенами коровьего молока являются ω_1 -казеин и β -лактоглобулин. Одной из наиболее вероятных причин возникновения аллергии на белки коровьего молока считают присутствие в нем (а также в молоке других жвачных животных) β -лактоглобулина, который практически отсутствует в зрелом женском молоке и не обнаруживается в верблюжьем молоке [4,5]. Снизить риск возникновения пищевой аллергии на белки молока жвачных животных возможно посредством снижения в нем содержания β -лактоглобулина.

В ряде случаев козье молоко используют как альтернативный продукт питания в России для людей, страдающих проявлениями пищевой аллергии на молоко коровье. Однако в козьем молоке также присутствует белковая фракция β -лактоглобулина, хотя и в меньшем количестве по сравнению с молоком коровьим.

Если оценивать наличие ω_1 -казеина в молоке как источника возникновения аллергических реакций у людей, то следует отметить, что в зрелом женском молоке практически отсутствует фракции ω_1 -казеина. В козьем молоке содержание фракции ω_1 -казеина меньше, чем в коровьем молоке. По сравнению с коровьим молоком в верблюжьем молоке примерно в 2 раза меньше ω_1 -фракции, а количество ω_2 -фракции сопоставимо с таковым в коровьем молоке. Преобладающей белковой фракцией верблюжьего молока является β -казеин, как и в зрелом женском. Содержание α -лактальбумина в верблюжьем и зрелом женском молоке примерно одинаково, а в коровьем молоке его содержание почти в 3 раза меньше.

При оценке химического состава молока различных видов животных было установлено, что состав верблюжьего молока значительно отличается от коровьего и козьего молока (табл.2) [5].

Таблица 2

Физико-химические показатели молока различных животных

Показатель	Молоко-сырье		
	Верблюжье	Коровье	Козье
Массовая доля, %			
Сухого вещества	14,28	11,53	12,20
Жира	4,67	3,1	3,5
Белка	4,45	3,05	3,45
Сывороточных белков	1,44	0,79	0,99
Лактозы	3,99	4,72	4,59
Содержание Са, мг/%	132,92±0,69	118,09±0,26	124,58±0,42
Плотность, кг/м ³	1030,5±0,35	1028,4±0,30	1028,7±0,25
Кислотность, °Т	22,0±0,60	15,4±0,04	16,5±0,03
Калорийность, ккал/100г	78,03±3,22	60,67±2,34	65,11±1,32

В верблюжьем молоке по сравнению с коровьим была выше концентрация сухого вещества на 2,75% и выше в сравнении с козьим – на 2,08%. Титруемая

кислотность превысила показателей кислотности коровьего молока и козьего молока более чем на 5 единиц ($P>0,99$). Плотность верблюжьего молока была выше плотности коровьего молока на $2,1 \text{ г/см}^3$ ($P>0,95$). На 1,4% было больше относительно коровьего молока белка и на 14,84 мг/% содержание кальция ($P>0,999$). Верблюжье молоко превосходит коровье по количеству сывороточных белков на 0,66% и по содержанию жира на 1,57%. Различия же между коровьим и козьим молоком по тем же показателям были не столь значительными.

Верблюжье молоко на 17,36 ккал на 100 г продукта превышает по калорийности коровье молоко на 12,92 ккал козье ($P>0,95$).

Литература:

1. Magjeed N.A. Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1 / Journal of the Saudi Chemical society. 2005. №9(2). P.253-263
2. Shabo Y., Barzel R., Margoulis M., Yagil R. Camel milk for food allergies in children / Immunology and Allergy. 2005. №7. P.796-798
3. Agrawai R.P., Swami S.C., Beniwai R., Kuchar D.K., Sahani M.S., Tuteja F.C., Chouri S.K. Effect of camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type I diabetes: a randomized prospective controlled study / Journal of Camel Practice and Research. 2003. №10. P.45-50
4. Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G. The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data / Journal of Food Composition and Analysis. 2009. №22. P.95-101
5. Шувариков А.С., Цветкова В.А., Пастух О.Н. Оценка коровьего, козьего и верблюжьего молока на аллергенность / Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. №4. С.31-33
6. Харитонов В.Д. и др. Перспективы разработки новых функциональных молочных продуктов для людей с непереносимостью белков молока / Молочная река. 2012. №4. С.22-24
7. Кузнецов В.В., Липатов И.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т.6. Технология детских молочных продуктов. / СПб.: ГИОРД. 2005. 512 с.
8. Marshall K. Therapeutic application of whey protein / Alternative Medicine Review. 2004. Vol.9. №2. P.136-156

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ СЕМЯН ЧИА (*SALVIAHISPANICAL*.)

Л.А. Надточий, Д.В. Кузнецова, Е.В. Кирячева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

l.tochka@mail.ru

В связи с растущей осведомленностью населения в области здравоохранения по всему миру спрос на функциональные продукты питания также увеличивается. Традиционно возрастает популярность лекарственных средств народной медицины, в том числе предотвращающих сердечнососудистые заболевания, ожирение и диабет [1]. Особый интерес к семенам чиа (*SalviahispanicaL.*) связан с историей их использования в пищу со времен древних цивилизаций Южной Америки [2]. На протяжении нескольких веков семена чиа оставались забытыми по ряду внешних причин, культура их употребления была утеряна до тех пор, пока *SalviahispanicaL.* не были обнаружены на малодоступных участках в горах Гватемалы и Мексики. В период с 90х годов XX века начались работы по селекции и исследованию растения чиа. Первые участки были засеяны семенами чиа в Аргентине [3]. В настоящее время семена чиа рассматриваются как функциональный продукт питания и привлекают повышенное внимание ученых и производителей продуктов питания во всем мире [4].

Функциональность *SalviahispanicaL.* подтверждается использованием семян в качестве пищевых добавок, продуктов для детей, зерновых завтраков и макаронных изделий, каш, в хлебопекарной и кондитерской промышленности в Канаде, Австралии, США и Новой Зеландии [5].

Однолетнее растение *SalviahispanicaL.* принадлежит к семейству Яснотковые. Цвет семян растения чиа – гладких, овальных и блестящих – варьируется от темного (черного), коричневого и серого пятнистого до белого. Тем не менее, чиа, производимые сегодня, в основном имеют черно-пятнистую оболочку, и низкий, но увеличивающийся, процент белых семян [6].

В зарубежных научных трудах большое внимание уделяется изучению физико-химических свойств и состава макро- и микронутриентов семян чиа. Известно, что *SalviahispanicaL.* являются источником ненасыщенных жирных кислот, антиоксидантов, хорошо усвояемого белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Кроме того, в научной литературе имеются сведения об отсутствии аллергических реакций и токсического эффекта у семян чиа. Однако исследования цвета семян чиа и его взаимосвязь с их составом крайне ограничены.

Целью данного исследования является изучение влияния цвета семян чиа на физические свойства и химический состав *SalviahispanicaL.*

Цвет семян чиа и их пигментация обусловлена одиночными генами. Имеются данные, что один рецессивный ген, обозначаемый как *scs*, регулирует цвет белого семени [6]. Кроме того, существуют два генотипа растения чиа – Tzotzol - черно-пятнистые семена и Iztac – белые семена [7]. Таким образом, в связи с высокой ценностью семян чиа интерес представляет изучение генотипов *SalviahispanicaL.*

Согласно исследованиям авторов физические свойства белых и темных семян чиа отличаются незначительно. Среднее значение при средней влажности 7,0% (на сухое вещество) для трех основных размеров: длины, ширины и толщины составило

2,11 и 1,32 и 0,81 мм для темных семян, 2,15 и 1,40 и 0,83 мм для белых семян, соответственно [8].

Объемная плотность, истинная (абсолютная) плотность и пористость были между значениями 0,667 и 0,722 г/см⁻³; 0,931 и 1,075 г/см⁻³; 22,9 и 35,9%, соответственно. Эквивалентный диаметр колебался от 1,32 до 1,39 мм. Значения объема одного семечка и сферичности располагались в пределах 1,19 и 1,42 мм³; 62,2 и 66,0%, соответственно. Значение среднегеометрического диаметра находилось между 1,31 и 1,36 мм для темных и белых семян чиа, соответственно [8]. Данный параметр использовался для теоретического определения объема семени и его сферичности. Масса тысячи семян составила в среднем 1,323 г темных семян и 1,301 г белых семян [8].

Изучение липидной составляющей семян чиа в зависимости от цвета также не выявило существенных различий. Более значимыми факторами являются условия произрастания растения *SalviahispanicaL.* [6]. В связи с этим было проведено исследование белых и черно-пятнистых семян чиа, выращенных в пяти различных регионах Эквадора. Сравнительный анализ по содержанию массовой доли жира показал незначительное отличие между белыми и черно-пятнистыми семенами чиа, однако, существенные различия данного показателя были обнаружены в семенах *SalviahispanicaL.* из разных мест произрастания [6].

Исследование жирнокислотного состава семян чиа не показало существенных отличий между белыми и черно-пестрыми семенами чиа, однако, выявлены различия в составе жирных кислот семян из различных регионов их произрастания. В частности, определена существенная разница содержания пальмитиновой, олеиновой, линолевой и альфа-линоленовой жирных кислот в составах масел семян *SalviahispanicaL.*, выращенных в различных регионах [6].

В связи с тем, что семена чиа являются источником белка, антиоксидантов и пищевых волокон, проведены исследования влияния двух генотипов (Tzotzol и Iztac), влияющих на цвета семян чиа, на химические свойства *SalviahispanicaL.*

Согласно исследованию авторов, химический состав и способность к окислению между двумя генотипами отличается незначительно. Полученные данные подтверждают опубликованные выше данные других ученых и детализируют свойства подобных генотипов семян чиа, выращенных в регионах Аргентины, Колумбии, Боливии, Эквадора и Перу [7].

Результаты исследования флавоноидов семян чиа показали наличие мирицетина, кверцетина, кофейновой и хлорогеновой кислоты в белых и темных семенах. Статистический анализ данных доказал, что содержание антиоксидантов и их состав отличается между генотипами незначительно [7]. Одним из важнейших результатов исследования ученых стало выявление в обоих генотипах семян чиа соединения диглюкозид секоизоларицесинола (SDG), являющегося антиоксидантом растительным лигнаном [7].

Исследование белковой составляющей семян чиа не выявило значительных различий в составе и содержании аминокислот между генотипами Tzotzol и Iztac. Исключение составляет содержание лейцина, который был на 8% выше в семенах генотипа Tzotzol по сравнению с семенами генотипа Iztac [7].

Отсутствие существенной разницы по биохимическим соединениям между Tzotzol и Iztac генотипами может быть объяснено снижением генетической изменчивости между этими двумя генотипами, потере разнообразия сопровождающего процесс одомашнивания *SalviahispanicaL.*

Таким образом, по имеющимся данным, цвет семян чиа не оказывает значительное влияние на их состав и физико-химические свойства *SalviahispanicaL.*

Литература:

1. Mohd Ali N. et al. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. //BioMed Research International. – 2012. – Т.2012. – 9 p.;
2. Hernández L. M. Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): Microstructure, physico-chemical characterization and applications in food industry: дис. – Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012. – 146 p.;
3. Лепешкин А. И., Резникова М. В., Надточий Л. А. Семена чиа. Функциональный ингредиент – пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты // Новая Наука: Опыт, Традиции, Инновации. – 2016. – №. 1-1. – С. 5-8.
4. Кабанова Ю.В., Резникова М.В., Надточий Л.А. Разработка каш быстрого приготовления с использованием семян чиа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 3. С. 3–11.
5. Конь И.Я. и др. Отчет о научно-исследовательской работе на тему: «Медико-биологические обоснования возможности использования муки семян растения чиа в питание детей старше 3 лет». М.: ФГБУНИИпитания. 2013.22 с.
6. Ayerza R. Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2010. – Т.87. – №. 10. – С. 1161-1165.;
7. Ayerza R. Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color // Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2013. – Т.25. – №. 7. – P.495.;
8. Ixtaina V. Y., Nolasco S. M., Tomas M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds //Industrial crops and products. – 2008. – Т. 28. – №. 3. – С. 286-293.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРОВ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СЫРНОЙ МАССЫ

Н. Ю. Моисеев, Е.П. Сучкова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

moiseev_nikolay@corp.ifmo.ru, silena07@bk.ru

Проблема использования сухого молока в сыродельной промышленности вызывает повышенный интерес, как специалистов, так и производителей на протяжении многих лет. Сегодня, эта проблема особенно актуальна. Это связано с сезонностью получения натурального коровьего молока и географическим расположением предприятий по производству сыров. Территориально, большая часть предприятий по производству сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы находятся в южных регионах нашей страны. Прежде всего, это связано с наличием сырьевой базы. Поэтому почти полное отсутствие натурального коровьего молока сводит на нет открытие новых производств в этих регионах. Решение этой проблемы кроется в использовании восстановленного молока, как основного вида сырья. Сухое обезжиренное молоко имеет длительный срок годности, до 24 месяцев, также его легко транспортировать. Сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы, относящиеся к группе «паста филата». Термин «паста филата» является итальянским, и означает «вытянутый сгусток» или «пряжи пасты». Это связано с проведением такой технологической операции, как термомеханическая обработка сырной массы. Во время этой операции, сырная масса с оптимальной pH подвергается вытягиванию, при постоянном нагревании. Именно эта операция создает уникальные свойства и главные отличительные черты данной группы сыров – слоистость, волокнистость и пластичность, обеспечивая идеальное плавление при использовании в приготовлении пиццы и пасты с сыром. По окончании процесса вытягивания, сырной массе придают нужную форму (шар, косички, палочки и т. п.) и охлаждают. К данной группе сыров относятся такие сыры, как итальянские моцарелла, проволоне, грузинский сулугуни, на который в России есть ГОСТ, балканский качкавал, армянский чечил и многие другие.

В изученной литературе имеются технологии с частичной заменой натурального молока на восстановленное от 30 до 50% при производстве сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы [1,5,6]. Технология с использованием в качестве основного сырья восстановленное молоко с положительным результатом не была найдена, и поэтому была разработана технология с полной заменой натурального молока на восстановленное.

За рубежом сухое обезжиренное молоко делят на классы в зависимости от тепловой обработки, которой подвергается молоко в процессе производства молочных консервов (табл. 1). Степень денатурации сывороточных белков характеризует тепловую обработку перед сгущением и ее продолжительность. Данный показатель называют, как количество азота неденатурированных сывороточных белков (АНСБ), а в зарубежной литературе WPNI (Whey Protein Nitrogen Index). Он характеризует

количество нативных сывороточных белков в 1 гамме сухого обезжиренного молока или другого сухого молочного продукта и определяется в диапазоне 0–6,5 мг/г [2,3,8].

Для производства сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы WPNI должен быть выше 6 мг/г, то есть сухое обезжиренное молоко должно быть получено низкотемпературной обработкой.

Таблица 1

Виды сухого обезжиренного молока распылительной сушки.

Category	Temp/time	WPNI
Low-heat	70°/15s	>6.0
Medium-heat	85°/20s	5.0 – 6.0
	90°/30s	4.0 – 5.0
	95°/30s	3.0 – 4.0
Medium high-heat	124°/30s	1.5 – 2.0
High-heat	appr. 135°/130s	<1.4
High-heat high stable	appr. 135°/130s	<1.4

Используя методы экспресс-метод определения тепловой обработки сухого молока, а также сравнивая сухое обезжиренное молоко с натуральным используя спектрофотометр Shimadzu UV–1800, в качестве основного сырья для производства сыра было выбрано сухое обезжиренное молоко производителя DMK Deutsches Milchkontor GmbH. Специальная подготовка восстановленного молока, является обязательной технологической операцией в производстве из него любых молочных продуктах. Специальная подготовка это выдержка восстановленного молока при определенной температуре (4–20°C) в течение 4–12 часов. Она нужна для набухания белков молока, устранения водянистого привкуса, достижения необходимой вязкости и плотности. В ходе экспериментальных исследований было выяснено, что только после продолжительной выдержки восстановленного молока, порядка 8 часов, впоследствии при производстве сыра, сырное зерно могло плавиться и тянуться в нити. Поэтому при производстве сыров группы «паста филата» из восстановленного молока эта операция является приоритетной и обязательной. Было предложено совместить две технологические операции – выдержку восстановленного обезжиренного молока и созревание. Так как процесс чеддеризации в производстве сыров довольно длительная операция и может занимать до 5 часов в зависимости от используемой закваски и температуры чеддеризации, а созревание восстановленного молока интенсифицирует этот процесс. В итоге, созревание сократило процесс чеддеризации на 50 минут до оптимального pH 5,2 для плавления.

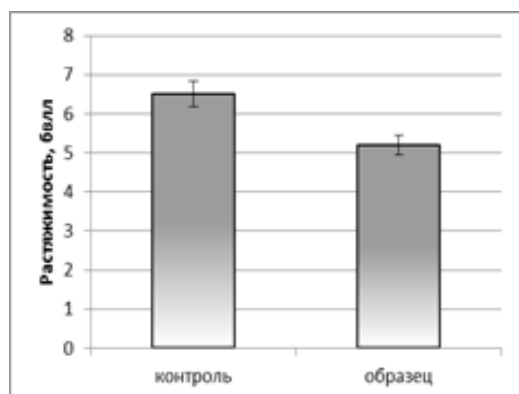


Рис. 1. Растяжимость исследуемых образцов сыра

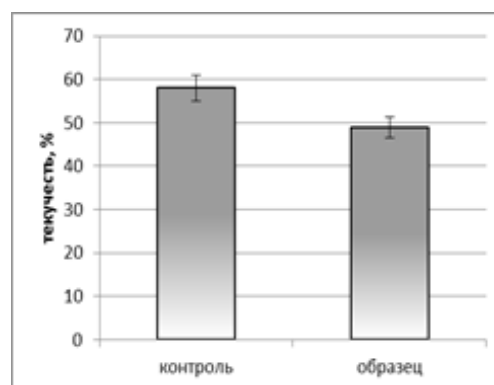


Рис. 2. Текучесть исследуемых образцов сыра

Полученный сыр из восстановленного молока исследовали на растяжимость (рис. 1) и текучесть (рис. 2) и сравнивали эти показатели с контрольным образцом - сыром полученным из натурального молока. Растяжимость сыра анализировалась с помощью теста вилок по следующей методике – зубцы вилки из нержавеющей стали с 4 зубцами погружали в расплавленный, в микроволновой печи при 1650 Вт в течение 30 секунд, сыр на глубину 3 мм под углом 45°. Далее вилку поднимали строго вертикально в течение 5 секунд. Вертикальное удлинение до разрыва всех нитей сыра, было измерено с помощью линейки длиной 1 метр. Для оценки использовалась 9 пунктов структурированной шкалы (1 для 0,1 м, а 9 соответственно, для 0,9 м)[4]. Текучесть определялась с помощью теста Шрайбера и определялась в процентах изменения сырного диска после нагревания при 225°C в течение 5 минут [7]. Физико-химические показатели образцов сыра приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели образцов сыра

Показатель	Контроль	Образец
Вода (g/100 g)	56.4±2.2	52.2±4.5
Жир (g/100 g)	19.6±1.0	22.1±1.2
Белок (g/100 g)	21.5±0.9	22.2±1.5
pH	5.15±0.10	5.2±0.12

Можно сделать вывод, что образец, полученный из восстановленного молока, по своим функциональным характеристиками (растяжимость и текучесть), не уступает контрольному образцу, полученному из натурального молока, при, практически, одинаковых физико-химических показателях.

Использование восстановленного молока, взамен натурального для получения сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы позволит решить проблему сезонности поступления молочного сырья, открытия новых производств в регионах с отсутствующим или не развитым скотоводством, а также повысить уровень импортозамещения.

Литература:

1. Авакимян, А. Б. Разработка технологии и исследование копченых сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / А. Б. Авакимян. – Воронеж, 2010. – с. 245.
2. Меркулова Н.Г., Меркулов М.Ю., Меркулов И.Ю. Производственный контроль в молочной промышленности. Практическое руководство. – СПб.: ИД «Профессия», 2010. – с. 656.
3. Bylund, G. 2015. Dairyprocessinghandbook. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, 482pp.
4. Caro, I., Soto, S., Franco, M.J., Meza-Nieto, M., Alfaro-Rodríguez, R.H. & Mateo, J. 2011. Composition, yield, and functionality of reduced-fat Oaxaca cheese: Effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate. J. Dairy Sci. 94(2), 580–588.
5. Davide, C.L., Sarmago, I.G. & Rocafort, R.F. 1993. Developments of natural part skim mozzarella-type cheese for the pizza industry. Philippine Agric. 76, 21–34.
6. Gilles, J., Lawrence, R.C., Czulak, J., Conochie, J. & Hammond, L.A. 1982. Cheddar cheese based on reconstituted skim milkpowder. JDF Bulletin 6, 33–35.
7. Richoux, R., Roset, G., Famelart, M.H. & Kerjean, J.R. 2001. Diversity of some hot functional properties of French Emmental (Diversité de quelques propriétés fonctionnelles à chaud de l'Emmental français). Lait 81, 547–559 (in French).
8. Westergaard, V. 2010. Milk Powder Technology. Evaporation and Spray Drying. GEANiro, Copenhagen, 339 pp.

МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ СОЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ

М.А. Миронов, М.А. Гоури

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

m.a.mironov@urfu.ru

Поверхностно-активные вещества широко используются в различных сферах деятельности: от получения пищевых эмульсий и разработки новых лекарственных форм до интенсификации нефтедобычи. Несмотря на огромный выбор коммерчески доступных поверхностно-активных веществ существует целый ряд нерешенных проблем, связанных с низкой биосовместимостью этих соединений. Поэтому разработка новых классов веществ, обладающих высокой поверхностной активностью в сочетании с возможностью биотрансформации в организме, является актуальной задачей.

В последние годы появились исследования, посвященные эмульгирующим и пенообразующим свойствам микрогелей на основе синтетических и природных полимеров, в том числе полисахаридов. Микрогели представляют собой химически-сшитые полимерные частицы, которые могут легко набухать в воде, образуя частицы геля с диаметром от 100 до 500 нм [1]. Практическая ценность микрогелей состоит в том, что они могут селективно сорбировать и длительное время удерживать различные органические и неорганические вещества. В то же время, экстремально малые размеры позволяют им перемещаться по кровяному руслу, проникать в ткани организма, образовывать тончайшие пленки на поверхностях. Полисахаридные микрогели имеют целый ряд преимуществ над синтетическими акриловыми гелями, так как они обладают хорошей биосовместимостью, биоразлагаемостью, гипоаллергенностью, высокой растворимостью в воде, высокой способностью к гелеобразованию. Поэтому, особенно интересные возможности открываются перед этими соединениями в технологии пищевых добавок для получения микро- и нанокапсул, нагруженных полезными веществами [2–4].

Традиционные гелеобразующие полимеры могут быть модифицированы с целью создания микрогелей, обладающих новыми свойствами. Одними из таких биополимеров являются пектин и хитозан, которые очень широко используются в пищевой промышленности как гелеобразователи и пищевые добавки. В то же время поверхностно-активные свойства у этих полисахаридов выражены слабо, до сегодняшнего дня они лишь ограниченно использовались как коллоидные стабилизаторы эмульсий. Поэтому целью наших исследований было получения микрогелей на основе пектина, обладающих ярко выраженной поверхностной активностью, для использования в технологии микро- и нанокапсулирования. Ранее нами была разработана удобная технология получения микрогелей пектина [5]. Данная работа посвящена разработке новой технологии получения кишечнорастворимых микрокапсул, содержащих неорганические соли.

Известно, что энергетические напитки должны содержать повышенное количество неорганических солей для восполнения ресурсов организма при активном потоотделении [6]. Для маскировки органолептических свойств напитков, обогащенных неорганическими солями, может с успехом использоваться технология

микрокапсулирования. Практическое значение микрогелей состоит в том, что они легко осаждаются на поверхности раздела фаз эмульсий, образуя тончайшие pH-чувствительные пленки. В обратные эмульсии вода-в-масле, стабилизированные микрогелями, можно вводить различные неорганические соли. Нами показано, что в отличие от исходного пектина микрогели пектина обладают способностью стабилизировать эмульсии типа вода в масле (Рис. 1). Так, при смешении 0,5–2% раствора этих микрогелей с органическими растворителями (толуолом, вазелиновым маслом, гексаном) образуются очень устойчивые эмульсии с диаметром капель 7–25 мкм (Таблица 1). Они обладают повышенной термодинамической стабильностью и могут храниться в течение многих месяцев без существенного изменения в распределении капель по размеру.

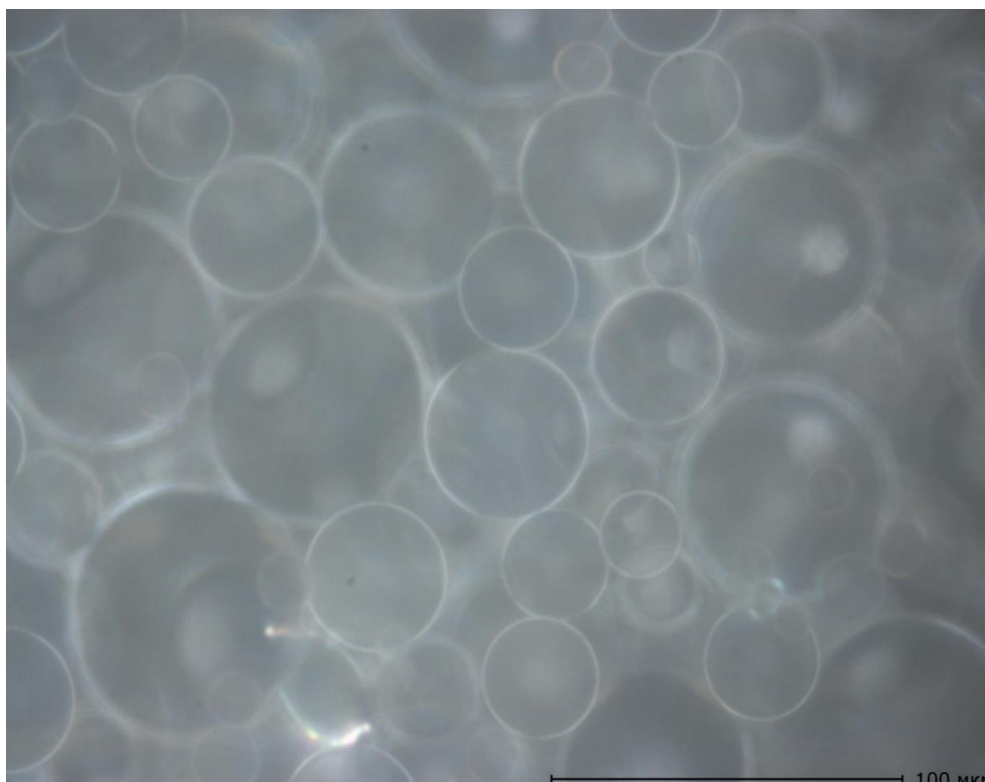


Рис. 1. Фотография эмульсии на основе микрогеля пектина и вазелинового масла

При этом образцы микрогели на основе пектина образуют эмульсии только в кислых средах при pH 5–6. Необходимо отметить, что исходные полисахариды не обладают способностью стабилизировать эмульсии. Это свойство появляется благодаря тому, что микрогель представляет собой частицы, которые благодаря большой массе имеют повышенное сродство к поверхности раздела фаз.

Таблица 1

Средний диаметр капель масла в эмульсиях, полученных на основе микрогелей пектина

Растворитель	Средний размер капель эмульсии (мкм) при различной концентрации микрогеля пектина (%)		
	0,5	1,0	2,0
Толуол	23	12	7
Вазелиновое масло	25	18	10
Гексан	22	17	8

Таким образом, полученные нами материалы представляют собой рН-чувствительные эмульгаторы. Например, эмульсия воды в толуоле, полученная на основе химически сшитого пектина легко разрушается при повышении рН до 9–10 путем добавления водного раствора NaOH и легкого встряхивания. Как показывают наши исследования, стабильность эмульсий определяется образованием на поверхности раздела фаз гелевой пленки. Из этого можно сделать заключение, что устойчивая эмульсия образуется, если сохраняется постоянный баланс между силами отталкивания и притяжения между частицами образующими поверхностно активный слой. Если силы притяжения преобладают, то образуются слишком плотные неразрушающиеся плёнки. И наоборот, если преобладают силы отталкивания, то образующиеся эмульсии неустойчивы.

Дальнейшее отверждение гелевых пленок с помощью добавления сшивающих реагентов или удаления воды приводит к прочным микро- и нанокапсулам. Так при азеотропном удалении воды из эмульсии вода в толуоле образуется суспензия частиц полимера с размерами 0,5–2 мкм. При растворении органических солей (3–4% раствор) в водной фазе получают капсулы, содержащие неорганические включения. Метод позволяет получать капсулы размером от 1 мкм до 10 мкм, содержащие неорганические соли, такие как соли Na, K, Mg, Ca, Mn, Zn, Se (хлориды, сульфаты, карбонаты, фосфаты). Технология включает четыре стадии: (1) получение суспензии микрогеля полисахарида в водном растворе соли, (2) получение обратной эмульсии в вазелиновом масле, (3) удаление воды из капель эмульсии, содержащей микрогель, (4) отделение готовых микрокапсул от органического растворителя. В целом метод основывается на способности микрогелей образовывать тонкие гелевые пленки на поверхности раздела фаз. При удалении воды формируются твердые покрытия толщиной 5–50 нм, что позволяет получать капсулы с малыми размерами.

Эти капсулы предполагается в дальнейшем добавлять в пищевые продукты: соки, напитки, а также использовать как компонент спортивного питания для восполнения потребности организма в солях. При этом микрокапсулированные соли не влияют на органолептические и физико-химические свойства продуктов. Благодаря своим экстремально малым размерам они образуют устойчивые, слегка опалесцирующие суспензии. При попадании в желудочно-кишечный тракт полисахаридная оболочка разрушается, и соль впитывается слизистой оболочкой кишечника. Таким путем достигается высокая биодоступность капсулированных солей. В целом, синтез микрогелей на основе полисахаридов открывает большие возможности для практического использования.

Экспериментальная часть. Получение микрогелей пектина.

Пектиновую кислоту (0,5 г) растворяют при перемешивании в растворе соды в воде (500 мл, 170 мг Na_2CO_3). Полученный раствор обрабатывают гидрохлоридом бензиламина (300 мкл в 15 мл 0.1 M HCl). После 10 мин на магнитной мешалке добавляют сшивающий реагент 1,4-бис(3-изоцианопропил)пиперазин **1016** (27 мг (**а**); 56 мг (**б**); 72 мг (**в**); 105 мг (**г**); 128 мг (**д**)) и перемешивают еще 1 ч. Затем добавляют раствор формальдегида в воде (300 мкл, 30% раствор), при этом смесь становится опалесцирующей. Во время всех этих операций рН раствора должно поддерживаться в диапазоне 8–8,5. После 3 ч на магнитной мешалке реакционную смесь фильтруют через мембрану для ультрафильтрации Millipore (0,45 μm) и непосредственно используют для измерения среднего размера частиц. Для получения образцов микрогеля реакционную смесь подкисляют до образования макроскопического геля, центрифугируют и промывают последовательно: 0.1 M раствором HCl, водой и ацетоном. Осадок сушат 24 ч под вакуумом до получения белого порошка, который используется для приготовления суспензий микрогеля с заданной концентрацией.

Получение эмульсий с использованием микрогелей. Общая методика.

Раствор микрогеля (2%) 5 мл гомогенизируют с органическим растворителем (50-100 мл) в течение 5 мин при 20°C используя лабораторный гомогенизатор ИКА Ultra-Turrax T-18 при 12 000 об/мин.

Получение микрокапсул с использованием микрогелей. Общая методика.

К эмульсии стабилизированной микрогелем (100 мл) добавляют модификатор поверхности (50 мг стеариновой кислоты) и или воду под вакуумом. Образовавшуюся суспензию микрокапсул отделяют центрифугированием при 5 000 об/мин.

Литература:

1. Saunders B. R. Microgels: From responsive polymer colloid to biomaterials / Saunders B. R., Laajam N., Daly E., Teow S., Hu X., Stepto R. // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2008. Vol. 147-148. P. 251-262.
2. Gibbs B. F. Encapsulation in the food industry: a review / Gibbs B. F., Kermasha, S., Alli, I., Mulligan, C. N. // *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1999. Vol. 50. P. 213-224.
3. Gouin, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends // *Trends in Food Science and Technology*. 2004. Vol. 15. P. 330-347.
4. Desai K.G.H. Recent developments in microencapsulation of food ingredients / Desai K.G.H., Park H.J. // *Drying Technol.* 2005. Vol. 23. P. 1361-1394.
5. Mironov M. A. Synthesis of polyampholyte microgels from colloidal salts of pectinic acid and their application as pH-responsive emulsifiers / Mironov M. A., Shulepov I. D., Ponomarev V. S., Bakulev V. A. // *Colloid Polym Sci.* 2013. Vol. 291. № 7. P. 1683-1691.
6. Clydesdale F.M. Mineral Additives // In: *Nutrient Additions to Food: Nutritional, Technological and Regulatory Aspects* (Ed. J.C. Bauernfeind and P.A. LaChance). Food and Nutrition Press Inc. Westport. 1991. P. 87-107.

К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ МАРМЕЛАДНЫХ ПРОДУКТОВ В ДИЕТИЧЕСКОМ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ

Д.А. Медведева, И.А. Супрунова

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

medvedeva.da@students.dvfu.ru

Согласно нормативной терминологии, пищевая продукция диетического профилактического питания это специализированная пищевая продукция, предназначенная для коррекции углеводного, жирового, белкового, витаминного и других видов обмена веществ, в которой изменено содержание и (или) соотношение отдельных веществ относительно естественного их содержания, и (или) в состав которой включены не присутствующие изначально вещества или компоненты, а также пищевая продукция, предназначенная для снижения риска развития заболеваний[1].

К такой продукции может быть отнесена и продукция из растительного сырья и продукция из сырья животного происхождения. Исходя из последних данных Роспотребнадзора, здоровье населения России констатируется как критическое, при этом в питании граждан недостаточно таких микронутриентов инутриентов, как витамин С и пищевые волокна (пектин, камеди, каррагинаны, агар-агар, гуммиарабик, альгинаты, арабиногалактан, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и др). Растительное сырье, относящееся к дикорастущему имеет обширный потенциал применения и переработки. Авторы предлагают в своих исследованиях актинидию коломикта (*Actinidiakolomikta*) как уникальный плодово-ягодный носитель биологически активных веществ для использования в изготовлении мармеладных продуктов.

Учитывая классификацию диетических продуктов по химическому составу, по медицинским показаниям и по метаболическому принципу, для отнесения мармелада на основе актинидии коломикта к продуктам диетического профилактического питания были выбраны следующие позиции[2]:

1) пищевой продукт как источник витаминов и/или минеральных веществ – пищевой продукт с добавлением витаминов и/или минеральных веществ, в рекомендуемой (рациональной) суточной порции которого содержится не менее 15% от нормы физиологической потребности в них;

2) пищевой продукт с повышенным содержанием компонента – пищевой продукт, содержание компонента в котором отвечает требованиям для пищевого продукта как источника данного компонента, но его содержание составляет не менее 30% по сравнению с аналогичным пищевым продуктом;

3) диетические лечебные пищевые продукты, показанные при заболеваниях органов пищеварения с повышенным содержанием растворимых и нерастворимых пищевых волокон;

4) пищевые продукты, повышающие неспецифическую иммунную реактивность организма с повышенным содержанием витаминов и витаминоподобных веществ (витаминов С, Е, А, бета-каротина).

На современном рынке пищевых продуктов значительная роль отводится кондитерским изделиям функционального назначения, т.к. возрастает интерес потребителя к такой продукции, находятся новые варианты комбинированной продукции, такая продукция удобна в употреблении и может обеспечивать физиологическую потребность человека в необходимых веществах.

В производстве сахаристых кондитерских изделий традиционный мармелад по последним данным занимает примерно от 30 до 45% [3]. Но всё же, большая доля рынка, примерно от 40 до 50%, принадлежит желеино-формовому мармеладу, который по вкусовым качествам и пищевой ценности несколько уступает фруктово-ягодному, т.к. не содержит или почти не содержит фруктово-ягодного сырья (или только в качестве вкусовых добавок) [4]. На этом фоне выгодно отличаются пастило-мармеладные изделия, так как не содержат в своем составе жиров, и относятся к группе кондитерских изделий с наименьшей энергетической ценностью – 260...320 ккал [5]. Кроме того, полисахариды, используемые в качестве студнеобразователя, такие как агар, пектин, фуцелларан и др., являясь пищевыми волокнами, обладают лечебно-профилактическими (радиопротекторными, пребиотическими и т.д.) свойствами [6].

На протяжении нескольких лет на рынке пастило-мармеладных изделий наблюдается положительная динамика их производства – уровень потребления пастило-мармеладных изделий вырос на 10...15%, и в ассортиментной структуре сахаристых изделий наблюдается увеличение доли желейных лакомств [6].

Для повышения биологической ценности мармеладных изделий многими учеными предлагается использование нетрадиционных овощных, фруктовых и ягодных полуфабрикатов (пасты, пюре). Разработаны рецептуры фруктово-желейного мармелада на основе тыквы, свеклы, моркови с фруктово-ягодными добавками: облепихой, калиной, лимонником, смородиной, сливой, брусникой, клюквой, рябиной [7–10]. К этому списку авторы предлагают добавить и актинидию коломикта.

Многие ученые предлагают для улучшения качества и расширения ассортимента для фруктово-ягодных кондитерских изделий использование местного дикорастущего плодово-ягодного сырья, как в свежем, так и в переработанном виде. Например, Лизунова В.В., Губина М.Д., Позняковский В.М., Резниченко И.Ю., Росляков Ю.Ф. и другие авторы научно обосновывают превосходство по содержанию биологически активных веществ и пищевой ценности свежих дикорастущих ягод и продуктов их переработки над культурными сортами [12]. Клещкина Е.В. рассмотрела возможность применения лекарственных растений в технологии мармеладных изделий, при этом констатировала недостаточность ассортимента мармеладных изделий с применением лекарственно-технического сырья, которое является ценным источником биологически-активных веществ [3]. Г.В. Иванова, И.С. Аникин, О.Я. Кольман предлагают использовать при производстве мармелада сельдерей как источник пищевых волокон [13].

Артемова Е.Н. и Мясищева Н.В. разработали мармелад ягодный пластовой с высокой пищевой ценностью, желеобразующими и органолептическими свойствами без добавления студнеобразователей, солей-модификаторов, низкой калорийностью, пригодный к употреблению людям, страдающим сахарным диабетом (патент РФ 2464811, 27.10.2012). Сидоренко М.Ю., Еделев Д.А., Луценко М.Л. разработали способ производства желейного мармелада функционального назначения за счет пересыщенного водного раствора разветвленных аминокислот. Изобретение позволило получить продукт с повышенной биологической ценностью, увеличенным сроком хранения при нормальных условиях и возможностью хранения при отрицательных температурах (патент РФ 2487554, 20.07.2013). Иванова Г.В., Кольман О.Я., Цугленок Н.В. разработали мармеладно-ягодные массы из пюре из выжимо-ягод брусники или клюквы с пониженной калорийностью и повышенным содержанием пищевых волокон (патент РФ 2501315, 03.05.2012). Теслюк И.А. изобрел способ приготовления мармелада из свежих ягод при улучшении органолептических свойств, и расширить ассортимент мармелада (патент РФ 2498621, 10.03.2013).

Таким образом, применение нетрадиционного сырья и различных биологически активных добавок, способствует созданию высококачественных изделий с повышенной пищевой и сниженной энергетической ценностью и позволяет рационально

использовать сырьевые ресурсы. При этом, комплексных исследований использования ягодных полуфабрикатов на основе дикорастущих ягод семейства актинидиевых в производстве фруктово-ягодных кондитерских изделий, а именно мармелада, в научной литературе практически не представлено.

Перспективным направлением обогащения биологически активными веществами кондитерских мармеладных изделий, является использование местного дикорастущего плодово-ягодного сырья. Авторы проводят исследования актинидии коломикта (*Actinidiakolomikta*) для разработки пластового мармелада на ее основе.

Государственный реестр селекционных достижений РФ в настоящее время насчитывает 34 сорта актинидии коломикта. Из них сорт Робинзон культивируется в Приморском крае.

Актинидия коломикта представляет собой удлиненно цилиндрическую форму, с кожицей средней толщины, ягоды темно-зеленые, со светлыми продольными полосами. Мякоть нежная, с ананасным ароматом. Вкус кисловато-сладкий. Средняя масса ягод составляет 3 г. [11,16]. Актинидия коломикта обладает функционально-физиологическими свойствами, оказывающими общеукрепляющее действие, нормализующее обмен веществ, стимулирующее действие, слабительное действие, противоглистное действие, антиоксидантное действие, спазмолитическое действие, тонизирующее действие [11]. Отличительная особенность Актинидия коломикта – высокое содержание аскорбиновой кислоты. По данным разных авторов ее количество достигает более 1500 мг/100 г, в то время как в ягодах самых лучших сортов черной смородины – не более 300 мг/100 г, шиповнике – 650 мг/100 г [16]. Исходя из данных Государственного реестра селекционных достижений РФ содержание аскорбиновой кислоты в актинидии коломикта по сортам составляет: Сорока – 2200 мг%, Изящная – 2000 мг%, Фантазия садов и Праздничная – 1900 мг%, Марица – 1856 мг%.

В технологии кондитерских изделий особое внимание уделяется различным плодам и ягодам как источнику пищевых волокон. В ягодах Актинидия коломикта присутствуют растворимые пищевые волокна, представленные в основном пектином (от 0,7 до 3,3%) и нерастворимые, основная доля которых приходится на клетчатку и протопектин (15% в перерасчете на сухое вещество), обеспечивающие функционально-технологические и функционально-физиологические свойства продуктов переработки актинидии [11,15]. Уникальность актинидии выражается в наличии биологически активного вещества актинидин (*actinidin*), представляет собой цистеиновую протеазу, содержащуюся в плодах всех видов актинидии, которая влияет нанутрицевтические свойства, характеристики обработки и аллергенность плода. Актинидин предотвращает свертывание крови, благотворно действует на желудочно-кишечный тракт, способствует перевариванию животного белка [17,18].

Из актинидии коломикта был приготовлен пластовый мармелад, по рецептуре, состоящих из следующих компонентов: пюре актинидиевое, пюре яблочное, сахарный сироп, инвертный сироп, патока, пектин, молочная кислота и лимонная кислота.

Был проведен анализ пластового мармелада из актинидии на определение аскорбиновой кислоты (методом ВЭЖХ) и пектиновых веществ (титриметрическим методом). Результаты показали 90 мг% и 3 г/100г соответственно.

Благодаря указанному количеству аскорбиновой кислоты и пектиновых веществ, Актинидия коломикта является ценным растительным сырьем для продукции диетического профилактического назначения кондитерского производства, в частности для производства пластового мармелада.

Литература:

1. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания [Электронный ресурс]: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012: принят решением Совета

- Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 34: офиц. текст. – Режим доступа: 1) <http://www.garant.ru/>; 2) <http://ivo.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>.
2. Порядок проведения исследований эффективности специализированной диетической лечебной и диетической профилактической пищевой продукции. Методические рекомендации. МР. №28-1_2406 / Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи – Введ. 01.09.2016 – М.: 2016. – 33 с.
3. Клёцкина Е.В. Возможность применения лекарственных растений в технологии мармеладных изделий / Е.В. Клёцкина// Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – Орел: Орловский государственный университет экономики и торговли. – 2016. – № 3. – С. 328-332.
4. Парфенова Т.В. Обоснование применения полифенольных комплексов из дикоросов как антиоксидантов для производства мармелада функционального назначения и его товароведная характеристика: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Парфенова Тамара Васильевна. – Владивосток, 2006. – 157 с.
5. Савенкова Т.В. Анализ пищевой и энергетической ценности кондитерских изделий / Т.В. Савенкова // Пищевая промышленность. – 2006. – № 8. – С. 62-64.
6. Коптеева С. Сегмент пастиломармеладных изделий и восточных сладостей: кто определяет тенденции [Электронный ресурс]: [Кондитерские изделия] / С. Коптеева [и др.] Режим доступа: <http://my-ki.ru/articles.php>
7. Парфенова Т. В. Фруктово-желейный мармелад на основе тыквы / Т. В. Парфенова, Л. А. Коростылева, А. Н. Быстрова // Кондитерское производство. – 2008. – № 4. – С. 14-16.
8. Крапивницкая И. А. Овощные и фруктово-овощные пектиносодержащие продукты в отделочных полуфабрикатах с желейной структурой / И.А. Крапивницкая, В. И. Оболкина, У. С. Йовбак // Кондитерское производство. – 2014. – № 5. – С. 33-34.
9. Магомедов Г.О. Студнеобразование желейных масс при производстве пастилы / Г.О. Магомедов [и др.] // Кондитерское производство. – 2014 – № 6. – С. 19-21.
10. Табаторович А.Н. Разработка и оценка качества тыквенного мармелада, обогащенного аскорбиновой кислотой / А.Н. Табаторович, У.Н. Степанова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №4. – С. 1-7.
11. Колбасина Э.И. Актинидия *Actinidia* и лимонник *Schisandra* в Нечерноземной зоне России: Биология, интродукция, исходный материал для селекции: дис. ...д-ра биол.наук: 03.00.05 / Колбасина Элла Иргановна. – Санкт-Петербург, 1996. – 380 с.
12. Табала Е.Б. Обоснование использования дикорастущих ягод в производстве фруктово-ягодных кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Табала Елена Борисовна. – Новосибирск, 2007. – 145 с.
13. Иванова Г.В. Новые виды пластового мармелада с использованием сельдерея (*apiumgraveolens*) / Г.В. Иванова, И.С. Аникин, О.Я. Кольман// Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – С.86-90.
14. Тесленко Н.Ф. Ягоды ирги как сырье для производства мармелада / Н.Ф. Тесленко, И.Б. Красина, О.А. Богданов, А.А. Фадеева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8-2. – С. 333-337.
15. Курагодникова Г.А. Комплексная хозяйственно-биологическая оценка сортов актинидии в ЦЧР: дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.05 / Курагодникова, Галина Анатольевна – Мичуринск, 2009. – 144 с.
16. Елисеева Л.Г. Ягоды актинидии – уникальный источник биологически активных веществ / Л.Г. Елисеева, О.М. Блинникова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 6. – С. 19-21.
17. Nieuwenhuizen Niels J. Identification and characterisation of acidic and novel basic forms of actinidin, the highly abundant cysteine protease from kiwifruit / Nieuwenhuizen Niels J., Beuning Lesley L., Sutherland Paul W, Sharma Neelam N., Cooney Janine M., Bielecki Lara R. F., Schroder Roswitha., MacRae Elspeth A, Atkinson Ross G. // Functional Plant Biology. 2007. №34, p. 946-961.
18. Chalabi Maryam. Proteolytic Activities of Kiwifruit Actinidin (*Actinidiadeliciosa* cv. Hayward) on Different Fibrous and Globular Proteins: A Comparative Study of Actinidin with Papain / Chalabi Maryam, KhademiFatemeh, Yarani Reza // Applied biochemistry and biotechnology. 2014. №172 (8), p. 4025-4037.

ПОДБОР ФРУКТОВЫХ МИКСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ЩЕРБЕТА

Е.В. Курганова, Т.П. Арсеньева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

katia280693@yandex.ru

На рынке пищевых производств особенно развивающимся направлением является здоровое питание. Оно должно обеспечивать рост, нормальное развитие человека, укреплять его здоровье и способствовать профилактике заболеваний. Соблюдение правил здорового питания сокращает риск хронических заболеваний и расстройств, таких как ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, повышенное давление и рак [1,2].

Тенденция развития здорового питания определяется растущим интересом потребителей к вопросам питания. В настоящее время замороженные десерты пользуются спросом во всем мире, что объясняется и его высокими вкусовыми показателями, и пищевой и биологической ценностью [3].

На ряду с мороженым – любимым продуктом детей и взрослых, востребован щербет на молочной основе. Поэтому разработка состава и технологии ферментированного щербета для здорового питания является перспективным.

Для разработки мороженого щербета необходимо прежде всего осуществить подбор компонентов.

По литературным данным теоретически рассчитана рецептура щербета. В состав, которой входит: сухое обезжиренное молоко, пахта, сывороточный белковый концентрат, закваска, стабилизатор-эмульгатор, заменители сахара[4, 5].

Кроме того к положительным качествам такого вида десерта можно отнести следующее: это низкокалорийным десертом, за счет компонентов; он содержит достаточное количество кальция и белка; хорошо освежает.

В качестве молочной основы использовали сухое обезжиренное молоко и сухую пахту и концентрат белковый сывороточный. В целях стабильности показателей качества готового продукта использовали сухое обезжиренное молоко и пахту одной партии.

Для повышения биологической ценности данного вида замороженного щербета проводится ферментация. К достоинству данного вида щербета можно отнести отсутствие жира и повышенное содержание кальция и белка.

Для повышения сухих веществ и придания продукту приятный вкус решено внести в состав наполнитель. На основании маркетинговых исследований выявлено, что большая часть населения РФ предпочитает в качестве наполнителя к молочным продуктам ягодные добавки.

Для выбора вида ягод необходимо провести сравнительный анализ данной группы наполнителей: по составу, витаминам и минеральным веществам.

При выборе ягод основывались на функциональной характеристике и экономической выгоде и доступности.

Из ягод выбраны клубника, вишня и брусника, которые можно использовать в натуральном, так и в замороженном виде не зависимо от сезонности. Из фруктов выбраны банан и киви.

Из клубники, вишни и брусники готовили ягодный микс, из банана и киви – фруктовый микс. Устанавливали дозу внесения каждой из ягод.

Фрукты и ягоды измельчали в пюре на блендере. Затем проводили пастеризацию при 65°C с выдержкой 30 мин с внесением заменителя сахара.

Готовили опытные образцы микса из ягод вишни, клубники и брусники и проверяли их сочетаемость по вкусу и аромату. Характеристика бальной оценки вкуса и аромата образцов щербета представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика вкуса и аромата образцов щербета в баллах

Характеристика	Количество баллов
Недостаточно выраженный фруктовый вкус и аромат	1
Преобладает вкус и аромат вишни	2
Преобладает вкус и аромат брусники	3
Не достаточно выраженный вкус и аромат композиции	4
Выраженный вкус и аромат композиции. Полнота вкусовой палитры.	5

Образец № 1 соотношение вишни, клубники и брусники 1:1:1, образец № 2 – 1:2:2, образец № 3 – 1:2:3 и образец № 4 – 2:2:3. Органолептическая оценка образцов с разным соотношением ягодных компонентов представлена на рисунке 1.

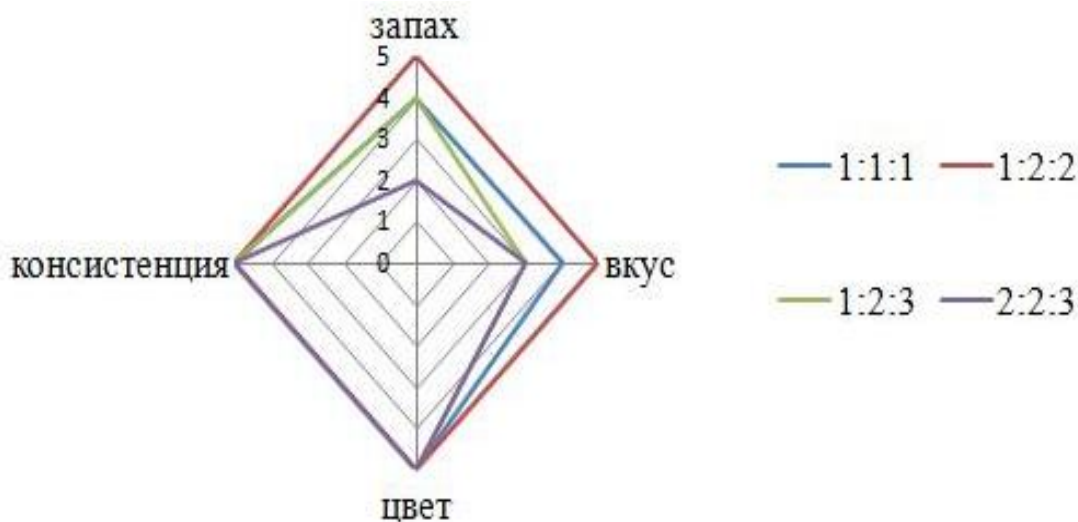


Рис. 1 Профилограмма органолептических показателей образцов с разным соотношением ягодных компонентов

Как видно из данных представленных на рисунке 1, образец № 1 обладает недостаточно выраженным фруктовым вкусом, в третьем и четвертом образцах вкус брусники был слишком интенсивным и навязчивым. В образце № 4 – преобладает вкус и аромат вишни. Образец № 2 был наиболее сбалансирован по вкусу и аромата и полноте вкусовой палитры. На основании экспериментальных исследований в дальнейшем использовали соотношение вишни, клубники и брусники – 1:2:2.

Во второй рецептуре варьировали концентрации киви и банана и проверяли их сочетаемость по вкусу и аромату, характеристика бальной оценки представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика вкуса и аромата образцов щербета в баллах

Характеристика	Количество баллов
Недостаточно выраженный фруктовый вкус и аромат	1
Преобладает вкус и аромат киви	2
Преобладает вкус и аромат банана	3
Не достаточно выраженный вкус и аромат композиции	4
Выраженный вкус и аромат композиции. Полнота вкусовой палитры.	5

Образец № 1 соотношение киви и банана 1:1, образец № 2 – 2:1, образец № 3 – 1:2 и образец № 4 – 2:3. Данные органолептической оценки образцов приведены на рисунке 2.

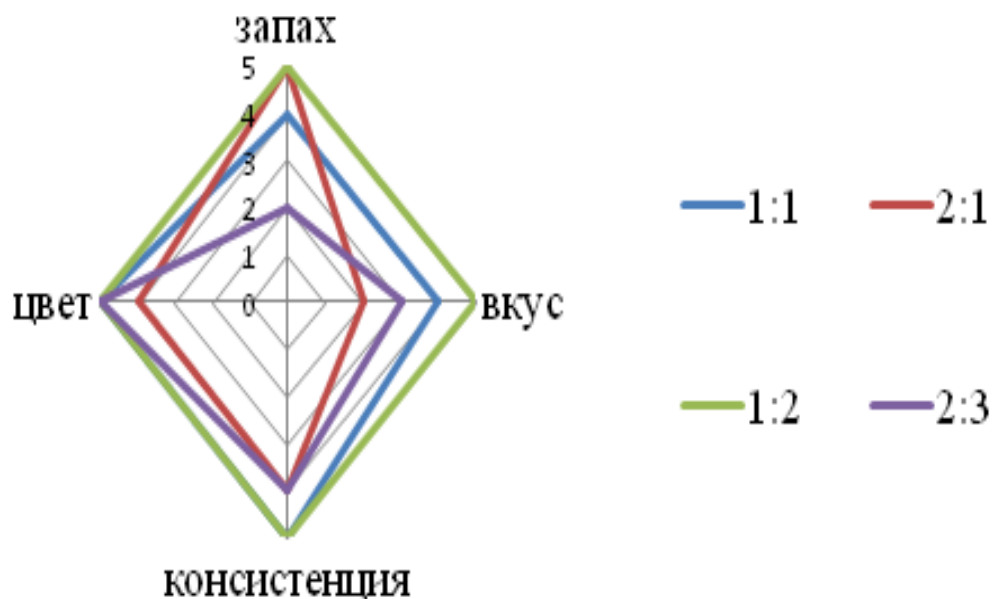


Рис. 2 Профилограмма органолептических показателей образцов с разным соотношением фруктовых компонентов

Как видно из рисунка 2 наивысшую бальную оценку получил образец № 2 в соотношении киви и банана 1:2. Остальные образцы не удовлетворяли по насыщенности бананового вкуса или переизбытка киви.

При выборе концентрации внесения фруктового и ягодного миксов основывались на консистенции готового замороженного десерта. Готовили образцы смесей фруктового и ягодного замороженного щербета, в которых варьировали концентрацию наполнителя от 10% до 35% от смеси, с шагом 5%. Необходимое соотношение компонентов ягодного и фруктового микса добавляли в экспериментальные образцы – согласно рецептуре. Затем образцы подвергали

фризерованию в фризере периодического действия без принудительной подачи воздуха, после чего оценивали консистенцию полученного продукта.

Органолептическая оценка образцов продукта с внесенными концентрациями фруктовых и ягодных миксов с концентрациями наполнителя от 10 до 35% представлена на рисунке 3.

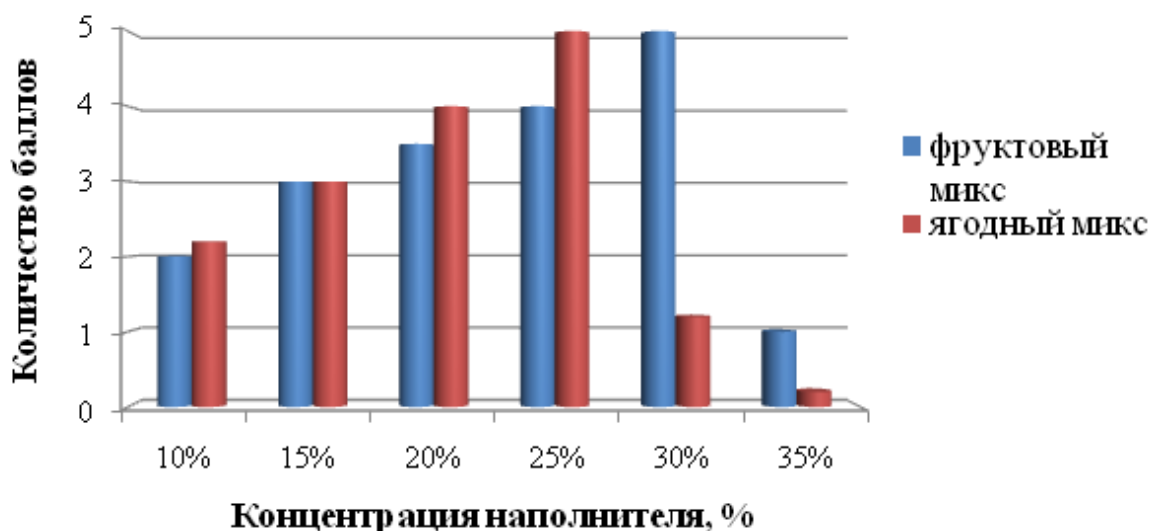


Рис. 3 Влияние концентрации фруктового и ягодного пюре, на консистенцию готового щербета

Как видно из рисунка 3 для рецептуры с ягодным наполнителем наиболее однородным является образец с концентрацией пюре 25%, а для щербета с фруктовым наполнителем 30%. Так как данные образцы обладают выраженным вкусом и ароматом наполнителя, консистенция однородная с включениями наполнителя. Но с увеличением концентрации ягодного и фруктового пюре однородность консистенции готового щербета ухудшается.

Следующей задачей будет стоять выбор сахарозаменителя и стабилизатора.

Литература:

1. Арсеньева, Т.П., Яковлева Ю.А., Разработка рецептуры мороженого с растительными компонентами [Текст] / Известия ВУЗов «Пищевая технология». - 2012.-№1, с.75-78
2. Арсеньева, Т.П., Яковлева, Ю.А., Максотова, Р.М., Оразбек, А.О. Низколактозное сливочное мороженое для диабетиков [Текст] / Процессы и аппараты пищевых производств. Научный журнал СПбГУНиПТ – 2012, №1
3. Арсеньева, Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Том 4. Мороженое [Текст] – СПб: ГИОРД, 2002. – 184 с.
4. Курганова Е.В., Арсеньева Т.П. Подбор вида и дозы стабилизатора для ферментированного замороженного щербета // Вестник Международной академии холода. 2017. № 3. С.
5. Скурихин, И.М. и др. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник [Текст] / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ВЫПЕЧКИ

Б.А. Кулишов, А.Г. Новоселов, А.С. Громцев, С.Ю. Иващенко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

nosfera-tu@mail.ru

Современной тенденцией развития пищевой промышленности является поиск энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые составили бы альтернативу существующим способам и в то же время сохраняли качество конечной продукции.

Одной из таких технологий является электроконтактная выпечка хлеба и хлебобулочных изделий[1–3]. Сущность данного способа заключается в том, что тесто помещается между двумя металлическими пластинами – электродами, подключенными к сети переменного тока. Тесто обладает проводимостью и электрическим сопротивлением, и в нем, как во всяком проводнике, возникает выделение теплоты согласно закону Джоуля-Ленца. В ходе процесса тесто нагревается во всем объеме и выпекается до состояния хлеба без корки. ЭК-выпечка отличается малыми энергозатратами, высокой интенсивностью и простотой оборудования для проведения процесса.

Перспективным направлением является применение данного способа выпечки для производства панировочной крошки – продукта, используемого для панировки кулинарных изделий при их выпекании или обжаривании. Существующая технология производства панировочной крошки состоит в переработке хлеба, классифицируемого как брак (из-за неправильной формы, надломов, повреждений и проч.). Хлеб режется на части, сушится до состояния сухарей, и потом дробится до состояния крошки. Наличие корки у хлеба, используемого как сырье, приводит к образованию значительного количества пыли на этапе дробления панировочной крошки. Наличие пыли приводит к увеличенному расходу панировочной крошки, повышению запыленности производственного помещения и ухудшению условий процесса панировки.

Применение способа ЭК-выпечки позволяет получать хлеб без корки, и таким образом, решить проблему наличия пыли в панировочной крошке.

Целью работы является исследование процесса электроконтактной выпечки, изучение характера и динамики процесса, а также изучение влияния следующих факторов на длительность процесса, параметры тока, энергопотребление и достигаемое качество хлеба:

- Рецепт, в частности, влияние дозировок соли, сахара на процесс;
- Межэлектродное расстояние;
- Параметры тока, а именно влияние величины напряжения на длительность процесса и качество получаемого хлеба;
- Температура теста во время выпечки;
- Снижение значений параметров электрического тока до безопасных величин, и связь с длительностью процесса и качеством получаемого хлеба.

С целью исследования процесса электроконтактной выпечки необходимо разработать конструкцию печи для проведения исследований. Также

экспериментальная установка должна быть оснащена необходимым количеством приборов с возможностью варьирования факторов эксперимента, в частности, параметров тока, межэлектродного расстояния. Также необходимо предусмотреть соблюдение мер безопасности при проведении экспериментов. С учетом всех существующих требований была разработана конструкция печи и схема подключения электрических компонентов экспериментальной установки.

Печь выполнена из материала, обладающего электроизоляционными свойствами в целях безопасности при работе с установкой. Основными элементами является корпус, крышка, дно, и электроды, выполненные в виде пластин из нержавеющей стали. Конструкция печи предусматривает изменение межэлектродного расстояния, что осуществляется установкой электродов в пазы стенок корпуса. Большое количество пазов позволяет проводить опыты с широким диапазоном межэлектродных расстояний. Помимо этого, в целях безопасности, в конструкции предусмотрены концевые выключатели, размыкающие силовую цепь при открытии крышки и дна. Таки образом, исключается возможность поражения электрическим током. Дополнительно предусматривается лампа «Сеть», которая сигнализирует о том, что печь включена. В ходе опытов проводится измерения электрического тока, протекающего через тесто, с помощью токоизмерительных клещей.

Практическими результатами работы является создание 3D-модели сборки электроконтактной печи, выполнение по моделям пакета конструкторской документации. По разработанным чертежам была изготовлена печь, а также набор электродов из нержавеющей стали. После сборки печи с электродами был проведен пробный эксперимент с целью проверки работоспособности конструкции.

На рис. 1 приведена часть чертежей печи, на рис. 2 изображена электрическая схема.

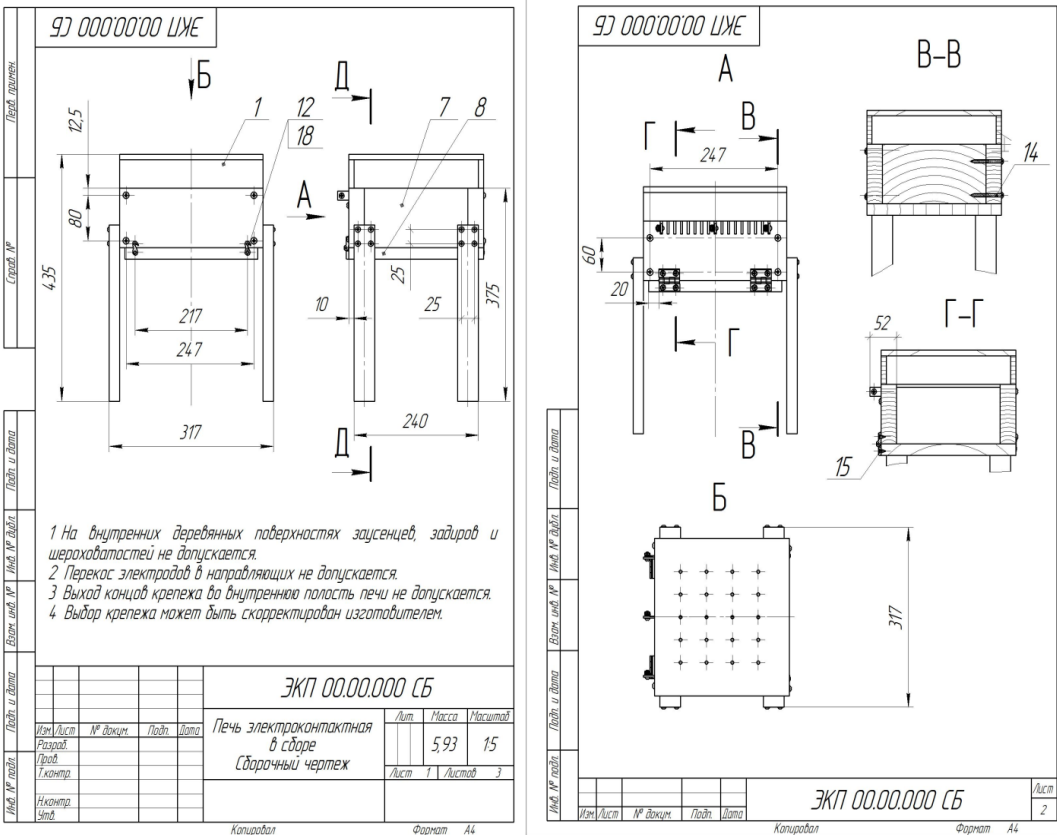


Рис. 1. Фрагмент конструкторской документации для изготовления корпуса печи

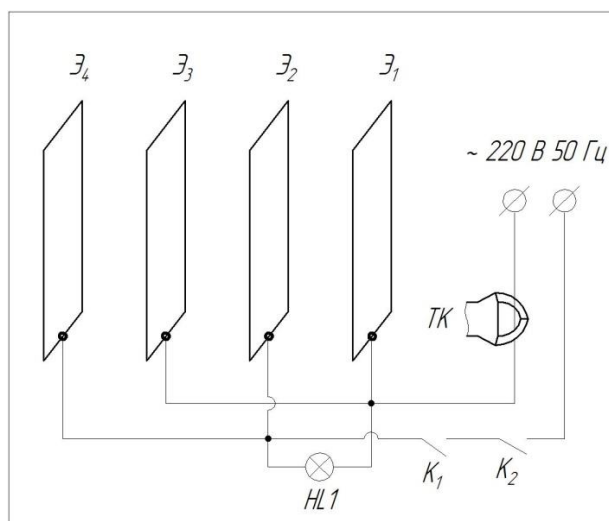


Рис. 2. Схема подключения электрических компонентов печи

На электрической схеме $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots$ – электроды, K_1, K_2 – концевые выключатели, HL1 – сигнальная лампа, ТК – токоизмерительные клещи.

Апробация установки показала необходимость незначительной доработки конструкции. После доработки была проведена серия предварительных экспериментов по изучению процесса электроконтактной выпечки.

В дальнейшем планируется модернизация установки, с возможностью измерения температуры, а также внедрение в конструкцию инфракрасных излучателей, что позволит расширить возможности установки и одновременно исследовать возможность выпечки хлеба с использованием двух способов тепловой обработки.

Литература:

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с., ил
2. Данилеско С.В. Производство сухарей с применением ЭК выпечки / С.В. Данилеско // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1985. — №12. — С. 13–14.
3. Сидоренко Г.А. Электроконтактный энергоподвод при выпекании хлеба / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин, Д.И. Ялалетдинова, А.Г. Зинюхина // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2012. — № 1. — С. 218.

ПОЛУЧЕНИЕ ЗЛАКОВОЙ ДИСПЕРСИИ И НАПИТКОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ

К.В. Крючкова, Л.А. Забодалова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kryuchkova.kira@gmail.com

Разработка и производство молочных продуктов с различного рода добавками позволяет более экономично использовать молочные ресурсы и увеличивает ассортимент конкурентоспособных продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, обладающих функциональными свойствами. Интересна тема разработки технологии кисломолочных продуктов с использованием различных злаковых культур. Некоторые из таких продуктов содержат в рецептуре крупяные или зерновые ингредиенты [1,4].

В данной работе рассмотрена возможность использования в качестве сырья для получения дисперсии крупы пшена шлифованного со следующим исходным размером зерен: длина – 1,3 мм, ширина – 0,7 мм. Изначально зерно увлажняли и измельчали до размера частиц $0,8 \pm 0,2$ мм. На первом этапе работы для получения злаковой дисперсии проводили экстракцию с применением метода мацерации. В качестве экстрагентов были выбраны дистиллированная вода и восстановленное обезжиренное молоко. После измельчения зерно замачивали в течение 8 ч, используя гидромодули 1:7, 1:10 и 1:15, затем отделяли полученный экстракт фильтрованием. Исследования показали, что при использовании гидромодуля 1:7 в дисперсию переходило сухих веществ примерно в 2,5 раза больше, чем при других значениях гидромодуля независимо от вида экстрагента [2]. В качестве фактора, повышающего переход сухих веществ в экстракт, рассматривали повышение температуры экстракции при кратковременном нагреве ($65 \pm 1^\circ\text{C}$ и $70 \pm 1^\circ\text{C}$ с выдержкой 3–5 мин в обоих случаях). Установлено, что применение первого режима ($65 \pm 1^\circ\text{C}$ с выдержкой 3–5 мин) позволяет увеличить количество сухих веществ в экстракте на 2,1% при использовании дистиллированной воды и на 1,4% при использовании обезжиренного молока в качестве экстрагентов по сравнению со вторым режимом нагрева. Дальнейшее повышение температуры (до 80°C) приводит к слипанию частиц и прекращению процесса экстракции [3].

На втором этапе с целью интенсификации процесса экстракции использовали метод модифицированной мацерации – вихревую экстракцию, что позволяет снизить длительность процесса за счет интенсивного перемешивания. Для этого применяли дополнительную операцию перемешивания с помощью лабораторной верхнеприводной мешалки DAIHAN серии HS-50 А при 1800 об/мин в течение 30 мин. Полученные данные свидетельствуют о том, что введение операции перемешивания приводит к увеличению перехода количества сухих веществ в дисперсию на 5%, по сравнению с образцами, приготовленными без применения этой операции.

Полученную дисперсию использовали для получения пресного и сквашенного напитков. Для получения сквашенного напитка отфильтрованную дисперсию пастеризовали при температуре $85 \pm 2^\circ\text{C}$, охлаждали до $42 \pm 2^\circ\text{C}$, вносили 5% (от массы дисперсии) закваски, приготовленной на чистой культуре ацидофильной палочки. Образцы злаковой основы, полученные при экстрагировании водой, при добавлении закваски и термостатировании при температуре $42 \pm 2^\circ\text{C}$ сгусток не образуют. А

образцы, экстрагированные восстановленным обезжиренным молоком, образуют сгусток через 4 ч выдержки в термостате при температуре $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

Однако в ходе эксперимента было выявлено, что полученная сквашенная дисперсия имеет дряблый, расслаивающийся сгусток, с большим отстоем сыворотки. Для улучшения структурирования системы при сквашивании и, следовательно, консистенции сквашенной дисперсии, добавляли концентрат сывороточных белков (КСБ) марки Lactomin, производства Германии. Количество добавляемого белкового компонента варьировали в пределах от 0,5 до 3,5% с шагом 0,5. Для выявления влияния вносимого компонента на структуру, консистенцию и вкус напитка определяли органолептические и структурно-механические показатели исследуемых образцов и влагоудерживающую способность сгустков. Добавление КСБ в возрастающем количестве приводит к повышению значений коэффициента динамической вязкости продукта, улучшает его внешний вид и консистенцию, повышает влагоудерживающую способность, которую определяли по количеству сыворотки, выделившейся в процессе центрифугирования образцов в течение 30 мин (рисунок 1).

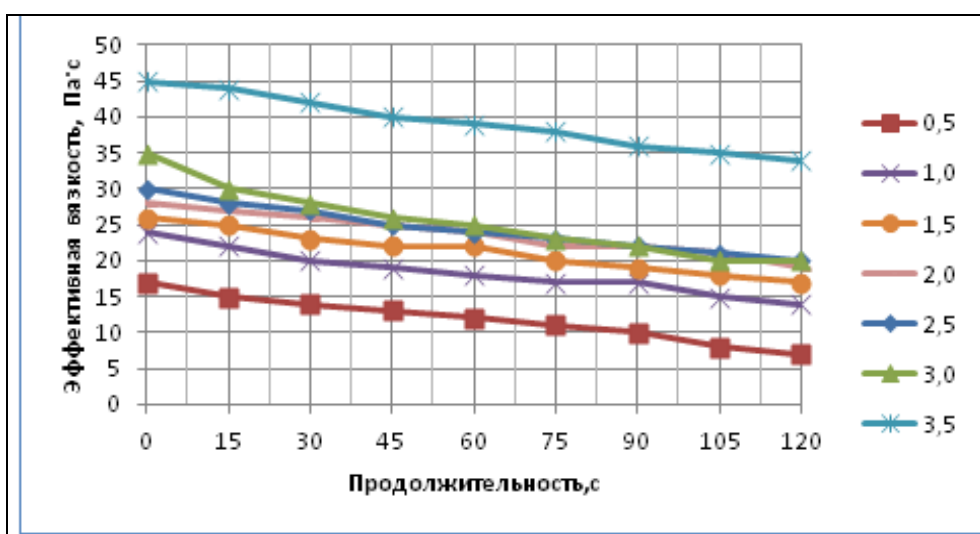


Рис. 1 Зависимость влагоудерживающей способности сгустков от количества внесенного КСБ

Из полученных результатов следует, что наиболее высокая влагоудерживающая способность характерна для образцов с добавлением КСБ в интервале от 2,5 до 3,5%.

Для определения структурно-механических показателей образцы подвергали воздействию однородного поля сдвига (градиент скорости $= 27\text{c}^{-1}$) в течение 2 мин на ротационном вискозиметре Реотест-2, фиксируя показания прибора через каждые 15 с. Затем образцы выдерживали в течение 15 мин для восстановления структуры. Используя рассчитанные показатели коэффициента динамической вязкости неразрушенной, разрушенной и восстановленной структуры, высчитывали показатели, характеризующие структуру напитка: коэффициент потерь вязкости ($\Pi\eta$), коэффициент механической стабильности (КМС) и коэффициент восстановления структуры ($B\eta$). Результаты приведены в таблице.

Из представленных данных следует, что с увеличением количества вносимого КСБ наблюдается снижение коэффициента потерь вязкости и коэффициента механической стабильности, что свидетельствует о повышении устойчивости структуры продукта к механическому воздействию, и возрастание значений коэффициента восстановления структуры, что, в свою очередь, говорит о более высокой степени выраженности тиксотропных свойств системы.

Таблица 1

Структурно-механические показатели образцов сквашенного напитка с добавлением КСБ

Количество вносимого КСБ, %	Показатели		
	Коэффициент потерь вязкости $\Pi\eta$, %	Коэффициент механической стабильности, КМС	Коэффициент восстановления структуры $B\eta$, %
0,5	53,3	2,1	46,7
1,0	41,7	1,7	65,7
1,5	33,0	1,6	67,9
2,0	31,1	1,5	70,0
2,5	30,5	1,5	72,0
3,0	28,2	1,4	74,5
3,5	24,4	1,3	77,7

На основании полученных результатов можно заключить, что за рациональную дозу концентрата сывороточных белков следует принять 2,5% от массы заквашиваемой смеси. При этом продукт имел однородную и достаточно плотную консистенцию без отделения сыворотки, обладал хорошей устойчивостью к механическому воздействию и проявлял способность к восстановлению структуры после перемешивания.

При меньшем внесении КСБ сгусток получался недостаточно плотный, склонный к отделению сыворотки. Внесение большего количества КСБ приводило к излишнему загустеванию продукта, появлению желеобразного сгустку.

Следует отметить, что полученный напиток имел характерный, довольно сильно выраженный привкус пшена. Поэтому с целью улучшения органолептических показателей был выбран вишневый сироп в качестве вкусового наполнителя. Анализ показал, что количество сиропа, равное 4 %, позволяет получить приятный чистый кисломолочный вкус и запах, со вкусом вишни, без выраженного привкуса пшена и без посторонних привкусов и запахов и светло-вишневый цвет в готовом продукте.

Органолептические показатели пресного напитка, полученного на основе злаковой дисперсии, также можно улучшить за счет добавления 4,5% вишневого сиропа.

Таким образом, для производства сквашенного и пресного напитков необходимо использовать измельченное увлажненное зерно ($0,8 \pm 0,2$ мм); гидромодуль 1:7; мацерацию в течение 8 часов; перемешивание (1800 об/мин) в течение 30 мин; нагрев до $65 \pm 1^\circ\text{C}$ с выдержкой 3-5 мин; фильтрацию, пастеризацию $85 \pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 10–15 минут. Для сквашенного напитка далее следует внесение закваски, КСБ, вишневого сиропа и сквашивание в течение 4 часов при $42 \pm 2^\circ\text{C}$. Для пресного напитка - внесение вишневого сиропа и перемешивание.

Литература:

- 1.Абикова, Н.С., Применение злаковых добавок в производстве молочных продуктов// Молочная промышленность. – 2005. - №9. – С.45-46.
- 2.Крючкова, К.В., Забодалова, Л.А. Получение пищевой дисперсии на основе зерна злаковых культур и изучение ее свойств // Сборник материалов конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Часть II. - 2015. - С. 185-186.
3. Крючкова, К.В. Пищевая злаковая дисперсия как рецептурный компонент напитков функционального назначения на молочной основе//Сборник тезисов докладов V конгресса молодых ученых. - 2016. - С 160-162.
4. Фелик, С.В., Антипова, Т.А., Кудряшова, О.В., Продукты на молочно-зерновой основе для беременных и кормящих женщин// Молочная промышленность. - 2016. - №7. - С.66-67.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ЯБЛОЧНОЙ ПАСТИЛЫ

Н.Ю. Ключко, Я.С. Козлова

Калининградский государственный технический университет», г. Калининград, Россия

natalya.kluchko@klgtu.ru

В настоящее время, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, три четверти населения земного шара страдают заболеваниями, возникновение и развитие которых связано с неправильным питанием. Кроме того, в связи с возрастающей технологизацией и автоматизацией многих производственных процессов, уменьшилась доля физической работы, соответственно снизился расход энергии. Это привело к тому, что энергетическая ценность пищи превышает энергозатраты. Следствием этого стало резкое увеличение числа людей, страдающих ожирением и связанными с ним хроническими неинфекционными заболеваниями. К их числу можно отнести так называемые массовые дегенеративные болезни, главным образом сахарный диабет, ишемическую болезнь сердца, гипертоническую болезнь, атеросклероз, болезни органов пищеварения и другие. Поэтому, на сегодняшний день стало понятно, что пища может выступать с одной стороны серьезным фактором профилактики, а с другой – риска основных заболеваний человека.

Организация здорового питания населения – сложный и многофакторный процесс, который можно реализовать, опираясь на глубокие знания и продуманную научно-техническую политику. Среди факторов питания, имеющих важное значение для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия населения, большая роль принадлежит полноценному и регулярному снабжению организма всеми необходимыми микронутриентами – витаминами, минеральными веществами, а также минорными биологически активными компонентами пищи [1].

В связи с торговыми санкциями против России, а также территориальными особенностями Калининградской области, активноразвиваются сады и фермерские хозяйства, где выращивается большое количество растительного сырья, потенциально способного выступать в качестве профилактического средства для ряда заболеваний. Это традиционные для Северо-западного региона фруктовые и овощные культуры (яблоки, груши, тыква и др.), ягоды (черника, облепиха, малина, голубика). Кроме того, в области функционируют сокоперерабатывающие предприятия, которые нуждаются в технологиях комплексной переработки сырья. Так, например, яблочный жмых, образующийся в больших количествах во время производства сока, как правило, выбрасывается с отходами. А ведь яблочный жмых сохраняет все полезные свойства исходных плодов.

Яблоко содержит до 80% воды, остальные 20% полезные вещества: клетчатка, пектин, органические кислоты, калий, натрий, кальций, магний, фосфор, железо, йод, а также витамины А, В1, В3, РР, С и др.

В яблоках содержатся такие важные природные кислоты, как яблочная, винная и лимонная, а в комплексе с теми же дубильными веществами эти кислоты останавливают процессы гниения и брожения в кишечнике, дают возможность не чувствовать метеоризма, вздутия живота, способствуют природному очищению и восстановлению кишечника. Эффективную функцию детоксикации организма выполняет пектин яблок. Соединяясь в кишечнике с холестерином, бактериальными

токсинами, вредными продуктами, образующимися в результате воспалительных процессов и нарушений пищеварения, а также вредными веществами производственного происхождения (солями ртути, свинца, стронция, кобальта), они выводят их из организма.

Кондитерская промышленность является одной из наиболее выгодных и перспективных отраслей пищевой индустрии. Рацион питания современного человека включает большое количество кондитерских изделий, которые в большинстве своем нельзя отнести к полезной продукции. Больше всего потребителями ценится группа мармеладо-пастильных изделий. Они отличающиеся высокой усвояемостью и ценными вкусовыми, биологическими и диетическими свойствами.

Перспективным является разработка пастилы (типа смоквы) из сырья Калининградской области. Сущность технологии приготовления такой пастилы заключается в измельчении сырья, уваривания и высушивания до заданной массовой доли влаги. По желанию, может быть добавлен сахар для вкуса, кондитерский пектин – для улучшения консистенции и внешнего вида.

Ранее нами была предложена технология яблочно-тыквенной бесклеевой пастилы с ягодами облепихи. Готовая продукция имела привлекательный внешний вид, правильную, с четким контуром, без деформации форму. Пастила обладала кисло-сладким, интенсивно выраженным, сбалансированным вкусом с приятным оттенком облепихи. Поверхность сухая, нелипкая, консистенция изделий плотная, цвет равномерный, оранжево-коричневый, запах – приятный, с легким ароматом облепихи. Экспериментально было доказано, что 100 г готовой пастилы содержит 95,0 мг витамина С и 13,2 г пектиновых веществ, что удовлетворяет суточную потребность взрослого человека на 158 и 88% соответственно [2].

Цель настоящих исследований – анализ качества яблок Калининградской области, а также ягод, как перспективного сырья для приготовления яблочно-ягодной пастилы.

Для получения равномерной структуры яблочной пастилы, без трещин и разрывов, необходимо сырье с высоким содержанием пектина. Для анализа содержания пектиновых веществ методом Мелитцабыли выбраны яблоки Калининградской области следующих сортов: 1) летние: Белый налив, Мельба, Мантент; 2) осенние: Коричное полосатое, Жигулевское, Айдаред; 3) зимние: Антоновка обыкновенная, Пепин шафранный, Кальвиль снежный. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание пектиновых веществ в яблоках Калининградской области

Сезон	Наименование сорта	Пектиновые вещества, %
Летние сорта	Белый налив	10,0
	Мельба	10,1
	Мантент	10,0
Осенние сорта	Коричное полосатое	9,5
	Жигулевское	13,2
	Айдаред	9,6
Зимние сорта	Антоновка обыкновенная	12,0
	Пепин шафранный	9,0
	Кальвиль снежный	11,4

Из экспериментальных данных видно, что содержание пектиновых веществ в яблоках летних, осенних и зимних сортов примерно одинаково и в среднем составляет 10,5%. В связи с этим, можно рекомендовать для производства пастилы яблоки различных сортов.

Для повышения биологической ценности пастилы, а также расширения ассортимента, исследованы популярные ягоды Калининградской области. В таблице 2 представлены результаты определения в них витамина С (йодометрическим методом) и пектиновых веществ (методом Мелитца).

Таблица 2

Содержание витамина С и пектиновых веществ в ягодах Калининградской области

Наименование ягоды	Содержание	
	витамина С, мг%	пектиновых веществ, %
Черника	25,5	6,95
Клюква	18,6	7,64
Облепиха	26,0	9,07

С учетом полученных данных, а также априорных исследований, была разработана рецептура яблочно-ягодной пастилы повышенной пищевой ценности. Установлено, что независимо от вида ягоды и сорта яблок при соотношении яблочное пюре: яблочный жмых: ягода пастилы получается жестковатой, вкус – кисловатый, поверхность с надрывами и трещинами, пласт плохо скручивается в трубочку и удерживает форму. Данный внешний вид традиционен при реализации натуральной пастилы типа смоквы. Поэтому было принято решение добавить в состав рецептуры сахар в количестве 6,5% к массе яблочно-ягодного сырья и кондитерский пектин – соответственно 1,0; 2,5; 4,0 и 5,0%. Предварительно установлено, что оптимальным является содержание пектина – 4,0%. При этом продукция получается приятной на вкус, гладкой поверхностью и эластичной структурой, легко принимает заданную форму.

Проведенные исследования показывают целесообразность и перспективность совершенствования рецептур натуральной пастилы. Разрабатываемую линейку продуктов можно будет рекомендовать для включения в питание людям с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, расстройствами пищеварительной системы и той части населения, которая хочет добавить в свой рацион вкусный и полезный продукт, содержащий в своём составе, помимо большого количества пектина и клетчатки, железо, калий, кальций, магний, натрий и фосфор.

Литература:

1. Ключко Н.Ю. Парафармацевтики в продуктах на основе гидробионтов / Н.Ю. Ключко, О.Я. Мезенова. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 346 с.
2. Ключко Н.Ю. Способ приготовления мармеладно-пастильных изделий функционального назначения / Н.Ю. Ключко, Я.С. Козлова: сборник трудов IV международного Балтийского морского форума. V межд. Научно-практической конференции «Пищевая и морская биотехнология». – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. – с. 1361-1366

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ

С.А. Елисеева, Н.П. Котова, А.А. Дьякова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, г. Санкт-Петербург, Россия

sel1847@mail.ru

В настоящее время в России и за рубежом ведутся активные разработки технологий и рецептов функциональных продуктов питания, при этом значительная часть исследований приходится на диетическую и лечебно-профилактическую продукцию. Современные представления науки о питании расширились за счет появления новых данных о химическом составе пищевого сырья и добавок, обладающих функциональными свойствами [4]. Получить функциональные пищевые продукты с оптимальным химическим составом и функционально-технологическими характеристиками можно путем комбинирования сырья животного и растительного происхождения [6].

В последнее время в мясной индустрии широко используется мясо сельскохозяйственной птицы механической обвалки, имеющее выраженные функциональные свойства. Данный вид животного сырья содержит в 13–15 раз больше кальция и в 3–4 раза больше железа, чем говядина жилованная высшего сорта [4]. Изделия из мяса птицы пользуются устойчивым спросом потребителей за счет высоких качественных характеристик, ценовой доступности и широкого ассортимента продукции. К наиболее популярным изделиям из сельскохозяйственной птицы относятся комбинированные формованные изделия.

В связи с вышеизложенным совершенствование технологии многокомпонентных формованных изделий из мяса сельскохозяйственной птицы с включением растительного сырья, обеспечивающим функциональную направленность готовой продукции, является актуальным и имеет важное социальное значение.

Традиционно в качестве наполнителя для приготовления рубленых изделий из сырья животного происхождения применяют пшеничный хлеб, содержащий до 8% белка (в том числе глютена). Роль наполнителя, помимо формирования привычного для потребителя вкуса и текстуры, заключается в удерживании клеточного сока, выделяющегося при тепловой обработке изделий из животного сырья. В качестве альтернативного вкусового и структурообразующего компонента часто используют растительные продукты: крупы, овощи и др. В данной работе в рецептуру изделий включили амарантовую муку и альгинат натрия.

Химический состав амарантовой муки свидетельствует о возможности и перспективности ее использования для приготовления рубленых формованных изделий. Известно, что амарантовая мука содержит биологически ценные ингредиенты: белки, липиды, минеральные вещества и витамины и др. Сравнительная характеристика показателей аминокислотного состава амарантовой муки с показателями идеального белка характеризует его полноценность, а сумма незаменимых аминокислот амаранта составляет 40,5 мг на 1 г белка.

Альгинат натрия высоко гидрофилен, гидромодуль 300, биосовместим и экономичен, обеспечивает высокую вязкость структуры при небольших концентрациях, имеет невыраженный нейтральный вкус, значения рН его растворов близки к

нейтральным. Альгинат натрия обладает широким спектром лечебно-профилактических свойств, что определяет его широкое использование в медицине, биотехнологии и пищевой промышленности.

Растворы альгинатов сохраняют свои гидроколлоидные свойства при охлаждении, замораживании и последующей дефростации. Они формируют нежную текстуру изделий и значительно увеличивают стабильность ее при хранении.

Допустимая суточная доза потребления альгинатов составляет до 50 мг на 1 кг веса тела человека, а это существенно выше той дозы, которая может поступить в организм с пищевыми продуктами. Попадая в организм человека, эта добавка не усваивается, а выводится наружу. Она разрешена к применению в детском питании.

Альгинаты применяются для производства формованных продуктов — аналогов рыбного филе, широко используются для приготовления гранулированных капсул, содержащих текущие пищевые продукты и т.д. [1].

Характеристика рецептурных компонентов Таблица 1

Название объекта	Нормативный документ	Состав	Энергетическая и пищевая ценность	Срок годности, мес.
Мука из семян амаранта	СТО 21318887-005-2013	Измельченные обезжиренные семена амаранта	белки – 16,0 г жиры – 6,5 г углеводы – 61 г Энергетическая ценность 344 ккал	12, при t от 5°C до 20°C и влажности 70%.
Жмых амаранта	ТУ 9290-002-29569809-15	Жмых амаранта	белки – 8,9 г жиры – 1,7 г углеводы – 61,7 г ЭЦ 298 ккал	12
Альгинат натрия	–	Ламинария	–	36

При отработке модельной рецептуры формованных изделий из мяса сельскохозяйственной птицы была использована базовая, приведенная в табл. 2[2,3,5].

Таблица 2

Базовая рецептура формованных изделий из мяса птицы

Наименование ингредиента	Брутто	Нетто
Мясо птицы (цыплята-бройлеры)	77	37
Хлеб пшеничный	9	9
Вода	13	13
Соль	1	1
Масса полуфабриката	–	63
Масса жареных котлет	–	50

В качестве объектов исследования были использованы следующие образцы:

1. Образец №1 – контрольный в соответствии с традиционной рецептурой СТН;
2. Образец № 2 – с заменой хлеба на амарантовую муку;
3. Образец №3 – с заменой хлеба на амарантовую муку с добавлением альгината натрия.

Комиссией дегустаторов была проведена органолептическая оценка образцов. Текстура у образца №2 (с заменой пшеничного хлеба на амарантовую муку) упругая, плотная, консистенция – однородная. Вкус специфический, с привкусом амаранта,

аромат приятный, без посторонних включений. Образец №2 немного уступил контрольному по форме, цвету на разрезе, сочности и аромату.

Образец №3 (с включением амарантовой муки и альгината натрия) имеет специфический привкус и плотную, слегка суховатую консистенцию. Образец имеет больший объем по сравнению с контрольным за счет структурообразующих и влагоудерживающих свойств альгината натрия.

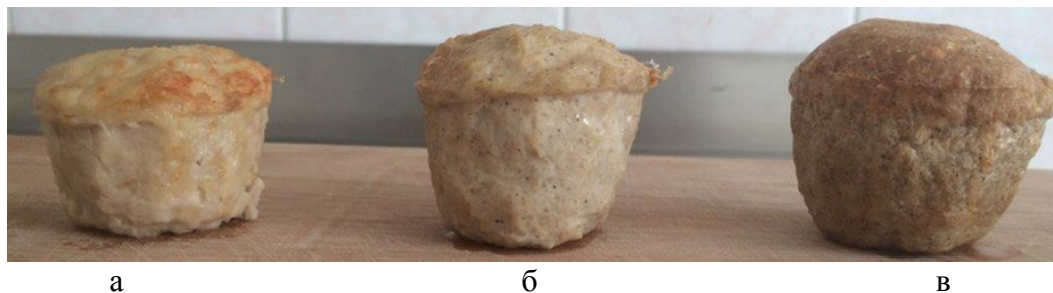


Рис. 1 – Изделия формованные из мяса птицы:
а – контрольный образец №1; б - образец №2; в – образец №3

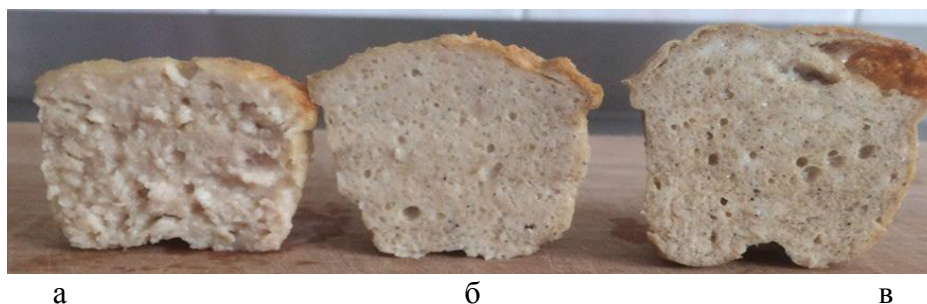


Рис. 2 – Изделия формованные из мяса птицы (вид на разрезе):
а – контрольный образец №1; б - образец №2; в – образец №3

Таким образом, применение амарантовой муки и альгината натрия в качестве структурообразующих компонентов для приготовления формованных изделий из мяса птицы положительно сказалось на органолептических свойствах продукции и позволяет использовать их в качестве альтернативных наполнителей.

Литература:

1. ГОСТ 32589-2013 Продукты кулинарные из мяса птицы. Общие технические условия. Введ. 2015.06.01.–М.: Стандартинформ, 2014.–16 с.
2. ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – Введ. 2017.01.01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.
3. Донская Г.А. Функциональные продукты // Мясная промышленность, 2015 г., №3. - С. 52-53.
4. Дьякова А. А. Расширение ассортимента изделий из мяса специализированного назначения / А. А. Дьякова, С. А. Елисеева // Здоровое питание с рождения: медицина, образование. пищевые технологии: материалы XI российского форума с международным участием / СПб гос. педиатрический медицинский университет. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 33.
5. Сборник технических нормативов. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания под редакцией Марчука Ф.Л.; Составители: Ананина В.А., Ахиба С.Л., Лапшина В.Т., Мальгина Р.М., Соколов В.Л., Рубан А.П., Ясюченя З.И. — М.: Хлебпроинформ, 1996. — 620 с. — ISBN 5-88676-044-X.
6. Quality // International Journal of Food Science & Technology, Volume 40, Issue 3, March 2005, Pages: 341–342, Version of Record online : 16 FEB 2005, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00875.x

СОСТАВ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА ВЕРБЛЮДА

А.Ю. Бирзолова, В.В. Кириллов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

alenchik199494@mail.ru

Результаты исследований потребительского рынка показывают, что основными продуктами потребления жителей России являются свинина и домашняя птица, а говядина занимает лишь третье место по потреблению. Это связано с повышением закупочных цен на говядину и дальнейшим сокращением производства в личном подсобном хозяйстве. В связи с чем встает вопрос о более дешевой альтернативе мяса крупного рогатого скота. Такой альтернативой, по мнению астраханских ученых, является верблюжати́на. На сегодняшний день стоимость килограмма мяса верблюда составляет 160 рублей, тогда как говядины – 260. При таком раскладе верблюдоводство останется дотационной отраслью.

Ее хорошо развитая мускулатура, соотношение мяса и костей в тушах 3,3–3,7:1 говорит о полномясности. Содержание соединительной ткани в мясе верблюда превышает содержание ткани в говядине в 2 раза, что объясняется высокой физической нагрузкой первого при жизни [7]. В связи с развитостью данной ткани мышечные волокна верблюжати́ны отчетливо выраженные, толстые, грубые и слегка волнистой формы, а цвет мяса насыщенно-красный [1].

Однако при этом мясо верблюда содержит высокий процент влаги (71%), который говорит о наибольшей сочности верблюжати́ны. Содержание белка (20–21%) в верблюжати́не при малом содержании жира (4–6%) позволяет сделать вывод, что процентное соотношение белка и жира является оптимальным [2].

При изучении технологических свойств верблюжьего мяса также определялась величина потерь при тепловой обработке. При жарке верблюжье мясо теряет в весе 35,6–36,3%, при варке – до 48,1–48,5% влаги [3].

Вареное мясо верблюда очень жесткое, жилистое, со сладковатым привкусом. Жир белый, плотный, но мягче, чем жир крупного рогатого скота. Откладывается он под кожей, особенно в горбах. Горб играет немало важную роль, так как от наличия в нем жира зависит содержание влаги, а также содержание жира в длиннейшей мышце спины. Благодаря минимальному содержанию грубых мышечных и соединительных тканей горб обладает наименьшей жесткостью, что, в свою очередь, снимает большинство ограничений в выборе и использовании тех или иных способов приготовления мяса. Жир с горба вытапливают и используют, в основном в кулинарии, причем в странах широкого распространения верблюдов этот жир ценится выше бараньего и говяжьего [1,10].

В пищевом отношении наиболее ценной является тазобедренная часть, так как в ней мало жировых отложений и меньше всего соединительной ткани – 2,8% [3].

При анализе химического состава было установлено, что белки верблюжьего мяса являются полноценными и содержат полный набор незаменимых хорошо сбалансированных аминокислот. По содержанию незаменимых аминокислот мясо верблюда сопоставимо с говядиной, но содержит в среднем в 2 раза меньше

фенилаланина. По остальным аминокислотам существенных различий не обнаружено (табл. 1) [6, 9].

Таблица 1

Аминокислотный состав верблюжатины и говядины

Аминокислота	Аминокислотный состав, г/100г	
	Верблюжати́на	Говя́дина
Незаменимые аминокислоты		
Изолейцин	4	4,2
Лейцин	8,0	7,9
Лизин	9,6	8,5
Метионин	2,7	3,8
Фенилаланин	4,15	7,8
Треонин	6,54	8,03
Триптофан	1,4	1,1
Валин	5,5	5,4
Аргинин	8,79	6,4
Гистидин	4,1	3,2
Заменимые аминокислоты		
Аланин	7,73	6,3
Аспарагиновая кислота	19,5	17,71
Цистеин	0,9	1,3
Глутаминовая кислота	18	14,5
Глицин	5,9	6,1
Пролин	4,1	4,6
Серин	3,9	4
Тирозин	3,8	3

Анализ липидного состава показал присутствие полиненасыщенных жирных кислот, в том числе таких незаменимых, как арахидоновая и линолевая, количество которых соизмеримо с содержанием кислот в липидах свинины, и более чем в 1,5 раза превышает их содержание в говядине [3].

В верблюжати́не по сравнению с говядиной содержится в 1,5 раза больше мононенасыщенной омега 9 олеиновой кислоты, которая способствует усилению таких свойств организма, как антиканцерогенные, иммунорезистентные, ангиопротекторные.

По витаминному составу верблюжати́на сопоставима с говядиной. Можно отметить наличие таких витаминов, как В₁, В₂, РР, В₉, С, А и Е [2].

Помимо преимуществ, описанных ранее, стоит отметить, что приживой массе верблюда в 500-800 кгубойный выход откормленных животных составляет 56%, а выход сала - до 160 кг, что является высоким показателем, особенно по сравнению с выходом мяса крупного рогатого скота. Мясная продуктивность верблюдов зависит от условия кормления и содержания. В условиях круглогодичного пастбищного содержания верблюдов максимальный прирост. Все это еще больше повышает экономическое значение верблюдоводства, как мясной отрасли животноводства [6].

Однако в связи с тем, что мясо ввиду специфичности вкусовых качеств не может конкурировать с говядиной, спрос на него невысок. Но если повысить вкусовые свойства этого непривычного мяса, то спрос на него увеличится в разы. Над этой задачей и работали ученые [8]. После необходимой обработки продукт из данного сырья можно считать аппетитным деликатесом. Так, в скором времени на производстве планируется организовать выпуск замороженных полуфабрикатов из верблюжати́ны [4,5].

Таким образом, полученные данные показывают не только возможность, но и перспективность использования нетрадиционного мясного сырья на производстве. Организация таких производств позволит обеспечить население регионов традиционными и привычными продуктами питания по доступной цене, а также послужит хорошим стимулом для развития новой отрасли животноводства.

Литература:

1. Я. М. Узаков, И. М. Чернуха. И снова о верблюжатине: исследование нутриентного состава //Мясная индустрия. – 2014. - №12. – С. 30-32.
2. Кененбай Ш.Ы., Разработка технологии производства полуфабрикатов и мясопродуктов повышенной биологической ценности из верблюжатины, диссертация – Алматы: АТУ, 2002. – 253с.
3. Узаков Я.М., Чернуха И.М. Аминокислотный профиль верблюжатины //17-ая МНПК конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова: Теоретические и практические аспекты управления технологиями пищевых продуктов в условиях усиления международной конкуренции. – Москва, 2014. – С. 216-218.
4. Использование нетрадиционного животного сырья в технологии мясных и мясорастительных консервов / Крылова В.Б., Густова Т.В., Манджиева Н.Н.// Мясная индустрия, -№11,2010г.
5. Архангельская П.А., Мурашев С.В. Натуральные колбасные оболочки: характеристика, подготовка, дефекты, термообработка. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1.
6. Мурмозова Л.В. Основы микробиологии санитарии и гигиены в пищевой промышленности: учебник для научного профессионального образования/ Мурмозова Л.В. – 2-е изд. – М.: Академия, 2003
7. Мурашев С.В., Кодиров У.О. Влияние глубины измельчения на свойства фарша говядины. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 1.
8. Мурашев С.В., Светличная В.Д., Петухова Д.Б. Особенности изменения цветового тона вареных колбасных изделий, возникающие под влиянием бетулина. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. - 2014. - № 4.
9. Мурашев С.В., Большакова О.С. Влияние металл-лигандного взаимодействия в гемовой группе на цвет форм миоглобина. Научный журнал НИУ ИТМО Процессы и аппараты пищевых производств 2014, № 3.
10. Парамонова А.П., Мурашев С.В. Стабильность железопорфириновых комплексов красного цвета и свойства лиганд // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. - 2014. - № 4.

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА РОСТ РЫБ

Н.М. Барбин, А.А. Чирков, М.И. Барашкин, К.С. Алексеев

Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

NMBarbin@mail.ru

В виду наложения ряда санкций на поставку продукции на территорию Российской Федерации, а так же как результат – интенсивное развитие рыбоводства, рыболовной отрасли требуется внимание не только к процессу полноценного кормления, но и к процессу содержания рыб, для их наибольшего прироста за максимально короткое время.

В рыбоводстве главная задача – разработка кормов, которые способны максимально обеспечивать метаболические процессы у рыб.

Мы же говорим о том, что основываясь на результатах проведенных исследований не только корма могут ускорять процесс прироста массы у рыб в хозяйстве, но и вода, то есть условия в которых содержится выращиваемая рыба.

В настоящее время существуют различные методики очистки воды, например с помощью наночастиц серебра [1–4].

Перспективным методом обеззараживания и воздействия на воду является кавитационная, гидродинамическая обработка жидкости [5].

Под кавитацией в широком смысле слова понимают процесс нарушения сплошности внутри жидкости с образованием и схлопыванием парогазовых пузырьков и их скоплений. При этом в жидкостях происходят сложные физико-химические явления, в результате которых не только ускоряются отдельные химические реакции, но и происходят реакции, не идущие в других условиях [6].

При разработке технологии, использующей гидродинамическую кавитацию, большую роль играет устройство для ее генерирования. Сегодня для создания кавитации существует большое количество устройств, принцип работы и конструкция которых направлены на реализацию конкретных задач [7].

Кавитационную обработку воды для исследования проводилась на базе специально созданной для этого экспериментальной лаборатории при помощи специального прибора, кавитатора [8]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с применением общепринятых методик.

Объектом исследования были выбраны пресноводные золотые рыбки, которые были выращены в условиях экспериментальной лаборатории. Общая продолжительность проведенного исследования составила семьдесят пять дней.

Было создано две группы, опытная и контрольная. Были созданы идентичные условия содержания, кормления, температурного режима. Единственным отличием стало – в аквариуме с опытной группой была вода подвергнутая гидродинамической обработке.

В процессе эксперимента производилась регулярная замена воды из аквариумов в объеме 30% в каждом. В опытный аквариум добавлялась кавитационно-обработанная вода, а в контрольном добавлялась вода без обработки. Для обоих аквариумов забор воды производился из одного источника – городского водопровода. Периодичность замены воды составила 1 раз в 3 суток.

Кормление рыб проводилось специальным кормом для золотых рыб, объем корма и периодичность кормления для контрольной и опытной групп были идентичны.

Взвешивание производилось на лабораторных электронных весах MASSA-KBK-600, с периодичностью 1 раз в 7 дней.

В процессе эксперимента велась автоматическая безостановочная запись измерений рН и окислительно – восстановительного потенциала воды в каждом из аквариумов. Для измерений использовались: прибор серии АНИОН – 4100 предназначенный для измерения ЭДС, рН (рХ), молярной, массовой концентрации ионов, удельной электрической проводимости и солесодержания, а так же синхронизированный с ним персональный компьютер для записи полученных результатов.

В процессе эксперимента происходило изменение физико – химических свойств воды прошедшей кавитационную обработку в опытном аквариуме, в отличие от воды в контрольном аквариуме. В опытном аквариуме наблюдается растянутое во времени увеличение показаний рН и снижение окислительно восстановительного потенциала воды.

Водородный показатель оказывает существенное влияние на биологические и биохимические процессы и по этому имеют очень важное значение в жизни рыб, особенно в период роста и развития [9].

Показатели по динамичности прироста живой массы тела у рыб опытной группы на 12,6% превышают аналогичные показатели у рыб контрольной группы.

Набор массы в контрольной группе прекратился на 17 дней раньше, чем в опытной. Средняя длина рыб в опытной группе отличается на $10,5 \pm 2\%$ от контрольная.

Таким образом можно сделать вывод о эффективности применяемой методики содержания пресноводных рыб в воде прошедшей кавитационную обработку. Данную методику можно рекомендовать рыбоводческим хозяйствам.

Литература:

1. Барбин Н.М., Чирков А.А. Применение препаратов на основе наночастиц серебра для предотвращения микробиологического заражения продуктов питания. В сборнике: Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке Материалы конференции. 2015. С. 132-133.
2. Чирков А.А., Барбин Н.М. Использование препарата на основе наносеребра в качестве консерванта направленного действия для предотвращения микробиологического заражения продуктов питания. Молодежь и наука. 2017. № 1. С. 43.
3. Чирков А.А., Барбин Н.М. Применение препаратов на основе наночастиц серебра в агропромышленном комплексе. В книге: Международный симпозиум «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства» ISCHEM 2015 Тезисы доклада Международного симпозиума. 2015. С. 234.
4. Чирков А.А., Барбин Н.М., Использование препарата на основе наносеребра в качестве консерванта направленного действия для предотвращения микробиологического заражения продуктов питания. Молодежь и наука. 2017. №1. С. 43.
5. Чирков А.А., Барбин Н.М., Барашкин М.И. Применение гидродинамической кавитации в процессе водоподготовки и анализ различий развития пресноводных рыб в воде, прошедшей кавитационную обработку. Молодежь и наука. 2017. № 3. С. 124.
6. Куц Е. В., Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение эффективности очистки воды с использованием гидродинамической кавитации» Вятский государственный технический университет, Киров 2000;
7. Васильева Н.Б. Очистка сточных вод с использованием гидродинамической кавитации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, 2008 г.
8. Структуризатор Уварова. ТУ 924.39.057.
9. Полонский А.С. Популярные аквариумные рыбы. Справочник по содержанию и размножению. – М.: «Аквариум Принт», 2010. С. 330.

УДК 637.3;

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОДУКТЫ С ОНКОПРОТЕКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Т.Н. Белякова, Л.А. Забодалова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

tnbelyakova517@gmail.ru

Вопрос онкологии в современном мире стоит очень остро. С каждым годом число пациентов онкологических диспансеров растет и следует отметить, возрастная группа представлена широко. Поэтому вопрос о профилактике данного заболевания стоит остро. Важна профилактика как первоначальная, так и для снижения риска рецидива заболевания. После тяжелого процесса лечения химиотерапии, наряду с раковыми клетками, погибают и здоровые клетки организма, снижается иммунитет. Организм испытывает сильную нагрузку на все органы и системы и ему необходима помощь в данный и последующий период восстановления. Сбалансированное питание является важнейшей частью после химиотерапевтического лечения. Необходимо следить за нужным соотношением в пище жиров, белков, углеводов и количеством потребляемых калорий. Система рационального питания является важным фактором в разработке комплексного лечения злокачественных опухолей. Одной из главных задач в питании раковых больных является предотвращение потери веса и поддержание нормального жизненного уровня. После нарушения слизистой оболочки снижается усвоение полезных веществ, поэтому пища должна быть высококачественной и легко перевариваемой [2].

Всем известно, что кисломолочные продукты полезны для применения в диетотерапии при многих заболеваниях и рак не исключение. Так белки, так как протеолитические ферменты, выделяемые молочной микрофлорой, частично расщепляют белки, тем самым увеличивает полноту и скорость их усвоения. Также интенсивнее усваиваются минеральные вещества. После того как полезная микрофлора частично погибает после облучения, необходимы как пребиотики, так и пробиотики.

В настоящее время в терапии многих заболеваний с каждым годом возрастает эффективность применения биологически активных веществ, полученных из растительного сырья. Еще одна тенденция использование природных онкопротекторов и антиоксидантов в вспомогательной медицине на растительном сырье, которые не токсичны и не вызывают привыкания. Поэтому комбинация этих двух направлений, послужила бы хорошую службу для медицины. Так в результате исследования эффективности использования индол-3-карбинола в комплексной терапии у женщин с ВПЧ-ассоциированной патологией шейки матки результатам проведенного исследования установлено, что эффективность комплексного лечения папиллома вирусных субклинических поражений шейки матки у пациенток 1-й группы, получавших в составе комплексной терапии индол-3-карбинол, составила 85,9%, что достоверно выше, чем у пациенток группы сравнения — 69,1% (которым этот препарат не назначался) [5].

На основании исследований Российских ученых установлено, что β -аспарагин, выделенный из корней лопуха культивированного в Алтайском крае, обладает дозозависимым апоптозиндуцирующим влиянием на опухолевые клетки [1].

По результатам исследований Боева Р.С. было установлено, что аминокислотный состав корня лопуха большого, представлен аспарагином, аспарагиновой кислотой, глутамином, глутаминовой кислотой, гистидином, лизином, пролином, метионином. В корне лопуха идентифицированы: аспарагин, глутаминовая кислота, цистеин, 5-оксилизин. В наибольшем количестве в свободном состоянии содержится аспарагин (6,4% в пересчете на сырье и до 50% в пересчете на сумму аминокислот). Установлено, что из корней лопуха второго года вегетации выделен L-β-аспарагин. Впервые 1996 г было проведено тестирование апоптозиндуцирующего действия β-аспарагина на опухолевых клетках карциномы Эрлиха по методу С.Н.Орлова [1].

Российскими учеными в эксперименте на мелких грызунах, установили что препарат обладает весьма низкой «острой» токсичностью. Исследованные экстракты корня лопуха и аспарагин (выделенный из корней лопуха) при однократном введении в желудок не токсичны. Их отнесли к группе мало опасных веществ.

Установлено, что β-аспарагин, выделенный из корней лопуха, обладает дозозависимым апоптозиндуцирующим влиянием на опухолевые клетки, наиболее выраженным при концентрации порядка 0,5 мг/мл (индукция апоптоза до 87%) от контроля (опухолевые клетки без воздействия), при концентрации 0,05 мг/мл индукция апоптоза составляет 5,4% [1].

В состав экстракта входит природный полифруктозан-инулин. Он частично расщепляется в желудочно-кишечном тракте до фруктозы. Нерасщепленная его часть, являясь сорбентом и в свою очередь выводит из организма массу ненужных организму веществ от тяжелых металлов, радионуклидов до излишков липопротеинов низкой плотности. Является пребиотиком для ряда *Bifidobacterium*, содержащихся в микрофлоре кишечника, содействуя, таким образом, нормальному функционированию желудочно-кишечного тракта [4]. При этом инулин способствует усвоению витаминов и минералов в организме и выступает в роли иммуномодулятора, гепатопротектора и онкопротектора.

В нашей стране кисломолочные продукты являются традиционными. В кисломолочных продуктах многие питательные вещества молока становятся более полезнее и лучше усваиваются. В ежедневный рацион современного человека входят сыр, творог, йогурт, кефир, ряженка и другие виды. Исходя из этого, был выбран кисломолочный продукт изготавливаемый по технологии йогурта. При разработке рецептуры данного продукта следует учесть не только профилактические свойства, но и потребительские свойства. Экстракт корня лопуха вносили на начальной стадии приготовления смеси в натуральное обезжиренное молоко заквашивания, после чего добавляли закваску прямого внесения, состоящую из *Streptococcus salivarius*ssp. *Thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (ТУ 9229-369-00419785-04). В состав закваски входят пробиотические культуры, что будет способствовать нормализации состава микрофлоры кишечника. На первых этапах исследований была проведена оценка влияния сухого экстракта на динамику кислотообразования, активной кислотности и органолептических показателей готового продукта. Согласно результатам эксперимента процесс сквашивания образцов с внесенной сухой экстракта корня лопуха проходит равномерно и практически не отличается от контрольного. Требуемая титруемая кислотность опытных образцов (75–80°Т) достигается за 4 часа.

Начальную кислотность, в образцах с добавлением экстракта корня лопуха наблюдалось образования плотного сгустка в течение всего процесса сквашивания.

Аналогичная тенденция наблюдалась в изменении активной кислотности смеси в процессе сквашивания. На основании проведенной дегустации выявлено, что введение растительного компонента изменяется вкус кисломолочного продукта, цвет и запах. В следствии этого необходимо подобрать оптимальную дозировку внесения с учетом некоторых особенностей вводимого растительного сырья. Продукт должен

вмещать эффективную суточную дозу, обеспечивающую апоптозіндуцирующее действие активного вещества на организм.

Предполагается, что потребление кисломолочного напитка в профилактических целях будет способствовать поддержанию адекватного гомеостаза в организме человека [2].

Литература:

1. Боев Р.С. Химическое исследование корней лопуха как источника биологически активных веществ противоопухолевого действия: автореф. дис... канд. хим. наук. Томск, 2006. 22 с.
2. Кругляк Л. Лечебное питание при раке. Существует ли альтернативная «раковая диета». СПб.: Крылов, 2008. 121с.
3. Белякова Т.Н., Забодалова Л.А. Характеристика основных групп веществ с онкопротекторными свойствами// Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Том 1. Университет ИТМО, 2016. С. 142-145.
4. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Михайловская И.Ю. Изучение динамики изменения содержания инулина в корнях лопуха большого (*arctium lappa* L.) И одуванчика лекарственного (*taraxacum officinale webb.*) В процессе вегетации// Вестник воронежского государственного университета. Серия: химия. Биология. Фармация. Воронежский государственный университет (Воронеж) – 2016.-№ 4.-С.133-136.
5. Шперлинг Н.В., Венгеровский А.И., Персидская О.А., Шперлинг И.А. Опыт применения индинола при рецидивирующей папилломавирусной инфекции гениталий // Клиническая дерматология и венерология. - 2009. - № 2. - С. 32–36.

БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК582.284:57.083.1

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЛИГНИНА НА НАКОПЛЕНИЕ МЕЛАНИНА КУЛЬТУРОЙ *INONOTUSOBLIQUUS*

Л.Н. Уразлина, В.Р. Хабибрахманова, М.А. Сысоева, И.Д. Ахмеджанов

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

industrious.64@mail.ru, venha@rambler.ru

Меланины – это высокомолекулярные пигменты, имеющие нерегулярный химический состав и сложную структурную организацию. Их синтезируют грибы, растения, а также организмы животных и человека.

Одним из перспективных грибов, накапливающих в природных условиях меланин в большом количестве 10-20%, является *Inonotusobliquus* (чага). Меланины чаги проявляют широкий спектр биологической активности, например, антиоксидантную, противоопухолевую, противовирусную, гепатопротекторную, радиопротекторную и др. [1].

С учетом развития и достижений в биотехнологии альтернативным способом получения меланинов чаги является ее культивирование в искусственных условиях. Преимущество этого подхода заключается в возможности получения большого количества целевых продуктов с заданными физико-химическими характеристиками в короткие сроки и с меньшими затратами.

Известно, что немаловажное влияние на рост культуры оказывает внесение в питательную среду дополнительных стимулирующих ростовых веществ. Однако при культивировании грибов, довольно трудно создать условия, приближенные к природным. Таким образом, актуальной задачей является поиск таких веществ, которые позволяют обеспечить оптимальный рост и накопление вторичных метаболитов, в условиях культуры.

Целью работы являлось исследование влияния различных источников лигнина на накопление меланина и соответствие его физико-химических характеристик меланину, накапливаемому чагой в природе.

Ранее нами было установлено, что штамм *Inonotusobliquus* SUB2092728 лучше растет на глюкозо-картофельной среде [2]. Для того чтобы ускорить накопление меланина культурой, в качестве фактора роста были выбраны различные источники лигнина – опилки березы и полифепан. Этот препарат, выпускаемый фармацевтической промышленностью, представляет собой гидролизат лигнина.

Культивирование штамма *Inonotusobliquus* SUB2092728 проводили в течение 30 суток на агаризованной картофельно-глюкозной среде, куда были добавлены опилки березы либо полифепан в концентрации 1% или 0,01%.

Показано, что внесение в питательную среду 0,01% полифепана стимулирует накопление меланина культурой до 1,70 г/л. Происходит сокращение лаг-фазы и фазы ускоренного роста на 5 суток, а также увеличение количества, накапливаемого

меланина в 3–4 раза, по сравнению с культурой, выращенной на контрольной среде. Это свидетельствует о лучшей адаптации культуры в среде с этим источником лигнина.

По сравнению с литературными данными [3], меланины, полученные нами при культивировании на среде с введением полифепана, за более короткий период роста на 30 сутки (в сравнении с 180 сутками), имеют ИК-спектры сопоставимые со спектром меланина, выделенным из природной чаги. Анализ элементного состава исследуемых меланинов показал меньшее содержание в них азота, по сравнению с меланинами, выращенными в культуре [3], и больше его содержание по сравнению с меланинами, выделенными из природной чаги.

Таким образом, показано, что применение полифепана при культивировании *Inonotus obliquus* позволяет интенсифицировать его рост на плотных питательных средах.

Литература:

1. Уразлина Л.Н., Сысоева М.А., Хабибрахманова В.Р. Способ получения меланина из чаги // Патент RU 2582972. 2015.
2. XV международная конференция молодых ученых «пищевые технологии и биотехнологии»: сб. материалов конференции, г. Казань, 13-14 апреля 2016 г. – Казань: Издательство «БРИГ», 2016. – С. 245-247.
3. Условия образования пигментного комплекса чаги в искусственной культуре / О.П. Низковская [и др.] // Микробиология. – 1960. – Т. 29, вып. 3.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАШИННО-АППАРАТУРНЫХ СХЕМ МИНИПИВОВАРЕН

Д.Д. Темершин, А.Г. Новоселов, Ю.Л. Малахов, Ю.Н. Гуляева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

dima-lestreyd@mail.ru, dekrosh@mail.ru

На сегодняшний день в пищевой промышленности, одной из главных задач является повышение эффективности производства, снижение капитальных и энергозатрат, улучшение качества продукта. Данные тенденции также касаются и пивоваренной промышленности, однако из-за монополизации рынка иностранными компаниями, объем производства пива отечественными пивными компаниями, начиная с 2007 года значительно снизился.

Решение данной проблемы видится в создании минипивоварен, использующих современное оборудование и технологии пивоварения. Развитие малых пивоварен в техническом плане может гарантировать наличие на машиностроительном рынке оборудования, позволяющего последовательно осуществлять несколько технологических процессов.

Классическая технология производства пива состоит из следующих этапов и изображена на рис.1[1,2].

1. Измельчение солода;
2. Приготовление затора;
3. Приготовление сусла;
4. Охмеление сусла (варка);
5. Брожение и созревание;
6. Фильтрация, розлив.

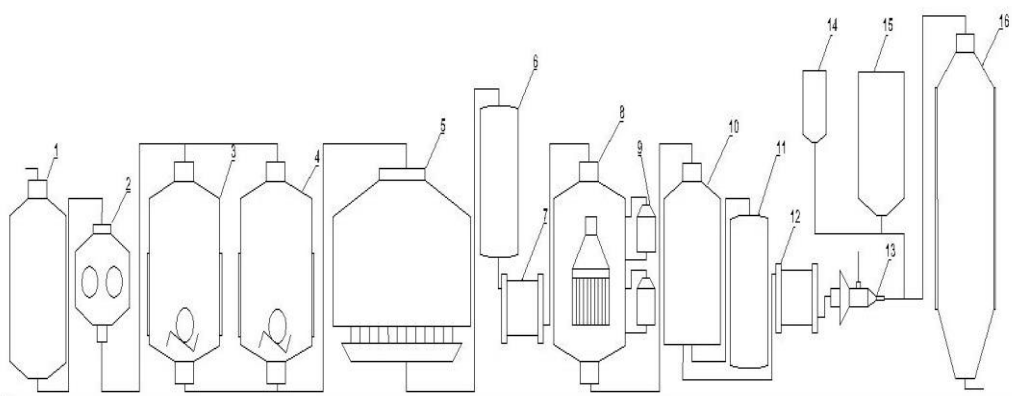


Рис. 1. Классическая схема производства пива

Рассмотрим данную схему подробнее. Из емкости для хранения 1 солод поступает в вальцовую дробилку для измельчения 2, после этого измельченный солод загружается в заторный чан 3 и смешивается с водой, где происходит процесс затираания при температуре 60–70°C. После этого треть сусла из емкости 3 перекачивается в емкость 4 где происходит варка сусла при температуре 80°C до

осахаривания с последующим переливом в емкость 3. После этого сусло варится до полного осахаривания и перекачивается в фильтр-чан 5 где происходит фильтрация осахаренного сусла от частичек солода. Далее отфильтрованное осахаренное сусло перекачивается в промежуточную емкость 6 и далее поступает в пластинчатый теплообменник 7 для нагревания. В варочном котле 8 происходит смешение сусла с хмелем, поступающим из хмелевых бачков 9. После этого охмеленное сусло попадает в гидроциклон 10, где происходит разделение охмеленного сусла от твердых частиц сусла. Охмеленное горячее сусло попадает в теплообменник 12, а взвеси хмеля (труб) переходят в емкость 11. В теплообменнике 12 происходит охлаждение сусла до 10-12 градусов. После этого охлажденное, охмеленное сусло поступает в аэратор 13, где происходит насыщение сусла кислородом воздуха. Далее охлажденное, аэрированное кислородом сусло смешивается с чистой дрожжевой культурой, поступающей из емкостей 14, 15 [3].

В данной схеме тепловые, массообменные, гидромеханические процессы происходят в технологических аппаратах 3,4, 7, 8, 12, 13.

Важным фактором интенсификации производства малых пивоварен является возможность сокращения технологической линии путем проведения нескольких процессов в одном аппарате.

С этой целью нами предложено использовать модифицированную машинно-аппаратную схему производства с использованием кожухотрубного струйно-инжекционного аппарата (КСИА) [4]. Данный аппарат состоит из трех элементов:

1. Теплообменник-аэратор;
2. Емкость-накопитель;
3. Циркуляционный насос.

Предполагаемая схема производства пива с использованием КСИА выглядит следующим образом рис.2

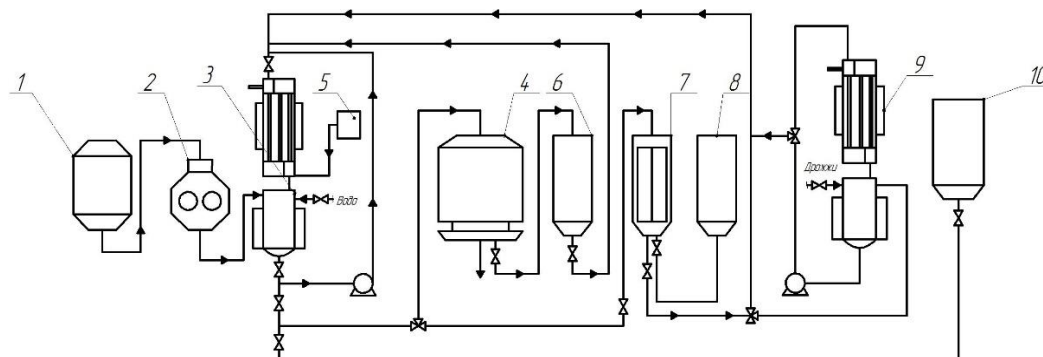


Рис. 2. Усовершенствованная машинно-аппаратная схема с использованием КСИА

Процесс производства пива начинается с бункера хранения солода 1. Далее солод попадает в вальцовую дробилку 2 для измельчения и после этого измельченный солод загружают в емкость накопитель КСИА №1 3 куда подается и вода. После этого происходит процесс затирания сусла. Перемешивания происходит с помощью циркуляции жидкости, которая осуществляется насосом и процесс нагревания в теплообменнике. Процесс затирания происходит при 60–70°C до осахаривания сусла. После этого осахаренное сусло попадает в фильтр-чан 4, где происходит разделение сусла от взвесей. Затем осахаренное фильтрованное сусло переходит в промежуточную емкость и транспортируется обратно в КСИА для последующей варки с хмелем. Хмель в КСИА подается из бачка хранения 5. Процесс охмеления происходит при температуре 80–90°C. Далее, охмеленное сусло направляется в вихрь 7 для отделения хмельной взвеси. После разделения хмельного остатка (труба) охмеленное сусло отправляется в поагатор для выращивания чистой культуры пивных дрожжей.

Остальное сусло отправляется на охлаждение и аэрирование в КСИА. Процесс охлаждения осуществляется до температуры 7–8°C. Далее аэрированное сусло поступает в бродильное отделение 10 куда так же поступает чистая культура дрожжей из пропагатора

Анализируя новую машинно-аппаратурную схему, можно сделать вывод, что внедрение такого универсального аппарата, как КСИА, позволит заменить как минимум 5 единиц технологического оборудования, что позволит существенно снизить капитальные затраты на приобретение, монтаж и запуск в производство малых пивоварен. Кроме того, конструкция КСИА может быть использована как отдельный аппарат, для выращивания чистой культуры дрожжей. Для проверки работоспособности предложенной схемы необходимо выполнение комплексных исследований применения КСИА в качестве заторного аппарата, варочного аппарата, и аппарата для выращивания чистой культуры.

Литература:

1. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс; при участии В. Бака; пер. с нем. А. А. Куреленкова. — СПб.:Профессия, 2007. — с.59
2. Кунце В, Технология солода и пива / КунцеВ.. — СПб.: Профессия, С. 201 – 380.
3. Технология отрасли. Технология пива: учебное пособие / Т.Н. Борисенко, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2007. - 136
4. Тишин В.Б. Культивирование хлебопекарных дрожжей в высококонцентрированной среде/ Тишин В.Б, Новоселова А.Г., Анисимов С.А. // Межвузовский сборник научных трудов «машины, агрегаты, процессы и аппараты пищевой технологии» - Л.ЛТИХП, 1990 г., С. 22-27.

ЭКСТРАКЦИЯ И АНАЛИЗ ИЗОФЛАВОНОИДОВ СОЕВОЙ МЕЛАССЫ

Е.Г.Ковалева¹, К. Дуру Цхидумага¹, Т.В. Глухарева¹, Баракова Н.В.²

1 – Уральский Федеральный университет имени Первого Президента Российской Федерации Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

e.g.kovaleva@urfu.ru

Исследователи полагают, что в основе положительного влияния соевых продуктов на организм человека являются изофлавоноиды сои. Эти вещества относят к фитоэстрогенам из-за их структурного сходства с человеческими эстрогенами, так как оказывают свое биологическое действие посредством взаимодействия с рецептором эстрогена [1]. Эти соединения обнаружены в сое в виде 7-Огликозидов, таких как дайдзеин, глицитин и генистин, с небольшим содержанием агликонов (примерно 2-3%). Природные изофлавоноиды могут быть дегликозилированы до их агликонной формы под действием кишечных бактерий, эта агликонная форма оказывает более высокую биологическую активность по сравнению с их гликозидной формой [2].

Традиционные методы извлечения изофлавоноидов органическими растворителями широко распространены более столетия назад, но значительно расходование органического растворителя и низкий выход продукта после экстракции были серьезной проблемой, что инициировало появление экологических методов как экстракция под давлением жидкости [3], экстракция сверхкритической жидкостью [4], экстракция с помощью микроволн [5] и ультразвуковая экстракция [6], для которых характерны меньшие количества растворителя и меньшее время экстракции по сравнению с традиционными методами. В настоящее время высокая стоимость применяемого оборудования является серьезной проблемой их широкого использования. Поэтому разработка экологических и в то же время малозатратных методов извлечения является очень актуальной в настоящее время. Недавно авторы [7] предложили методы экстракции изофлавоноидов из корня кудзу методом ферментации с помощью *C. acetobutylicum* ATCC 824. До настоящего времени не было проведено исследований по применению ферментации для извлечения изофлавоноидов из соевой мелассы, отходного продукта производства соевого белка, которая также содержит стахиозу, раффинозу, фитоэстрогены, сапонины, фитостерины, фитаты, ингибиторы Баумана-Бирк, фосфолипиды и фенольные кислоты. Поэтому данное исследование посвящено методу экстракции изофлавоноидов из соевой мелассы методом ферментации спиртовыми дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* в сравнении с традиционным методом экстракции, их идентификации и анализу.

Соевая меласса была приобретена в ЗАО «Агропродукт», Калининградская область Россия, спиртовые дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* изготовлены ООО «Дрожжевой завод» (Минск, Беларусь).

В традиционном методе экстракции 2,5 г соевой мелассы смешивали с 20 мл раствора этилацетат – вода с гидромодулем 1:3. Использовали различное время экстракции (20; 40; 60; 80 минут соответственно). В конце каждого времени экстракции супернатант собирали, центрифугировали при 6000 об/мин в течение 15 мин и выпаривали на роторном испарителе под вакуумом при 65°C и 60 об/мин). Перед

проведением анализа экстракт растворяли в 3 мл 96%-ного этанола. В методе экстракции, основанном на ферментации соевой мелассы спиртовыми дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, процесс сбраживания соевой мелассы проводился в соответствии с методикой, описанной в [8], с небольшой модификацией. 100 г соевой мелассы растворяли в 500 мл дистиллированной воды и стерилизовали в автоклаве при 121°C в течение 15 минут. Дрожжи предварительно активировали в ламинарном шкафу. 2 г *Saccharomyces cerevisiae* взвешивали и растворяли в 50 мл дистиллированной воды при 30–35°C, затем к растворенным дрожжам добавляли 0,8 г гранулированного сахара и выдерживали в течение 30 минут перед инокуляцией. Далее активированные дрожжи инокулировали в раствор соевой мелассы и выдерживали в анаэробных условиях в ферментере при комнатной температуре в течение 3-х дней. Через 3 дня брожение было завершено, что определялось визуальным наблюдением отсутствия выделения CO₂. Ферментированную соевую мелассу центрифугировали при 6000 об/мин в течение 20 минут, дрожжи и надосадочные растворы (супернатанты) собирали отдельно. Супернатанты выпаривали с использованием роторного испарителя под вакуумом (60°C, 65 об/мин) и 2,5 г сухого ферментированного остатка экстрагировали, используя 70% этанол и раствор этилацетат-вода (гидромодуль 1:3) в течение промежутков времени, указанных выше.

Идентификацию изофлавоноидов проводили на газовом хроматографе GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu, оснащенного масс-спектрометром и капиллярной колонкой DB-5 мс (30 м×0,25 мм; 0,25 мкм), содержащей 5% дифенил – 95% диметилполисилоксан. В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью потока 1,5 мкл/мин. Без предварительной обработки 1 мкл экстракта закалывали в колонку и соединения идентифицировали путем сравнения экспериментальных масс-спектров с таковыми из библиотеки Национального института стандартов и технологий (NIST). Количественное содержание изофлавоноидов определяли как с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по дайдзеину, так и по методике, описанной в [9], по реакции комплексообразования с AlCl₃. В качестве стандарта использовали кверцетин. Для определения содержания дайдзеина в каждом экстракте использовали метод стандартных добавок, как описано в [10]. Аликвоту 100 мкл стандартного раствора дайдзеина (1 мг/мл) добавляли к 400 мкл экстракта (нативного), растворенного в 96%-ом этаноле. Хроматограммы растворов экстракта без добавки стандарта и в присутствии добавки регистрировали на ВЭЖХ Agilent 1200 Infinity с использованием УФ-видимого детектора. Пик дайдзеина был обнаружен при времени удерживания 5,95 мин.

Антирадикальную (антиоксидантную) активность экстрактов определяли методом ЭПР по разности количества парамагнитных частиц стабильного свободного радикала 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ), измеряемых до и после полного прохождения химической реакции между свободным радикалом и анализируемым веществом [11]. Определение проводили после завершения химической реакции, которое сопровождается снижением интенсивности ЭПР - спектра свободного радикала после добавления анализируемого вещества. АОА в этом случае рассчитывают по формуле:

$$AOA = \frac{(n_{s1} - n_{s2}) \times C_{DPH}}{n_{s1}}, \quad (1)$$

где АОА – антиоксидантная активность, М-экв; C_{DPH} – концентрация ДФПГ в исходном растворе, М; n_{s1} – начальное количество парамагнитных частиц ДФПГ, ед.; n_{s2} – количество парамагнитных частиц ДФПГ после взаимодействия с анализируемым веществом, ед.

Изофлавоноиды дайдзеин и генистеин были обнаружены в полученных экстрактах и идентифицированы с помощью газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, используя для сравнения масс спектры библиотеки NIST (рис.1). Хроматографические пики этих соединений были зафиксированы при временах удержания (t_r) 23,3 и 25,7 мин, соответственно.

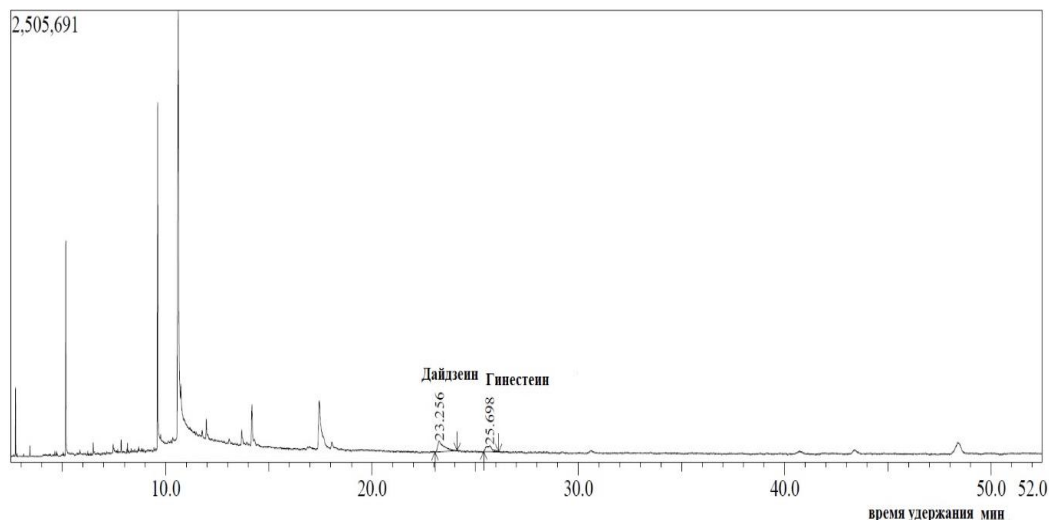


Рис. 1. ГХ-МС спектр экстракта соевой мелассы, полученного методом ферментации

Было найдено, что содержание дайдзеина, определенное методом добавок в ВЭЖХ [10], была выше при времени экстракции 80 мин ($3,82 \pm 0,11$ мг дайдзеина/г экстракта мелассы) по сравнению с полученным при времени экстракции 60 мин ($2,89 \pm 0,11$ мг дайдзеина/г экстракта мелассы), т.е. что время контакта между растворителем и соевой мелассой оказало влияние на выход дайдзеина. Полученные нами данные коррелируют с результатами исследования, проведенного в [12], в котором сообщается, что увеличение времени экстракции при использовании ультразвука позволило увеличить выход пуэрарина и основных изофлавоноидов из корня *Pueraria lobata* radix. На основании другого исследования по экстракции изофлавоноидов из ростков соевых бобов при варьировании объемов этанола и времени экстракции, было показано, что выход изофлавоноидов растет с увеличением времени экстракции [13]. Однако в [14] было высказано противоречащее результатам статьи [13] суждение, что при временах экстракции 1; 4; 20 и 24 часа соответственно, в условиях постоянного перемешивания нет никакого изменения в суммарном выходе и выходе отдельных изофлавоноидов в ходе их экстракции из соевой муки с использованием 70%-ного водного этанола, содержащего 0,1% уксусной кислоты. Авторы этой статьи предположили, что постоянное перемешивание, обеспечивающее лучший контакт частиц сои и растворителя, создает условие, при котором наблюдается одинаковый выход изофлавоноидов.

Как показано на рис.2, ферментационный способ экстракции изофлавоноидов из соевой мелассы приводит к увеличению общего содержания изофлавоноидов, определенного по методике [9] по сравнению с традиционным способом экстракции с использованием растворителей, причем с увеличением времени экстракции с 20 до 80 мин их выход увеличивается, достигая максимума при 80 мин.

В работе [15] показано, что ферментация продуктов из соевых бобов штаммами *Bacillus* spp. увеличивает общее содержание изофлавоноидов в сравнении с неферментированными продуктами. Можно предположить, что ферментация активирует изофлавоновый агликон по сравнению с экстракцией неферментированной соевой мелассы.

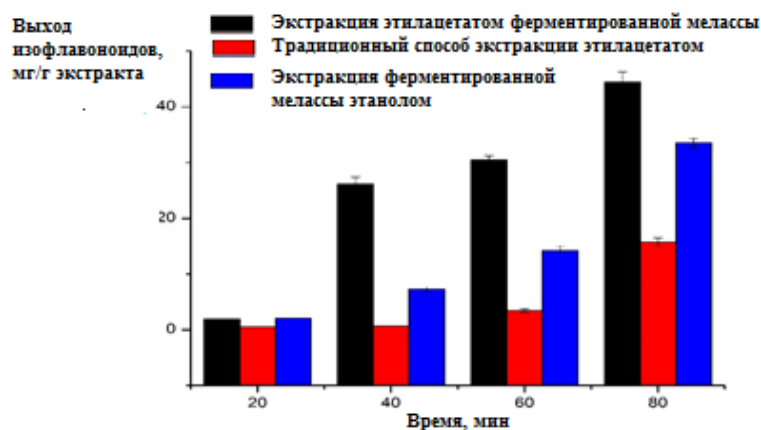


Рис. 2. Общее содержание изофлавоноидов в экстракте после ферментации соевой мелассы и традиционным способом экстракции растворителями

Нами показано, что общее содержание изофлавоноидов в экстракте соевой мелассы коррелирует с его антиоксидантной активностью. Из таблицы 1 видно, что антиоксидантная активность экстрактов ферментированной соевой муки, полученных в результате взаимодействия как смесью этилацетата и воды, так и 70%-ом этанолом, выше по сравнению с экстрактами, полученными по традиционной методике с использованием этилацетата. Ранее авторы [16] доказали, что экстракты, полученные ферментацией соевых бобов с помощью *B.thermophilum* KFR1 00748, проявили большую антирадикальную активность по сравнению с экстрактом неферментированной сои. Мы также можем связать этот факт с превращениями глюкозидов изофлавоноидов в агликоны, которые обладают наибольшей биологической активностью. Продукт, полученный в результате экстракции сухого ферментированного остатка соевой мелассы смесью этилацетата и воды показал наивысшую антиоксидантную активность по сравнению с 70%-ом этанолом (табл.1). Полученный результат хорошо согласуется с данными работы [17], в которой отмечается более высокая антиоксидантная активность этил ацетатного экстракта красных водорослей по сравнению с водно-этанольным, -метанольным и -ацетонным экстрактами.

Таблица 1.

Антирадикальная активность (АОА) экстрактов изофлавоноидов соевой мелассы по отношению к ДФПГ радикалу

	Кол-во спинов ДФПГ, ед. $\times 10^{16}$	Конц-ция спинов, М $\times 10^{-3}$	АОА, мЭКВ
DPPH (initial solution in ethanol)	1,73 (n_{s1}) (Eq.1)	0,912	
B1	1,22 (n_{s2}) (Eq.1)	0,63	0,0269
B2	1,50 (n_{s2}) (Eq.1)	0,77	0,0121
B3	1,62 (n_{s2}) (Eq.1)	0,84	0,0055

B1 – экстракт ферментированного продукта этилацетатом, B2 – экстракт ферментированного продукта этанолом, B3 – экстракт традиционным способом этилацетатом.

Исследование показало, что экстракционное извлечение изофлавоноидов при проведении предварительно ферментации соевой мелассы помощью экстракции,

является эффективным «зеленым», а также относительно дешевым способом по сравнению с традиционными методами, использующими растворители. Выход изофлавоноидов и содержание антиоксиданта значительно больше после проведения ферментации по сравнению с обычным методом экстракции. Тем не менее, существует потребность в дальнейшей оптимизации этого метода для улучшения выхода извлечения.

Часть результатов была получены в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 4.9514.2017/8.9.

Литература:

1. Oseni T. Selective estrogen receptor modulators and phytoestrogens / Oseni T., Patel R., Pyle J., Jordan V.C. // *Planta Medica*. 2008. Vol. 74. P. 1656-65.
2. Hur H. Biotransformation of the isoflavonoids biochanin A, formononetin, and glycitein by *Eubacterium limosum* / Hur H., Rafii F. // *FEMS Microbiological Letters*. 2000. Vol. 192. P. 21-5.
3. Ju Z.Y. Effects of solvent and temperature on pressurized liquid extraction of anthocyanins and total phenolics from dried red grape skin / Ju Z.Y., Howard L.R. // *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2003. Vol. 51. P. 5207-13.
4. King J.W. Modern supercritical fluid technology for food applications // *Annual Reviews of Food Science Technology*. 2014. Vol. 5. P. 215-38.
5. Liu Y.K. Response surface optimization of microwave-assisted extraction for HPLC-fluorescence determination of puerarin and daidzein in *Radix Puerariae thomsonii* / Liu Y.K., Yan E., Zhan H.Y., Zhang Z.Q. // *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 2011. Vol. 1. P. 13-19.
6. Huaneng X.U. Ultrasonically assisted extraction of isoflavones from stem of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi and its mathematical model / Huaneng X.U., Zhang Y., Chaohong H. // *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2007. Vol. 15. P. 861-7.
7. Wang L. Acetone-butanol-ethanol Fermentation and Isoflavone Extraction using Kudzu roots / Wang L., Chen H. // *Biotechnology Bioprocess Engineering*. 2011. Vol. 16. P. 739-745.
8. Siqueira P.F. Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae* at laboratory, pilot and industrial scales / Siqueira P.F., Karp S.G., Carvalho J.C., Sturm W., Rodríguez-León J.A., Tholozan J., Singhania R.R., Pandey A., Soccol C.R. // *Bioresource Technologies*. 2008. Vol. P. 8156-63.
9. Гамаюрова В.С., Ржечицкая Л.Е. Пищевая химия. М: Университетская книга. 2016. 496 с.
10. Harris D.C. Quantitative Chemical Analysis. 6th Edition / W.H. Freeman, New York. 2003. 828 p.
11. Иванова А.В., Способ определения антиоксидантной активности с использованием метода электронного парамагнитного резонанса / Иванова А.В., Петров А.С., Вежливцев Е.А., Матерн А.И. // Патент RU. Номер заявки 2 015157391 от 10.01.2017.
12. Yanfang W., Xinsheng W., Enguo F. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of puerarin and total isoflavones from *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi with response surface methodology. *Phytochemical Analysis*. 2012. Vol. 23. pp. 513-19.
13. Cho S.Y., Lee Y.N., Park H.J. Optimization of ethanol extraction and further purification of isoflavones from soybean sprout cotyledon. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 117. P. 312-17.
14. Mercedes C., Panizzi C., Favoni S.P., Kikuchi A. Extraction time for soybean isoflavone determination. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2002. Vol. 45. P. 515-18.
15. Hubert J. Effects of fermentation on the phytochemical composition and antioxidant properties of soy germ / Hubert J., Berger M., Nepveu F., Paul F., Dayde J. // *Food Chemistry*. 2008. Vol. 109. P. 709-21.
16. Pyo Y.H. Enrichment of bioactive isoflavones in soymilk fermented with β -glucosidase-producing lactic acid bacteria / Pyo Y.H., Lee T.C., Lee Y.C. // *Food Research International Journal*. 2005. Vol. 38. P. 551-59.
17. Chan P.T. Antioxidant activities and polyphenolics of various solvent extracts of red seaweed *Gracilariachangii* / Chan P.T., Matanjun P., Yasir S.M., Tan T.S. // *Journal of Applied Psychology*. 2015. Vol. 27. P. 2377-86.

ВЫДЕЛЕНИЕ И СВОЙСТВА ИНВЕРТАЗЫ, СИНТЕЗИРУЕМОЙ ПРОДУЦЕНТОМ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ – МИКРОМИЦЕТОМ ASPERGILLUS NIGER

А.А. Принцева^{1,2}, П.А. Черенова¹, Н.Ю. Шарова^{1,2}

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок,
г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

vniiipakk55@mail.ru

В настоящее время отечественный рынок пищевых микроингредиентов не в полной мере удовлетворяет потребности производителей в ряде пищевых добавок и технологических вспомогательных средств. В основном они ввозятся из-за рубежа. Одним из путей решения проблемы импортозамещения является расширение сырьевой базы профильных производств. В данном аспекте интерес представляет крахмалсодержащее сырье, которое позволяет получать широкий спектр микроингредиентов за счет максимального использования потенциала микроорганизмов-продуцентов [1]. При культивировании представителей аспергиллов на таких субстратах синтезируются кислоты (лимонная, глюконовая), которые являются пищевыми добавками, и ферменты, в частности гидролитического действия, которые представляют интерес в качестве технологических вспомогательных средств, пищевых ферментов. Сочетание указанных микроингредиентов является основой для создания новых комплексных пищевых добавок и композиций, использование которых позволит получать новый ассортимент пищевой продукции.

Значительным спросом пользуются ферменты, катализирующие гидролиз углеводов в кислой среде. К ним относится инвертаза (синонимы: β -фруктофуранозидаза, сахараза; класс гидролаз (КФ 3.2.1.26)). В России инвертаза не производится.

Исследованным субстратом, индуцирующим синтез инвертазы, является сахароза и продукты ее гидролиза – фруктоза и глюкоза [2]. Глюкоза входит в структуру сложных углеводов, в частности крахмала. Поэтому исследование крахмала в качестве сырья для получения в одном технологическом процессе пищевых кислот и инвертазы представляет научный и практический интерес.

Цель данной работы – выделение инвертазы в процессе очистки нативного раствора, полученного в результате ферментации гидролизата кукурузного крахмала в условиях ферментатора.

Для подготовки посевного мицелия была выбрана стандартная сахарозоминеральная среда, в качестве сырья для основной ферментации – питательная среда на основе гидролизата кукурузного крахмала с исходной массовой долей сахара, равной 15% [3].

Для культивирования микроорганизмов был использован ферментатор BiostatCplus-20C-3МО (Sartorius, Германия).

Для очистки нативного раствора, разделения кислот и белковых соединений, и получения препарата инвертазы был апробирован баромембранный метод, в частности ультрафильтрация, которая позволяет не только удалить балластные примеси, но и сконцентрировать растворы с целью получения жидких концентратов.

В работе использовали ультрафильтрационную установку, которая представляет собой аппарат с элементами из полых волокон из нецеллюлозного материала с внутренним диаметром 0,2 мм. При прохождении потока через полое волокно у внутренней поверхности создается высокое скалывающее усилие, снижающее концентрационную поляризацию. Повышенное давление в просвете волокна вытесняет растворитель, низкомолекулярные вещества и соли через стенки волокна, а удержанные вещества и соли удерживаются в циркулирующем потоке [4].

В результате ультрафильтрации нативного раствора, полученного на период ферментации 120 ч, содержание сухих веществ в ультраконцентрате составило $(10,0 \pm 0,5)\%$, кислот – $(110,0 \pm 5,5)$ г/дм³, белковых соединений – $(1,46 \pm 0,07)$ мг/см³, инвертазная активность – $(28,94 \pm 1,45)$ ед/см³. Полученный ферментный препарат представляет собой окрашенную жидкость.

В образце определяли молекулярно-массовое распределение белков и пептидов после растворения образцов в воде методом объемно-эксклюзионной ВЭЖХ. Колонка TSKGel 3000SW 7,8x600 мм (Toyo Soda/Япония); подвижная фаза — 0,63 М натрий-фосфатный буфер, pH 7,0, содержащий 0,1 % изопропанола, 1 мл/мин.; детектор — УФ 214 нм. Калибровку колонки проводили по белкам с известной молекулярной массой (ферритин, миоглобин, цитохром С, яичный альбумин) [Operating Conditions and Specifications TSK gel G3000SW Products / Tosoh Bioscience Co, Inc. DS1006 / July 15 / AX]. Вид хроматограммы показан на рисунке 1.

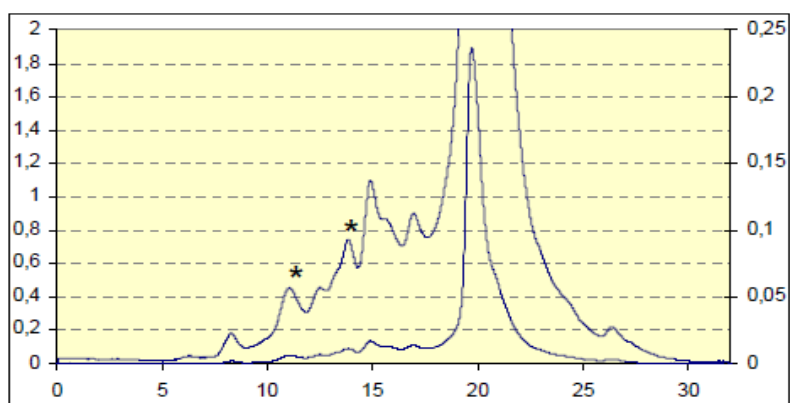


Рис. 1. Выходная кривая образца EA65 на TSKGel 3000SW. На верхней кривой в увеличенном масштабе (правая ось ординат) звездочкой отмечены пики, с наибольшей вероятностью соответствующие молекулярной массе инвертазы *Aspergillusniger*

Содержание отдельных фракций представлено в таблице 1.

Таблица 1

Фракционный состав образца EA65

№ п/п	Время выхода, мин	Содержание в образце (% от суммы)	Молекулярная масса, соответствующая максимуму пика (область молекулярных масс), кДа
1	8,28	0,47	593 (>450)
2	10,17	0,38	334 (350 – 450)
3	11,04	2,01	255 (200 – 350)
4	12,51	1,36	163 (150 – 200)
5	13,85	3,35	108 (90 – 150)
6	14,90	6,58	79 (50 – 90)
7	16,96	3,64	42 (35 – 50)
8	19,70	81,07	18 (4 – 35)
9	26,35	1,14	<4

Ранее было показано, что инвертазной активностью обладают белки *Aspergillus niger* с молекулярной массой 225 и 115 кДа [5], наиболее близкими к которым оказались фракции 3 и 5 (выделены жирным шрифтом в таблице и звездочками на рисунке).

Для удаления остаточных кислот из ультраконцентрата и снижения потерь по основному продукту микробиологического синтеза – лимонной кислоте необходимо провести ступенчатую ультрафильтрацию с использованием мембран с различным отсечением по молекулярной массе.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что гидролизат кукурузного крахмала может быть использован в качестве сырья для получения инвертазы путем микробиологического синтеза отечественным штаммом *Aspergillus niger* – промышленным продуцентом пищевых кислот.

Литература:

1. Андреев Н.Р., Введенская Е.П., Симаков Е.А. Некоторые аспекты оценки крахмалсодержащего сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 7. С. 38-40.
2. Шарова Н.Ю. Синтез инвертазы штаммами микромицета *Aspergillus niger* продуцентами лимонной кислоты // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. № 1. (16). С. 60-67.
3. Пат. 2266960 РФ Способ получения лимонной кислоты, альфа-амилазы и глюкоамилазы / Шарова Н.Ю., Никифорова Т.А. Оpubл. 27.12.2005, Бюл. 36.
4. Грачева И.М., Кривова А.Ю. Технология ферментных препаратов. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Элевар», 2000, 512 с.
5. Boddy L.M., ea. Purification and characterization of an *Aspergillus niger* invertase and its DNA sequence // Curr Genet (1993) 24: 60-66.

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЯГОД, ПОЛУЧЕННЫХ НА ВЕГЕТАТИВНЫХ ПОБЕГАХ, ПОСЛЕ ИХ ХРАНЕНИЯ В ПАРАХ ЖИДКОГО АЗОТА ПРИ -183...-185°C

С.В. Мурашев¹, В.Г. Вержук², М.В. Ерастенкова³

1 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия;

2 – ФГБНУ ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург, Россия;

3 – Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Россия

s.murashev@mail.ru

Достижение низких и сверхнизких температур(-185°C) и применение их при хранении различных живых объектов, ценно для нас тем, что в этих условиях мы встречаемся с новыми явлениями и фактами, помогающими проникать в суть строения материи, позволяющими использовать новые методы исследования [1]. Главное преимущество хранения при сверхнизких температурах состоит в значительном замедлении, или даже остановке, метаболических процессов в тканях растений и животных [2].

При проведении консервации и хранении побегов в парах азота таких ягодных культур, как крыжовник и черная смородина, за основу был взят и применен на них метод, разработанный Форслайном и др. [3] для почек яблони. Заготовленные в саду в декабре черенки исследуемых культур нарезали на небольшие сегменты длиной 6-8 см, подсушивали при температуре -4,5-5,5°C в инкубаторе до влажности древесины 28-32% и замораживали в морозильной камере Sanyo Medical Freezer, понижением температуры от -4,5°C до -50°C со скоростью 1-2°C в минуту. После этого замороженные черенки выдерживали сутки в камере и переносили на хранение в пары жидкого азота (-183-185°C). Весной черенки после криохранения размораживали, в условиях световой термостатируемой комнаты при 21°C, проводили контроль их жизнеспособности и высаживали в подготовленную для посадки почву (НПО Пушкин - Павловск ВИР); в конце лета была дана оценка прижившимся черенкам. Более высокий процент жизнеспособности выявился у черенков черной смородины: в зависимости от сорта он находился в пределах 75-80%, крыжовник оказался менее устойчив к сверхнизким температурам, жизнеспособность его черенков составляла от 45% до 60%. После 4-х летнего роста и развития растений из черенков, сохраняемых в парах азота, были получены плоды и проведен биохимический анализ ягод [4].

Исследованию проблем криоконсервации посвящены работы [5, 6, 7]. Криоконсервация находит применение в сохранении растительных ресурсов [8, 9]. В адаптации многолетних растений к условиям отрицательных температур участвуют эндогенные антиоксиданты [10, 11], влияет ферментативная активность [12] и физико-химические свойства растительных тканей [13]. Указанные параметры можно использовать с целью прогнозирования [14].

Целью нашей работы было сравнение плодов, полученных с растений после криоконсервации и выращенных в естественных условиях (in situ). В исследования были взяты 10 сортов черной смородины:

1. Кастичай,
2. Медведица, 3

3. Звездная,
4. .Московская,
5. Кантата-50,
6. Triton,
7. Поздняя черная,
8. Бурая сладкая,
9. Белорусская поздняя,
10. Гибрид смородины и крыжовника.

По крыжовнику взято 7 сортов:

1. Подарочный,
2. *Gramineae niveae*.
3. Черныш,
4. Сеянец Томсона,
5. Гигант,
6. Черный Негус,
7. Американский горный.

Ягоды черной смородины и крыжовника исследовались по таким биохимическим показателям как:

1. средняя масса ягод, определяемая взвешиванием на аналитических весах,
2. содержание сухого вещества и влаги определяли высушиванием материала в сушильном шкафу при 105°C,
3. содержание аскорбиновой кислоты определяли методом титрования,
4. количество органических кислот определяли методом титрования, общее количество кислот пересчитывали на яблочную, винную, лимонную, щавелевую,
5. содержание и концентрация пигментов (хлорофилл а, b, каротиноиды) определяли методом спектрофотометрии,
6. сумму сахаров, содержание моно-, дисахаридов определяли методом Бертрана,
7. содержание нитратов определяли ионометрическим методом.

Анализы были проведены в лаборатории С-Петербургского ГАУ, а образцы ягод представлены ВИР им. Н.И. Вавилова. В результате проведенных анализов было выявлено, что у плодов черной смородины величина ягод не везде в опытном варианте совпадает с контрольным, выращенным без хранения в парах азота, контрольные образцы сортов черной смородины имеют массу ягод больше в среднем на 0,1 грамма, кроме образца Белорусская поздняя – его средняя масса у опытного образца выше на 17,8%. У крыжовника разница между образцами по массе ягод значительно меньше, чем у черной смородины, не превышает 0,1-0,2 грамма.

Содержание сухих веществ в ягодах черной смородины и крыжовника у опытных образцов больше, чем в контрольных. По этому показателю опытные и контрольные образцы не имеют значимых различий. По содержанию аскорбиновой кислоты образцы черной смородины опытных сортов превышают значение контрольных, у крыжовника они почти одинаковые. Количество органических кислот у контрольных и опытных образцов почти одинаковое, а у смородины наблюдаются различия между опытными и контрольными образцами по этому показателю.

Определение пигментов в ягодах черной смородины показало, что наибольшее содержание хлорофилла **а** у контрольного образца сорта Кастичай, хлорофилла **б** у опытного сорта Звездная, а каротиноидов у контрольного сорта Кантата-50. Результаты опытных сортов Звездная, Московская, Поздняя черная и Бурая сладкая возросли по сравнению с контрольными. В ягодах крыжовника повышением содержания всех пигментов отличаются опытные образцы *Gramineae niveae*, Сеянец Томсона. Содержание нитратов в плодах черной смородины у опытных образцов в 90% случаев выше, чем у контрольных, исключением является гибрид смородины и крыжовника.

У контрольных образцов содержание нитратов варьируется от 17,4 до 28,8 мг/кг, у опытных образцов от 18,2 до 35,5 мг/кг. У крыжовника, все опытные образцы имеют более низкие показатели содержания нитратов. Самый большой показатель у контрольного сорта Подарочный – 44,2 мг/кг, а минимальные показатели у опытного сорта Черный Негус – 18,2 мг/кг.

Заключение. Установлено, что ягоды черной смородины сорта Бурая сладкая подвержены наименьшему влиянию криоконсервации по таким показателям: средняя масса ягод, содержание сухих веществ, потеря массы, витамин С, содержание пигментов. Так же стоит отметить такие сорта как Белорусская поздняя и Triton – у них наибольшая потеря массы и сухих веществ, но при этом заметно повышается содержание органических кислот и витамина С. Выявлено так же влияние криоконсервации на формирование плодов крыжовника. У сорта Черный Негус увеличиваются такие показатели: средняя масса ягод, содержание сухих веществ, содержание витамина С, содержание углеводов. Так же у этого сорта снижается содержание органических кислот и нитратов. Экспериментально выявлены сорта черной смородины и крыжовника, которые после криохранения дают лучший урожай. У них повышается содержание биоактивных веществ и снижается содержание нитратов.

Литература:

1. Шубин Н.А. Прикладная криобиология. Криотехника и организация криобанков// Методы культивируемых клеток. СПб. 2008. С. 250-261.
2. Попов А.С. Прикладная криобиология. Криотехника и организация криобанков // Методы культивируемых клеток. СПб. 2008. С. 236-250.
3. Forsline P.I. et.al. Recovery and longevity of cryopreserved dormant apple buds//J. Amer.Soc.Hort.Sci.1998.V.123.№3.P. 46-53.
4. Методы биохимического исследования растений. Под ред. А.И. Ермакова - Л.: Колос. 1972. 456 с.
5. Вержук В.Г., Павлов А.В., Дзюбенко Н.И., Новикова Л.Ю., Мурашев С.В., Еремина О.В. Криоконсервация в жидком азоте — перспективный метод сохранения биоразнообразия растений косточковых и семечковых плодовых культур // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. XXXXVIII. № 1. С. 33-36.
6. Вержук В.Г., Павлов А.В., Мурашев С.В., Дзюбенко Н.И., Тихонова О.А., Орлова С.Ю., Новикова Л.Ю., Шубин Н.А.Регулирующая роль криопротекторов и антиоксидантов при хранении геноплазмы плодовых и ягодных культур // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11-2 (53). С. 115-118.
7. Вержук В.Г., Мурашев С.В., Тихонова Н.Г., Жестков А.С., Бобко А.Л., Дорохов Д.С. Влияние эндогенных веществ моно- и дисахаридов на жизнеспособность плодовых растений после хранения в парах жидкого азота // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 26. С. 17-23.
8. Дзюбенко Н.И., Гончарова Э.А., Вержук В.Г., Мурашев С.В. Инновационные направления и методология прогнозирования экологической безопасности и сохранения растительных ресурсов // В сборнике: Повышение эффективности отечественного садоводства с целью улучшения структуры питания населения России. Материалы научно-практической конференции. 2016. С. 53-57.
9. Гончарова Э.А., Мурашев С.В., Вержук В.Г. Проблема получения плодовой продукции и современная методология ее сохранения // В сборнике: Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений. Материалы XI международной научно-методической конференции. 2014. С. 169-171.
10. Мурашев С.В., Бобко А.Л., Вержук В.Г. Роль эндогенных антиоксидантов в адаптации культурных растений к условиям отрицательных температур зимне-весеннего периода // Овощи России. 2014. №1(22). С. 58-59.
11. Бобко А.Л., Мурашев С.В., Вержук В.Г. Влияние антиоксидантов в древесной ткани плодовых растений в зимне-весенний период на холодильное хранение собранного урожая //

Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. №1. С. 7.

12. Мурашев С.В., Гончарова Э.А., Бобко А.Л. Ферментативная активность в тканях растений в состоянии покоя и её связь с продуктивностью и хранением запасующих органов в охлажденном состоянии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. №3-5. С. 1670-1672.

13. Мурашев С.В., Шарагова Н.Н. Физико-химические свойства овощной и плодовой продукции и особенности ее хранения в охлажденном состоянии // Овощи России. 2014. №1(22). С. 60-61.

14. Мурашев С.В., Белова А.Ю., Вержук В.Г. Раннее прогнозирование потерь плодовой продукции при холодильном хранении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. №1. С. 167-172.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИВНОГО НАПИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОДА ИЗ ТРИТИКАЛЕ

Д.В. Зипаев

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

dvz7@mail.ru

В настоящее время в потребительской сети присутствует множество разнообразных марок пива и пивных напитков. С развитием малого предпринимательства в области пивоваренной отрасли на рынке прочно заняло свое место так называемое «крафтовое пиво», которое согласно принятому ФЗ № 189885-5 «Технический регламент на пивоваренную продукцию» попадает под категорию напитков брожения (пивные напитки) из-за присутствия в их составе многочисленных компонентов растительного происхождения (несоложенного зернового сырья, экстракты лекарственных растений, соков и пр.).

Применения различного вида зернового сырья при производстве пищевых продуктов и напитков имеет актуальное значение, поскольку рациональный и сбалансированный компонентный состав рациона питания человека является залогом здорового образа жизни. Ученые по всему миру, постоянно стремятся к совершенствованию существующих и разработке новых технологий и рецептур пищевых продуктов и напитков. Наиболее популярными видом растительного сырья применяемого в технологии бродильных производств являются злаковые культуры. Такая тенденция не случайна, так как химический состав злаков подверженных термическому воздействию становятся более доступным для организма человека и не теряет свой набор биологически активных веществ, органических кислот, макро- и микроэлементов, которые максимально усваиваются организмом человека, способствуют его нормальной жизнедеятельности. Кроме того, позволяет осуществить профилактику множества заболеваний.

Среднее Поволжье является зоной рискованного земледелия, и выращивания пивоваренного ячменя с содержанием белка в зерне менее 12% не всегда представляется возможным. С целью снижения издержек пивоваренной отрасли и зависимости производства от урожайности пивоваренного ячменя в Поволжье, а также расширения возможностей пивоварения в регионе нами проводятся исследования по поиску альтернативного зернового сырья для производства пивобезалкогольной продукции.

Наряду с традиционными видами злаковых культур в пивоварении применяют такие зерновые, как амарант, сорго, гречиха, овес, просо [1].

Среди возделываемых зерновых культур особое место занимает тритикале, поскольку именно эта культура является искусственно выведенным гибридом пшеницы и ржи. Созданный в конце XIX века селекционерами, как наиболее перспективный вид зернового сырья со сбалансированным химическим составом, позволяющим использовать его в различных отраслях АПК, в том числе в хлебопечении и пивоварении [2].

Недавно, Поволжским НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова для нужд агропромышленного комплекса был выведен сорт озимой тритикале *Кинельская 1* предназначенный для возделывания на территории поволжского региона.

Нами была реализована попытка использования данного сорта озимого тритикале в разработке технологии производства светлого нефilterованного пивного напитка [3].

Полученные в результате образцы пивного напитка с использованием солода из тритикале с массовой долей от 10 до 50 % были исследованы по показателям качества.

Полученные образцы тритикалевого пивного напитка вместе с контрольным образцом подвергались дегустационной оценке по десятибалльной системе. В процессе рабочей дегустации экспертам из 5 человек предлагалось оценить вкус, при этом оценивалась кислотность, полнота вкуса и горечь напитка. По результатам дегустационной оценки была составлена профилограмма органолептических показателей качества тритикалевого пива (рис. 1).

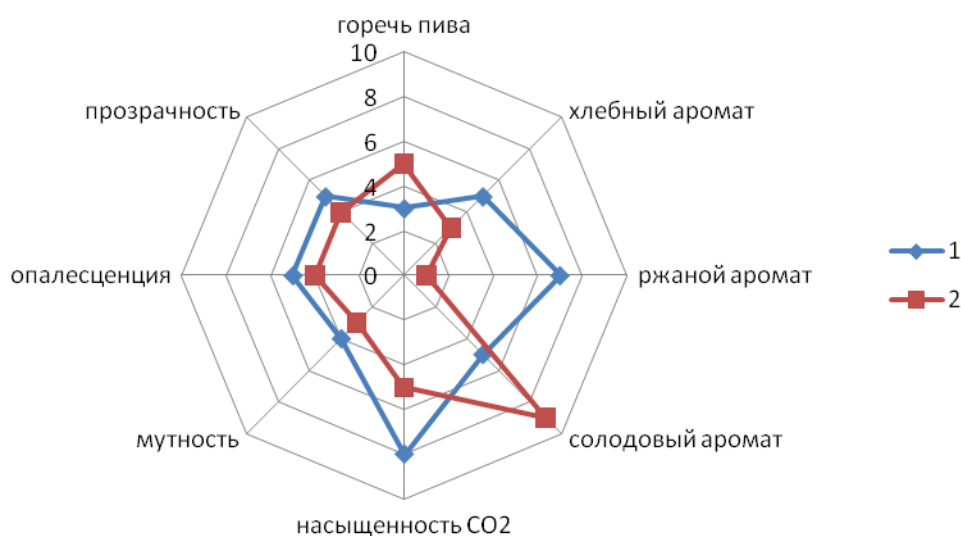


Рис. 1. Вкусоароматический профиль напитков:

1 – тритикалевым пивной напиток; 2 – пиво без добавок (контрольный образец)

В результате дегустационной оценки исследуемых образцов пивного напитка было установлено, что его вкус, по сравнению с контрольным вариантом, является более насыщенным, менее прозрачный с опалесценцией и мутностью характерной для нефilterованного пива. Ярко выраженный вкус пивному напитку придает диоксид углерода, образующийся при сбраживании углеводов. В образцах ощущался ржано-пшеничный аромат, обусловленный природой гибрида тритикале. Полнота вкуса тритикалевого пивного напитка обусловлена совокупностью использования в рецептуре напитка сочетания ячменного и тритикалевого солода.

Результаты исследования пенообразования и пеностойкости образцов тритикалевого пивного напитка визуальным методом представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели пенообразования и пеностойкости тритикалевого пивного напитка

Показатели качества	Контроль	Добавка солода из тритикале в рецептуре пива, %				
		10	20	30	40	50
Пенообразование, мм	35	42	45	43	41	39
Пеностойкость, мин	2,0	2,5	3,0	2,5	2,5	2,0

В целом, у всех образцов тритикалевого пивного напитка наблюдалась густая плотная по структуре пена, тем не менее, наилучшим образом пивного напитка, по пенообразованию и пеностойкости, являлся образец с добавлением 20% солода из тритикале.

В результате проведенных исследований по определению физико-химических показателей качества напитка были получены следующие данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели качества тритикалевого пивного напитка

Показатели качества	Контроль	Добавка солода из тритикале в рецептуре, %				
		10	20	30	40	50
Кислотность, ед.	2,7	2,7	2,9	3,2	3,2	2,5
Объемная доля спирта, %	5,0	5,2	5,5	5,2	4,3	3,8
Цветность, ц.е.	1,5	0,9	1,0	1,2	1,8	1,6
Экстрактивность начального сусла, %	12,0	12,7	13,5	12,8	11,8	10,7

Согласно полученным результатам анализа пивного напитка можно заключить, что наибольшая экстрактивность начального сусла, по сравнению с остальными образцами, наблюдалась в образце с 20%-ной добавкой солода из тритикале. Кислотность экспериментальных образцов с 30 и 40%-ной добавкой тритикалевого солода была высокой, но в целом, как и все остальные исследуемые образцы напитка, не превышала стандартных значений, которые составляют от 2,6 до 3,2 ед. Что касается результатов определения цвета тритикалевого пивного напитка, то, за исключением образца с 40%-ной добавкой, все исследуемые образцы показали более низкий результат по сравнению с контрольным образцом напитка. Результаты исследований объемной доли спирта свидетельствуют о том, что наибольшей крепостью обладает образец пива с 20%-ной добавкой тритикалевого солода, а наименьшей – с 40%-ной добавкой [4].

Газохроматографический анализ – один из самых точных и широко применяемых в мировой практике методов для оценки качества напитков, поэтому он был выбран для дальнейшего изучения летучих соединений в пивном напитке с добавлением тритикалевого солода от 10 до 50% масс.

Концентрация летучих соединений в исследуемых образцах пивного напитка с добавлением солода из тритикале представлена в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация изученных летучих соединений в тритикалевом пивном напитке

Наименование летучих компонентов	Содержание в контрольном образце, мг/дм ³ ± δ _x , %	Содержание в образцах пивного напитка с различным содержанием тритикалевого солода, мг/дм ³ ± δ _x , %				
		10%	20%	30%	40%	50%
Ацетальдегид	6,0 ± 3,0	9,0 ± 3,0	7,2 ± 3,0	7,9 ± 3,0	7,7 ± 3,0	7,1 ± 3,0
Этилацетат	8,1 ± 3,0	5,0 ± 3,0	5,3 ± 3,0	5,9 ± 3,0	6,5 ± 3,0	6,2 ± 3,0
Метилацетат	8,0 ± 3,0	2,5 ± 4,0	2,9 ± 4,0	3,0 ± 4,0	3,5 ± 3,0	4,2 ± 3,0
1-пропанол	6,0 ± 3,0	2,8 ± 4,0	2,9 ± 4,0	3,0 ± 4,0	3,5 ± 3,0	4,2 ± 3,0
2-метил-1-пропанол	7,0 ± 3,0	9,0 ± 3,0	8,8 ± 3,0	8,2 ± 3,0	8,0 ± 3,0	8,0 ± 3,0

Как видно из полученных результатов исследований летучих веществ с помощью газовой хроматографии наиболее сбалансированное содержание данных соединений у пивного напитка с содержанием 20% тритикалевого солода [5].

В целом по результатам физико-химического исследования тритикалевого пивного напитка наблюдается прямопропорциональная зависимость содержания спирта от экстрактивности начального сусла.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что пивной напиток 20% добавкой тритикалевого солода имеет сбалансированный ржано-пшеничный вкус.

2. Экспериментально установлено, что содержание этилового спирта в пивном напитке 5,5% об, а экстрактивность начального сусла составила 13%.

2. Доказано, что содержание летучих веществ в изученном пивном напитке с 20%-ным содержанием солода из тритикале в среднем на 5,8% меньше по сравнению с другими анализируемыми образцами и контролем.

3. Установлено, что концентрация таких летучих соединений в тритикаловом пивном напитке как, ацетальдегид, этилацетат, 1-пропанол, 2-метил-1-пропанол не превышает предельно допустимых концентраций и отвечает требованиям безопасности алкогольной продукции.

Литература:

1. Зипаев Д.В. Изучение потребительских свойств тритикалевого пивного напитка / Зипаев Д.В., Никитченко Н.В., Рыбакова К.А., Платонов И.А., Кашаев А.Г. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, 2016. - № 4(39). – С. 47-52

2. Зипаев Д.В. Использование тритикале в качестве сырья для производства пива / Зипаев Д.В., Кашаев А.Г., Рыбакова К.А. // Известия вузов. Пищевая технология, 2015. – № 4 – С. 70-72

3. Зипаев Д.В. Разработка технологии пивного напитка с использованием солода из тритикале / Зипаев Д.В., Кашаев А.Г., Рыбакова К.А. // Вестник Международной Академии Холода, 2016. - № 1. – С. 19-23.

4. Зипаев Д.В. Исследование показателей качества светлого пива, полученного с использованием солода из тритикале / Зипаев Д.В., Никитченко Н.В., Кашаев А.Г., Платонов И.А., Рыбакова К.А. // Известия ВУЗов. Пищевая технология, 2015. - № 5-6. – С. 77-79

5. Зипаев Д.В. Изучение качества и показателей безопасности пивного напитка с тритикале хроматографическим методом / Зипаев Д.В., Никитченко Н.В. // Пиво и напитки, 2017. - № 2. – С. 28-32

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ АЛКОГОЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАПИТКОВ

Т. В. Меледина¹, С.Г. Давыденко², К. И. Аравина¹

1 – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

2 – Пивоваренная компания «Балтика», г. Санкт-Петербург, Россия

meledina71@mail.ru, Svetlana.Davydenko@baltika.com, kcenya.aravina@mail.ru

По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2012 году около 3,3 млн смертельных случаев, или 5,9% всех смертей в мире, были связаны с алкоголизмом [1]. В Европе для лечения алкогольной зависимости используются различные химические препараты. В восточной медицине примерно с 600 г. н. э. для лечения алкоголизма применяют экстракты растения *PuerariaLobataFlower* (Кудзу) [2].

Принцип действия Кудзу основан на снижении активности ферментов, расщепляющих этанол в организме человека, в результате чего оптимизируется метаболизм этанола в печени. При этом снижаются токсические эффекты алкоголя. На фоне уменьшения токсичности при одновременном усилении эффекта опьянения уменьшается потребность в алкоголе.

Анализ исследований зарубежных авторов показывает, что чаще всего антиоксидантную активность связывают с наличием в исследуемом объекте различных фенольных соединений, относящихся к классу изофлавонолов [3–8]. Эти исследования проведены на животных (крысах, хомяках и т.д.). Между тем Захаров И. А. с соавт. доказали возможность использования дрожжей сахаромикетов при испытании химических веществ на мутагенную и канцерогенную активность [9].

Целью данной работы являлось исследование экстрактов из цветов Кудзу для снижения токсичности этанола.

Токсичное действие этанола и влияние экстракта из цветов Кудзу на физиологическое состояние дрожжей определяли по содержанию мертвых клеток путем окрашивания метиленовым синим и по количеству выделившегося диоксида углерода по методу Давыденко С.Г. [11].

Объектами исследования являлись цветы Кудзу (фирма производитель PLUMFLOWERBRAND) и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* Y-3194 [10]. Культивирование дрожжей проводили на стандартной среде YEPD, содержащей 10 г/л дрожжевого экстракта, 20 г/л пептона, 20 г/л глюкозы, 20 г/л агара. Использовали компоненты для сред фирмы Difco. Для экстрагирования фенольных соединений использовали смесь цветов и воды в соотношении 1:10. Экстрагирование проводили в течение 30 мин при 100°C Экстракт цветов готовили путем кипячения.

Установлено положительное влияние экстракта из цветов Кудзу на физиологическую активность дрожжевых клеток в среде с этанолом. Так, через 17 часов культивирования в среде без добавления экстракта количество мертвых клеток при увеличении концентрации этанола с 0 до 25% возрастает с 2,4 до 48,3% (контроль), в то время как в образцах с добавлением экстрактов из Кудзу эта величина в 2 раза меньше (таблица 1).

Таким образом показано, что экстракт из цветов *PuerariaLobataFlower* (Кудзу) повышают устойчивость дрожжей к этанольному стрессу.

Таблица 1

Влияние концентрации этанола на физиологическое состояние дрожжей

Концентрация этанола, % об	Объем CO ₂ , мл		Мертвые клетки, %	
	Контроль	С экстрактом из цветов Кудзу	Контроль	С экстрактом из цветов Кудзу
0	25,0±0,0	25,0±0,0	2,4±1,0	8,3±3,6
6,25	6,8±5,0	15,7±3,4	26,0±7,1	10,0±11,5
12,50	4,0±1,2	5,33±1,4	29,8±1,2	14,3±14,4
25,00	2,7±0,7	2,8±0,7	48,3±7,4	23,0±7,6

Литература:

1. Global status report on alcohol and health. World health organization. – 2014. - 392 p.
2. Li, SC. Ben Cho Gang Mu. - P.1590–1596.
3. Dharmananda S. Pueraria: Source of Important Isoflavones. – 2010. <http://www.itmonline.org/articles/pueraria/pueraria.htm>
4. Heyman GM, Keung WM, Vallee BL. Daidzin decreases ethanol consumption in rats. – Alcohol. Clin. Exp. Res. –1996. –Vol.20. – P.1083–1087.
5. Keung WM, Lazo O, Kunze L, Vallee BL. Daidzin suppresses ethanol consumption by Syrian golden hamsters without blocking acetaldehyde metabolism. – Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 1995. –Vol.92. – P.8990–8993.
6. Lin RC, Guthrie S, Xie CY, Mai K, Lee DY, Lumeng L, Li TK. Isoflavonoid compounds extracted from *Pueraria lobata* suppress alcohol preference in a pharmacogenetic rat model of alcoholism. – Alcohol Clin. Exp. Res. – 1996. – Vol. 20. –P.659–663.
7. Benlhabib E, Baker JI, Keyler DE, Singh AK. Effects of purified puerarin on voluntary alcohol intake and alcohol withdrawal symptoms in P rats receiving free access to water and alcohol. – J. Med. Food. – 2004. Vol.7. –P.180–186.
8. Lim Dong Wook, Lee Changho, Kim In-Ho, Kim Yun Tai. Anti-Inflammatory Effects of Total Isoflavones from *Pueraria lobata* on Cerebral Ischemia in Rats. – Molecules. – 2013. – Vol.18. – P. 10404-10412.
9. Захаров И. А., Касинова Г. В., Ковальцова С. В., Марфин С. В. Сравнение быстрых тест-систем для выявления канцерогенной и мутагенной активности химических соединений. – Серия биологическая. – 1984. – №5.
10. Давыденко С.Г., Дедегкаев А.Т., Меледина Т.В. Разработка нового экспресс-метода оценки физиологического влияния пива. Пивоинапитки, 2014. - №6.-С. 26-30.
11. Davydenko S. G., Yarovoy B. F., Stepanova V. P., Afonin D. V., Batashov B. E., Dedegkaev A. T. A new yeast strain for brewery: Properties and advantages. –Russian Journal of Genetics. – 2010. – No. 11– 46 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ЯМСА В РЕЦЕПТУРЕ РЖАНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Т. В. Меледина, О.В. Головинская, Э.Р. Амирова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

tvmeledina@corp.ifmo.ru, oksana2187@mail.ru, eamirova@hotmail.com

По данным Всемирной организации здравоохранения заболеваемость сахарным диабетом во всем мире неуклонно возрастает и к 2025 году прогнозируется до 300 млн больных [1].

В связи с этим перспективным направлением является разработка технологии и ассортимента диетических продуктов повседневного потребления, таких как хлебобулочные изделия.

Употребление хлеба при диабете часто вызывает повышение глюкозы в крови, поэтому целью данной работы является разработка нового сорта хлеба с гипогликемическими свойствами. Потребление такого хлеба позволит контролировать уровень сахара в крови и использовать его для профилактики заболевания сахарного диабета.

Для создания диабетических изделий в производстве хлебобулочных изделий используют сырье с низким гликемическим индексом, такое как клубни топинамбура, цикория, содержащих инулин [2].

Инулин является натуральным пищевым компонентом, который не усваивается организмом, и в то же время является необходимым для функционирования органов пищеварения, улучшает липидный обмен, снижает уровень холестерина [3].

Одним из путей создания хлеба функционального назначения является применение нетрадиционного растительного сырья, в частности ямсовой муки из *Dioscorea opposita* трав с гипогликемическими свойствами, таких как женьшень, лимонник китайский и другие [4].

Клубни *Dioscorea opposita* (ямс) являются одним из источников инулина, которые используются в виде муки в производстве продуктов питания. Кроме того, ямсовая мука содержит большое количество фенольных соединений, органических кислот, макро- и микроэлементов [5].

Для усиления гипогликемического эффекта была составлена многокомпонентная смесь, в состав которой входили травы и мука из ямса обладающие гипогликемическими свойствами.

При разработке нового хлебобулочного изделия диабетического назначения в качестве базовой использовали рецептуру хлеба ржаного из обдирной муки (контрольный образец). Тесто готовили ускоренным способом. В опытные образцы вносили предварительно растворенную в воде смесь ямсовой муки с гранулированными экстрактами трав в количестве 10% к массе ржаной муки, предусмотренной в рецептуре. Данная дозировка позволит удовлетворить суточную потребность в ингредиентах для снижения уровня сахара в крови людям страдающим диабетом.

При изучении влияния многокомпонентной смеси на физико-химические и органолептические показатели качества готовых изделий использовали общепринятые регламентированные ГОСТами методы.

В результате исследований кислотность готовых изделий с многокомпонентной смесью была выше. Основной причиной этого является, высокое содержание органических кислот в ямсовой муке, а также в травах, входящих в многокомпонентную смесь, однако это не отразилось негативно на вкусе. Важно отметить тот факт, что значения пористости и удельного объема ржаного хлеба были не ниже, чем в контроле (таблица 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели качества ржаного хлеба

Показатель	Результаты измерений	
	Контроль	Опыт
Влажность, %	49,3	49,6
Кислотность, град	8,8	10,0
Пористость, %	53,0	59,0
Удельный объем, см ³ /г	2,56	2,66

Таким образом, многокомпонентная смесь с ямсовой мукой и гипогликемическими травами не оказывает негативного влияния на качество ржаного хлеба и может быть использована в технологии приготовления хлеба из ржаной муки. Результаты проведенных исследований дают возможность расширить ассортимент хлебобулочных изделий профилактического назначения при заболеваниях сахарным диабетом.

Литература:

1. Отчет Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о ситуации с диабетом: мир болен сахарной болезнью 11.04.2016.
2. Вишневский В. И., Корячкина С. Я., Ладнова О. Л. Новые технологии в создании хлебобулочных изделий для больных сахарным диабетом: разработка и клиническое применение // ВНМТ. 2006. №1.
3. Пащенко Л.П. и др. Новые дополнительные ингредиенты в технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий.- Воронеж. // ВГТА. - 1999.- С. 25-32.
4. Amirova E.R, Meledina T.V. Prevention of Diabetes through use of Hypoglycemic Chinese Herbs // ВестникМАХ. - 2014. - №4. – С.3-5.
5. Ukpabi U.J. Farmstead bread making potential of lesser yam (*Dioscorea esculenta*) flour in Nigeria // National Root Crops Research Institute, Umudike, PMB 7006, Umuahia, Nigeria. AJCS – 2010. -Vol.4(2). - P. 68-73.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КСИЛИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА

Н.С. Коновалова, М.М. Данина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

konovalova.natasha2011@mail.ru

Интерес к квасу, как к национальному традиционному напитку значительно вырос, что в свою очередь привело к увеличению ассортимента, выпускаемых квасов. Его потребление стало круглогодичным, он постепенно начинает конкурировать с другими безалкогольными напитками.

Соответственно и увеличились предпочтения потребителей. Ему нужны такие продукты, которые будут удовлетворять не только вкусовыми качествами, но, и безопасностью и пользой. Поэтому чтобы повысить те или иные качества продуктов, либо создать что-то новое во вкусе все чаще используют нетрадиционное сырье или добавки. Одной из таких добавок является ксилит (Е-967).

Из литературных данных известно, что благодаря своим органолептическим физико-химическим свойствам, ксилит – это универсальный подсластитель, нашедший применение почти во всех секторах пищевой промышленности, в том числе и в продуктах для людей с сахарным диабетом [4], а также в фармацевтике в виде инъекционных растворов [5]. Он применяется как стабилизатор, эмульгатор, влагоудерживающий агент [1–3]. Ксилит встречается в небольших количествах в различных овощах и фруктах [5,13], и хотя его содержание в них составляет обычно менее 1% [5], ксилит всегда был естественной частью рациона современного человека.

Поскольку степень сладости является одним из основных факторов в определении привлекательности любого пищевого продукта без сахара и в восприятии вкуса продукта и его качества потребителями, то соответственно нам нужен такой подсластитель, который по сладости не уступал бы сахарозе. И как раз таким подсластителем является ксилит [1,5].

По растворимости ксилит не уступает сахарозе, а при температурах выше комнатной его растворимость несколько выше [4].

Из-за отсутствия редуцирующей группы (рис.1) ксилит не участвует в реакциях Майяра. К тому же стабильность ксилита не зависит от значения pH, поэтому его можно использовать в широком диапазоне кислотно-щелочных условий (pH 1–11) [4].

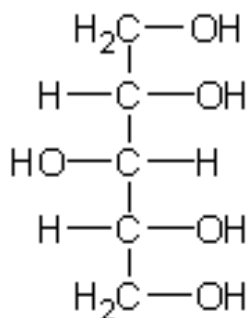


Рис. 1. Структурная формула ксилита

Из-за небольшой молекулярной массы ксилит характеризуется высоким осмотическим давлением и, соответственно, более низкой активностью воды, чем эквивалентные растворы сахарозы, а это означает, что в растворе он оказывает больший консервирующий эффект, чем сахароза. Это делает ксилит полезным для увеличения содержания сухих веществ, а значит и для повышения микробиологической стабильности жидких продуктов[4].

Таким образом, ксилит обладает рядом преимуществ перед сахарозой. Краткая сравнительная оценка представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение ксилита и сахарозы

Основные свойства	Ксилит (полиол, моносахарид)	Сахароза (дисахарид)
Молекулярная масса	152	342
Степень сладости относительно сахарозы	0,95	1
Растворимость в воде при 25 °С, г/100 раствора	64	67
Стабильность при переработке и хранении	Очень хорошая	В кислых и щелочных условиях гидролизует; При повышенных температурах кристаллизуется
Кариесогенность	Некариесогенен и обладает кариесостатическими свойствами	Кариесогенна
Энергетическая ценность, ккал/	2,4	4
Гликемический отклик относительно глюкозы (=100): низкий: <55; высокий: 55–70	Низкий	Средний

Целью данной работы было приготовление кваса с использованием ксилита. Предполагалось, что благодаря своим свойствам ксилит придаст квасу лучшую стойкость и будет пригоден для употребления, как обычными потребителями, так и склонными к диабету. При этом напиток не должен поменять свой классический вкус и запах.

В процессе исследования было сделано два образца кваса: классический с сахарным сиропом (контрольный образец) и с ксилитом (опытный образец).

Сырье, используемое в работе: концентрат квасного сусла (ККС), изготовленный из зернового сырья с содержанием сухих веществ 70%, сахар-песок, мед липовый, ксилит, готовая закваска. Так как у ксилита есть суточная норма потребления (см. выше), то для того, чтобы добиться определенного содержания сухих веществ, было решено добавить мед. ГОСТ 31494 позволяет использовать мед натуральный и другие продукты пчеловодства, а также пищевые добавки, кроме искусственных и идентичных натуральным вкусоароматических веществ, искусственных и идентичных натуральным ароматизаторов, синтетических и неорганических красителей, подсластителей, консервантов[11].

При изготовлении кваса использовалась классическая технологическая схема [6]. В основу кваса с ксилитом положена классическая рецептура кваса «Хлебный» [7].

ККС разбавляли водой до необходимой концентрации сухих веществ, затем внесли 65%-ый сахарный сироп (для контрольного образца), добавляли закваску и оставляли на брожение при комнатной температуре. После сбраживания, сусло удаляли с осадка, добавляли оставшееся количество сахарного сиропа и насыщали диоксидом углерода. В опытном образце, сахарный сироп был заменен ксилитом и медом. Предварительно был сделан расчет расхода сырья на приготовление 1 литра кваса [8].

В готовых напитках был проведен сравнительный анализ органолептических физико-химических показателей кваса.

На рисунке 2 показаны органолептические профили кваса с использованием сахарного сиропа (контрольный образец) и кваса с ксилитом и медом (опытный образец). После проведения дегустационной оценки было установлено, что по оцениваемым показателям опытный и контрольный образцы отличаются только сладостью. Из-за использования меда опытный образец имеет меньшую сладость и небольшую горечь.

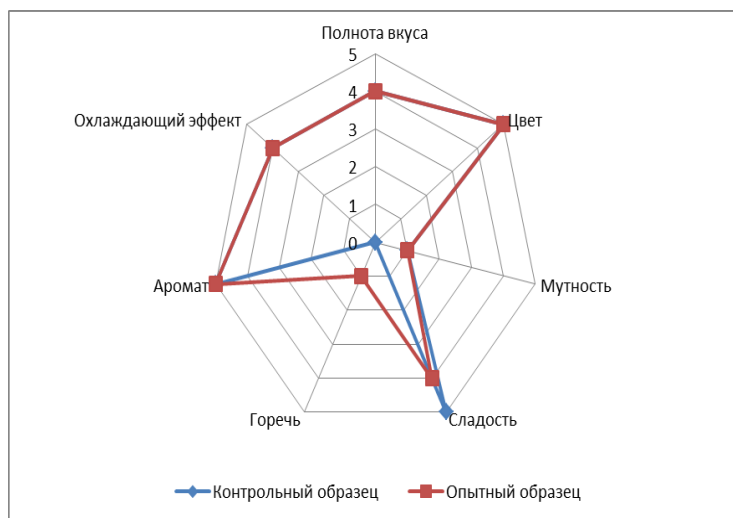


Рис. 2. Органолептический профиль кваса с использованием сахарного сиропа и кваса с ксилита

Из физико-химических показателей были определены массовая доля сухих веществ [11], кислотность [12] и стойкость напитка [9]. Таким образом, массовая доля сухих веществ в обоих образцах составила 5,8%; кислотность – 2 к.ед.; стойкость контрольного образца – 2 суток, опытного – 3 суток.

После проведенных исследований установлено, что опытный образец по органолептическим показателям уступает контрольному образцу. Однако, как и предполагалось, стойкость кваса с ксилитом выше, чем в квасе с сахарным сиропом. В целом опытный образец соответствует принятым стандартам.

Литература:

1. ГОСТ Р 53904-2010 Добавки пищевые. Подсластители пищевых продуктов. Термины и определения;
2. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов;
3. СанПиН 2.3.2.1293-03 Гигиенические требования по применению пищевых добавок;
4. Митчелл. Х. (ред. сост.)/Подсластители и сахарозаменители. – Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010 – 512 с., ил.табл. – (Серия: Научные основы и технологии);
5. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки: Энциклопедия. – СПб: ГИОРД, 2004. – 808 с.;
6. Помозова В.А. Производства кваса и безалкогольных напитков: Учебное пособие. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 192 с.: ил.;

7. Радионова И.Е. Производство кваса: Учеб. – метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 39 с.;
8. Евстегнеева Т.Н. Основные принципы переработки продовольственного сырья: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 97 с.;
9. Колчева Р.А., Калунянц К.А., Херсонова Л.И., Садова А.И. Химико-технологический контроль пиво-безалкогольного производства. – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.;
10. ГОСТ 31494-2012 Квасы. Общие технические условия;
11. ГОСТ 6687.2-90 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ;
12. ГОСТ 6687.4-86 Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Методопределения кислотности;
13. KK Maekinen, E Soederling. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol, and xylose in wild berries and commercial fruits. JFoodSci 45:367–374, 1980.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.064.36

МОНИТОРИНГ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВИАПЕРЕВОЗОК

Е.П. Хмара, Р.Ф. Юльметова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

2904helena2014@gmail.com, liya974@mail.ru

Сфера авиаперевозок развивается максимально быстро во всем мире. Появляются новые авиакомпании, авиапарки больших авиакомпаний расширяются, количества рейсов увеличивается, увеличивается пассажиропоток, появляются новые направления авиаперевозок. Чтобы справиться с возрастающей нагрузкой строятся новые аэропорты, расширяются территории уже существующих аэропортов, строятся новые терминалы. В России на сегодняшний день функционирует 282 аэропорта. В связи со сложившейся обстановкой в сфере авиаперевозок растет и нагрузка на окружающую среду. Одна из самых насущных проблем всех аэропортов мира большое количество образующихся отходов, как на борту самолета, так и на территории аэропорта. Экологи и защитники природы предлагают и разрабатывают для крупнейших аэропортов мира различные программы по снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду[1].

Программы по утилизации должны начинаться там, где образуется самое большое количество отходов в сфере авиаперевозок: в аэропортах. Упаковки от пищевых отходов, банки от газированных напитков, скапливающиеся на борту самолета, в качестве отходов в итоге попадают на территорию аэропорта[2]. Далее имеются два пути: либо авиакомпания сама занимается утилизацией отходов с бортов воздушных судов, либо отдает эти отходы аэропорту, который сам решает отдать их на переработку на мусоросжигательный завод, или просто вывезти на полигон. В процессе сжигания выделяются токсичные вещества и попадают в воздух, которым мы дышим. А свалки, где лежат отходы, разлагающиеся в течение нескольких десятков лет или более, также вносят свой вклад в загрязнение воздуха, почвы и окружающих водоемов.

Так в США сбор алюминиевых банок с бортов самолетов обеспечивает авиастроительный завод, который обеспечивает Boeing переработанным алюминием. И алюминиевые банки – это лишь верхушка айсберга. За 2004 год в сфере авиации было собрано столько пластика, макулатуры и прочих отходов, что можно было заполнить футбольное поле на глубину более 230 футов или 70 метров[3].

Аэропорты по всему миру ищут новаторские способы снижения их воздействия на окружающую среду. Ниже приводится лишь небольшая выборка некоторых различных схем обращения с отходами, действующих в аэропортах (таблица 1).

Таблица 1

Некоторые способы обращения с отходами в ведущих аэропортах мира

Аэропорт/Страна	Способ сокращения объема отходов	Описание проекта
Сиэтл-Такома (SEA)/США	Продавцы утилизируют свою кофейную гушу.	Первоначальная цель отправка двух тонн кофейной гуши на компостную станцию. На данный момент: 10–12 т кофейной гуши в месяц
Лос-Анджелес (LAX), США	Электроэнергия из отходов	Пищевые отходы используют для производства метанового газа, который используют для получения энергии
Станстед (STN), Великобритания	Повторное использование травы вместо удобрения	Скошенную траву компостируют и перерабатывают. Компост используют как удобрение для газонов
Джерси (JER)/ Великобритания, Даллас/Форт-Уорт (DFW)/США	Переработка бетона	Старый бетон взлетно-посадочной полосы измельчается и перерабатывается для использования на пешеходных дорожках и тротуарах – всего около 30 тыс. кв. м в одном проекте
Окленда (AKL)/ Н. Зеландия	Переработка одноразовых подголовников и подушек с бортов самолетов	Сбор и утилизация подушек для использования в качестве изоляции или в качестве материала для изготовления мебели

Источник: Haldane Dodd, Xavier Oh «Worldwide airport environmental initiatives», May 2008[4].

В Санкт-Петербурге на данный момент существует один гражданский аэропорт. Аэропорт «Пулково» серьезно относится к проблемам, связанным с негативным воздействием на окружающую среду. Руководство аэропорта осознает свою ответственность за сохранение окружающей среды в процессе деятельности аэропорта и внедряет проекты, нацеленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

С 2013 года в Пулково действует система раздельного сбора бортового мусора, а также мусора, образующегося в самом здании аэропорта. Для создания и внедрения системы этого были изучены положительный опыт других международных аэропортов, в особенности аэропорта города Франкфурт-на-Майне. Санкт-Петербургский аэропорт один из первых в РФ применил данную систему по обращению с отходами. Для этого на территории терминала и офисных помещений были установлены урны для раздельного сбора трех видов для таких фракций, как «Бумага, газеты, журналы»; «Тара» и «Прочий мусор»[5].

Помимо урн раздельного сбора, так же макулатура собирается отдельно сотрудниками аэропортов и еженедельно вывозится в специальный контейнер для сбора макулатуры, откуда потом вывозится подрядчиком на завод и из переработанной бумаги производят туалетную бумагу «Zewa».

Помимо макулатуры на территории осуществляется раздельный сбор таких фракций: лом черных металлов, отработанное масло, отработанные покрышки, тара

(пластиковая, алюминиевая), стеклотара (стеклянные бутылки), отработанные аккумуляторы. Все это вывозят подрядчики и перерабатывают для получения вторичного сырья.

Отходы пассажирского терминала, не прошедшие сортировку на территории аэропорта, так же вывозятся подрядчиком на сортировочный завод, где отсортировываются отдельные виды пластмассы, алюминия, стекла, макулатуры и получается готовое вторичное сырье для дальнейшей переработки и использования в хозяйственном обороте[6].

В целом система раздельного сбора дает возможность, как самому аэропорту, так и его посетителям, и пассажирам, внести свой важный вклад в дело снижения негативного воздействия на окружающую среду. Аэропорт Пулково продолжает работу по изучению технологий и процессов в сфере обращения с отходами для дальнейшего снижения объема отходов и снижения нагрузки на окружающую среду.

Литература:

1. Годовой отчет по охране окружающей среды ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» Аэропорт Пулково;
2. Промышленный экологический контроль ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» Аэропорт Пулково.
3. Elizabeth Leavitt “Recycling initiatives & Green incentives Seattle Seattle-Tacoma International Airport” “Airports Going Green”Conference Chicago (IL), 2009 [Электронныйресурс]//
4. Haldane Dodd, Xavier Oh «Worldwide airport environmental initiatives», May 2008 [Электронныйресурс]//
5. United States Environmental Protection Agency “Developing and Implementing an Airport Recycling Program”, 2009 [Электронныйресурс]//
6. What Goes Up Must Come Down: The Sorry State of Recycling in the Airline Industry/A Green America Report: February 2010 [Электронныйресурс]//

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД В СТРАНАХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Н.Б. Ульянов, А.Д. Денисенкова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

nblianov@mail.ru, a.denisenkova@bk.ru

Поверхностные сток (ливневые стоки, талый снег и другая любая влага) образуются после дождей и протекают по поверхности земли. Если перечисленные природные явления появляются на естественных ландшафтах в природных условиях, то поверхностный сток естественным образом инфильтруется в почву, после чего попадает в грунтовые воды либо аккумулируется растениями. Но в городах, благодаря искусственно созданным поверхностям, влага не попадает в почву, и образующийся поверхностный сток принимает форму сточной воды систем канализования. Она уходит в ливневую канализацию либо в специальную канализацию для поверхностного стока, которая должна отводить сток от зданий и дорог. Важной проблемой является то, что на урбанизированных территориях объем поверхностного стока в 5 раз больше (55% от общего количества осадков), чем в природных экосистемах, что приводит к естественной эрозии поверхности и увеличению общего количества сточных вод, поступающего на очистные сооружения. Обычно городские поверхностные стоки загрязнены различными маслами, химическими элементами, металлами. Так же стоит отметить, что поверхностный сток имеет более высокую температуру, чем природные воды, что тоже может оказывать негативное воздействие на водную биоту.

На уровне европейского союза имеются только временные предписания по поводу обращения с поверхностным стоком в плане его объема, т.е. требования законодательного уровня относительно качества стока отсутствуют. Тем не менее, есть несколько подзаконных актов, которые не напрямую регулируют его качество. Также европейская структура позволяет при отсутствии нормативных актов союза принимать внутреннее законодательство. Печень нормативов Европейского Союза, которые тем или иным образом регулируют поверхностный сток:

- 1) Директива ЕС по наводнениям (2007/60/ЕС);
- 2) Рамочная директива ЕС по воде (РДВ) (2000/60/ЕС);
- 3) Директива ЕС по очистке городских сточных вод (91/271/ЕЕС и 98/15/ЕС);
- 4) Директива ЕС по нитратам (91/676/ЕЕС);
- 5) Директива ЕС по использованию канализационного осадка в сельском хозяйстве (86/278/ЕЕС).

Первая Директива 2007/60/ЕС напрямую регулирует обращение с поверхностными стоками на территории стран ЕС. В целом она содержит предписания по всем видам наводнений, которые могут быть. Цель директивы является управление рисками от наводнений, которыми могут нанести вред здоровью людей и окружающей среде [1]. Косвенные требования по качеству стока вытекают из четырех оставшихся.

Рамочная директива по воде нацелена на защиту человеческого здоровья, водоснабжения, природных экосистем и биоразнообразия. Данные цели достигаются при помощи планов управления речными бассейнами, которые описывают: качество водоёмов; воздействия на водоёмы и действия, которые следует предпринимать для достижения целей РДВ по «хорошему» статусу водоёмов. Согласно директиве к 2021

году должны получить статус «хорошего качественного водоёма» [2]. Для определения статуса водоёма есть ряд параметров, которым должен соответствовать водоём. Их можно разбить на физические, физико-химические и биологические параметры.

Для установления хорошего химического статуса были установлены экологические стандарты качества (ЭСК) в отношении 53 химических загрязнителей, вызывающих опасение по всему ЕС. Данные вещества называются приоритетными веществами и регулируются Директивой по приоритетным веществам. В этот список входит такие вещества как никель и его соединения, алахлор, диурон, цибутрин, симазин и др. [3,4].

Следующая Директива регулирует попадание поверхностных ливневых стоков в канализацию. Стоки могут попадать в канализацию как преднамеренно, так и при обильных осадках. Они должны очищаться также как и другая сточная вода. Проблемой попадания ливневых сточных вод является: переполнение канализационной сети; уменьшение температуры потока сточных вод, что приводит к снижению биологической активности сооружений [5].

Директива 97/676/ЕЕС имеет отношение к нитратам, которые могут попадать в поверхностный сток. В них описаны меры, ограничивающие условия применения удобрений, создание буферных полос вдоль водных объектов. Использование канализационного осадка описано в директиве (86/278/ЕЕС). Особое значение имеют патогены и тяжелые металлы [6].

Более строгое законодательно может применяться в каждой стране по отдельности. Например, в Финляндии отсутствуют контрольные значения по качеству поверхностного стока, законодательство в основном направлено на управление поверхностным стоком. С 2014 года управление городским поверхностным стоком перешло к муниципалитетам с целью поддержки локального системного управления и очистки воды. Некоторые муниципалитеты организуют управление городскими поверхностными стоками посредством ежегодного налога на дождь [7].

Однако пример контрольных значений качества поверхностного стока можно взять у Швеции. В целом на территории Швеции нет национального регулирования качества поверхностного стока, но у каждого муниципалитета есть свои требования, которые они выставляют организациям [8].

В качестве заключения можно отметить, что с законодательной точки зрения в странах ЕС большое значение придается объему поверхностного стока, чем к его качеству.

В России правовое регулирование в сфере поверхностных сточных вод прописано в едином законе о водоснабжении и водоотведении #614. Все остальные нормативные акты имеют статус СНиПа, СанПиНа, рекомендаций, технологических регламентов. Поверхностные сточные воды также поступают либо в системы канализования либо напрямую в водный объект, чаще всего без предварительной очистки. В Санкт-Петербурге без очистки остаются 1,5% прямых выпусков, из которых примерно 0,6% процента приходится на поверхностный сток [9].

Существует всего 4 способа обращения с поверхностным стоком: это предотвращение его образования, сокращение объема образования, очищение и отвод в точку сброса.

Примером предотвращения поверхностного стока является налог на дождь. В Германии владельцы домов с «пористой» крышей или высаженным цветником на ней могут подать запрос на сокращение налога.

Очищение поверхностного стока может происходить благодаря инфильтрации через поверхности, биофильтрации, реактивные фильтры. Для отвода стоков используют пруды и искусственные болота [10].

Искусственные болота – наиболее применяемая технология на сегодняшний день в Финляндии. Они заменяют процессы, происходящие в естественных

экосистемах, такие как инфильтрация и аккумулярование. Если вопрос о земельном участке является решенным, то такая технология естественно, без серьезных финансовых и трудовых затрат очищает до 80% поверхностного стока [11].

В России на данный момент подобные продвинутое «зеленые» технологии редко где применяются. Большинство стока поступает в системы канализования и очищается на очистных сооружениях. Примерами новых технологий могут служить установки реактивных фильтров на прямые выпуски, что позволяет значительно улучшить качество сточных вод.

Таким образом, мы можем отметить, что проблема обращения с поверхностными сточными водами существует, но ей не уделено достаточного внимания. Больше внимание уделяется объему поверхностного стока, а не его качеству. В странах ЕС решением проблемы является введение налога на дождь и применение зеленых технологий для очистки перед выпуском в поверхностный водоем, в России данным вопросом вплотную не занимались и нам еще предстоит сделать решающие шаги для улучшения водопользования в нашей стране.

Литература:

1. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks // Official Journal of the European Union L 288. 2007. P. 27-34.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Union L 327. 2000. P. 1-73.
3. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment // Official Journal of the European Union L 135. 1991. P. 40-52.
4. Commission Directive 98/15/EC // Official Journal of the European Union L 67. 1998. P. 29.
5. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources // Official Journal of the European Union L 375. 1991. P. 1-8.
6. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture // Official Journal of the European Union L 181. 1986. P. 6-12.
7. Vieno N, Tuhkanen T, Kronberg L. 2007. Elimination of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Finland. Water Research, 41(5), P. 1001–1012.
8. Pharmaceuticals in the aquatic environment of the Baltic Sea region – A status report // UNESCO Emerging Pollutants in Water Series. No. 1. UNESCO Publishing, Paris. 2017. 50 p.
9. Качество очистки стоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vodokanal.spb.ru/>. – ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». – (Дата обращения: 08.09.2017).
10. Research and innovation strategy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vttresearch.com/>. – VTT Technical Research Centre. – (Дата обращения: 08.09.2017).
11. Hazardous substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea // Baltic Sea Environment Proceedings No. 120B. 2010. 116 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕДРЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ

Е.С. Трохов, А.С. Павлова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия.

promeffect@bk.ru

В настоящее время с целью повышения конкурентоспособности предприятий высший менеджмент находится в постоянном поиске эффективных систем управления. Руководители компаний стараются достичь баланса между экономическими, социальными и экологическими аспектами производства. Поиск подходящих методологий управления, их внедрение и адаптация на российских предприятиях является непростой актуальной задачей, которая требует изучения среды внутри предприятия и факторов, действующих на него извне. Одним из подходящих решений может являться методология бережливого производства (leanproduction), которая направлена на повышение эффективности производственного процесса. Концепция подразумевает выявление потока создания ценности для потребителя и избавления от различного рода потерь в производстве. В результате растет эффективность и конкурентоустойчивость. Немаловажным положительным фактором является снижение негативного воздействия на окружающую среду, которое проявляется в сокращении использования природных ресурсов и снижении количества отходов. Внедрение бережливого производства наряду с проведением мероприятий, направленных на заботу об окружающей среде формируют социально-экологическую ответственность предпринимательства, создают позитивный имидж компаний и, как результат, повышают доверие клиентов и приверженность потребителей.

Бережливое производство включает и целую философию бережливости, ориентированную на долгосрочную перспективу, а не только набор методов. Если концепция используется правильно, то такой подход позволяет отвечать запросам общества и оставаться стабильным самому предприятию.

В долгосрочной перспективе переход на бережливое производство может существенно способствовать развитию предприятия и повышению его экономической эффективности. Например, в результате внедрения данной системы в компании «ГАЗ» увеличился выпуск продукции на 30%, производительности труда на 60%, снизилось количество брака на 50%. Только за счет внедрения методики снижения запасов, оптимизации производства в 2009 г. компания смогла сэкономить 4,5 млрд руб. Затраты на транспортные расходы и арендную плату сократились на 1 млн 224 тыс. руб., экономия по энергоносителям составила почти 11 млн руб. На заводах Компании «Балтика» в результате внедрения инструмента SMED было сэкономлено более 30 млн рублей [5]. На «КамАЗе» за 5 лет снизился уровень брака на 50%, сократилось 360 тыс. м² используемых площадей. В сумме удалось достичь экономического эффекта в 19 млрд руб. [1].

С целью выявления осведомленности российских компаний о бережливом производстве и трудностях его внедрения было проведено анкетирование 20 предприятий пищевой, металлургической, энергетической, химической, машиностроительной, деревообрабатывающей, фармацевтической, легкой, IT –промышленностей.

В опросе приняли участие 127 респондентов: руководители высшего звена предприятий (7,8%), средний менеджерский состав (41,7%), специалисты и работники производства (47,3%), а также бизнес-тренеры (3,1%).

В ходе проведенного опроса было выявлено, что 64 % респондентов знают о методологии бережливого производства. На предприятиях, где используется методология, наиболее популярными инструментами являются комплексное управление качеством (Total Quality Management, TQM) – внедрено у 75% предприятий, Кайдзен (Kaizen) – 75%, Картирование потока создания ценности (Valuestreammapping) – 75%, а также система Быстрой переналадки (Single-Minute Exchange of Dies, SMED) – 62,5%. Система 5S – 62,5%, Канбан (Kanban) – 12,5%, [2].

Респонденты отметили результаты внедрения инструментов бережливого производства: система 5S способствовала ускорению отгрузки продукции в 4 раза, а также увеличению вместимости складов на 20%; Кайдзен – проекты привели к снижению времени затраченного на подбор комплектующих со склада на 15–20%; сокращены потери расходных материалов, эффективность работы персонала увеличена на 28%, оптимизирован ручной труд, сокращено водопотребление на 20%, энергопотребление на 15%, на 10% увеличена доля отходов, переданная на переработку, сокращены выбросы парниковых газов[3].

Однако лишь 40% респондентов готовы поддерживать и применять инструменты бережливого производства. Трудности внедрение методологии бережливого производства отображены далее (рис. 1).

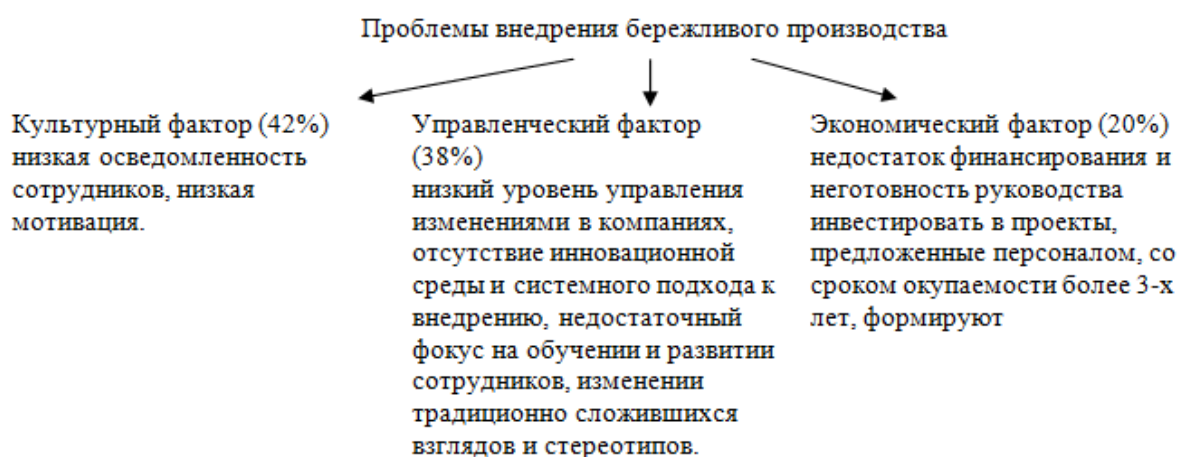


Рис. 1. Проблемы внедрения бережливого производства

Основной сложностью при внедрении методологии является менталитет рабочего персонала. Обучить слушателей работе отдельных инструментов бережливого производства не сложно, вызывает трудность добиться, чтобы их применение стало неотъемлемой частью их повседневной работы. Необходимо качественно менять отношение работников к концепции бережливого производства. Это возможно путем вовлечения при обучении, а эффективная адаптация бережливого производства в условиях конкретных предприятий требует применения инновационных методов обучения.

На современном этапе развития обучающих методик популярны онлайн-обучение и геймификация (игрофикация). Фундаментом такого обучения становится моделирование определенной ситуации. Так, в результате активного вовлечения, обучающиеся лучше усваивают материал, развивают способности самостоятельно решать практические задачи и взаимодействовать в команде [4, 5].

Результаты проведенного исследования были использованы при создании обучающей игры по внедрению системы 5S (методика поддержания порядка на

рабочем месте). Игра помогает понять основные преимущества системы 5S, пути применения на рабочем месте. Она содержит множество элементов мотивации, таких как состязательность, призовые стимулы, преодоления препятствий. Так, в качестве рекомендаций мы предлагаем использовать активные методы обучения для увеличения вовлеченности персонала в процесс нововведений [6].

В дальнейшем мы планируем выявить наиболее эффективный тип внедрения бережливого производства, разработать и провести обучающие тренинги, информационные сессии для стимулирования осведомленности по теме бережливого производства, популяризовать знания о методах повышения эффективности.

Литература:

1. Индейкина А.А. Российский опыт внедрения концепции «бережливое производство» // Научный журнал MASTER'S JOURNAL. – 2015. №1. – С. 337-341
2. Кононова В.Ю. Распространение Lean Manufacturing в России [Электронный ресурс] // Результаты опроса промышленных предприятий <http://leaninfo.ru/wp-content/uploads/2009/07/lean-2006.ppt>.
3. Корпушенко Е. С., Майорова А. В., Жирнова Е. А. Применение бережливого производства на российских предприятиях машиностроительного комплекса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010. - №5. - С. 285-286.
4. Павлова А.С. Анализ факторов, влияющих на повышение энергоэффективности и развитие корпоративной социально-экологической ответственности Российских компаний на основе метода обратного прогнозирования с участием заинтересованных сторон [Электронный ресурс] / А.С. Павлова, О.И. Сергиенко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 4. – С. 340-355. – Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/11202.pdf>.
5. Сергиенко О.И. Формирование корпоративной социально-экологической ответственности бизнеса на основе анализа заинтересованных сторон [Электронный ресурс] / О.И. Сергиенко, А.С. Павлова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2011. – № 1. – С. 299-307. – Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/6626.pdf>.
6. Стародубцева Е. Это заставит поколение Y работать лучше [Электронный документ] // Rusbase.- Режим доступа: <http://www.rusbase.com/opinion/lu4she>.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА В ОРГАНИЗАЦИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Е.А. Сундрякова, А.С. Павлова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kate442845@mail.ru, nastya.vasilyeva@gmail.com

В современном обществе растет тенденция развития кафе общественного питания, вследствие чего растет и антропогенное воздействие на окружающую среду. В связи со скоростью развития различных организаций общепита и их негативного влияния на природу встает глобальная задача управления взаимодействием данных предприятий с окружающим нас миром, а также тотальный контроль и учет факторов, которые могут стать условиями данного воздействия [2].

В современных условиях интеграции России в международное экономическое пространство и глобализации экономических процессов перед организациями общественного питания встает проблема завоевания устойчивого положения на рынке. Одним из главных факторов успеха для таких предприятий является удовлетворение требований потребителей и предоставление услуг высокого качества. Очевидно, что основные ожидания современного общества от организаций общественного питания – это качество и пищевая безопасность продукции. Также все больше значения потребители придают вопросам социальной ответственности, влиянию деятельности кафе, ресторанов на состояние окружающей среды. Таким образом, внедрение и развитие интегрированных систем менеджмента, применение международных стандартов, а также сертификация позволит обеспечить высокое качество предоставляемых услуг, а также повысить конкурентоспособность деятельности компании [4].

Интегрированная система менеджмента создает не только условия для повышения конкурентоспособности организаций на рынке, но также привлекает население к проблемам состояния окружающей среды и соответственно заинтересованных сторон к вопросам сознательной безопасной хозяйственной деятельности. Кем же являются эти заинтересованные стороны? В первую очередь, это конечно же потребители, которых теперь волнует не только качество и пищевая безопасность организаций общественного питания, но и социальная ответственность данных предприятий и их влияние на окружающую среду. Стейкхолдерами в данном вопросе также являются и руководители этих компаний, интересы которых возрастают еще больше. В первую очередь – это ужесточение законодательства в области охраны окружающей среды. Внедрение экологического менеджмента позволяет четко регулировать инструменты контроля в этой области [3]. Нельзя забывать и о экономической составляющей внедрения данной системы. Последствия хозяйственной деятельности пищевых производств, к которым относятся различные выбросы в атмосферу, сбросы, образования отходов, а также шумы, вибрации и запахи, могут дорого обойтись владельцам предприятий. Поэтому сокращение негативного воздействия ведет за собой и сокращения затрат на плату этих воздействий. Еще одна из причин заинтересованности руководителей в защите окружающей среды – это социально-этический маркетинг, который направлен на заинтересованность

потребителей в благополучии окружающего его мира. Но не только потребители и руководители являются заинтересованной стороной в области охраны окружающей среды. Арендодателей также касается данный вопрос. Повышение спроса на определенное кафе быстрого питания – это возможность повышения платы за аренду, то есть увеличение прибыли от данных точек, а также и некоторое увеличение проходимости того или иного торгового центра или комплекса. Средства массовой информации, как и другие стороны, следят за тенденциями проявления социальной и экологической ответственности различных организаций. Стоит также упомянуть еще одну неотъемлемую часть, заинтересованных в деятельности пищевых предприятий, таких как соседи – людей, живущих вблизи производства продукции. Различные шумы, запахи, вибрации не оставят их без внимания. Из всего выше сказанного можно сделать вывод о том, что внедрение интегрированной системы менеджмента играет своего рода «мостом» между непосредственными руководителями кафе быстрого питания в их отношениях с заинтересованными в его деятельности сторонами [1].

Для выявления мнения населения о влиянии кафе общественного питания на окружающую среду было проведено анкетирование, в котором приняли участие 110 респондентов - посетители данных заведений, а также сотрудники, менеджеры среднего звена и высшее руководство. При проведении опросов было предложено выявить основные проблемы, связанные с работой данных организаций, и рассмотреть отношение к этим проблемам двух различных сторон: потребителей и сам персонал.

С полной уверенностью можно утверждать, что вопросы экологии для населения не оставляют их равнодушными. 91,8% опрошенных интересуется состоянием окружающей среды. То есть данный вопрос является актуальным в современном мире, где увеличивается техногенное воздействие на окружающий нас мир.

97,2% потребителей посещают кафе быстрого питания с различной периодичностью, в связи с чем можно сделать вывод о том, что данные организации вносят огромный вклад в загрязнение окружающей среды, с чем согласны 79,1% опрошенных.

Ответы на вопрос – с какими именно проблемами в экологии сталкиваются кафе общественного питания - дают почву для более глубоко размышления о влиянии этих организаций. Большинство респондентов считают, что это отходы одноразовой посуды, а именно 66,4%. И всего лишь 5,6% указывают на потребление воды и энергии. По данным результатам можно сделать вывод, что, возможно, нехватка информирования о состоянии окружающей среды, не дает человеку возможности более глобального видения реальной экологической ситуации. Проанализировав опрос для персонала, можно сделать аналогичные выводы. Минимальное количество опрошенных осознают важность водных и энергетических ресурсов.

Ответ на вопрос «влияют ли организации общественного питания на состояние окружающей среды» показывает низкий уровень экологического информирования у респондентов, о чем нам говорит наличие отрицательного ответа на данный вопрос, а именно 20,9%. Что же касается персонала, задействованного во всех процессах данных организаций, статистика чуть лучше: всего лишь 6,5% не осознают негативного влияния на окружающий мир.

Вопросы личного удовлетворения потребностей у людей стоят в приоритете, в отличие от вопросов, касаемых экологии и загрязнения окружающей среды: всего лишь 1,8% респондентов волнует наличие у кафе быстрого питания ответственности и политики в вопросах экологии.

Очень плачевная ситуация обстоит с наличием экологической политики у кафе общепита. Только 31,8% респондентов утверждают, что организации, в которых они работают, имеют данные политики. Здесь можно сделать вывод, что руководство компаний, которые не заботятся об окружающей среде, имеют низкую осведомленность о том, что, сокращая затраты на потребление ресурсов, в свою

очередь, имеют возможность получать больше прибыли и развиваться на международном уровне.

Таким образом, чтобы глобально изменить сложившуюся ситуацию на предприятиях общественного питания нужно изменить систему управления в данных организациях, а также изменить отношение к экологическим проблемам руководства и персонала.

Литература:

1. Шаммазов А.М., Бахтизин Р.Н., Шарафиев Р.Г., Писаренко К.Э., Квитко В.Ж. От контроля количества к управлению качеством. История развития системы менеджмента качества ГОУ ВПО УГНТУ//теоретические и практические рекомендации по применению стандарта ISO 9001:2000 (9001:2008)-2009. – стр.35-45
2. Единая база ГОСТов РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/>
3. Интеграл [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://integral.ru/>
4. Научная электронная библиотека Elibrary.ru[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://elibrary.ru/defaultx.asp>

АНАЛИЗ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЯХ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

П.В. Соболева, О.И. Сергиенко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

p.soboleva.itmo@gmail.com, oisergienko@corp.ifmo.ru

Термоэлектрическое твердотельное охлаждение является одним из современных способов получения искусственного холода посредством термоэлектрических модулей охлаждения (ТЭМ) – тепловых насосов, которые работают на основе явления Пельтье.

Термоэлектрическое охлаждение используется для самых различных целей, таких как медицинские и лабораторные исследования, аэрокосмические, полупроводниковые и телекоммуникационные системы, промышленные и потребительские нужды. Диапазон использования термоэлектрических модулей широк – от простых кулеров для продуктов и напитков для пикника до чрезвычайно сложных систем контроля температуры в ракетах и космических аппаратах. Термоэлектрический модуль охлаждения позволяет снизить температуру объекта ниже температуры окружающей среды, а также стабилизировать температуру объектов выше температуры окружающей среды [1, 2].

Термоэлектрические охладители можно использовать при необходимости отвода тепла в диапазоне от нескольких милливатт до нескольких тысяч ватт. Целесообразно использовать термоэлектрический охладитель тогда, когда даже небольшой паровой компрессор обеспечивает избыточное охлаждение. В подобных ситуациях термоэлектрический охладитель является техническим решением, которое надежнее и легче(меньше), чем любая сравнительно небольшая компрессорная система. Основной научной задачей исследователей ТЭМ в настоящее время является выбор полупроводниковых материалов, обеспечивающих повышение их энергетической эффективности.

Анализ ресурсной эффективности ТЭМ любого назначения актуален не только с научной, но и с коммерческой точки зрения, т.к. для целей экологического маркетинга необходимо исследовать воздействие на окружающую среду данного устройства в жизненном цикле (ЖЦ) от извлечения природных ресурсов до использования изделия и утилизации отходов в конце срока службы.

Целью работы является исследование экологического воздействия и ресурсной эффективности в жизненном цикле термоэлектрического модуля типа ТВ-127-1,4-1,5 с максимальной холодопроизводительностью 60 Вт, выпускаемого компанией ООО «Криотерм» [3]. В состав модуля входят следующие материалы: висмут – 2,08 г; теллур – 2,94 г; селен – 0,096 г; сурьма – 0,74 г.

Цель, область и границы исследования жизненного цикла определены в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14044[4]. Границы исследования обозначены на рис.1 и включают стадии извлечения руд цветных металлов, производства чистых металлов и синтеза термоэлектрических материалов.

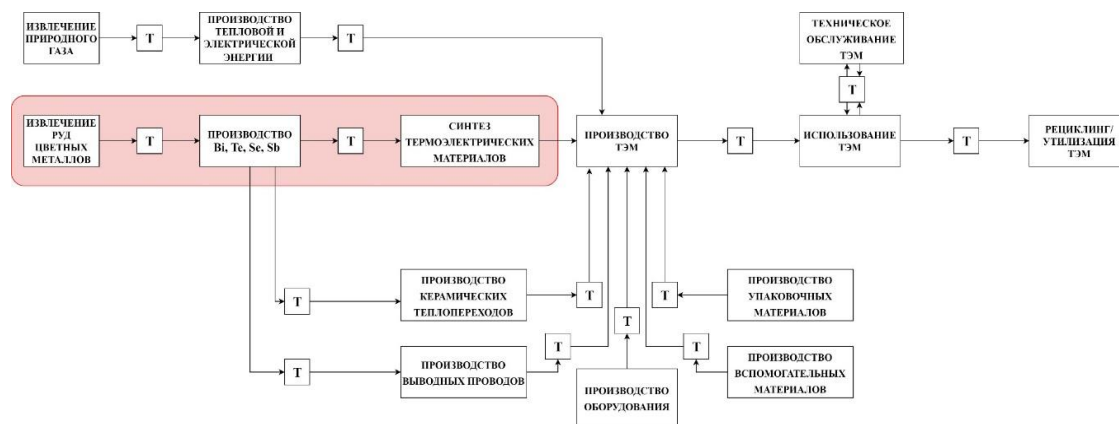


Рис.1. Жизненный цикл ТЭМ

Синтез термоэлектрических материалов включает в себя процессы входного контроля материалов, дробления сырья, составления навески, синтезирования, выращивания кристаллов, резки слитков и измерения образцов (рис. 2).

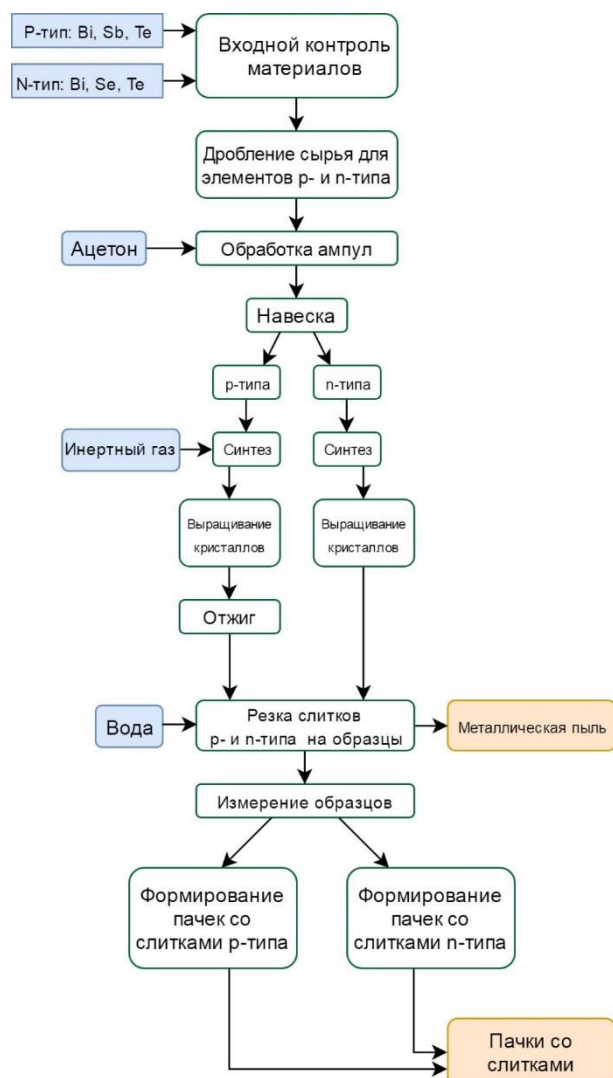


Рис.2. Стадия синтеза термоэлектрических материалов

Основной задачей исследования являлось выявление воздействий на окружающую среду при производстве термоэлектрических материалов для подтверждения их экологических преимуществ при эксплуатации в системах

твердотельного охлаждения. Для проведения анализа были рассмотрены технологии производства материалов и сборки ТЭМ, собраны исходные данные для проведения инвентаризационного анализа жизненного цикла ТЭМ, а также рассчитаны глобальные показатели категорий воздействия. В заключение, была определена структура материального потребления.

Анализ категорий экологического воздействия выявил две основные причины загрязнения ОС: образование отходов и выбросы диоксида углерода на стадиях добычи и обработки руды. Данные воздействия были зафиксированы в ЖЦ всех рассматриваемых материалов. Чрезмерное образование отходов связано с добычей полезных ископаемых, изъятием шахтной породы. В дальнейшей работе целесообразно разработать предложения по полезному использованию породы в качестве ресурса, например, в строительстве.

Анализ ресурсной эффективности (MIPS-анализ) также выявил высокий уровень потребления абиотических ресурсов. Истощение водных ресурсов по всем стадиям ЖЦ материалов незначительно. Самыми ресурсоемкими являются стадии добычи руды, ее переработка и рудоподготовка. Стадия синтеза термоэлектрических материалов является наименее ресурсоемкой. Наиболее ресурсоемкими стадиями получения термоэлектрических материалов являются добыча и переработка руды (более 90% от общего материального потребления по каждому из материалов), истощение абиотических ресурсов и потребление электроэнергии вносят значительный вклад в показатели ресурсной эффективности. Наибольший вклад в потенциал глобального потепления вносит диоксид углерода, который выделяется при сжигании топлива (кокса) на стадии переработки руды.

В данной статье описано исследование экологических воздействий и ресурсной эффективности получения термоэлектрических материалов, необходимых для получения полупроводниковых элементов при создании ТЭМ (висмут, теллур, селен, сурьма). Также рассматривалась стадия синтеза термоэлектрических материалов. В качестве объекта исследования был выбран модуль для охлаждения ТВ 127-1,4-1,5, для которого были получены данные о ресурсном потреблении и экологическом воздействии на стадиях получения материалов и синтеза термоэлектрических элементов.

Полученные данные могут быть использованы для информирования потенциальных потребителей об экологических характеристиках термоэлектрических охладителей и составляют основу экологической декларации о продукции. Экологическое декларирование обеспечивает ряд преимуществ для производителей, таких как повышение конкурентоспособности в международной торговле, продвижение «экологически чистой» продукции на рынках.

Литература:

1. Булат Л.П. Твердотельные охлаждающие системы // Термоэлектричество. – 2007. – 3. – С. 15-22.
2. Булат Л.П., Бузин Е.В. Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. указания для студентов спец. 070200 “Техника и физика низких температур”. - СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. - 41 с.
3. Характеристики однокаскадных термоэлектрических модулей, выпускаемых ООО "Криотерм" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kryothermtec.com/ru/standard-single-stage-thermoelectric-coolers.html>.
4. ГОСТ Р ИСО 14044-2007 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200077942>.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ ЦИРКУЛЯРНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Смазнова, О.И. Сергиенко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

smaznova_94@mail.ru, oisergienko@corp.ifmo.ru

В зарубежной литературе приводится ряд подходов для оценки степени достижения экономики замкнутого цикла, как глобальной экономической модели, которая призвана отделить экономический рост и развитие от потребления ограниченных ресурсов. Экономика замкнутого цикла или циркулярная экономика характеризуется замкнутостью потоков ресурсов за счет восстановления, рециклинга и рекуперации отходов производства и потребления. Компании получают огромные возможности от реализации этой модели, так как она не только позволяет получить дополнительную ценность от своей продукции, но также снизить риски от волатильности цен на материалы.

В отличие от циркулярной, в линейной модели по мере развития экономики происходит увеличение извлечения и потребления ресурсов и образования отходов. При условии платежеспособного спроса население потребляет больше материальных и энергетических ресурсов, что, соответственно, приводит к необходимости дальнейшего развития производства. Если принципы циркулярной экономики не внедряются, отходы не используются повторно, не рециклируются, экономический рост неизбежно сопровождается увеличением образования отходов на душу населения – линейная модель приводит к неустойчивому развитию.

Оценивание уровня циркулярности системы обращения с отходами может служить в качестве одного из инструментов, позволяющего определить степень замкнутости экономического развития того или иного региона и сопоставить его с другими регионами или странами

Целью работы является разработка индикаторов для оценки уровня циркулярности схемы обращения с отходами в Новгородской области за период с 2012 по 2016 гг. с учетом первых результатов, полученных при внедрении территориальной схемы обращения с отходами.

Согласно принятому Ф3 №458 от 29.12.2014 в обращение с отходами внесены существенные изменения, все полномочия по разработке территориальных схем обращения с отходами передаются региональным операторам, которые должны разрабатывать меры для повышения ресурсной эффективности региона. В терминах Ф3 №458 утилизация отходов есть использование для производства продукции, включая повторное применение по прямому назначению (рециклинг), возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для повторного применения (рекуперация) [1].

При выполнении работы использованы базы данных Департамента природных ресурсов и экологии и Росприроднадзора по Новгородской области [2,3]. В качестве метода исследования выбран анализ статистических данных по Новгородской области за указанный период.

Несмотря на наличие разных наборов индикаторов, отражающих уровень

циркулярности [4,5], наиболее приемлемым с точки зрения доступности и сопоставимости располагаемых баз данных является набор показателей, разработанных в Дании. Он охватывает четыре ключевых показателя: ресурсная эффективность, повторное использование отходов (утилизация отходов), образование отходов, а также потребление энергии и выбросы парниковых газов. Дания является примером наилучшей европейской практики в обращении с отходами с уровнем рециклинга отходов, кроме минеральных, составляющим 60% в 2014 г. [5].

В настоящей работе нами рассматривается только обращение с отходами и предложено рассчитывать индикаторы циркулярности схемы обращения с отходами на душу населения и на единицу ВВП следующим образом:

$$CL_n = \frac{\text{Отходы}_n}{\text{Ч}_{\text{нас}} \cdot \text{ВВП}}, \quad (1),$$

где CL_n – индикаторы текущего уровня образования отходов; индекс «n» – относится к к видам отходов;

Отходы_n – количество отходов определенного вида, т/год; рассматривается общее количество отходов, отходы промышленные, твердые коммунальные отходы (ТКО) и утилизация отходов;

$\text{Ч}_{\text{нас}}$ – численность населения, чел/ год;

ВВП – валовой внутренний продукт, млрд руб./год.

В Таблице 1 приведены исходные данные для расчета индикаторов циркулярности: численность населения и показатель валового внутреннего продукта (ВВП) для Новгородской области, общее образование, а также справочно образование отходов по классам опасности [3]. Динамика образования отходов по видам показана на рис.1. [2].

Таблица 1

Образование отходов в Новгородской области в период 2012–2016 гг.

Год	ВВП, млн. руб.	Численность населения, чел.	Количество отходов по классу опасности, т					Всего отходов, т
			I	II	III	IV	V	
2012	18,0	629 748	43,821	230,909	151 833,975	274 696,996	825 369,057	1 252 174,758
2013	18,3	625 855	183,529	149,199	116 975,006	220 716,230	747 593,079	1 085 617,043
2014	18,1	622 430	102,838	232,071	146 023,908	208 128,219	1 275 015,581	1 629 502,617
2015	17,8	618 703	51,131	172,477	193 777,003	491 812,571	1 513 441,591	2 199 254,773
2016	17,4	615 692	105,458	257,419	198 562,245	568 482,241	1 921 813,206	2 689 220,569

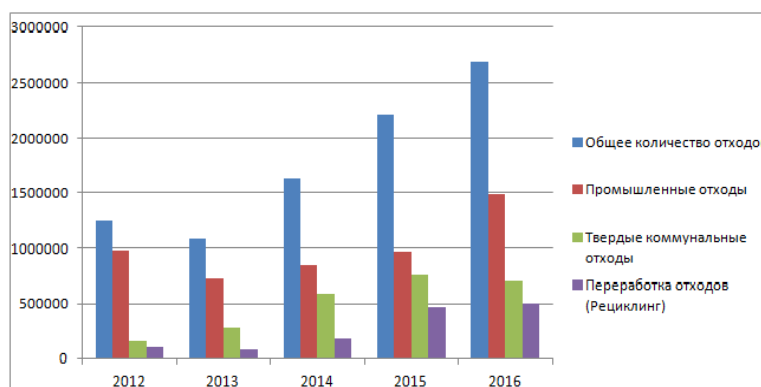


Рис. 1. Образование отходов в Новгородской области по видам отходов, в тоннах

Результаты расчета индикаторов по видам отходов показаны на рис. 2.

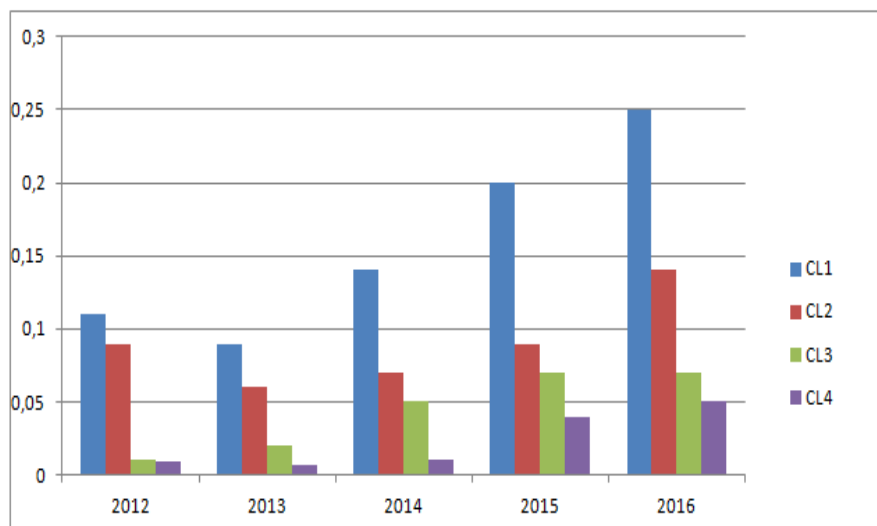


Рис. 2. Индикаторы образования отходов и циркулярности территориальной схемы обращения с отходами

CL1 – индикатор текущего уровня образования общего количества отходов;
CL2 – индикатор текущего уровня образования промышленных отходов; CL3 – индикатор текущего уровня образования ТКО; CL4 – индикатор текущего уровня утилизации отходов

За рассмотренный период 2012–2016 гг. наблюдается снижение численности населения на 2,33% и объема ВВП на 1,04%, соответствующие динамике экономического развития в условиях кризисов 2008 и 2012 гг., что при условии роста образования отходов на 46,56% соответствует линейной модели развития экономики региона. Тем не менее, в регионе наблюдается существенный рост рециклинга или утилизации отходов (на 10,12%), что связано с инициативами компаний по переработке промышленных отходов.

Дальнейшее повышение степени утилизации отходов компаниями может произойти в том случае если, вторичные ресурсы будут находить применение и соответствующие затраты будут окупаться.

Территориальная система обращения с отходами пока еще не работает в полной мере в соответствии с законом. В настоящее время на территории Новгородской области региональные операторы не выбраны. В связи с этим проекты по утилизации отходов не разрабатываются.

По мере реализации территориальной схемы обращения с отходами, согласно ст. 24.6 ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» деятельность по обращению с отходами будет осуществляться региональными операторами, которыми могут быть либо индивидуальные предприниматели, либо юридические лица [6]. Должны появиться региональные операторы по обращению с твердыми коммунальными отходами в статусе гарантирующих поставщиков вторичных ресурсов [7]. Все договорные отношения управляющих компаний с транспортирующими организациями, полигонами и прочими компаниями, осуществляющими деятельность по обращению с отходами жилищного фонда, станут обязанностью регионального оператора. При наличии единой ресурсоснабжающей организации, которая будет предоставлять услугу по обращению с ТКО на коммерческой основе возможно дальнейшее повышение индикатора циркулярности региона.

Литература:

1. Федеральный закон «О внесении изменений в федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты РФ и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) РФ от 29 декабря 2014 года N458-ФЗ [Электронный ресурс]//КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/
2. Территориальная схема обращения с отходами Новгородской области 2016 [Электронный ресурс]// Сайт Департамента природных ресурсов и экологии Новгородской области. URL: <http://novohotkom.natm.ru/>
3. Пояснительная записка о выполнении государственной программы Новгородской области [Электронный ресурс]// Сайт Росприроднадзора по Новгородской области. URL: <http://rpn.gov.ru/>
4. Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers, 2015, P. 176. [Электронный ресурс]//https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf
5. Circularity Indicators. Methodology, 2015, P. 98. [Электронный ресурс]// https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf
6. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ[Электронный ресурс]//КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/
7. Новые правила обращения с ТКО [Электронный ресурс]// Журнал. Справочникэколога. №8, 2015. – с. 27. URL: https://www.profiz.ru/eco/8_2015/sistema_TKO/

РЕАЛИИ РОССИЙСКОГО РЫНКА ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

О.И. Сергиенко, К.Д. Есева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

oisergienko@yandex.ru, kseniya.eseva@yandex.ru

Возникновение рынка органических продуктов питания напрямую связано с ухудшением состояния окружающей природной среды, с одной стороны, и ростом заболеваемости населения – с другой. На международном продовольственном рынке органические продукты уже заняли собственную нишу, которая неустанно расширяется. Однако на сегодняшний день рынок органических продуктов питания в России развит слабо – при всем своем огромном ресурсном потенциале на мировом рынке экопродуктов наша страна занимает лишь 0,2 % [1].

Целью настоящей работы является анализ тенденций развития российского рынка органических продуктов питания, а также выявление основных причин, сдерживающих этот рынок. К ним относится, в первую очередь, отсутствие правовой базы: ФЗ «О производстве органической продукции» пока существует как проект высокой степени готовности (ожидается, что осенью 2017 г. закон будет принят). Другими немаловажными причинами является отсутствие системы сертификации органических продуктов питания и кадастрового описания территорий, пригодных для выращивания и переработки органической продукции. Немаловажными факторами остаются низкий уровень доходов населения и неготовность сельхозпроизводителей к производству сырья для органической продукции.

Согласно выполненному исследованию, на сегодняшний день в России более 70-ти сертифицированных производителей органических продуктов. Для получения сертификата отечественные производители обращаются в основном в такие зарубежные органы, как Ecoglobe (Армения), Kiwa BCS Öko-Garantie GmbH (Германия), Organic Standard (Украина), Ecocert SA (Франция) и др.

В настоящее время в России пока нет признанных государством систем сертификации органических продуктов. Однако существует единственный отечественный сертифицирующий орган, чья деятельность признана на международном уровне, – это НП «Экологический союз». Организация, помимо экосертификации, занимается также органик-сертификацией. На сегодняшний день маркировку «Листок жизни. Органик» имеет продукция ООО «Экологическая ферма Алёховщина» (Ленинградская область) и ИП Колтаевского С.П. (Краснодарский край, г. Крымск). Сегодня НП «Экологический союз» плотно работает над созданием экологического стандарта в отношении соковой продукции [2].

Экомаркировка является составной частью российских экологических стандартов. Её определяют как графическое отображение комплекса сведений экологического характера о товаре или услуге, означающее, что продукция оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем аналогичные товары, и/или произведена с применением экологически безопасных технологий [3]. Назначение экомаркировки заключается в распространении заинтересованными организациями экопродуктов на рынок через доведение до покупателей информации об экологичности производства продуктов питания на всех этапах жизненного цикла. Использование

этикеток и деклараций ведет к снижению вредного воздействия на окружающую среду соответствующего вида продукции или услуг [4].

До отмены ГОСТа Р 51074-97 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования» российские стандарты допускали использование в наименовании продуктов следующих словосочетаний: «экологически чистый», «выращенный с использованием только органических удобрений», «выращенный без применения пестицидов» и т.п. Однако, несмотря на запрет, на полках магазинов до сих пор в изобилии можно найти традиционную продукцию с маркировками «Эко», «Био», «Organic», «Натуральный продукт», что должно, пресекаться законом, но, очевидно, никем не контролируется. Новый национальный стандарт ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации», введенный с 01.01.2017 г., призван стать началом честного этикетирования органических продуктов [5].

Российские потребители пока слабо ориентируются в мире экомаркировок, что подтверждается результатами опросов на масштабном мероприятии VkFest в июле 2017 г. В частности, посетителям мероприятия было предложено выбрать среди определенного количества этикеток знаки экомаркировки, входящие в мировую сеть экологических маркировок GEN. Около 90% респондентов сделали свой выбор в пользу так называемого гринвошинга, то есть ситуации, когда производители, не имея на то законных оснований, устанавливают на свою продукцию этикетки экологической тематики.

Важным вопросом в области производства органических продуктов питания является допустимость применения ГМО в продуктах, признаваемых как экологически безопасные. Аргентина, Канада и США такую продукцию не этикетируют; в странах ЕС существует пороговый уровень в 0,9%; в Австралии и Японии этот порог еще выше – 5% [5]. В России вступивший в силу с 01.01.2016 г. ГОСТ Р 56508-2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортировки» запрещает ГМО в продуктах питания, и этот первый официально принятый нормативно-правовой документ в сфере производства органических продуктов гармонизирован с регламентами ЕС по органическому сельскому хозяйству. Однако 01.01.2018 г. данный стандарт будет заменен ГОСТом 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации», имеющим межгосударственное значение. Требованиям стандарта обязались уже следовать Киргизия и Таджикистан. Ожидается, что к ним присоединится и Белоруссия [5]. Важно отметить, что по содержанию упомянутые выше документы не отличаются. Повышение статуса существующего ГОСТа можно оценить как попытку внедрения национального стандарта в мировое пространство, что приведет к укреплению экономических связей.

В России к числу территорий, благоприятных с экономической точки зрения для ведения органического сельского хозяйства, в настоящее время относятся Амурская область, Дальний Восток, отдельные районы Бурятии, Башкортостана, Забайкальского Края и Ленинградской области. Однако о качестве почв, с точки зрения их соответствия экологическим нормативам и стандартам органического земледелия, можно судить только косвенно, т.к. прямые источники информации отсутствуют [6].

Выполненный обзор текущей ситуации в области производства органической продукции позволяет выявить четыре основные причины, сдерживающие развитие органического рынка: слабая законодательная база; отсутствие системы сертификации; отсутствие стандартов ведения и кадастрового описания пригодных территорий; низкий уровень доходов населения, который не стимулирует спрос и потребление органической продукции.

Определенные трудности, которые пока испытывает Россия с органической маркировкой продуктов питания, также связаны и с низкой экологической мотивацией,

и с экологической безграмотностью населения. При условии, если Россия возьмет на вооружение успешный опыт развитых стран в области органических продуктов питания, ее обязательно ждет успех в конкурентной борьбе за экологически безопасные и органические продукты питания.

Литература:

1. Wilier, Helga and Julia Lernoud (Eds.) (2017): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2016. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. Julia Lernoud and Helga Willer Current Statistics on Organic Agriculture Worldwide: Area, Producers, Markets and Selected Crops
2. Санкт-Петербургский экологический союз. [Электронный ресурс]. URL: <http://ecounion.ru/> [Дата обращения: 03.09.2017]
3. Смирнова Е.В. Экологическая маркировка. Руководство для бизнесменов и вдумчивых покупателей/Смирнова Е.В. – М.: Зеленая книга, 2012. – 128 с.
4. ГОСТ Р ИСО 14020-2011 «Этикетки и декларации экологические. Основные принципы»
5. Союз органического земледелия. [Электронный ресурс]. URL: <https://sozrf.ru/> [Дата обращения: 22.01.2017]
6. Нестеренко Н. Ю. и др. Традиционное и органическое сельское хозяйство: анализ сравнительной эффективности с позиции концепции устойчивого развития/ Вестник Санкт-Петербургского университета, Серия 5, вып. 4, 2015. – С. 4-39.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОСТОЯНИЯ ЖЕМЧУГОНОСНЫХ РЕК В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.А. Семьина, Н.В. Динкелакер

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

semyina6galina@gmail.com; nvdinkelaker@mail.ru

Информация о южных популяциях жемчужницы европейской в России (Новгородская и Ленинградская область) очень скудна и никогда не упоминалась в международной научной литературе. Известно только, что моллюск был распространен на данных территориях в XV-XVIII веках, но впоследствии, по некоторым причинам, начал вымирать.

По территории Ленинградской области протекает большое количество рек и ручьев. Большинство из них впадают в Финский залив (Балтийское море), Ладожское озеро, причем некоторые были изучены на предмет наличия лососевых пород рыб, с которыми неразрывно связан жизненный цикл жемчужницы [1]. Список рек был составлен в ходе предыдущих исследований о деятельности местных рыбаков [2] и работе по охраняемым районам [3]. Информация была получена из архива ФГУ «Севзапрыбвод», сообщений от рыбаков, записей наблюдений за промыслами и данных, полученных в результате работы местных рыбинспекций. Общий список состоял из 254 рек, однако только четыре реки (Пейпия, Охта, Сестра и Гладышевка) упоминаются в российской научной литературе как жемчугоносные [4]. Некоторые реки были исключены из-за споров или неточной информации в отношении их точных названий и местоположений. Известно лишь, что шесть экземпляров *M. margaritifera* в коллекции Зоологического института Российской Академии наук в Санкт-Петербурге связаны с тремя реками Ленинградской области (Серебристая, Гладышевка и Пейпия).

Все жемчугоносные реки Ленинградской области имеют сходные характеристики, подходящие для жизни и развития в них жемчужницы: это места с достаточно быстрым течением, порогами, перекатами и плесами с песчано-каменистым дном. Казалось бы, созданы идеальные условия для нормального развития моллюсков вида *Margaritifera margaritifera* и они могли бы и дальше существовать, увеличивая численность популяций, если бы не сильнейшее негативное антропогенное воздействие, выражающееся в браконьерстве, сведении лесов, лесосплаве. Поскольку в непосредственной близости к жемчугоносным рекам находятся и расширяются дачные поселки, предприятия и сельскохозяйственные угодья, то причиной быстрого падения численности жемчужниц является загрязнение природных вод пестицидами, удобрениями, сточными водами. Также вносят свою лепту мелиоративные работы в руслах рек.

Снижая численность рыб-хозяев путем строительства плотин и чрезмерным выловом рыб, жемчужницы подвергаются вымиранию. На численность моллюсков и их распространение также влияют и изменяющиеся естественные факторы среды – степень минерализации, насыщенность кислородом и химический состав воды, скорость течения, характер грунта, температура и т.д. В табл. 1 представлены основные загрязнители на реках Пейпия и Гладышевка.

Многолетнее полевое исследование, проведенное в 2006-2012 годах [5], показало, что 8 популяций выжили и, как минимум, 22 вымерли. На рис. 1 приведено

распределение жемчужниц по обследованным учеными рекам. Общее количество найденных жемчужниц составляло около 50 000 моллюсков. Самая крупная популяция была обнаружена в реке Пейпия, которая насчитывает около 40 000 особей. Мальки лососевых были найдены в шести популяциях.

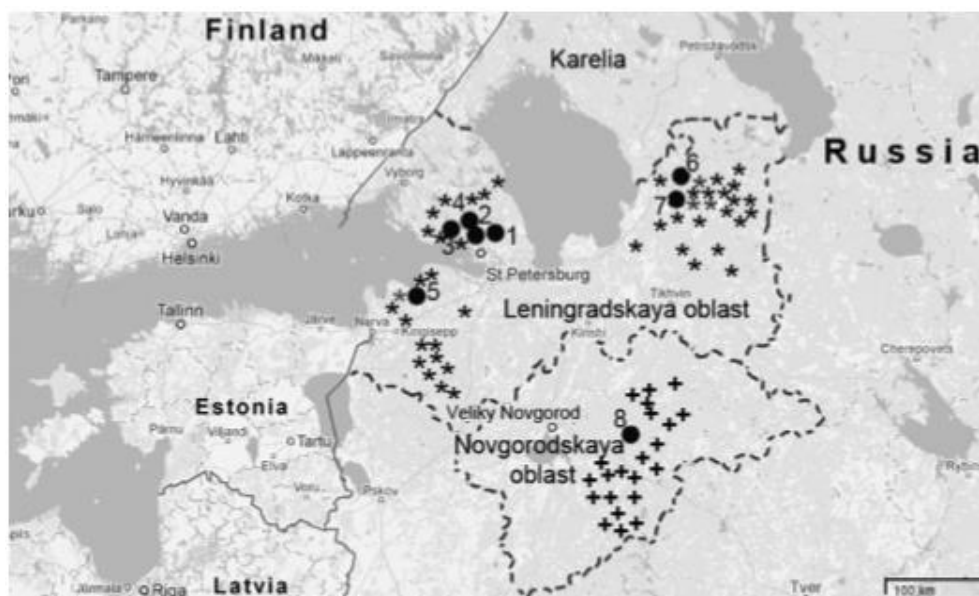


Рис. 1. Схема распространения жемчужниц в Ленинградской и Новгородской области [6]:
 • – местаобитания жемчужниц (1 – Охта, 2 – Сестра, 3 – Гладышевка, 4 – Рошинка, 5 – Пейпия, 6 – Янега, 7 – Шоткуса, 8 – Хоринка);
 * – реки, в которых жемчужницы, скорее всего, вымерли;
 + – реки, в которых жемчужницы не обнаружены

Таблица 1

Характеристика источников негативного воздействия на водные экосистемы
изучаемых жемчугоносных рек

Источники негативного воздействия	Расположение	Описание воздействия и последствия
ЛЭП	Р. Пейпия	Последствия плохой рекультивации и регулярного обслуживания (покрытие цинкосодержащим составом поверхностей опор ЛЭП, рубки леса на пути следования спец. техники, отсутствие мостов), что приводит к загрязнению природных компонентов водной экосистемы, обезлесиванию, образованию участков заиления, нарушению почвенных покровов и отрицательному влиянию на численность жемчужниц
Санаторий	Р. Пейпия	Сброс стоков в реку и ее последующее загрязнение
Поселки, с/х угодья, дороги	Р. Пейпия, р. Гладышевка	Отсутствие системы водоочистки от канализационных и ливневых стоков, использование ПАВ, пестицидов и удобрений, проезд транспорта по трассе, ведущие к комплексному загрязнению среды обитания жемчужницы
Браконьерство	Р. Гладышевка	Отлов лососевых пород рыб, моллюсков – снижение количества особей – вымирание жемчужниц

В настоящее время популяции жемчужниц в р. Гладышевке находятся на грани исчезновения, а в р. Пейпии резко сокращается их численность. Требуются неотложные меры по спасению данных популяций, которые должны включать комплексные меры защиты и восстановления местообитаний исчезающих гидробионтов. В настоящее время работы, посвященные комплексным исследованиям популяций жемчужниц, и их местообитаний отсутствуют.

В связи с сильным засорением рек (особенно р. Гладышевка) затонувшей древесиной требуется комплексный подход к решению проблемы. Комплекс предлагаемых мероприятий включает в себя очистку, восстановление и укрепление берегов, удаление и утилизацию затонувшей древесины, создание укрытий для лососевых рыб на нересто-выростных угодьях рек, регуляцию обрастаний на нерестилищах и высшей водной растительности и др. Выполнение всего комплекса запланированных работ позволит ожидать постепенного восстановления исходного состояния гидроэкосистемы и запасов ценных гидробионтов.

Модернизация очистных сооружений для санатория, сбрасывающего сточные воды в р. Пейпию, позволит добиться соответствия требованиям, предъявляемым к выпуску очищенных стоков в рыбохозяйственные водоёмы 1-й категории.

Для эффективной очистки русел небольших рек применяют специальные плавучие машины – мини земснаряды, предназначенные для очистки водоемов от водорослей, камыша, тины, углубления дна, откачки ила, добычи грунта на глубине до 6 метров. Такой агрегат является компактным, т. к. помещается в автомобиль типа «Газель», и достаточно прост в использовании. Данное плавательное средство может работать на неглубоких реках.

Отвод с/х стока с полей от русла реки способствует снижению уровня загрязнения. Размеры канавы составляют 800 м в длину и 5 м в глубину. Таких канав будет две: по одной на каждую сторону реки. Также, чтобы минимизировать влияние стоков с поселков, с/х полей и дорог, необходимо организовать несколько гидротанических прудов-отстойников с использованием эффективного комплекса растений.

Контрольно-надзорные действия в виде охраны жемчугоносных рек на нерестовый период и фиксирование случаев браконьерства посредством установки систем стационарного и мобильного видеонаблюдения за нарушителями помогут предотвратить незаконный вылов. Также для восстановления жизнеспособных популяций лосося необходим выпуск молоди рыб-годовиков в реки.

Интенсивное развитие линейных объектов также затрагивает жемчугоносные реки. Усилилось поступление нефтепродуктов от автодорог, распространение в природной среде тяжелых металлов. Для малых рек в XXI веке характерно увеличение химической нагрузки и расширение спектра загрязнителей, появление в водной среде биологически активных веществ, токсичных в очень низких концентрациях. Это создает "невидимую" опасность также и здоровью человека. В связи с этим, особое значение приобретает мониторинг состояния высокочувствительных организмов, к которым относится жемчужница и восстановление популяций этого вида в реках Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Так как это высокочувствительный индикатор, требующий комплекса благоприятных условий окружающей среды, работы по восстановлению могут быть успешны только после комплексного анализа экологической ситуации на сохранившихся жемчугоносных реках.

Литература:

1. Valetov V. A. Salmon of the Ladoga Lake (Biology, Reproduction). Karelian State Pedagogical University, Petrozavodsk. 1999

2. Popov, I. Yu. European anchovy and other new fish species in the water bodies around Saint-Petersburg // Invasion of alien species in Holarctic. Programme and book of abstracts. Borok, 2013. P. 142
3. Ковалев Д.Н., Носков Г.А., Носкова М.Г., Попов И.Ю., Рымкевич Т.А. Концепция формирования региональных систем особо охраняемых природных территорий (на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области). Часть II. Организационные аспекты // БИОСФЕРА, 2013. – Vol. 5, – № 2. – С. 160-174
4. Семенова М. Н., Карпычева Л. А., Волошенко Б. Б., Бугаев В. Ф. Сравнительный анализ темпов роста европейской жемчужницы *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia, Margaritiferidae) // Зоол. журн. 1992. Т. 71, вып. 5. С. 19–27.
5. Popov I. Yu., Ostrovsky A. N. Survival and extinction of the southern populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Russia (Leningradskaya and Novgorodskaya oblast) // Hydrobiologia. 2014. V. 735. Issue 1. P. 161-177.
6. Попов И. Ю. "Правило озера" и другие закономерности в распространении обыкновенной жемчужницы, *Margaritifera margaritifera* // Труды Карельского научного центра РАН, 2014. — № 2. — С. 126–139

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Н.А. Сатторова, Н.Б. Ульянов

Санкт-Петербургский национальный университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Nilka_19_95@mail.ru

Улучшение экологической обстановки регионов является одной из приоритетных направлений, особенно в 2017 году, поскольку Указом Президента Российской Федерации [3] он признан Годом экологии. Как известно, регулирование в области охраны окружающей среды осуществляется недостаточно, и несмотря на утверждение различных нормативно-правовых актов, направленных на усиление экологической безопасности предприятий, является неэффективным. Согласно ст. 42 Конституции РФ [2] каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, а также на осведомленность о ее состоянии, однако далеко не каждое промышленное предприятие экологически «прозрачно». Причиной тому является несоблюдение природоохранных мер при осуществлении основной производственной деятельности. В связи с этим, существует необходимость в разработке методов сокращения экологического ущерба, применяя различные подходы и методы [5].

Можно выделить несколько основных направлений деятельности по повышению экологической эффективности производств: организационно-управленческие и технологические. Первые включают в себя проведение обучения персонала принципам природоохранного поведения и воспитания, организацию контроля и надзора за обращением с отходами, разработку необходимой природоохранной документации, четкое соблюдение правил программы экологического контроля и другие мероприятия. А технологическое направление деятельности, в частности в секторе очистки сточных вод, может улучшить их качественный состав, а также обеспечить экономическую эффективность при грамотном подходе. Оба этих направления освещены в справочных документах наилучших доступных технологий, разработанных Европейским комитетом, и именуемых BREF [1], и применимых для отдельных отраслей промышленности. Стоит отметить, что наилучшими доступными называют технологии, которые относятся к наиболее эффективным разработкам, позволяющим целесообразно использовать природные ресурсы, одновременно с этим предотвратить (или, если это невозможно, минимизировать) пагубное воздействие на окружающую среду [4]. В данном исследовании объектом является мясоперерабатывающее предприятие, расположенное в Ленинградской области.

Одной из основных проблем предприятий данной отрасли является образование большого количества жиросодержащих дурнопахнущих сточных вод, очистка которых является трудоемкой и дорогостоящей. Для оценки степени загрязненности стоков в таблице 1 приведен их качественный состав.

Из таблицы 1 видно, что в исходных сточных водах наблюдается превышение значений вредных компонентов, особенно в части органических загрязнений. Стоит отметить, что данное предприятие занимается производством колбасных изделий из мясных полуфабрикатов, убойный и разделочный цеха там отсутствуют, что упрощает систему водоочистки.

Характеристика сточных вод мясоперерабатывающего завода Ленинградской области

Наименование параметра	Концентрация, г/м ³		Необходимое значение по мнению экспертов [1]
	До очистки (среднее значение)	После очистки	
Твердые вещества	1400	100	<50
pH	7,5	7-9	6-9
ХПК (мг О ₂ /л)	2500	н/д	<125
БПК ₅ (мг О ₂ /л)	1750	700	<25
Жир	2400	50	<10
NH ₄ -N	0,95	н/д	<10
Сульфаты	35	н/д	н/д
Хлориды	200	н/д	н/д
Fe	1,4	н/д	н/д
Сухие вещества, %	0,09	н/д	н/д

Вода, прошедшая очистку, также не соответствует нормам, установленным нормативными документами. Данное несоответствие обуславливает актуальность и необходимость внедрения наилучших доступных технологий, для этого рассмотрим технологии, предложенные в Справочном документе [1]:

- применить начальный скрининг (предварительную экологическую оценку) твердых частиц на оборудовании;
- удалить жир с помощью жиролоуловителя на оборудовании, если в сточной воде содержатся животные или растительные продукты;
- применить усреднение потока и нагрузки;
- применить флотацию растворенным воздухом;
- использовать аварийный резервуар.

Рассмотрим вышеперечисленные технологии более подробно.

1. Скрининг

Представляет собой технологию очистки сточных вод от примесей путем пропускания их через специальные сита. Данная технология позволяет удалить неэмульгированные жиры, взвешенные вещества и сократить значения БПК/ХПК в воде. Устройством для скрининга является сито, оборудованное параллельными планками, решетками или перфорированными пластинками. Помимо сокращения загрязняющих веществ в очищаемой воде скрининг сокращает риск осуществления выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по нисходящему течению очистных сооружений.

2. Применение жиролоулавливающей установки

Присутствие жировых загрязнений в составе сточных вод перед сооружениями биологической очистки, могут препятствовать их работе, поскольку жиры тяжело разлагаются аэробными бактериями. Для их удаления используют так называемые жиролоуловки, представляющие собой плоскопараллельный сепаратор легких и тяжелых фракций загрязняющих веществ. При очистке жиросодержащих сточных вод жиролоуловителем, легкую фракцию можно собирать и использовать повторно, поскольку данный аппарат не нуждается в использовании химических реагентов.

3. Усреднение потока и нагрузки

Достигается путем оборудования системы очистных сооружений усреднителем потока и концентраций или буферным резервуаром. При контроле уровня кислотности (pH) или химической обработки в сточных водах также достигается усреднение

концентраций, что позволяет держать средние значения загрязняющих веществ и тем самым упрощать их удаление.

4. Флотация растворенным воздухом

Наряду с жируловителем флотация растворенным воздухом также позволяет отделить легкие (жировые) фракции от тяжелых. Сам по себе процесс флотации подразумевает выработку пузырьков воздуха, которые всплывая на поверхность аппарата, захватывают частицы загрязняющих веществ. Особенностью данного оборудования является то, что выход очищенной воды производится через патрубок, расположенный сверху, в связи с этим является эффективным при удалении любых видов загрязнений.

5. Использование аварийного резервуара

Резервуар устанавливается с целью предотвращения залповых сбросов. Зачастую очистные сооружения, работающие в штатном режиме, не могут справиться с резким потоком воды, что провоцирует сброс загрязненных сточных вод в водный объект или систему канализации. Для устранения возможности таких сбросов очистная станция оборудуется аварийным резервуаром, способным сохранять свою работоспособность при максимальном потоке воды в течение 2–3 часов. Преимуществом данных емкостей является то, что попавшие в них стоки направляются в усреднитель, либо, при его отсутствии, на начальный этап очистки.

Вышеперечисленные технологии считаются наилучшими доступными, позволяют улучшить экологическую составляющую, однако предприятия интересуют и их экономическая эффективность. С целью получения прибыли от рассматриваемого природоохранного мероприятия принято решение о передаче очищенной воды местным жилищно-коммунальным хозяйствам для использования в технических нуждах. Рассмотрим внедрение одной из технологий очистки сточных вод, а именно использование флотационной установки на предприятии мясоперерабатывающей отрасли.

Мероприятие по очистке стоков флотатором с дальнейшей передачей ее на реализацию подразумевает приобретение и монтаж самой флотационной установки, а также вертикального резервуара для накопления воды до момента ее откачки ЖКХ. Исходным критерием являлся расход сточных вод, составляющий 1,5 м³/ч. Выбор конкретных моделей оборудования был сделан посредством проведения мониторинга рынка и анализа подходящих вариантов. Таким образом, в исследовании предполагается использование флотатора ТОПЛОС ФЛ-5 производительностью 5 м³/ч и вертикальной емкости РВС-100 объемом 100 м³. Для получения сведений о рентабельности данного природоохранного мероприятия был проведен расчет экономической эффективности, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели экономической эффективности

Наименование показателя	Значение
Чистый дисконтированный доход (NPV)	-926,410 тыс. руб.
Реальная процентная ставка (r)	20 %
Общие инвестиции (I)	2460,390 тыс. руб.
Чистая годовая экономия (B)	662,703 тыс. руб.

Как видно из таблицы 2, при заданных условиях проект улучшения экологической ситуации на предприятии мясоперерабатывающей отрасли является нерентабельным, поскольку значение чистого дисконтированного дохода при расчете

на 10 лет является отрицательным. В качестве предложений по повышению экономической эффективности можно выделить:

- применение комбинированного подхода к очистке сточных вод;
- внедрение системы оборотного водоснабжения с использованием оборотной воды для бытовых нужд.

Несмотря на результаты расчетов, внедрение наилучших доступных технологий является перспективным направлением повышения «зеленого» имиджа предприятий, одновременно с этим, при грамотном планировании системы водоочистки, можно сократить расходы предприятия и тем самым снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Литература:

1. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. - European Commission, 2006.
2. Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации [Текст]: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). — М. : АСТ : Астрель, 2007. — 63 с.
3. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 № 7 «О проведении в Российской Федерации Года экологии».
4. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы / Е.Б. Королева, О.Н. Жигилей, А.М. Кряжев, О.И. Сергиенко, Т.В. Сокорнова. — СПб., 2011. — 123 с.
5. Сатторова Н.А., Ульянов Н.Б. Перспективы применения наилучших доступных технологий при очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий. Современные тенденции развития науки и технологий [материалы заочной конференции]. 2017. - Т. 12. - № 1. - С. 131-134.

УТИЛИЗАЦИЯ ЭКСЕРГИИ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ СИСТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕУТИЛИЗИРУЕМЫХ ОТХОДОВ

Ю.А. Рахманов, П.С. Никитенко, О.И. Сергиенко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

nikitpolina@yandex.ru

Одной из множества проблемных точек современной экологии больших городов, является проблема городских свалок бытового и промышленного мусора. Вместе с тем, твердые коммунальные и промышленные отходы могут быть утилизированы. Использование теплотворной способности не утилизируемых твердых коммунальных отходов (ТКО) представляется наиболее перспективным технологическим направлением использования полезных свойств отходов как нетрадиционного энергоносителя. С позиций термодинамики в процессе сжигания отходов необходимо максимально использовать эксергию теплоты уходящих дымовых газов.

Теплотворная способность ТКО достаточно высока, хотя во многом зависит от географического места образования, времени года и соотношения фракций: горючая фракция, инертная фракция и влажность. Диапазон теплотворной способности ТКО составляет от 5,2 до 16,5 МДж/кг, что сопоставимо с теплотой сгорания бурого угля. Так, например, теплотворная способность бурого угля Подмосковного бассейна равна 10,5 МДж/кг. Кроме того, в последнее время в связи с изменением морфологического состава ТКО, в частности, за счет увеличения доли упаковки, наметилась тенденция увеличения общей теплотворной способности отходов. Следует также отметить ещё несколько положительных аспектов ТКО как нетрадиционного энергоносителя, а именно: ТКО является возобновляемым энергоносителем; ТКО образуется в непосредственной близости от потребителей тепловой и электрической энергии; ТКО в отличие от бурого угля содержит в 2,5 раза меньше влаги и в 10-20 раз меньше серы [1–3].

Эти обстоятельства только повышают энергетическую ценность твердых коммунальных отходов и подталкивают к разработке новых экологически чистых и энергетически эффективных способов их обезвреживания, в том числе и термическими методами.

Эффективная эксплуатация современного теплотехнического оборудования для утилизации тепла отходящих дымовых газов связана с рядом технических сложностей и в первую очередь с качественным составом самих отходящих дымовых газов. Решением проблемы очистки отходящих дымовых газов от взвешенных твердых включений является применение газоочистного оборудования (циклонов, скрубберов, рукавных фильтров). Однако работа указанного газоочистного оборудования возможна лишь при невысоких температурах дымовых газов. При охлаждении же дымовых газов до возможности применения стандартного газоочистного оборудования теряется значительное количество их физического тепла.

В настоящее время повышение эффективности процесса термического обезвреживания отходов возможно за счет применения высокотемпературного газоочистного оборудования, способного не только очистить дымовые газы от

взвешенных частиц, но и сохранить их физическое тепло для его последующей эффективной утилизации в теплообменном аппарате.

В настоящей работе для повышения эффективности процесса сжигания отходов был рассмотрен вариант модернизации инсинераторной установки типа КТО-500.3.В производительностью по сжиганию отходов 500 кг/ ч, выпускаемой ЗАО «Безопасные технологии». Данная установка по своим свойствам подходит для термического обезвреживания твердых коммунальных отходов (рисунок 1)[4].

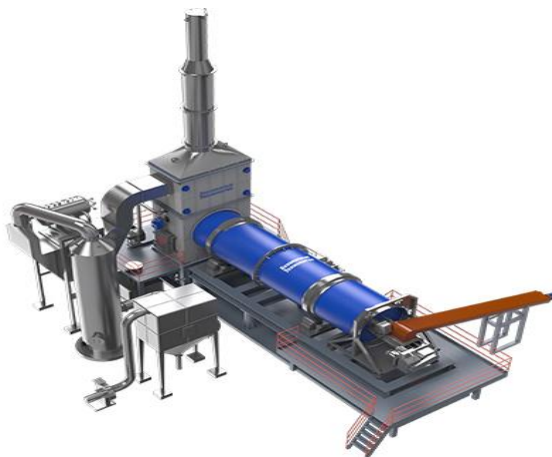


Рис. 1. Комплекс Термического обезвреживания КТО-500.3.В на основе барабанной вращающейся печи

В качестве оборудования для модернизации КТО-500.3.В с целью очистки отходящих горячих газов был выбран высокотемпературный фильтр ФКИ-45, состоящий из фильтрующих элементов из пористой проницаемой керамики производства НТИЦ «Бакор» [5].

Устройство высокотемпературного фильтра с керамическими фильтрующими элементами представлено на рисунке 2.

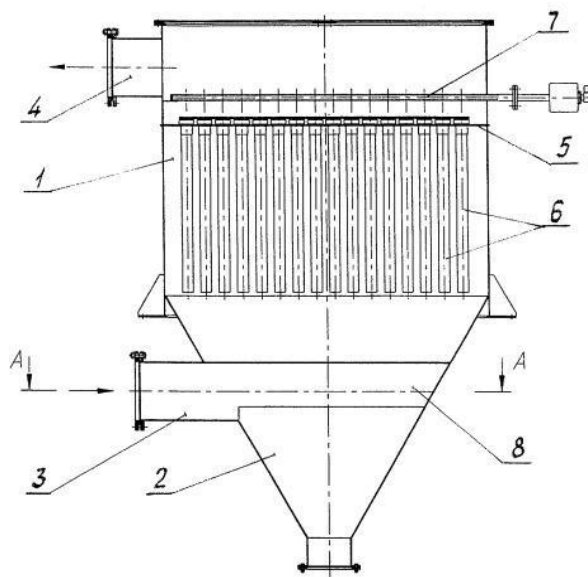


Рис. 2. Устройство высокотемпературного фильтра с керамическими фильтрующими элементами

Фильтр состоит из корпуса (1), конического бункера (2), подводного газового канала (3), канала для отвода очищенного газа (4), разделительной решетки (5), керамических фильтрующих элементов (6), системы импульсной регенерации (7), консольной части подводного газового канала (8).

Предложенный вариант модернизации КТО-500.3. Впозволил увеличить эффективность термического обезвреживания отходов за счет использования тепла дымовых газов для получения горячей воды. Экономия достигается за счет получения вторичного энергоносителя. Чистая годовая экономия в результате реализации предложенного варианта составила 11046,8 тыс.руб./год.

Применение керамического фильтра для минимизации потерь теплоты дымовых газов также привело к ряду положительных эффектов:

- практически полная очистка горячих дымовых газов от твердых частиц защищает теплообменное оборудование и в особенности трубный пучок кожухотрубчатых теплообменных аппаратов от забивания пылью, что приводит к увеличению срока его эффективной эксплуатации и периодов между техническим обслуживанием и ремонтом;

- дополнительная очистка горячих дымовых газов от сажистого углерода, путем дожигания его на керамической поверхности фильтрующего элемента, что позволяет снизить содержание в отходящих газах диоксинов, основное количество которых адсорбируется на зольных и сажистых включениях.

Кроме того, модернизация установки позволяет получить также и косвенный экологический эффект – сокращение выбросов парниковых газов вследствие сокращения применения ископаемых видов топлива для нагрева воды за счет выработки дополнительной тепловой энергии.

Литература:

1. Ключников А.Д. Высокотемпературные технологические процессы и установки. –М.: Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.
2. Бурокова А.В., Рахманов Ю.А., К вопросу рекуперации теплоты газов печей термообработки металлических изделий –СПб.: Научный журнал НИУ ИТМО, серия «Экономика и экономический менеджмент», 2014.№1. [Электронный ресурс]: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/8847.pdf>
3. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод// коллектив авторов; под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М. - Энергия, 1973 г.– 296 с.
4. Комплексы Термического Обезвреживания. Модельный ряд. [Электронный ресурс]: <http://incinerator.ru/kompleksy-termicheskogo-obezhvrezhivaniya-modelnyj-ryad>
5. Электронный каталог продукции НТЦ «Бакор»[Электронный ресурс]: <http://www.ruscastings.ru/work/168/441/443/6206>

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ФАРШЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ

О.Р. Мнускина, М.Э. Клейменова, Е.А. Овсяук

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

mnuskina@mail.ru

Одним из популярных видов переработки рыбного сырья является производство фаршей. Данный вид переработки позволяет повысить ресурсную эффективность и других способов переработки гидробионтов. А именно – производство соленой, копченой рыбы, производство рыбных полуфабрикатов охлажденных или замороженных разделанных на тушку или филе. При таких способах переработки остается от 15–50% отходов основного сырья, включающих незаменимые аминокислоты, биологически активные вещества, витамины (находятся, в основном, во внутренних органах рыбы), микроэлементы, такие как фосфор (находятся, в основном, в костях). В таблице 1 представлен состав различных частей тела рыбы. Для исследования были выбраны самые популярные в российской переработке виды рыб – треска, скумбрия, сельдь, лосось. Эксперимент проводился в виде усреднения после первичной разделки рыбы на части. Изучаемые части рыб отсортировывались, измельчались и исследовались в измельченном состоянии в виде единого фарша.

Таблица 1

Состав различных частей тела рыбы, %

Части тела рыбы	Вода	Азотистые вещества	Липиды	Минеральные вещества
Мясо	80,8	17,7	0,3	1,2
Кожа	69,2	27,4	0,4	3,0
Голова	79,0	14,6	0,4	6,0
Кости	74,0	15,0	0,5	10,5
Плавники	73,0	15,7	1,2	8,8
Молоки	84,5	12,4	1,5	1,6
Печень	27,5	5,3	65,8	0,4

[3]

Отходы, получаемые при разделке гидробионтов, относятся к вторичным материальным ресурсам – ВМР. К ВМР относят отходы производства, которые могут быть использованы в качестве потенциального сырья или дополнительной продукции.

Это отходы производства, остающиеся после получения основной продукции (сырье и вспомогательные материалы). Возвратные отходы, неизбежные технологические потери и отбросы производства к ВМР не относят. Под отходами производства понимают остатки сырья и материалов, образующиеся в процессе изготовления основной продукции, которые не полностью утратили потребительскую стоимость сырья и материалов и могут быть использованы при производстве новой продукции или непосредственно как вторичная продукция другого назначения[3].

ВМР рыбной промышленности разделяют по источникам образования (животные, растения); стадиям получения и обработки сырья (добыча, переработка, хранение); направлениям последующего использования.

По направлениям использования ВМР рыбной промышленности подразделяют:

- отходы пищевые – головы, плавники с прирезами мяса, крошка и лом при производстве рыбы горячего копчения, печень, сердце, икра, молоки;
- отходы условно пищевые – головы, кости, хрящи, которые могут быть использованы при производстве основной продукции;
- непищевые отходы – внутренности, плавники, кости, головы, идущие непосредственно на корм пушным зверям или направляемые на производство различного рода кормовых продуктов (рыбной муки, фаршей);
- отходы специального назначения – ганглии кальмара, внутренности лососевых, варочные воды трепангов, ламинарий, внутренности кукумари, морских ежей и многие другие, предназначенные для получения биологически активных веществ[2].

В результате проведения экспериментов был получен материальный баланс переработки отходов рыб (табл. 2).

Таблица 2

Материальный баланс переработки отходов трески

	Исходное сырье	Костный остаток	Белковый остаток
Масса в пересчете на 100 г влажного сырья, г	100	2,2	477
Содержание сухих веществ, %	23,6	65,9	5,9
Содержание сухих веществ в пересчете на 100 г сырья, г	23,6	1,45	28,15

[3]

К вопросу о технологии производства рыбного фарша можно сказать следующее. Существует несколько видов фарша: ферментированный, стабилизированный, промытый водой, вареный, соленый, сушеный.

С экономической и технологической точки зрения наибольший интерес представляет фарш со стабилизированным составом.

Стабилизированный фарш изготавливают из промытого фарша, полученного из тушек рыбы, или фарша, разделенного по цветовым характеристикам мышц. Иногда используют фарш, содержащий большое количество крови. Разделение рыбного фарша на две фракции целесообразно при использовании рыбы, содержащей значительное количество темного мяса. Сепарирование фарша происходит путем переработки тушек или филе на две фракции. Первая фракция фарша состоит в основном из белых мышц и

не содержит частиц темного мяса. Содержание крови в этой фракции низкое, что позволяет получать светлый фарш, характеризующийся хорошей консистенцией и устойчивостью при хранении. Другая фракция содержит в основном темное мясо и оставшееся белое. В состав этой фракции входит значительное количество кусочков кожи, почек и мелких костей [1].

С целью увеличения продолжительности хранения в фарш добавляют стабилизирующие вещества, являющиеся природными или искусственными, которые воздействуют на реологию мяса рыбы, но не изменяют его пищевых достоинств. К ним относят:

- полифосфаты, натриевые и калийные соли альгиновой кислоты, карбоксиметилцеллюлоза, обычный и модифицированный крахмал, поваренная соль, белковые препараты и др., повышающие влагоудерживающую способность фарша и таким образом улучшающие его консистенцию;
- антиденатуранты, например, ди- и трисахара, некоторые карбонильные кислоты, аминокислоты, пептиды и др.;
- синтетические и натуральные антиокислители и эмульгаторы, такие как БОА, БОТ, Tween 80, Span 80, приправы и экстракты приправ, аскорбиновая кислота, токоферолы, полифенильные соединения и др.;
- вкусовые добавки: глутамат натрия, поваренная соль, сахар, приправы и др.;
- синтетические и натуральные красители: Амарант, Эритрозин, Пурпур Понсо 3R, молотый красный перец, каротиноидные препараты и др.

К недостаткам технологии рыбного фарша следует отнести: первоначальной структуры мяса (измельчение); содержание в массе измельченного мяса тканей, катализирующих нежелательные процессы в фарше, например, жира, красных мышц, почек, крови, кожи и др.; попадание в фарш некоторого количества воздуха в процессе отделения мяса от костей и перемешивания.

При механическом отделении мяса происходит разрушение его первоначальной структуры, ускоряются химические реакции, вероятно, в результате высвобождения ферментов из клеточных структур и контакта с субстратами. Поэтому мороженный фарш при хранении быстрее, чем филе, подвергается неблагоприятным изменениям, которые зависят от вида рыбы и ее химического состава. В жирной рыбе большое значение имеет содержание подкожного жира. Например, фарш из очень жирной сельди (свыше 20% жира) окисляется значительно быстрее, чем неразделанная рыба, а скорость окисления фарша из тощей сельди (около 5% жира) такая же, как неразделанной рыбы. По степени окисления фарш из скумбрии с содержанием жира 17% почти не отличается от тушек даже после 3,5 месяца хранения при температуре -28°C. Однако в фарше любого типа из жирной рыбы содержится больше белково-липидных комплексов, чем в сырье других видов обработки.

К вопросам оптимизации технологии фаршевых изделий можно отнести увеличение сроков хранения рыбного фарша. Суть увеличения хранения является в том, что перед заморозкой фарш механически перемешивают, в процессе заморозки добавляют воду, понижают кислотность измельченного мяса, и применяют протеолитические ферменты.

Питательную и биологическую ценность пищевых продуктов повышают вещества, извлекаемые из растительного сырья, обладающие антиокислительными, провитаминными, радиопротекторными свойствами, но технологии их термообработки не позволяют получать целевой продукт с высоким содержанием БАВ и неизменными естественными свойствами.

Одной из технологий способов получения сбалансированного набора компонентов, обладающие свойствами исходящего сырья является технология экстрагирования жидким диоксидом углерода. Этот процесс протекает при низких

плюсовых температурах экологически безопасным растворителем, полностью удаленным из получаемого продукта.

С применением электрофизических методов, получают CO₂-экстракты, обладающие высокой биоцидной активностью.

Липкость, является одним из компонентов, имеющее значение при производстве фаршевых изделий, так как она характеризует качество эмульсий, от которых в конечном итоге зависят качественные показатели полуфабрикатов.

Введение в рыбный фарш предварительно отработанного и измельченного растительного сырья в объеме до 30% не снижает, а иногда стимулирует показатели влагоудерживающей способности.

Наша работа посвящена оптимизации известных способов переработки рыбы в рыбные фарши с усовершенствованием технологии путем внесения инновационных ингредиентов, в том числе ферментной природы. Предложен и изучен способ стабилизации состава рыбного фарша, изготовленного совместно из трескового и сельдевого сырья с применением ВМР, предварительно обработанного ферментными препаратами. В результате исследования свойств фарша было выявлено, что применение ВМР, обработанного ферментным препаратом не только не ухудшает качественные показатели и показатели безопасности, но и некоторые показатели, а именно реологические, улучшает. Также при хранении фарша в охлажденном виде, сроки хранения были выдержаны согласно нормативным требованиям стандартов для рыбных охлажденных фаршей.

Литература:

- 1.Безуглова А.В., Касьянов Г.И., Палатина И.А. Технология производства паштетов и фаршей
- 2.Максимова Е.М. Разработка технологии утилизации белковых отходов методом ферментативного гидролиза.- Вестник МГТУ, том 9, N 5, 2006.- стр. 875-879
- 3.Петрова И. Б., Клименко А. И. Комплексная переработка отходов рыбоперерабатывающих производств: обзор // Молодой ученый. — 2012. — №9. — С. 61-63.

ЭКОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Котова, Н.В. Динкелакер, А.С. Петров

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

nastyk_95@mail.ru

Стремительное сокращение площади старовозрастных лесных массивов (СЛМ) в Европе и в России вследствие лесозаготовительной деятельности, характерное для последних десятилетий, приводит к утрате основных местообитаний лесных видов растений, грибов и лишайников, занесенных в Красные книги различного ранга. В настоящее время проблема сокращения СЛМ остро стоит на Северо-Западе России, и сохранившиеся к настоящему времени СЛМ должны быть сохранены в достаточном количестве и с достаточными для охраны редких видов ненарушенными площадями. Уфтыго-Илешский СЛМ, находящийся на границе Архангельской области и Республики Коми, имеет небольшую часть территории, защищенную в границах заказника регионального значения «Уфтыго-Илешский», однако, согласно последним исследованиям, эта территория недостаточна для сохранения местообитаний редких видов растений, грибов и лишайников, обитающих в данном СЛМ [1–3, 11, 12].

Многие места произрастания этих организмов находятся за пределами заказника на территории СЛМ. Однако, включение этих участков в границы заказника требует научного обоснования, включающего с одной стороны, данные о расположении местообитаний редких видов в СЛМ, с другой стороны – сведения о степени загрязненности лесных участков антропогенными токсикантами. Один из наиболее часто встречающихся видов загрязнения – накопление тяжелых металлов вследствие лесохозяйственной деятельности на прилегающих территориях. Тяжелые металлы накапливаются в почве и включаются в трофические цепи экосистем, первым этапом попадая в растения, грибы и лишайники [13]. Таким образом, загрязнение почвы может повлечь за собой загрязнение следующих звеньев в пищевой цепочке: почва – растения – животные, а также попасть в организм человека при использовании лесных пищевых продуктов животного и растительного происхождения. Загрязнение почвенно-растительного комплекса тяжелыми металлами приводит к нарушению устойчивости растений и животных и деградации экосистем, даже если эти экосистемы пока не нарушены механически [4–7].

Комплексное экологическое исследование малонарушенных лесных территорий Европейского Севера дает ключ к пониманию и сохранению экологических и социальных функций леса, формирования устойчивого природопользования в регионе.

В настоящее время требуется принятие экстренных мер по охране местообитаний «краснокнижных» видов растений, грибов и лишайников в Уфтыго-Илешском СЛМ, так как лесные земли, не входящие в заказник «Уфтыго-Илешский», находятся в аренде и на них проводится лесозаготовка методом сплошных рубок, не совместимая с сохранением местообитаний редких видов. В настоящее время местообитания таких видов в данном СЛМ выявлены и пока сохранены [10]. Однако для включения этих территорий в границы заказника необходимо научное обоснование целесообразности такой меры, в том числе экохимическое обследование экосистем на предмет загрязнения тяжелыми металлами [8, 9].

В ходе настоящей работы был произведен количественный анализ проб почв и растений Верхневакшинского лесного массива Архангельской области на содержание тяжелых металлов, результаты которого приведены в табл. 1 и табл.2. Исследования проводились в лаборатории кафедры промышленной экологии ИТМО в 2017 году. Материал почв и растений был собран на территории Уфтыго-Илешской малонарушенной лесной территории (МЛТ) в июле 2016 года комплексной экспедицией СПбНИИЛХ для настоящего исследования. Анализ проводился рентгенфлуоресцентным методом помощи спектрометра Спектроскан МАКС GF2E.

Таблица 1

Результаты количественного анализа проб почв Архангельской области

Биотоп	Вещество										
	Sr, мг/кг	Pb, мг/кг	As, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Fe ₂ O ₃ , мг/кг	MnO, мг/кг	V, мг/кг	TiO ₂ , мг/кг
A1: Ельник черничный (почва с остатками мхов)	61	24	15	106	0 ^{a)} b)	7 ^{b)}	3	0,43 ^{b)}	929 ^{c)}	1 ^{b)}	0,146 ^{b)}
A2: Ельник-долгомошник (почва с остатками древесины)	99	24	13	33	0 ^{a)} b)	12	5	1,48	190	51	0,524
A3: Ельник чернично-зеленомошный (торфянистая почва)	69	15	11	48	0 ^{a)} b)	11	7	1,35	197	5 ^{b)}	0,149 ^{b)}
A4: Ельник чернично-разнотравный с примесью осины и пихты (почва)	66	14	11	253	0 ^{a)} b)	9 ^{b)}	2	0,33 ^{b)}	3750 ^{c)}	0 ^{a)} b)	0,085 ^{b)}
A5: Осинник чернично-разнотравный с участием пихты и березы (почва)	104	14	7 ^{b)}	47	0 ^{a)} b)	15	3	1,34	854	42	0,454
A6: Ельник средневозрастный торфянистый (торф)	70	12	9	46	0 ^{a)} b)	11	10	1,79	184	0 ^{b)}	0,104 ^{b)}
A9: Осинник с участием ели и пихты (почва, гумусовый слой)	168	9	9	41	0 ^{a)} b)	21	5	2,57	2430 ^{c)}	49	0,425
A10: Осинник с участием пихты и березы (почва с остатками мхов)	121	31	10	54	0 ^{a)} b)	15	4	1,15	808	48	0,386

Биотоп	Вещество										
	Sr, мг/кг	Pb, мг/кг	As, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Fe ₂ O ₃ , мг/кг	MnO, мг/кг	V, мг/кг	TiO ₂ , мг/кг
A11: Ельник темнохвойный торфянистый (торф)	51	18	14	40	0 ^{a) b)}	10 ^{b)}	5	0,85 ^{b)}	150	0 ^{a) b)}	0,054 ^{b)}
ПДК для населенных мест, мг/кг		32	2	23	3	4	5	-	-	150	-
Фоновое содержание элемента в почвах Северо-Запада РФ, мг/кг	156	18	-	76	41	17	10	-	-	-	-

Таблица 2

Результаты количественного анализа проб растений Архангельской области

Биотоп	Вещество										
	Sr, мг/кг	Pb, мг/кг	As, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Fe ₂ O ₃ , мг/кг	MnO, мг/кг	V, мг/кг	TiO ₂ , мг/кг
A7: <i>Dicranum polysetum</i> - Дикранум многоножков- ый (растение целиком)	49 ^{b)}	3 ^{b)}	4 ^{b)}	84	0 ^{a) b)}	2 ^{b)}	0 ^{a) b)}	0,08 ^{b)}	371	0 ^{a) b)}	0,062 ^{b)}
A8: <i>Sphagnum girgensohmi</i> - Сфагнум Гиргензона (растение целиком)	66	1 ^{b)}	3 ^{b)}	57	0 ^{a) b)}	5 ^{b)}	1 ^{b)}	0,10 ^{b)}	292	0 ^{a) b)}	0,063 ^{b)}
ПДК для населенных мест, мг/кг	-	32	2	23	3	4	5	-	-	150	-
Фоновое содержание элемента в почвах Северо- Запада РФ, мг/кг	156	18	-	76	41	17	10	-	-	-	-

а) <НПКО (нижний предел количественного определения)

b) меньше нижнего предела градуировки

с) больше верхнего предела градуировки

Литература:

1. Подготовка материалов комплексного экологического обследования участков территории, обосновывающих придание правового статуса особо охраняемой природной

территории регионального значения (2 этап). Часть 1: отчет о НИР: / Федер. бюдж. учр. "Северный науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства"; рук. Торбик Д.Н.; исполн.: Сурина Е.А. [и др.]. - М., - 2013. - 208 с.

2. Сохранение биоразнообразия: серия учебных пособий. Сохранение и восстановление биоразнообразия / науч. рук. Н.С. Касимов; колл. авторов. М.: при поддержке Глобального Экологического Фонда - Москва.: Экоцентр МГУ им. М.В. Ломоносова, 2002. 286 с.

3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 23 мая 2016 г. № 306 "Об утверждении Порядка ведения Красной книги Российской Федерации".

4. Красная книга Архангельской области: официальное издание / Администрация Арханг. обл., Ком. по экологии Арханг. обл., М-во окружающей среды Финляндии [и др.; сост.: П. Н. Амосов и др.; редкол.: А. П. Новоселов (отв. ред.) и др.]. - Архангельск: Администрация Архангельской обл., 2008. - 351 с.: цв.ил., табл., карты - 1320 экз. - ISBN 978-5-90362-502-4

5. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

6. Приказ Федеральной службы лесного хозяйства России от 30 декабря 1993 года № 348 "Об утверждении Основных положений по выделению особо защитных участков леса".

7. ПОЗИЦИЯ неправительственных природоохранных организаций России по малонарушенным лесным территориям. 2013 [Электронный ресурс]: http://new.wwf.ru/upload/documents/ngo_ifl_position_2013.pdf

8. Малонарушенные лесные территории России: современное состояние и утраты за последние 13 лет / Постер, формат А1. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015.

9. Капиталинин Д. Ю. Сохранение лесов и особо охраняемых природных территорий Архангельской области // Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области. Презентация. - 2017. - 23с.

10. Приказ Рослесхоза от 12 декабря 2011 года № 516 "Об утверждении Лесоустроительной инструкции" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 06.03.2012 № 23413).

11. Щеголев А., Добрынин Д. Ситуация с сохранением малонарушенных лесных территорий в Архангельской области // WWF России, Архангельское отделение. Презентация. - 2016. - 20 с.

12. Ярошенко А.Ю., Потапов П.В., Турубанова С.А. Малонарушенные лесные территории Европейского Севера России. - М.: Гринпис России, 2001. - 75с.

13. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. - 2013. - № 1(23). - с. 182-192.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СКОРОСТНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НА ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Е.Д. Зугаирова, Н.В. Динкелакер

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

zukot@mail.ru

Скоростные автомагистрали имеют большое значение для социально-экономического развития Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Транспортные сети, расположенные в районах, граничащих с городом, являются наиболее загруженными, и поэтому прогнозируется значительное увеличение спроса на пользование автомобильными дорогами Ленинградской области. В связи с этим существенно растет негативное воздействие на окружающую среду. Одним из наиболее значимых воздействий при строительстве скоростных автомагистралей является загрязнение тяжелыми металлами. В работе проведено исследование воздействия этапов строительства автомагистралей «Скандинавия» и М-11 в Ленинградской области на почвенно-растительный комплекс природных экосистем и агроэкосистем в зависимости от свойств почвенно-растительного покрова (увлажненности, нарушенности), а также изучение механизмов миграции отдельных тяжелых металлов в системе «почва–растение» [1–3, 5].

В результате исследования выявлено значительное воздействие строительства скоростных автомагистралей «Скандинавия» и М-11 в Ленинградской области на почвы и растительность прилегающих экосистем. Одними из основных загрязнителей почв и растений являются тяжелые металлы. Измерения содержания тяжелых металлов в почвах и растительности проведены с помощью метода рентген-флуоресцентной спектроскопии. Распространение данных загрязнителей и их накопление в почве и растительности происходит на расстояниях превышающих 200м. При этом характер накопления загрязнителей зависит от типов растительных сообществ: наибольшее распространение превышающих ПДК показателей характерно для открытых сообществ – болота, луга, сельскохозяйственные угодья, меньшее – для мелколиственных и хвойно-лиственных лесов с выраженным кустарниковым ярусом.

Все стадии строительства скоростных автомагистралей в целом оказывают значительное воздействие на прилегающие экосистемы, что ведет за собой деградацию растительного покрова различной степени и структурные изменения в экосистемах, начиная с этапа подготовки территории под строительство и заканчивая стадией укладки дорожной одежды.

Вырубка и раскорчевка лесных пород, снятие почвенно-растительного покрова, работа дорожной техники, завоз больших объемов строительных материалов, складирование бытовых отходов, строительных отходов, грунта, сброс неочищенных сточных вод и т.д. вызывают серьезные изменения в экосистемах. На начальных стадиях строительства исследованных дорог (инженерной подготовке территории) основным экотоксикологическим воздействием на растительность является работа строительной техники, вызывающей накопление стронция и цинка, при этом сила воздействия не значительна по сравнению с воздействием последующих стадий.

Этапы создания дорожной насыпи, дорожных одежд и рекультивации, связанные с завозом больших объемов загрязненного тяжелыми металлами грунта, значительно изменяют геохимический баланс прилежащих растительных сообществ и в итоге являются основным источником загрязнения экосистем при строительстве исследованных автодорог. Данные выводы подтверждаются анализом состояния почв на участках строительства обеих исследованных скоростных автомагистралей. По ряду тяжелых металлов: Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co на обеих исследованных дорогах наблюдается устойчивое значительное превышение ПДК в 100-м зоне вокруг дорог. Можно предположить, что при строительстве обеих дорог использовались большие объемы загрязненных грунтов и сыпучих материалов, которые должны были быть классифицированы как отходы и утилизированы либо обезврежены, а не использованы для строительства дорог [4].

Полученные данные по миграции тяжелых металлов в системе «почва-растение» свидетельствуют о разной степени их интенсивности в разных экосистемах. Для большинства отмечена невысокая степень перехода из почв в растения. Загрязнение никелем практически не переходит в растения, при этом растительность очень сильно накапливает цинк и хром, в меньшей степени ванадий, являясь биоаккумулятором этих загрязнителей. Накопление этих загрязнителей в растениях происходит в большей степени на сухих антропогенно-нарушенных территориях. Высокое накопление мышьяка, цинка и никеля в плодах и листьях растений может оказать серьезное токсическое воздействие на животный мир, так как животные питаются плодами, листьями растений, и далее тяжелые металлы способны перемещаться по трофическим цепям, вершиной которых является человек, к тому же, при переходе на более высокий трофический уровень происходит концентрирование загрязнителя [6,7].

Установлены корреляционные связи между накоплением тяжелых металлов в растительности и увлажненностью экосистем и агроэкосистем. Полученные коэффициенты корреляции свидетельствуют о преимущественном накоплении Pb, As, MnO болотной и околородной растительностью, при этом содержание мышьяка в ней превышает ПДК в 3–4 раза.

Анализ распределения тяжелых металлов в органах растений показал, что накопителем наибольшего количества тяжелых металлов является корневая система растений, в тоже время она является барьером для дальнейшей миграции тяжелых металлов в другие органы растений, поэтому в этих органах обнаружено меньшее содержание всех исследуемых тяжелых металлов. Наибольшее накопление Zn и MnO в листьях свидетельствует о поступлении загрязнителей через атмосферный воздух с пылью от работы строительной техники, что подтверждает наличие разных путей воздействия/

Исследование накопления ТМ по отдельным видам растений показывают, что каждый вид имеет специфические особенности аккумуляции тяжелых металлов, что может быть использовано для защиты экосистем и очистки почв от ТМ при проведении биологического этапа рекультивации. Таким образом можно снизить попадание подвижных форм ТМ в водные объекты и нагрузку на водные биоресурсы. В связи с этим целесообразно приводить высадку растений аккумуляторов на границе зоны строительства и природных экосистем, их своевременное скашивание и утилизацию в течение основных этапов строительства: от инженерной подготовки до укладки дорожной одежды.

Литература:

1. Доклад о состоянии окружающей среды в Ленинградской области за январь-май 2016 года [Электронный ресурс] /Комитет по природным ресурсам Ленинградской области /URL: http://nature.lenobl.ru/programm/rept/jan_may2016 (дата обращения: 12.05.2017).

2. Отраслевая дорожная методика «Руководство по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства» от 22.11.2001

3. С.Г. Цупиков, А.Д. Гриценко, Учебно-практическое пособие «Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог» // Инфра-Инженерия// Москва, 2005 г.

4. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»

5. СНиП 3.06.03-85 Строительные нормы и правила автомобильной дороги

6. Bram F. Noble ,Introduction to Environmental Impact Assessment: A Guide to Principles and Practice /University of Saskatchewan, 2015/P. 28-256 p.

7. Assessing and Managing the Ecological Impacts of Paved Roads //Washington, DC: The National Academies Press, 2015/P. 8-256

ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА КЛЮЧЕВЫЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

В.В. Завьялова, Н.В. Динкелакер, О.В. Петрова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

ilka94@rambler.ru, nvdinkelaker@mail.ru, oksanapetrova79@mail.ru

Южное побережье Невской губы находится в списке ключевых орнитологических территорий и является ценным природным участком, включающим в себя 3 кластера: «Кронштадтская колония», участок «Собственная дача», участок «Знаменка». Каждый из участков представляют из себя природную и архитектурную ценность. По мере развития цивилизации данные участки подверглись и до сих пор подвергаются антропогенным воздействиям, что разрушает их экосистемы. Но и из всех участков выделяется кластер «Кронштадтская колония», имеющий высокую орнитологическую ценность [1].

Кластер «Кронштадтская колония» является ценнейшим природным участком для стоянок в период массовой миграции и массового гнездования птиц, особенно околотовных, по Беломоро-Балтийскому пролетному пути (в т.ч. видов, занесенных в Красные книги РФ и регионов), а также является важным участком миграции рыб между Финским заливом и рекой Невой, Ладожским озером и важным местом нереста и нагула ценных промысловых рыб [2].

Начиная с 70-х гг XX века территория кластера «Кронштадтская колония» подвергалась негативному воздействию: дноуглубление в Невской губе (НГ), строительство дамбы, ее консервации, возобновление строительства, намывные и дноуглубительные работы в эстуарии Невы и Невской губе, строительство порта «Бронка», общее ухудшение качества воды НГ под воздействием загрязненных вод Санкт-Петербурга и замедлением водообмена с основной частью Финского залива из-за строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС). Развитие промышленных объектов и хозяйственной деятельности как на акватории, так и на прилегающих береговых территориях Невской Губы.

В настоящей статье проведен экономический анализ ожидаемого вреда животному миру Невской губы при реализации проектов расширения порта «Бронка» и объединения в единую портовую зону с портом г. Ломоносов [2, 3]. На основании анализа научной литературы по реакции орнитофауны заказника «Южное побережье Невской губы» на значимые антропогенные воздействия последних десятилетий составлен ориентировочный прогноз экономических последствий [4]. Расчет ожидаемого вреда проводился с использованием утвержденных методик для животного мира [5] и для охотничьих видов [6].

На основе анализа космических снимков в 1997–2015 гг (Рис.1) показано, что в связи с антропогенными воздействиями промышленных объектов, территория плавней, имеющая ключевое значение для сохранения орнитофауны, значительно сократилась (более 20%). Планируемая дальнейшая застройка территории может привести к снижению природоохранной ценности Кластера ввиду дополнительной потери более 40% ценных прибрежных биотопов, как от прямого уничтожения, так и от дальнейшей деградации прилегающих участков.

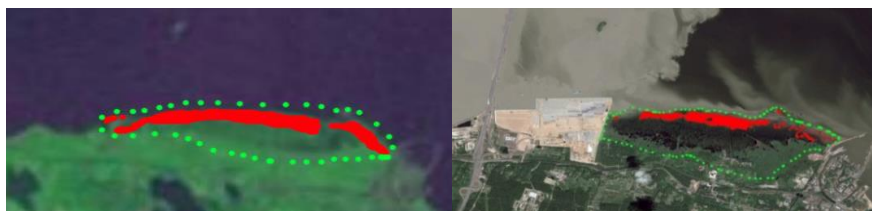


Рис. 1. Ожидаемое сокращение территории заказника 1997 и 2015 года

Расчет вреда животному миру на основе прогноза негативного влияния на птиц от расширения порта «Бронка» с предполагаемой антропогенной трансформацией участка побережья, до настоящего времени входящего в состав кластера «Кронштадтская колония» заказника «Южное побережье Невской Губы» показал, что суммарный ущерб орнитофауне при реализации проекта расширения порта «Бронка» за счет использования территории западной части кластера «Кронштадтская колония» заказника «Южное побережье Невской губы» может составить до 3612191,964тыс. рублей. При оценке данного ущерба проводилась дифференцированная оценка биотопов, находящихся в границах Кластера и на примыкающей к нему акватории, с учетом коэффициентов, предусмотренных для животных находящихся на особо охраняемой природной территории. Полученное распределение значений эколого-экономического показателя «Вред, наносимый среде обитания животных» неравномерно по группам птиц, выделяемым согласно утвержденным методикам (Таблица 1).

Таблица 1

Распределение вреда животному миру по группам

Группы птиц	Вред среде обитания, % от суммарного
охотничьи ресурсы, мигрирующие	52
охотничьи ресурсы, гнездящиеся	2
виды, не отнесенные к объектам охоты, мигрирующие	41
виды, не отнесенные к объектам охоты, гнездящиеся	5

Показано, что подавляющая часть ущерба среде обитания образуется за счет вреда мигрирующим птицам (93%), в первую очередь, птицам, отнесенных к объектам охоты (52%) (рис. 2.)

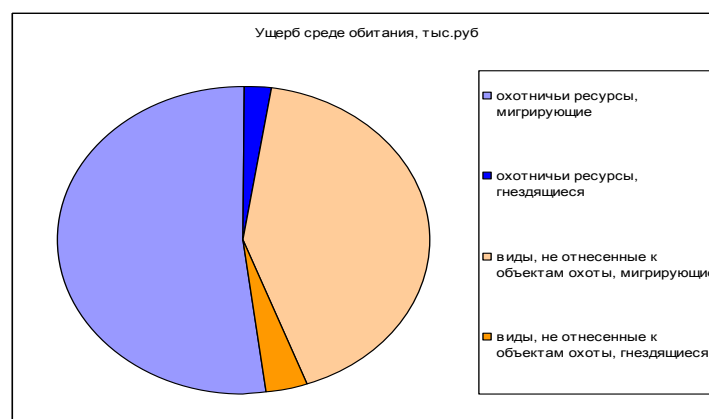


Рис. 2. Ущерб среде обитания

Литература:

1. Ключевые орнитологические территории международного значения Европейской части России URL: <http://geographyofrussia.com/klyuchevye-ornitologicheskie-territorii-mezhdunarodnogo-znacheniya-evropejskoj-chasti-rossii/>. География России
2. Письмо Минприроды России от 15 июля 2013 г. N 15-47/13183 "О применении методик"
3. Официальный сайт порта «Бронка» URL: <http://www.port-bronka.ru/>
4. Постановление правительства Санкт-Петербурга от 30 июня 2014 года N 552 "О государственной программе Санкт-Петербурга "Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга" на 2015-2020 годы"
5. Исследование кластера «Кронштадтская колония» [Электронный ресурс]. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>
6. Приказ МПР РФ от 28 апреля 2008 г. № 107 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира"
7. Приказ МПР РФ от 8 декабря 2011 № 948 года «Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НДТ

М.А. Грецова, О.И. Сергиенко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

mariadushko.94@gmail.com, oisergienko@corp.ifmo.ru

Сегодня при изучении вопросов, связанных с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду, все чаще поднимается тема необходимости технологического роста в отраслях промышленности с применением наилучших доступных технологий (НДТ). Такой подход, предусматривающий систему критериев для получения комплексных экологических разрешений (КЭР), в течение последних десятилетий активно применяется в странах Европейского Союза и, начиная с 2015 г., внедряется в нашей стране в связи с принятием ФЗ №219-ФЗ от 29.07.2014 [1]. Государственное регулирование промышленной деятельности на основе принципов НДТ становится важнейшим инструментом ресурсосбережения и снижения экологического воздействия.

Актуальность идентификации НДТ обусловлена происходящим изменением российского законодательства в сфере нормирования негативного воздействия на окружающую среду и декларируемым переходом на технологическое нормирование в соответствии с принципами НДТ к 2018-2020 гг. [1, 2–5]. Установленный переходный период для обязательного внедрения НДТ на российских предприятиях относится только к первой категории предприятий «Критические предприятия» (объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду) [1–3]. Предприятия остальных категорий модернизируют свои технологии на добровольных началах и, соответственно, должны сопоставлять свои выгоды и затраты, которые могут быть весьма существенными. Для широкомасштабного внедрения принципов НДТ в системе государственного регулирования должны быть предусмотрены дополнительные стимулы и льготы. В частности, к ним относятся пониженные ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду, льготы по экологическим налогам, ускоренные нормы амортизации и экологическая сертификация по критериям НДТ.

В настоящей работе анализируется ситуация в отрасли по производству картонной упаковки для пищевых продуктов и анализируются технологические параметры, которым должны удовлетворять предприятия на соответствие принципам НДТ. В качестве объекта исследования выбрано производство экологически безопасной пищевой упаковки «Pure-Pak» для молока и соков на базе чистого картона. Актуальность темы подтверждается тем, что на сегодняшний день порядок разработки самостоятельных справочников и критериев отнесения к НДТ предприятий отрасли и соответствующие реестры отсутствуют, и создание технологической и научной базы НДТ представляет собой важную научно-практическую задачу. В Европейском справочном документе по НДТ – *BREFFDM 08/2006 u BestAvailableTechniques (BAT) ReferenceDocument in The Food, Drink and Milk Industries* вопросы упаковки не рассматриваются, хотя производство бумаги и картона вынесено в отдельный документ [3–5]. Аналогично, разработчики российских информационно-технических справочников не включили упаковку в создаваемые документы [6].

Как известно, для успешной реализации пищевой продукции необходимы не только высокое качество товара и доступная стоимость, но также надежная, безопасная и эстетически привлекательная упаковка. Большинство продуктов питания, а также напитки и молоко связаны с первичными, вторичными и третичными процессами упаковки на протяжении всей производственно-распределительной цепочки [5]. Для транспортирования, хранения и идентификации продукции применяются различные материалы — от традиционного картона и стекла до инновационного полипропилена с барьерным слоем [7].

К современным технологиям упаковки можно отнести: асептическую упаковку; вакуумную упаковку; упаковку в газомодифицированной среде.

В настоящее время интерес к современным инновационным видам упаковки стабильно и непрерывно растет. Производители пищевой продукции обращают все большее внимание на недорогие и эффективные решения, позволяющие максимально сохранять продукт для клиента, минимизируя собственные издержки. К основным тенденциям развития упаковочной индустрии можно отнести следующее:

- происходит рост потребительского спроса на современные упаковочные материалы (в том числе из пластика и его производных), с 2008 года лидирующие позиции по объемам использования заняла полимерная упаковка (39% от рынка тары России);
- отмечается увеличение производства тары из гофроматериала и упаковочной полимерной пленки, а также тары комбинированного типа и упаковки с программируемыми свойствами;
- характерно повышение экологичности производимой тары за счет использования в производстве биополимеров и активного применения переработанного вторсырья;
- актуально усиление защитных свойств упаковочных материалов, снижение их материалоемкости [7].

Согласно ст. 7 п. 7 Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), материалы, применяемые для изготовления упаковки изделий, непосредственно контактирующей с пищевой продукцией, обязаны удовлетворять требованиям, которые установлены отраслевым техническим регламентом. В нашем случае таким регламентом является ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». Согласно ТР ТС 005/2011 безопасность упаковки должна гарантироваться [8, 9]:

- санитарно-гигиеническими показателями используемых для ее производства материалов (объем определенных химических веществ, выделяемых из упаковки, не должен превышать допустимые концентрации);
- механическими показателями (тара должна выдерживать сжимающее усилие, гидростатическое давление, удары, нагрузку при растяжении и другие воздействия согласно нормативам, установленным в п. 6 ст. 5 ТР ТС 005/2011);
- показателями химической стойкости (упаковка должна быть устойчива к окислению, коррозии и др. — п. 6 ст. 5 ТР ТС 005/2011);
- герметичностью (упаковочные швы не должны пропускать влагу и воздух — п. 6 ст. 5 ТР ТС 005/2011).

Дополнительно тара должна удовлетворять правилам маркировки и требованиям, обусловленным особенностями ее обращения на рынке сбыта: нормам хранения, транспортировки и утилизации. Упаковка должна обладать потребительскими свойствами: быть практичной и иметь эстетичный вид [4,5,7].

В рамках работы была рассмотрена технологическая схема переработки сырья в картонную упаковку «Pure-Pak», включающая следующие процессы:

1. Приемка, хранение и проверка сырья (сырьем в производстве упаковки «Pure-Pak» по технологии является ламинированный картон);

2. Подача сырья в производство;
3. Подготовка технологической линии;
4. Печать на ультрафиолетовой печатной машине (печать производится в 1–8 цветов на 1–8 секциях, в каждой секции установлены ультрафиолетовые лампы, свет от которых обеспечивает полимеризацию и отверждение соответствующей краски);
5. Высечка (наносится линии биговки, производится высечение плоских бланков упаковки Pure-Pak);
6. Фальцовка и сварка (формируются заготовки пакетов на фальцовочных секциях линии, на устройствах фрезерования, затем на специальных устройствах сварки);
7. Проверка качества готовой продукции (на соответствие требованиям стандартов);
8. Упаковывание и маркировка готовой продукции;
9. Транспортировка готовой продукции на склад, отгрузка.
10. Формирование (прессование, временное складирование) и вывоз отходов;
11. Учет переработанного сырья, выпуска готовой продукции и отходов.

Наибольшее негативное воздействие на окружающую среду оказывает процесс печати. К числу маркерных процессов [10] также относятся процессы фальцовки и сварки. Анализ природоохранной документации показывает, что воздействие на окружающую среду является допустимым. К маркерным процессам следует отнести соответствующие маркерные вещества, как показано в табл.1

Таблица 1

Маркерные вещества и процессы в производстве упаковки из картона «Pure-Pak». Удельные значения выбросов.

Загрязняющее вещество		Суммарный выброс вещества		Суммарный выброс вещества на одну единицу продукции	
код	Наименование	г/с	т/год	г/с	т/год
Печать на ультрафиолетовой печатной машине					
2962	Пыль бумаги	0,0088384	0,15305	7,07072E-12	1,2244E-10
326	Озон	0,0007673	0,011556	6,1384E-13	9,2448E-12
1051	Пропан-2-ол (Изопропиловый спирт)	0,106075	1,718554	8,486E-11	1,37484E-09
1206	Акриловой кислоты бутиловый эфир	0,0000011	0,00002	8,8E-16	1,6E-14
1225	Акриловой кислоты метиловый эфир	0,0000265	0,000526	2,12E-14	4,208E-13
Фальцовка и сварка					
1555	Этановая кислота (Уксусная кислота)	0,021889	0,36549	1,75112E-11	2,92392E-10
1325	Формальдегид	0,0022651	0,036984	1,81208E-12	2,95872E-11
1317	Ацетальдегид	0,0042741	0,072658	3,41928E-12	5,81264E-11
337	Углерод оксид	0,2118433	4,036896	1,69475E-10	3,22952E-09
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0324904	0,324796	2,59923E-11	2,59837E-10
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0052826	0,052789	4,22608E-12	4,22312E-11
703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	0,00000001	0,0000001	8E-18	8E-17
1225	Акриловой кислоты метиловый эфир	0,0000295	0,0043	2,36E-14	3,44E-12
150	Натрий гидроксид (Натр едкий)	0,0000587	0,000507	4,696E-14	4,056E-13
Группы веществ, обладающих эффектом комбинированного вредного действия:					
6032	(3) 301 326 1325				
6204	(1) 301				
6301	(2) 1206 1225				

Сравнение указанных технологически нормативов с данными зарубежных компаний позволяет сделать вывод, что при выборе технологии производства на предприятии был учтен Европейский опыт и экологические нормы в РФ. Требования минимизации воздействия на окружающую среду, ресурсосбережения и энергоэффективности соблюдаются, а затраты на внедрение НДТ оцениваются с учетом рентабельности экономических показателей.

Все технологии хорошо зарекомендовали себя и доступны на российском рынке. Для окончательного суждения об идентификации НДТ необходимо проведение технологического бенчмаркинга с аналогичными предприятиями отрасли [3].

Теоретический анализ литературных источников и нормативных документов на законодательном уровне показывает, что сегодня проблема внедрения и применения НДТ в Российской Федерации рассматривается достаточно широко. Однако отсутствие разработанных самостоятельных справочников и критериев отнесения к НДТ, соответствующих реестров в такой значимой отрасли промышленности как производство пищевой упаковки по-прежнему является актуальной проблемой.

Тем не менее, по результатам проведенных исследований на одном из предприятий по производству пищевой упаковки в Санкт-Петербурге, можно сделать вывод о том, что на практике технологическое нормирование на основе принципов НДТ в данной сфере производства имеет место быть.

Литература:

1. Федеральный закон №219-ФЗ от 29.07.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823/, свободный.
2. Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. N 1029 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий". http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186693.
3. Сергиенко О.И., Суворова Ю.С. Технологический бенчмаркинг для идентификации наилучших доступных технологий: сравнительный анализ европейского и российского опыта, 2015.
4. BREF FDM 08.2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. - European Commission, 2006.
5. Best Available Techniques (BAT) Reference Document in The Food, Drink and Milk Industries, 2017.
6. Бюро наилучших доступных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.burondt.ru/>, свободный.
7. Пищевая упаковка: виды, технологии производства и тенденции развития отрасли [Электронный ресурс]. 2016. <https://www.kp.ru/guide/pishchevaja-upakovka.html>.
8. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124768/, свободный.
9. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» ТР ТС 005/2011 [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119326.
10. Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. Сборник статей 5. Научный редактор: Д.О. Скобелев, директор ФГУП "ВНИИ СМТ", к.э.н. Ответственный редактор: О.Ю. Чечеватова, к.м.н. — М.: Перо, 2016. 68 с.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБНОГО СЫРЬЯ

А.О. Вартминская, М.Э. Клейменова, Е.А. Овсюк

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

angelssilvers@mail.ru

В нашей стране и за рубежом активно ведутся работы по использованию внутренностей гидробионтов для получения ферментных препаратов. Отечественными исследователями первые попытки приготовления ферментных препаратов были предприняты еще в 60-х годах. Разработана технология получения ферментного препарата «Океан» из внутренностей скумбрии, ставриды и сардинеллы. В АтлантНИРО разработана технология получения из отходов от разделки гидробионтов комплексного ферментного препарата в виде порошка [1].

Зарубежными исследователями разработан способ применения комплекса протеолитических ферментов в качестве «биологических ножей» при обработке гидробионтов. В Норвегии запатентован способ удаления кожи и размягчения мяса кальмара при помощи ферментов. Предложен также способ обесшкуривания сельди без повреждения подкожного серебристого слоя путем обработки ферментным препаратом. В Исландии применяют ферментативный способ обесшкуривания плавников ската, удаления тонкой поверхностной пленки с печени трески, направляемой на приготовление консервов, удаления чешуи с рыбы, разрушения соединительной ткани между панцирем и мясом шейки креветок, что облегчает отделение панциря. В Норвегии и Канаде ферментные препараты, выделенные из внутренностей рыб, применяют при производстве зернистой икры. Это позволяет снизить потери икры из-за механического повреждения икринок и повысить выход готовой продукции. Изучается возможность использования комплекса протеаз, выделенного из внутренностей рыб, при изготовлении сыров вместо сычужного фермента, получаемого из желудка телят. В Румынии разработан способ выделения из мелких черноморских рыб антигиалуронидазы и создания на ее основе ценного лекарственного средства с сильным противовоспалительным действием без вредного побочного воздействия на организм человека. Активно ведутся исследования гидробионтов и в настоящее время во многих странах мира, особенно прибрежных и островных. Признанными лидерами в данной области являются США, Япония и Россия [1].

При обработке рыбных объектов отходы производства составляют до 60%. На пищевые отходы приходится 40–45% сырья, поступившего на обработку, что весьма значительно. Основные направления использования отходов - производство рыбной кормовой муки и жира, хотя, как установлено учеными, отходы могут служить источником ряда ценных продуктов, обладающих биологической активностью (нуклеотидов, стерина, ферментов) [3].

Пилорические придатки различных видов рыб (трески, макрели, морского окуня) давно известны как источники протеолитических ферментов, получаемых в виде общих протеолитических комплексов. Одним из примеров служит ферментный

препарат «Океан», технология производства которого разработана АтлантНИРО и успешно реализована в производственных условиях для приготовления целого ряда деликатесных рыбных продуктов из плохо созревающих видов рыб (например, пресервов из ставриды), и препарат протеолитических ферментов, технология которого разработана в ТИНРО-центре. Сырьем для производства препарата протеолитических ферментов служат внутренности рыб, обладающих достаточно высокой протеолитической активностью (скумбрия, ставрида, иваси, лососи дальневосточные, сельдь тихоокеанская, сайра). Препарат протеолитических ферментов используют для ускорения ферментного гидролиза белковых веществ при получении рыбных гидролизатов, белковых паст, а также для ускорения процесса созревания соленой продукции и пресервов [2].

В данной работе применялся ферментный препарат, выделенный из внутренностей иваси длиной 13–16 см и из пилорических придатков и желудков иваси длиной 16–22 см. Для производства ферментного препарата использовали мороженое сырье. Размораживание производили на воздухе до температуры $-10...-15^{\circ}\text{C}$. Размороженные внутренности измельчали до частиц размерами 8–12 мм и направляли в подогреватель до достижения температуры в массе $35-38^{\circ}\text{C}$ и подавали на горизонтальную центрифугу для отделения жидкой фракции (ферментного препарата) из гомогената внутренностей. Дальнейшую обработку ферментного препарата проводили на сепараторе. При этом отделяли жир и мелкие белковые частицы. В очищенном ферментном препарате определяли протеолитическую активность (при pH 5,5 – 0,2 не менее 0,6; при pH 7,2 – 0,2 не менее 2 ед./г). Для получения большей активности препарата добавляли поваренную соль.

Ферментный препарат использовали для ускорения ферментного гидролиза белковых веществ при получении рыбных гидролизатов. Рыбные гидролизаты в различной концентрации закладывали в рыбные фаршевые полуфабрикаты. Установлено, что подобный способ переработки повысил качественные показатели и реологические свойства, а именно липкость фарша при производстве, а также сохранил все заданные параметры фаршевых изделий на протяжении всего срока хранения, установленного стандартами по производству изделий из рыбного фарша.

Литература:

1. Богданов В.Д., Сафронова Т.М. Структурообразователи и рыбные композиции. - М.: ВНИРО, 1993. - 172 с.
2. Ржавская Ф.М. Жиры рыб и морских млекопитающих. - М.: Пищ. пром-сть, 1976. - 272 с.
3. Сафронова Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности. - М.: Агропромиздат, 1991. - 191 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА

Т.А. Булочникова, О.И. Сергиенко

Санкт-Петербургский научный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Bulochnikova.tatyana95@mail.ru

Экологический менеджмент в настоящее время является неотъемлемой частью общей системы управления предприятием. Как известно, бесконтрольное использование природных ресурсов приводит к разрушительным для общества экономическим, социальным и экологическим последствиям. Поэтому современные предприятия должны постоянно реагировать на изменяющиеся требования охраны окружающей среды и обеспечивать непрерывное совершенствование системы экологического менеджмента. Особую актуальность соблюдение экологических требований приобретает в настоящее время, когда российские компании готовятся к ресертификации по новой редакции стандарта серии ISO 14001:2015.

В настоящей работе приводятся изменения, которые вносятся в систему экологического менеджмента (СЭМ) компании и, соответственно, в программу аудита в соответствии с новыми требованиями в отношении заинтересованных сторон и окружения компании.

Существует два направления природоохранной деятельности предприятия автомобильной отрасли: очистка вредных выбросов и устранение причины загрязнения. Использование очистных сооружений, фильтров, установок термического обезвреживания и другого оборудования для снижения воздействия на окружающую среду, резко снижает уровень загрязнения, однако не решает саму проблему. В процессе работы такого оборудования образуются отходы в меньшем количестве, но с большей концентрацией вредных веществ.

Второе направление требует внедрения малоотходных или безотходных технологий производства, в результате чего происходит комплексное использование исходного сырья и максимальная утилизация вредных веществ, образующихся в процессах сборки и окраски автомобилей.

Понятие «природоохранная деятельность» должно включать не только предотвращение непосредственного вреда окружающей среде, но и обеспечение охраны труда и промышленной безопасности, экологическую безопасность производственных процессов, минимизацию и ликвидацию промышленных отходов, сокращение энерго- и ресурсопотребления. В соответствии с новыми требованиями ISO 14001:2015 компания должна управлять своими экологическими аспектами с учетом ожиданий заинтересованных сторон и окружения, по возможности с наиболее полным охватом жизненного цикла создания продукции и с акцентом на процессный подход.

Как правило, создаваемая на предприятии система экологического менеджмента выполняет следующие функции: формирование экологической политики; нормирование или разработка и установление проектов нормативов ПДВ, ПДС, лимитов на образование и размещение отходов; лицензирование обращения с отходами, заключение договора на водопользование; планирование природоохранной деятельности, разработка планов и программ; экологический производственный

контроль; анализ и отчетность по осуществлению природоохранной деятельности на предприятии.

В процедуре аудита системы экологического менеджмента предприятия автомобильной промышленности проверяется соответствие пяти основных компонентов СЭМ: экологическая политика; планирование; внедрение и функционирование; проверка и корректирующие действия; анализ со стороны руководства.

Целью экологической политики является непрерывное улучшение, предотвращение загрязнения, соблюдение законодательных и других требований. Данная политика распространяется на все экологические аспекты, которые предприятие может контролировать или на которые может оказывать существенное влияние: закупка материалов, производство продукции (окраска кузова, сварка автомобилей), обращение с отходами, контроль качества, хранения сырья, поставщики и подрядчики.

В разделе «Планирование» проверяются законодательные требования, а также другие требования, которые предприятие обязуется выполнять. Также проверяется, как устанавливаются и пересматриваются экологические цели, задачи и программы, принимают ли при этом в внимание экологическую политику, законодательные и другие требования, значимые экологические аспекты, технологические и финансовые возможности, а также точки зрения заинтересованных сторон. Проверяется также, что программы по охране окружающей среды устанавливаются, внедряются и поддерживаются в рабочем состоянии для достижения экологических целей и задач.

В связи с новыми требованиями стандарта ИСО 14001:2015 необходимо определение заинтересованных сторон предприятия, а также их потребностей и ожиданий, рисков и связанных с ними возможностей (табл.1).

Таблица 1.

Риски и возможности, связанные с заинтересованными лицами и их возможностями, и ожиданиями

Заинтересованные стороны		Потребности и ожидания	Риски	Возможности
Внутренние	Сотрудники	Благоприятные условия труда, признание и вознаграждение	Ухудшение условий труда, связанных с безопасностью и охраной окружающей среды	Внедрение улучшений по сохранению энергии и ресурсов
	Внутреннее руководство	Выполнение нормативных требований по охране окружающей среды, достижение корпоративных целей	Отсутствие финансирования природоохранных мероприятий	
Внешние	Потребители	Высокое качество продукции, адекватная цена, использование в производстве эко материалов, своевременная поставка	Жалобы, снижение продаж из-за потери доверия	Отсутствие жалоб, увеличение продаж
	Инвесторы	Устойчивая рентабельность, прозрачность финансовой отчетности, рост капитала	Отсутствие инвестиций	Содействие деятельности СЭМ, инвестирование природоохранных мероприятий

Заинтересованные стороны		Потребности и ожидания	Риски	Возможности
	Поставщики и партнеры	Долгосрочные деловые отношения, взаимные выгоды	Проблемы в доставке оборудования, отставание от производственного плана	
	Местное население и общественность	Решение проблем занятости, защита окружающей среды, соблюдение законодательных требований	Жалобы, снижение доверия	Отсутствие жалоб, рост доверия
	Конкуренты	Честная конкуренция	Снижение конкурентоспособности из-за неблагоприятного эко имиджа	Повышение конкурентоспособности и из-за неблагоприятного эко имиджа
	Органы власти	Соблюдение нормативно-законодательной базы	Штрафы из-за несоблюдения экологических требований, визиты инспекторов, снижение бюджета на реализацию природоохранных мероприятий	Отсутствие штрафов, помощь во внедрении энергоэффективного оборудования
	СМИ	Получение актуальной информации	Риск распространения информации в случае жалобы, неблагоприятный имидж	Улучшение имиджа за счет публикаций

При проверке раздела «Внедрение и функционирование» проверяют организационную структуру, ответственных, роли и полномочия в отношении действий, связанных с охраной окружающей среды, обеспечение четкого понимания их у всех соответствующих лиц. Создание и применение систематического подхода к обучению и подтверждению квалификации в области СЭМ и экологических аспектов предприятия, а также организация процесса обмена данными внутри подразделений и с внешними заинтересованными сторонами являются важными компонентами аудита этого раздела. Рассматривается структуры документации СЭМ и надлежащего управления ею, проверяется выявление и обеспечение реагирования на реальные чрезвычайные ситуации и аварии, а также предотвращение или уменьшение связанного с ними воздействия на окружающую среду.

Аудит раздела «Проверка и корректирующие действия» выполняется для проверки следующих функций СЭМ:

- Организация и обеспечение проведения мониторинга и измерений основных характеристик значимых экологических аспектов
- Обеспечение и организация процесса калибровки, поверки, поддержания в рабочем состоянии оборудования для мониторинга и измерений основных характеристик значимых экологических аспектов
- Организация и обеспечение процесса оценки соответствия применимым законодательным и другим требованиям
- Реагирование на потенциальные несоответствия таким образом, чтобы это приводило к разработке соответствующих корректирующих и предупреждающих действий.

Потенциальные несоответствия могут быть выявлены вследствие экологических аварий, посредством мониторинга и измерений, внутренних аудитов, анализа СЭМ со стороны руководства, через поступления жалоб, запросов и предложений. В рамках СЭМ определяются три типа несоответствий: 1) несоответствие, связанное с СЭМ; 2) несоответствие, связанное с экологическими аспектами и 3) несоответствие законодательным требованиям.

Анализ со стороны руководства служит для подтверждения того, что СЭМ функционирует эффективно и в соответствии с предъявляемыми требованиями, включая требования стандарта ИСО 14001:2015, что обеспечивает постоянную пригодность и эффективность СЭМ. Руководство предприятия возглавляет процесс анализа СЭМ, рассматривает и утверждает результаты аудита и анализирует, что СЭМ пригодна, адекватна и результативна; оценивает возможности для улучшения и потребность внесения изменений в СЭМ, включая изменение экологической политики, целей и задач с учетом потребностей и ожиданий заинтересованных сторон.

Литература:

1. Стандарт ИСО 14001:2015 /Электронный ресурс. Режим доступа – свободный <http://bsclass.org/sysfiles/files/Trebovaniya-ISO-14001-2015.pdf>
2. Environmentalmanagementsystem (EMS) /Электронныйресурс. Режим доступа – свободный [http://www.environmental-mainstreaming.org/documents/EM%20Profile%20No%205%20-%20EMS%20\(6%20Oct%2009\).pdf](http://www.environmental-mainstreaming.org/documents/EM%20Profile%20No%205%20-%20EMS%20(6%20Oct%2009).pdf)
3. United States Environmental Protection Agency/Электронныйресурс. Режимдоступа – свободный<https://www.epa.gov/EMS>

ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

П.Е. Артамонов, Н.Б. Ульянов

Санкт-Петербургский научный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

3174116@gmail.com

Зачастую на открытой территории производственного предприятия выделяются площадки с различным типом покрытия для перегрузки и складирования сырья и готовой продукции. В случаях содержания веществ и материалов в герметичной упаковке существенного негативного воздействия на сточные воды и подстилающую поверхность не оказывается. Но в условиях некоторых производств (перевалка и хранение россыпью, производственные и естественные потери при складировании, частая зачистка транспортных емкостей и т. п.) предотвратить попадание загрязнителей в поверхностные сточные воды не представляется возможным даже при тщательном контроле и ответственном подходе.

В ряде случаев небольшая территория, отведенная под вторичный технологический процесс, может являться основным источником специфических загрязняющих веществ и фракций, вынуждающим собственника (эксплуататора) строить дорогие, технологически сложные и трудоемкие в эксплуатации локальные очистные сооружения.

Так, при перегрузке минеральных удобрений в значительном объеме регулярно возникает необходимость зачистки и мелкого ремонта транспортировочной тары для предотвращения снижения полезного объема и содержания в пригодном состоянии. Даже при тщательной механической уборке рассыпаемого, хорошо растворимого груза значительная его часть попадает в состав сточных вод из-за влажности и неровности покрытия, а также разнообразного гранулометрического состава. Ситуация усугубляется при выпадении осадков. Таким образом, небольшая территория является источником большей части загрязняющих веществ не только по объему, но и по количеству наименований[1].

В ходе исследования открытой площадки, расположенной на территории крупного логистического комплекса и предназначенной для зачистки контейнеров, используемых в целях перегрузки насыпных минеральных SNK-удобрений, выявлено, что с исследуемой площадки площадью 0,2 Га (0,8% от всей водосборной территории комплекса) в поверхностные сточные воды на очистные сооружения перед выпуском поступает около 80% от общего объема нормируемых минеральных загрязнителей (азот и его соединения, сульфат-ионы, хлориды, фосфаты), ориентировочно 10% нефтепродуктов и более 50% общего железа. Объем поверхностных сточных вод с площадки составляет 820 м³/год (0,26% от общего объема). Сток с площадки имеет непостоянный состав (различные партии грузов), непостоянный расход (образуется лишь при таянии наледи и выпадении осадков), высокое содержание минеральных компонентов и железа. Компонентный состав стоков представлен в таблице 1[2].

Была рассмотрена возможность сбора дождевых и талых вод в локальный аккумулирующий резервуар с последующим выпариванием в вакуум-выпарной установке (далее по тексту — «ВВУ») циклического действия. Количественные показатели загрязняющих веществ после выпаривания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты выпаривания сточных вод с площадки зачистки контейнеров

Наименование загрязнителя	ед. изм.	взвешенные вещества	рН	сухой остаток	ХПК	азот нитритный	азот нитратный	фосфор общий	фосфор фосфатов	нефтепродукты	сульфат-ионы	хлориды	железо общее
Показатели сточных вод	мг/л	2760	6,55	12500	160	0,4	210	1,1	0,013	26	5900	1100	44
Показатели конденсата	мг/л	5	10,4	85	53	0,17	2	0,11	0,024	1,9	29	1,42	0,02
ПДК рыб.хоз.	мг/л	10,25	8,5	1000	30	0,02	9	1,5	0,2	0,05	100	300	0,1

Преимуществами применения ВВУ являются:

- безопасность для персонала и окружающей среды: в технологии очистки отсутствуют легковоспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, химические реагенты, среды и элементы оборудования с высокими температурами (выпаривание происходит при $t \leq 30^{\circ}\text{C}$) и давлением (в выпарной камере поддерживается недостаточное давление для повышения температуры кипения);

- возможность полной автоматизации процесса очистки сточных вод;

- высокая степень очистки от нерастворимых соединений и веществ с температурой кипения выше поддерживаемой при выпаривании температуры. При применении ВВУ в качестве предочистки следует учитывать и последующее разбавление перед сбросом очищенных сточных вод;

- сохранение свойств загрязняющего вещества. В рассматриваемом случае с минеральными удобрениями, концентрат представляет собой раствор минеральных удобрений. При наличии устройства гравитационного отстаивания перед аккумулярующим резервуаром (просто реализуется, не требует значительных затрат), концентрат возможно использовать в качестве удобрений;

- отсутствие требований компонентного состава выпариваемых стоков за исключением плавиковой кислоты и легкокипящих воспламеняющихся жидкостей;

- низкие требования к окружающей среде (температура окружающей среды, в которой гарантируется нормальное функционирование установки, должна быть в пределах от 0 до 35°C) [3,4].

Недостатком технологии выпаривания для очистки сточных вод является расход электроэнергии. Но с применением теплового насоса и недостаточного давления, по сравнению с выпариванием при нормальных условиях, затраты на электроэнергию сопоставимы с затратами на эксплуатацию очистных сооружений с применением физико-химических методов очистки.

Для очистки ранее указанного объема сточных вод при упаривании объема на 80% (для сохранения возможности автоматической выгрузки концентрата) и потребляемой мощности ВВУ 28 кВт/ч затраты электроэнергии составят: $820\,000 \cdot 0,8 \cdot 28 / 170 = 108\,047$ кВт/г. Современные методы автоматизации технологических процессов позволяют выставлять приоритет работы по временным зонам суток, что позволяет предотвратить чрезмерные нагрузки на сети предприятия, а в совокупности с двухтарифной оплатой электроэнергии — оптимизировать финансовые затраты.

Литература:

1. Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2003.

2. Инженерное оборудование зданий и сооружений: Энциклопедия/Гл.ред. С.В. Яковлев. – М.:Стройиздат, 1994.
3. Ульянов Н.Б. Процессы механической и физико-химической очистки природных и сточных вод: Лабораторный практикум. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009.
4. Ульянов Н.Б. Сооружения и аппараты для механической и физико-химической очистки природных и сточных вод: Лабораторный практикум. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009.

ОБРАЗОВАТЕЛЬ ОТХОДОВ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СУБЪЕКТ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА

П.Ф. Агаханянц, Т.В. Скочихина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

aga-polina@yandex.ru, nfnrf24@yandex.ru

Современное состояние экономики Российской Федерации характеризуется динамичным развитием строительной отрасли. Одновременно растет количество отходов строительства и сноса (ОСС). К особенностям строительных отходов относится, с одной стороны, большие объемы их образования, с другой – то, что большая их часть может быть утилизирована.

Несмотря на это, строительные отходы направляются для захоронения на полигоны, также строительные отходы незаконно складываются на несанкционированных свалках. Последствия указанной деятельности приводят к следующим негативным экологическим и экономическим последствиям:

- Значительные территории земель выпадают как из хозяйственного оборота, так и теряют свои средообразующие функции.

- Происходит неэффективное использование ресурсов: не используются ценные фракции строительных отходов, которые возможно использовать для производства продукции. Потребности в сырье удовлетворяются за счет извлечения природных полезных ископаемых, происходит истощение естественных запасов минеральных пород для производства щебня и иных строительных материалов. Также на производство новых стройматериалов тратится энергия.

Существующая ситуация складывается в результате взаимодействия рыночных субъектов, вовлеченных в технологические, экономические и административные цепочки обращения с отходами. Цель данной статьи – рассмотреть образователя отходов как экономического субъекта в области обращения с отходами строительства и сноса, а также его экономические цели и ограничения.

К образователям в первую очередь относятся компании, осуществляющие работы по строительству, реконструкции и сносу в строительной отрасли. Также к ним можно отнести домохозяйства, которые проводят ремонт.

У образователей есть четыре опции по обращению с ОСС:

1. направление на объекты размещения отходов, в т.ч. полигоны;
2. направление на незаконные свалки;
3. направление на переработку к независимому переработчику;
4. самостоятельная переработка отходов.

На окончательное решение потребителя влияют как рыночные, так и нерыночные факторы. К рыночным факторам относится в первую очередь удельная стоимость обращения с отходами[1]. К нерыночным факторам относятся требования законодательства, сложившиеся традиции ведения бизнеса и пр.

Стоимость полигонного захоронения включает в себя стоимость транспортировки до полигона (Зтр1), плату за размещение отходов на полигоне (Зпол) и платежи за негативное воздействие на окружающую среду (Зэкол).

Затраты на несанкционированное размещение включают затраты на погрузку, транспортировку ($Z_{тр2}$), а также стоимость риска штрафных санкций ($Z_{риск}$).

Затраты на переработку состоит из затрат на транспортирование на перерабатывающие мощности ($Z_{тр3}$), тарифа на переработку за тонну ($Z_{тар}$), дополнительных затрат по переработке на тонну ($Z_{доп}$), таких как затраты на сортировку отходов на строительной площадке, если перерабатывающие предприятия не принимают смешанные отходы.

Затраты на самостоятельную утилизацию на стройплощадке представляют собой затраты на переработку отходов на площадке ($Z_{перераб}$), транспортные затраты для направления товара потребителям ($Z_{тов}$), за минусом доходов от реализации продукта ($D_{реал}$).

В результате, рыночное решение, которое принимается потребителями, является результатом решения задачи на оптимизацию (минимизацию) затрат:

$Z_{тр} + Z_{тар} + Z_{доп} = \min(Z_{тр1} + Z_{пол} + Z_{экол}; Z_{тр2} + Z_{риск}; Z_{тр3} + Z_{тар} + Z_{доп}; Z_{перераб} + Z_{тов} - D_{реал})$.

Для большинства образований затраты на обращение с отходами пренебрежимо малы. К причинам выбора первой опции – направления на полигоны, относятся относительно низкие экологические платежи, тарифы на захоронение, а также нерыночные факторы, в первую очередь то, что направление на полигоны является наиболее предпочтительным с точки зрения надзорных органов государственной власти.

Потенциально эффективными экономическими механизмами регулирования в сфере отходов строительства и сноса является залоговая стоимость ($C_{зал}$), которая может создать мощный стимул для развития переработки ОСС.

Литература:

1. Zhao W. и др. Construction and demolition waste management in China: analysis of economic instruments for solving a growing problem // WIT Transactions on Ecology and the environment, т. 109, 2008. Wastemanagement and environment. 471-480 с.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 338

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

К.И. Апарина, Л.В. Силакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

xenia_philippova@mail.ru

Разграничение функций в результате эволюции управления бизнес-процессами компаний привело к формированию корпораций. Слово “corporation” происходит от латинского “corpus”, означающего тело. Под данным термином подразумевается группа людей, уполномоченных действовать как единое целое. Авторы Монкс Р. и Миноу Н. определяют корпорацию как механизм, созданный для обеспечения участия в капитале, знаниях и работе, направленных на достижение максимальной выгоды для всех [2]. В Российской Федерации корпоративными юридическими лицами (корпорациями) являются юридические лица, учредители (участники) которых обладают правом участия (членства) в них и формируют их высший орган. В противоположность корпорациям унитарными называются юридические лица, учредители которых не становятся их участниками и не приобретают в них прав членства [4]. Основными характеристиками корпорации являются ее правосубъектность, ограниченная ответственность владельцев корпорации, легкость изменения формы собственности и длительная деятельность. Все это выдвигает все функции корпоративного управления на передний план.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа систем корпоративного управления и выявление характеристик и особенностей данных систем. Рассматриваются не традиционные в литературе американская и германская модели, а англосаксонская и континентальная (европейская).

Системы корпоративного управления и роль управляющих структур корпораций различаются в зависимости от наиболее влиятельных заинтересованных сторон (акционеры, инвесторы и пр.) и используемых ими инструментов и механизмов для воздействия на процесс корпоративного управления.

В зарубежных странах выделяют англосаксонскую и континентальную (европейскую) системы корпоративного управления. Каждая система имеет свои особенности и методы работы [1, 3].

Англосаксонская система типична для англосаксонских стран, она также известна как система акционеров. Её основными характеристиками являются крупные и ликвидные фондовые рынки, низкая концентрация собственности, одноуровневый совет директоров и относительно высокий уровень защиты миноритарных акционеров, доминирующая роль институциональных инвесторов. Управление не контролируется ни одной из заинтересованных сторон корпорации. Контроль управления осуществляется только фондовым рынком и инвесторами [2].

Континентальная или европейская система корпоративного управления характерна для европейских стран и также известна как система заинтересованных

сторон. В европейской системе акционеры имеют большой процент от общего количества акций, которые выставляются на публичные торги. Благодаря этому владельцы могут решать многие вопросы и проблемы, связанные с корпорацией. Корпоративная собственность сконцентрирована, на процессы управления большое влияние оказывает небольшое количество инвесторов наряду с банками и сотрудниками. Корпоративная собственность обычно сосредоточена среди стабильной сети стратегически ориентированных банков и других промышленных компаний. Следовательно, рынок корпоративного контроля оказывает меньшее влияние на управление, чем на англосаксонскую систему.

Банки играют центральную роль внешнего управления посредством реляционного финансирования, предоставления финансовых услуг и мониторинга в периоды финансового кризиса. Банки и промышленные компании владеют крупными пакетами акций европейских корпораций и активно участвуют в надзоре и управлении их процессами. Владельцы блоков используют свое право голоса напрямую влиять на управление корпорации, они редко продают свои акции. Благодаря концентрированной структуре собственности владельцы могут поддерживать контроль за корпорацией и принимать решения, повышающие прибыльность корпорации, а не увеличение ее размера за счет крупных инвестиций.

Низкая концентрация собственности – основная проблема англосаксонской системы корпоративного управления, также она является причиной, по которой руководство играет основную роль в этой системе. В этих условиях именно менеджеры на местах принимают все важные бизнес-решения. Кроме того, очень сложно контролировать или дисциплинировать руководство. Руководство часто принимает решения в своих интересах, что приводит к увеличению инвестиций. Менеджеры предпочитают расширять корпорацию, потому что это свидетельствует о росте их силы. Таким образом, инвестиции будут сделаны, даже если рентабельность будет низкой или даже отрицательной. Руководству дает власть чрезмерное инвестирование, но оно оставляет акционеров с более низкой доходностью, потому что менеджеры осуществляют инвестиции, не смотря на плохие перспективы прибыли. Наиболее эффективный способ управления в англосаксонской системе – рынок корпоративного контроля. Если акционеры не удовлетворены тем, как руководство управляет корпорацией, они продают свои акции. Когда продается много акций, цена одной акции уменьшается, и корпорация становится хорошим объектом для враждебного поглощения. При враждебном поглощении нынешнее руководство корпорации обычно заменяют на новое.

Всеобщая глобализация деловых операций и финансовых рынков, а также дополнительные политические процессы (например, формирование региональных ассоциаций свободной торговли и Всемирной торговой организации и т.д.) стимулировали интерес к корпоративному управлению, главным образом, как к средству обеспечения требований инвесторов и дискуссии о сближении различных систем корпоративного управления между собой.

В формирующейся в России модели корпоративного управления принцип разделения прав собственности и контроля не признается [6]. Система корпоративного управления в России не соответствует ни одной из указанных моделей, поэтому дальнейшее развитие бизнеса должно быть ориентировано сразу на несколько моделей корпоративного управления. В каждой из рассматриваемых систем есть как сильные стороны, так и слабые. Также есть определенные особенности, не позволяющие взять какую-то одну модель за основу формирования системы корпоративного управления на фирме. Например, в англосаксонской системе управление не контролируется, что в настоящее время невозможно в нашей стране.

В континентальной системе банки играют центральную роль внешнего управления посредством реляционного финансирования, предоставления финансовых

услуг и мониторинга в периоды финансового кризиса. В России такую роль на себя берут крупные монополисты, обладающие значительными денежными средствами. Несмотря на положительную динамику работы, банки обладают меньшими материальными средствами, а положение мелких игроков банковского бизнеса весьма неустойчиво. Средние банки были присоединены к более крупным, а у мелких банков были отозваны лицензии или они вообще были ликвидированы. Согласно статистике, в настоящее время с января 2015 года было отозвано 250 лицензий, а в целом с 2013 года количество отозванных лицензий и ликвидированных банков составило 389 единиц [5]. Как видно, даже по одному из показателей эта система не может быть использована в нашей стране.

Руководителям фирм необходимо тщательно изучать и анализировать информацию, касающуюся зарубежных систем корпоративного управления. В каждой модели стоит почерпнуть те принципы, которые руководители хотят применить при построении системы управления конкретной организации.

Таким образом, современные системы корпоративного управления стремятся к конвергенции, и важно, чтобы лучшие практики из каждой системы применялись в корпорациях. Необходимо создать правовые рамки, в которых корпорациям придется выполнять определенные законодательные акты, а не только выполнять рекомендации или объяснять, почему эти рекомендации о лучших методах корпоративного управления, если они не применяются.

Литература:

1. Kaen, F.R. A blueprint for corporate governance: strategy, accountability and preservation of shareholder value, American Management Association. 2003.
2. Monks, R. A. & Minow, N. Corporate Governance, 2nd ed, Blackwell Publishers. 2001.
3. Tipurić, D.; Tušek, B. & Filipović, D. Internal and External Supervisory Mechanisms in Corporate Governance. South East European Journal of Economics and Business. 2009. Vol. 4. № 2. pp. 57-70.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации, п. 1 ст. 65.1
5. Полный список банков, прекративших свою деятельность вследствие ликвидации или отзыва лицензии Банком России в период с 1991 по 2017 гг. – Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.banki.ru/banks/memory/?PAGEN_1=8 (дата обращения 10.06.2017)
6. Модели корпоративного управления. – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/korporativnoe-upravlenie.html> (дата обращения 07.06.2017)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Я.Н. Белолова, Л.В. Силакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

chocolatemylife@rambler.ru

Нововведения в автомобилестроении во всем мире начали активно внедряться с 80-х годов и проявлялся во внешних изменениях автомобиля и расширении модельной линии. Благодаря научно-техническому прогрессу XX века произошёл скачок в автомобилестроении и в конструкции самого автомобиля, позволивший зарубежным странам, занять лидирующие места на мировом рынке. Усовершенствование автомобилей было обеспечено современными методами производства, новыми материалами, масштабным использованием нового оборудования, развитием робототехники.

В России же на сегодняшний день использование инноваций в автомобилестроении стоит рассматривать как единственный возможный источник получения конкурентных преимуществ для предприятий[1].

Целью работы является проведение сравнительного анализа применения инноваций на предприятиях автомобилестроения в России и зарубежом в контексте основных тенденций инновационной деятельности данной отрасли в мире, а также выявление направлений увеличения инновационной активности отечественного автопрома.

Для достижения цели нужно решить следующие задачи:

- 1) рассмотреть направления развития автомобильной промышленности в области товарных, технологических и управленческих инноваций;
- 2) провести сравнительный анализ инновационной деятельности предприятий российской и зарубежной отрасли;
- 3) выявить возможности и предложить направления повышения инновационной активности предприятий отечественного автопрома.

В последние 30 лет в мировом автопроме не наблюдается новых производителей, кроме китайских, а, напротив, наблюдается тенденция к объединению предприятий в крупные концерны [3]. Можно сделать вывод о достижении зрелости отрасли в конкурентной борьбе и накопление содержательности за счет применения инноваций в производственном процессе. Это подразумевает наличие высоких барьеров входа на рынок. При этом недостаток научных разработок и технологической базы являются ограничением для создания бизнеса. В этом смысле наблюдаемая относительная пассивность в инновационной деятельности отечественных компаний автомобилестроения ставит под вопрос существования этой отрасли промышленности.

Рассмотрим направления развития автомобильной промышленности в области товарных, технологических и управленческих инноваций в мире. Проведенный анализ позволил выявить основные направления развития *товарных* инноваций в автомобилестроении. К ним можно отнести: использование иных видов топлива, создание экологичных транспортных средств, усовершенствование дизайна и т.д. Эти

направления создают некоторые конкурентные преимущества товаров, за счет которых происходит рыночное позиционирование и разделение конкурентов.

Сопоставление мировых лидеров с отечественными предприятиями в области товарных инноваций показали, что российский ВАЗ, наряду с GM, Toyota, BMW, Volkswagen, Honda и Nissan использует в своей деятельности такие направления развития автомобилестроения как уменьшение размеров и массы автомобиля, использование альтернативных видов топлива и поиск технических решений для массового производства экологичных транспортных средств. Все остальные направления: разработка «интеллектуальных машин», повышение качества систем безопасности автомобилей, увеличение уровня комфорта, внешний вид и развитие дополнительных электронных систем – используются в зарубежных компаниях (Toyota, BMW, Land Rover, GM, Subaru, Volvo, Mercedes Peugeot BMW) [2].

В настоящее время автомобильная отрасль России является одной из самых проблемных областей с точки зрения стратегий их дальнейшего развития [5, с. 149]. На это влияют такие факторы как: во-первых, высокий износ основных производственных фондов (70–80%), что свидетельствует о доминировании в России третьего и четвертого технологического уклада (в развитых странах доминируют пятой и шестой уклады). В дополнении к невысокому качеству экспортная продукция невысокотехнологична; во-вторых, низкий уровень деловой активности и сравнительно низкая инвестиционная привлекательность, что сказывается на качестве продукции, издержках производства и эффективности деятельности. В этих условиях инновациям просто не находит места [6, с. 47]; в-третьих, экономика России существенно зависит от нефтегазового комплекса и сырьевых отраслей, которые создают 64% ВВП [5, с. 149]. Таким образом, товарными инновациями занимаются лидеры отрасли (Toyota, GM, BMW др.).

Наиболее приметной тенденцией в области инноваций для автомобильной отрасли на мировом рынке являются «зеленые технологии». Компании, выпускающие экологичные автомобили (Toyota, Honda, Nissan) обладают конкурентными преимуществами. Производители автомобилей конкурируют между собой в стремлении максимально сэкономить невозобновляемые энергоресурсы, а также уменьшить негативное влияние на окружающую среду. Эти автомобили чрезвычайно дорогие и неудобны для ежедневного использования в силу отсутствия необходимой инфраструктуры (сервисные центры, станции для заправки биотопливом и зарядки аккумулятора в электромобиле и т.д.).

Так, например, в отечественной практике, ОАО «АвтоВАЗ» построило модель электромобиля на базе LadaVesta, получивший название Vesta EV. Заряд электромобиля осуществляется от обычной розетки за восемь часов. На сегодняшний день работают пять электромобилей в курортной зоне Ставропольского края в качестве такси. Пробег этих EL LADA составляет уже 70–80 тысяч километров. В масштабах нашей страны этот опыт эксплуатации электрокаров является уникальным [7].

Другими видами инноваций (*технологические*), которые реализуются в мировой практике автомобилестроения, является совершенствование и внедрение новых производительных технологий. Основными достижениями компаний является разработка полимерных композитных материалов, технология литья под давлением и т.п. Проведенный контент-анализ позволил выявить лидеров по основным направлениям технологических инноваций. Лидерами по автоматизации процессов сборки автомобилей являются Toyota, GM, а из отечественных ПАО «КАМАЗ». В российской практике не осуществляется направление по разработке экологичных производств в отличие от ведущих компаний Toyota, GM, Volkswagen. Зато российская Группа компаний ГАЗ занимается развитием собственных производственных систем и используют принцип «Канбан», также эти направления реализуют Toyota и GM.

Очевидным лидером является предприятие «Toyota», деятельность которого изучает в российской практике бизнеса группа компаний «ГАЗ» с целью использования бэнчмаркинга. Однако зачастую на конвейеры российских автомобильных предприятий поставляются технологии, устаревшие на несколько десятков лет. Например, закупка производственной линии для предприятия «ГАЗ» по сборке автомобилей у компании «Крайслер». Российское автомобилестроение контролируется зарубежным капиталом и поэтому заводы вынуждены закупать импортное устаревшее оборудование.

Уровень технологического оснащения российских автопроизводителей крайне низок, что сказывается на снижении показателя производительности труда в отрасли. Например, на «АВТОВАЗе» этот показатель в 27 раз ниже, чем у «Ford» [4].

Среди таких *управленческих* инноваций наиболее распространенными являются: реинжиниринг бизнес-процессов, внедрение системы PLM (ProductLifecyleManagement), совершенствование производственных систем, брендинг, матричные и сетевые организационные структуры управления, бэнчмаркинг.

Сравнение применения управленческих инноваций в автомобилестроении за рубежом и в нашей стране отражено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение использования управленческих инноваций зарубежными и отечественными предприятиями автомобилестроения

Направления управленческих инноваций	Зарубежные предприятия (мировые лидеры)	Отечественные предприятия
Реинжиниринг бизнес-процессов	Toyota, GM	Группа компаний ГАЗ
Внедрение PLM	GM, Ford	ПАО «КАМАЗ»
Брендинг	Toyota, Volkswagen, BMW	Северсталь-авто
Матричные и сетевые организационные структуры управления	Toyota	-
Совершенствование производственных систем	Toyota, GM	Группа компаний ГАЗ
Бэнчмаркинг	Ford, BYD, Zhejiang Geely Automobile	Группа компаний ГАЗ

Как видно, группа компаний ГАЗ активно использует управленческие инновации. Примечательно, что автоматизированная система управления жизненным циклом изделия PLM внедрена практически на всех зарубежных предприятиях автомобильной промышленности, в России ее использует только ПАО «КАМАЗ».

Ещё одной тенденцией в мировом автомобилестроении является сокращение этапов разработки и производства продукции, сокращение жизненного цикла, к основным этапам которого относят проектирование, технологическую подготовку производства, производство, реализацию продукции, эксплуатацию и утилизацию. В 80-х годах XX в. период длился 10 лет, в настоящий момент – 2–4 года, а в среднесрочной перспективе, по мнению экспертов, этот период достигнет 1 года.

Анализ продолжительности жизненных циклов производства отечественных автомобилей показал, что для модели ВАЗ 2121 «Нива» период выпуска составляет 32 года, ВАЗ 2107 – 30 лет, ВАЗ 2110 – 13 лет, ВАЗ 2114 – 11 лет, ВАЗ 1118 «Калина» – 8 лет, ГАЗ «Волга» 3102 – 27 лет [2]. Таким образом, в среднем продолжительность жизненного цикла производства отечественного автомобиля составляет более 15 лет, что во много раз превышает мировые показатели.

Примером долгосрочного жизненного цикла является история создания и производства модели автомобиля ВАЗ 2110. Проектирование автомобиля началось ещё в Советском Союзе в конце 70-х годов XX века, а выпуск планировался на середину 80-х годов. Однако, в связи с произошедшими в нашей стране переменами, проектировка и серийный выпуск автомобиля были приостановлены до середины 90-х годов.

На основе приведённого анализа предложены направления развития инновационной деятельности предприятий отечественного автопрома:

- Ужесточение конкуренции на мировом рынке автомобилестроения и недостаток у российских автопроизводителей масштаба не позволяет окупать инвестиции, необходимые для постоянного обновления модельной линейки и разработки новых моделей автомобилей с использованием современных технологий. Объединение (интеграция) с мировыми производителями автомобилей позволит в долгосрочной перспективе продолжать деятельность [8]. Кроме того, в автомобилестроении самым дорогим этапом производства являются научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, включая поиск новых технологических решений. А, так как НИОКР становятся все более дорогостоящими и даже многие общеизвестные компании не могут в одиночку разрабатывать отдельные элементы, они стараются снижать издержки через унификацию отрасли.

- использование концепции «открытых инноваций», отражающая технологическое развитие на основе сотрудничества со сторонними компаниями, которые специализируются в этой сфере деятельности. Она осуществляется двумя способами: 1) «снаружи внутрь», предполагающий приобретение у разработчиков технологий, ноу-хау и т.п.; 2) «изнутри наружу», наоборот, предусматривает коммерциализацию имеющихся у предприятия собственных технологических знаний. Таким образом, китайские производители преодолевают технологические барьеры на рынок;

- внедрение автоматизированной системы управления жизненным циклом изделия ProductLifecycleManagement (PLM) во всех предприятиях отечественного автопрома, кроме ПАО КАМАЗ, которое уже обладает ею. Системы PLM реализуют процесс управления, объединяя людей, данные, производственные и бизнес-процессы, обеспечивая информационную базу всего жизненного цикла изделия, включая: 1) управление данными о продукте; 2) управление жизненным циклом основного средства; 3) управление проектами и программами; 4) управление качеством; 5) оперативное взаимодействие с поставщиками. Это позволяет сократить издержки и сроки вывода продукции на рынок. Перспективность применения концепции PLM в производстве доказывает высокие ключевые характеристики мировых лидеров на фоне отечественных производителей.

Литература:

1. Англичанинов В.В., Кузнецов В.П., Шушкин М.А., Цымбалов С.Д. Стратегическое управление предприятиями машиностроения: учеб.пособие. Н. Новгород: ВГИПУ, 2008. 286 с.
2. Гарина Е.П., Гарин А.П. Тенденции и перспективы развития отечественного автомобилестроения на основе внедрения PLM-стратегии // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение, 2013. – № 2 (34) – С. 26-32.
3. Кузнецов В.П., Шушкин М.А., Горчаков А.Н. Инновационные стратегии автомобилестроительных компаний. Н. Новгород: ВГИПУ, 2011. – 168 с.
4. Кураков А.Л. Повышение эффективности функционирования региональной экономики//Вестник Чувашского университета, 2012. - №3.
5. Налбатов И.И., Налбатова Е.И. Современное состояние машиностроительного комплекса России и уровень конкурентоспособности машиностроительных предприятий // Научный альманах, 2015. – №(9) – С. 147-155.
6. Сергеев А.А. Конкурентоспособность машиностроения: реальность и перспективы // Экономика и управление, 2014. - №5 – С. 44-49.
7. Официальный сайт «ЛАДА» – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lada.ru>
8. Чупров А. Как иностранцы поднимают российский автопром. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zr.ru>

КОНСАЛТИНГОВЫЕ УСЛУГИ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е.С. Дунаева, Я.Ю. Лившиц, И.Г. Сергеева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

iamlenadunaeva@gmail.com

В современных условиях вопрос эффективного управления инновационной деятельностью становится все более актуальным для предприятий независимо от формы собственности и размера. Актуальность проблемы включает как потребность в специалистах-профессионалах в сфере управления инновационными проектами, так и научно обоснованные методы управления инновационной деятельностью [1–3].

Следует отметить, что одним из качественных критериев инновационного развития предприятия следует считать эффективность от внедряемых инноваций, а не только инновационную активность, как это принято на большинстве предприятий.

Разработка и внедрение на производство инноваций оказывает существенное влияние на конкурентоспособность компании. Технологическое направление инновационной деятельности обеспечивает увеличение эксплуатационных показателей при производстве новых изделий, снижение трудовых затрат и затрат на материалы. Каждая технологическая научно-исследовательская разработка требует значительно меньше затрат по сравнению с опытно-конструкторскими работами, а так же позволяет достигнуть успеха в коммерциализации и реализации производимой продукции [4,5].

Стратегия новаторов — создание конкурентоспособного новшества, признанного уникальным в своей области. Разработки в научно-технической сфере представляют собой промежуточный результат и в процессе применения его на практике становятся научно-технической инновацией (НТИ), как конечным результатом данного процесса. Эти разработки позволяют применять на практике полученные новые знания, а НТИ являются воплощением новых идей и знаний с целью их коммерческой реализации для удовлетворения рыночного спроса.

Развитие сферы консалтинговых услуг в инновационной деятельности, направленные на помощь предпринимателям в данной деятельности, выполняются на любом этапе инновационного процесса с целью снижения риска в процессе принятия важных решений. Сфера консалтинговых услуг достаточно разнообразна, и в большом количестве ситуаций необходимо привлечение высококлассных специалистов для экспертизы. Например, без предварительной экспертизы затруднительно принять обоснованное решение в направлении инновационной деятельности в перспективе.

Особую актуальность в современных условиях имеют проблемы, связанные с интеграцией научно-технических достижений и промышленным освоением, обеспечением высокой мобильности в продвижении инноваций на рынок. Вместе с тем инфраструктура инновационного процесса наряду с производственно-технологической, финансовой, сбытовой, кадровой, включает и консалтинговую составляющую. При этом формирование наукоемкой экономики усиливает значимость консалтинга и прежде всего его «посреднической» роли в процессе внедрения новых концепций и инноваций в практику [6–10].

На рис. 1 видно взаимосвязь консалтинговой и инновационной деятельности на всех этапах инновационного процесса, начиная от разработки проекта и до выхода готового продукта на рынок.

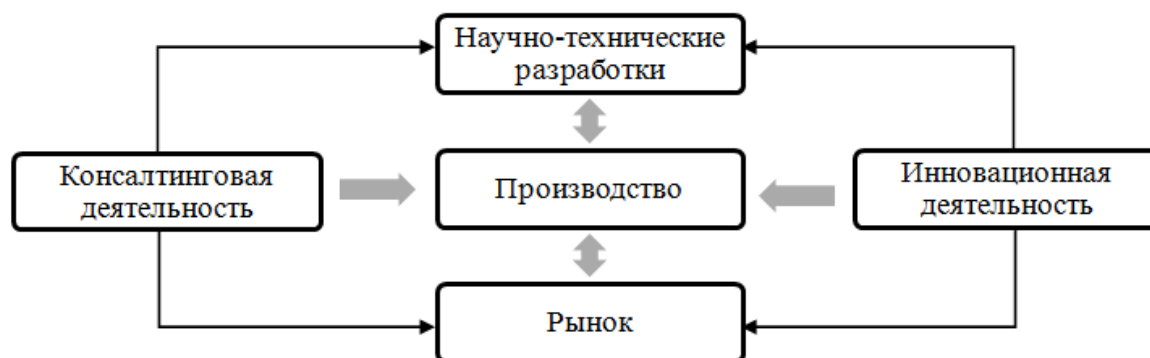


Рис. 1. Сферы консалтинговой и инновационной деятельности в структуре инновационного процесса

На рисунке 1 видно взаимосвязь консалтинговой и инновационной деятельности на всех этапах инновационного процесса, начиная от разработки проекта и до выхода готового продукта на рынок.

Можно сказать, что консалтинг представляет собой часть данной инфраструктуры и формирует самостоятельную предпринимательскую деятельность. Услуги, предоставляемые консалтинговыми компаниями, направлены на устранение противоречий и для обеспечения взаимосвязи между субъектами на протяжении всего процесса деятельности в целом и на каждом этапе инновационного процесса, ориентированного на создание инновационного продукта, в частности.

Таблица 1

Консалтинговые услуги на этапах инновационного процесса

Этапы инновационного процесса	Консалтинговые услуги
Разработка	Экспертиза инноваций Маркетинг инноваций Привлечение финансовых средств
Внедрение	Бизнес-планирование Оценка рисков Мониторинг проекта Привлечение финансовых средств
Выход на рынок	Рекламная компания Адаптация продукта для выхода на рынок Маркетинговая стратегия Привлечение финансовых средств

Основная идея консалтинга – помощь клиенту повысить эффективность деятельности организации. Консультанты изучают и анализируют сложившуюся в компании ситуацию, предлагают пути решения и убеждают клиента в необходимости и неизбежности внедрения предлагаемых нововведений. Чаще всего услугами консалтинговых компаний пользуются крупные организации и перед компанией ставятся разнообразные задачи.

В гонке за большей прибылью многие компании сразу же отказываются от внедрения новой техники/технологии, объясняя это дороговизной оборудования и увеличения затрат на оплату труда современным высококвалифицированным специалистам. Однако все больше и больше компаний, прибегая к услугам консалтинговых компаний, приходят к выводу, что инновации в компании – это необходимость.

В результате внедрения инноваций можно оптимизировать доходы и расходы, снизить затраты на ресурсы и повысить эффективность работы в компании. Консалтинговая компания поможет просчитать экономический эффект от внедрения инновации и позволит судить о необходимости данного мероприятия.

Литература:

1. Баранова С.А., Беляев Ю.М. – Консалтинговые услуги в инновационной деятельности // Вестник Адыгейского государственного университета. Выпуск № 1 / 2012.
2. Донцова Л.В. – Инновационная деятельность // Менеджмент в России и за рубежом. №4, 2008.
3. Костина Г.Д., Андрианова Н.А., Андрианов О.З. Организационные основы коммерциализации инновационного продукта. Инновации, 2009.
4. Иванов Н., Данилин И. Антикризисные программы в инновационной сфере. Мировая экономика и международные отношения, 2010.
5. Сагипова К. Ж. – Инновационная стратегия на предприятии // Экономическая безопасность России: вызовы 21 века: сб. статей, 2015.
6. Сорокин Д. О стратегии развития России. Вопросы экономики, 2010.
7. Черной Л. Государственно - корпоративное партнерство: проблема системности. Экономист, 2009.
8. Сергеева И.Г., Дзвинкайте М.В. Финансовые стратегии обеспечения конкурентоспособности предприятия // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». № 1. 2017.
9. Сорокин Д. О стратегии развития России. Вопросы экономики, 2010.
10. Ростанец В., Тонилин А. Инфраструктура межрегионального трансфера инноваций. Экономист, 2008.
11. Глисин Ф. Финансовый кризис и инновационная деятельность промышленных предприятий. Инновации, 2009.

УДК 334.72

АНАЛИЗ МОТИВАЦИОННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ НАЧИНАЮЩИХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

Н.С. Елина, А.С. Биккулов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

elina.natalya@bk.ru

Предпринимательская деятельность позволяет раскрыть свою индивидуальность, стать хозяином своей жизни.

Г. Мюрреем впервые была выявлена характеристика личности, которая понималась как достижение определенного уровня в деле, мотив достижения. Позднее учеными Д. Макклелланд и Х.Хекхаузен были определены мотивационные тенденции: стремление к успеху и стремление избежать неудачи [1].

Исходя из исследований, посвященных изучению мотивации человеческой деятельности видно, что успешность человеческой деятельности определяется тремя факторами: силой мотивации (стремлением к успеху), наличием в ценностной системе человека ценностей достижения, а также освоением необходимых навыков и умений [2, 3].

Дэвид Макклелланд разделял все стремления на потребности во власти, потребности в успехе и потребности в причастности.

Потребность во власти, это стремление проявляется в том, что человек хочет больше ответственности, хочет руководить людьми. Наилучший вариант в этом случае, если человеку нужна власть для получения эффективного результата.

Потребность в причастности характеризуется в отношениях с окружающими. Людям, у которых проявлена эта потребность важно мнение других о себе, важен статус.

Люди, у которых развита потребность к успеху, проявляют инициативу, рискуют. Если же у человека развита потребность избежать неудачи, то человек будет избегать деятельности, где надо брать инициативу и нести ответственность. Большинство людей обладают мотивацией к достижениям. Однако уровень его различен, особенно разных сферах. Но результативность и успех человека зависит именно от этого уровня.

Джон Аткинсон, американский психолог, считал, что потребность в успехе необходимо рассматривать в комплексе с потребностью избегания неудач, которая проявляется, когда уровень мотивации к достижениям низок. Почти все руководители обладают высоким уровнем мотивации к достижениям. Они предпочитают выбирать ситуации где успех зависит от их усилий, т.е. со средним уровнем риска. Люди же с низким уровнем мотивации предпочитают не рисковать либо выбирать повышенный риск, ориентируясь на авось.

Макклелланд считал, что в обществе где преобладает высокий уровень мотивации к достижениям, большое количество активных, предприимчивых, инициативных предпринимателей, которые ускоряют рост экономики.

Формирование мотивации достижения у молодых предпринимателей на данный момент в нашей стране осуществляется разными способами, активно и многогранно [4, 5]. Сейчас очень сильно продвигается и популяризируется государством занятие

бизнесом. Развиваются качества предпринимателей, мышление предпринимателей, для этого проводятся многочисленные тренинги, есть разнообразное обучение [6, 7].

Формируется синдром достижения, т.е. преобладание стремления к успеху над стремлением избегания неудачи. Для этого оказывается помощь и поддержка в открытии своего дела, субсидии, пониженные налоги, различная помощь для начинающих предпринимателей. Можно открыть свое дело устроившись на биржу труда. Можно получить субсидии и помощь государства, обучившись на курсе «Бизнес для меня» от Комитета по развитию предпринимательства и потребительского рынка Санкт-Петербурга. Постоянно проходят бесплатные семинары, тренинги.

Много журналов пишут о предпринимательстве и назначают свои конкурсы, такие, например, как «Деловой Петербург».

Также в поддержку бизнесу проводят бизнес-завтраки, где можно перекусить и обсудить свой проект с «коллегами», вечера обмена контактами, где можно найти партнеров и клиентов, бизнес-тренинги, клубы предпринимателей (например, Питерский клуб своего дела) бизнес-инкубаторы (например, «Ингрия»), технопарки и т.д. А также обучение предпринимательству проходит в университетах, институтах и даже в школах.

Популярными героями и кумирами сейчас становятся успешные предприниматели. Символом успеха и богатства считаются Билл Гейтс, Стив Джобс и другие.

Несмотря на такое продвижение предпринимательства в нашей стране, только треть молодых людей готова реализовать свое желание стать бизнесменом. Сказывается отсутствие знаний и денежных средств. В Москве, Санкт-Петербурге где больше возможностей для развития своего дела, число таких потенциальных предпринимателей достигает 21%, а в городах с численностью 250 000–1000 000 человек – до 20%.

У успешных молодых предпринимателей России очень высок уровень мотивации достижения, у них есть бизнес-идеи, и они не боятся их реализовывать, рисковать и конкурировать с признанными лидерами рынка. Например, Павел Дуров и Вячеслав Мирашвили, которые основали социальную сеть «ВКонтакте». Они открывают бизнес в той сфере, которую любят и которой готовы заниматься постоянно. Например, Алексей Агапитов, который заработал десятки миллионов на платежах в онлайн играх. В игры он готов играть сутки напролет. А Олег Савцов, основавший «Биглион», пользуется купонами везде и всегда.

Они не боятся осуждения и непринятия их идей, они твердо верят в свою идею, например, такие как Илья Попов, заработавший на раскрутке «Смешариков» десятки миллионов долларов. Когда Илья пришел за инвестициями на этот проект к Анатолию Прохорову, тот обозвал его сумасшедшим и выгнал.

Успешные предприниматели не боятся экспериментировать и бросать насиженные места в офисах, как Петр Кутис. А также с радостью принимают вложения и инвестиции в свой бизнес [8].

Они вкладываются в свое образование, например, обучаясь за границей, и видят массу перспектив в России, например, долларовые молодые миллионеры Сергей Фаге и Кирилл Махаринский, открывшие сервис бронирования отелей Ostrovok.

Занимаются своим личностным развитием, увлекаются разными сферами, имеют хобби, не торопятся заработать миллионы, а выбирают лучшее и подходящее им занятие, при этом живя и наслаждаясь жизнью, такие как Александр Лысковский.

Они не боятся переводиться и менять институты, обучаться там и тому, что считают для себя наиболее полезным и выгодным, такие как Гавриил Леви.

Смело привлекают своих однокурсников, друзей, сослуживцев в свои проекты и вдохновляют их на вложения, такие как Камиль Курмакаев и многие другие.

Также было проведено небольшое исследование в группе начинающих бизнесменов, обучающихся технологическому предпринимательству. На вопрос: «Почему решили стать предпринимателями?», были получены такие ответы: «Не хочется на кого-то работать; хочется спать до обеда; хочется иметь дополнительный доход; потому что нет начальника и все зависит только от меня; это интересно, в отличие от занудной офисной работы; каждый день новая задача и т.д.». И по Макклеланду, некоторые из ответов говорят об обладании мотивацией достижения и готовности рисковать. Однако ответы: «Не хочется на кого-то работать и хочется спать до обеда», говорят о стремлении к избеганию неудач.

При проработке данных аспектов можно повысить уровень мотивации к достижению и достичь успеха в социуме.

Литература:

1. Хекхаузен Х. Психология мотивации достижения. СПб.: Речь, 2001.
2. Atkinson, J.W. Towards experimental analysis of human motivation in terms of motives, expectancies, and incentives. 1958.
3. Berlyne, D.E. Conflict, arousal, and curiosity. New York: McGraw-Hill, 1960.
4. А. Н. Асаул, Е. А. Владимирский, Д. А. Гордеев, Е. Г. Гужва, А. А. Петров, Р. А. Фалтинский Р. А., Закономерности и тенденции развития современного предпринимательства.- СПб.: АНО ИПЭВ, 2008.
5. Нагорнов В. И., Есаулов В. Н., Соловенко И. С. Мотивация предпринимательской деятельности // Российское предпринимательство. 2011. № 7 Вып. 1 (187). с. 140–144. <http://www.creativeconomy.ru/articles/13029/>
6. Смирнов В. П. Предпринимательская деятельность с позиции методологии: направления разработки методологии предпринимательской деятельности // Российское предпринимательство. — 2010. — № 11 (1). С. 27.
7. Дадаханова Р. Р. Мотивация предпринимательской деятельности // Молодой ученый. — 2013. №5. С. 361-362.
8. Василенок В.Л., Бразевич Д. С. Формы и социальные технологии мобилизующего менеджмента в предпринимательской системе // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». № 4. 2015.

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ: ОТ СТРАТЕГИИ К СТИМУЛИРОВАНИЮ РОСТА

Б.Б. Коваленко

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kovalenkob@mail.ru

Научно-технологическое развитие (НТР) в XXI веке становится для индустриально развитых стран ключевым фактором: конкурентоспособности производителей товаров и услуг; экономического роста страны; повышения уровня благосостояния населения. Интерес научного сообщества к научно-технологическому развитию растет. Особую актуальность исследования процессов научно-технологического развития России приобрели с принятием Стратегии инновационного развития РФ до 2020 года [1].

Стратегию инновационного развития Россия вынуждена осуществлять в сложных конкурентных условиях: прирост ВВП в индустриально развитых странах, полученный за счет инноваций составляет от 70 до 85%; современный технологический уровень индустриально развитых стран базируется на технологиях 5-го технологического уклада (в США – более 60%) и уже активно продвигаются в производство технологии 6-ого технологического уклада (в США их доля уже составляет около 5%); около 75% инновационных рынков продукции, технологий и техники контролируют индустриально развитые страны (40% США, 12% Германия, 8% Япония, 5% Великобритания, 5% Франция). Высокую динамику инновационного развития показывают: Китай за шесть лет сделал рывок вверх на 14 мест в индексе Global Innovation Index GII (с 43 в 2010 г. до 29 в 2015 г.), Великобритания – на 12 мест, США – на 6 мест. Россия, на 16 мест (больше, чем все развитые страны и страны BRICS) [2].

Инновационный сектор в России, как отмечают эксперты на протяжении лет, слабый, на фоне стран-лидеров мировой экономики, работает преимущественно на внутренний рынок, показывает низкую отдачу на инвестиции; инновационная активность промышленных компаний низкая, поэтому имеет не самые высокие показатели: доля инновационной продукции в России в общем выпуске не превышает 9% (страны-лидеры от 15%); конкурентоспособной высокотехнологичной экспортной продукции по отношению к ВВП менее 0,4%, (страны-лидеры – 8–9 % от ВВП); продукция российских предприятий на рынках продукции высоких технологий представлена слабо (0,4% от мирового экспорта); количество инновационных промышленных предприятий в РФ – 11%, в странах-лидерах – 60% к общему числу предприятий; занятость населения в отраслях высоких технологий значительно ниже, чем в странах-лидерах. В России, менее 4% населения занято на высокотехнологичных производствах (в странах-лидерах – до 10%) [3].

В процессе реализации Стратегии инновационного развития 2020 проведены меры: по развитию инноваций в областях образования (программы «Глобальное образование» и «5–100», система выявления и развития молодых талантов), организации научной работы (Федеральное агентство научных организаций, Российский научный фонд и Фонд перспективных исследований); по созданию институтов развития в сфере инноваций (Сколково, Ассоциация инновационных

регионов, Фонд инфраструктурных и образовательных программ, ВЭБ-Инновации, Российский фонд прямых инвестиций, Фонд развития промышленности); по поддержке бизнеса (Программа инновационного развития госкомпаний; введены льготы, связанные с расходами на НИОКР, ускоренной амортизацией; льготы для ИТ-компаний); по развитию государственного регулирования инновационных процессов (актуализация СИР-2020, создание Стратегии научно-технического развития до 2035 г. и Стратегия развития информационного общества в РФ на 2017–2030 гг.).

Почему, при таком количестве инициатив, нет устойчивых признаков прорыва?

Вполне вероятно, что наука, образование, инновационная среда и стартапы, даже будучи созданными и поддержанными, либо не ведут сами по себе к росту инновационной активности, либо делают это со значительным временным лагом, который еще не пройден полностью. Очевидно, что таким лагом характеризуется активность в области образования и фундаментальных исследований. Опыт оценки временного лага между результатами исследования и произведенной на его основе инновационной технологией дает результаты в диапазоне от 6 до 23 лет [3].

Научная деятельность, даже хорошо организованная и профинансированная, сама по себе не может привести к быстрому эффекту. Тогда как нам надо видеть не просто результаты конкретных исследований, а общее влияние от научной деятельности на экономический рост и благосостояние. Очевидно, получение такого эффекта займет еще гораздо больше времени — возможно, десятилетия.

Поддержка науки и стартапов не снижают привлекательность уже существующих компаний, имеющих репутацию на мировых рынках. Но успешные компании должны предъявлять спрос на отечественные инновации. В этом случае, изобретатели и инновационные предприниматели увидят предмет для сотрудничества с компаниями, способными к инвестициям. Изобретателей и инновационных предпринимателей нельзя упрекать в том, что они стремятся в ту среду, где они будут ближе к инвесторам и целевым рынкам. Для России требуются условия, которые могут быть привлекательны для потенциальных новаторов. Существующие ныне условия не могут заставить изобретателей и предпринимателей удержаться от миграции в центры научно-технического развития глобального уровня, где предъявляется высокий устойчивый спрос на инновации.

Проблема «миграции» в инновационные компании усугубляется отсутствием спроса на инновационные решения со стороны российского зрелого бизнеса, в первую очередь крупного. Фактический спрос на технологии и инновации в России остается на низком уровне, как по оценкам самого бизнеса, так и по уровню инвестиций в нематериальные активы.

В отсутствие внутреннего спроса на новые решения со стороны существующего бизнеса, российские исследователи и предприниматели ищут покупателей на зарубежных рынках. Высокотехнологичный стартап может считаться привлекательным только в том случае, когда у него есть стратегия раннего выхода на глобальные рынки. В то же время стратегия выхода на внутренний рынок не рассматривается в качестве реалистичного сценария роста. Российский рынок слишком мал для современного стартапа.

Выращивание стартапов в условиях отсутствия внутреннего спроса на инновации приводит не к росту активности, а к бегству новых технологий и их создателей за рубеж. Российские потребители впоследствии эти технологии реимпортируют в виде конечной продукции. В результате венчурный рынок России, весьма конкурентный на международном уровне по объему инвестиций, не соответствует размеру экономики.

Итак, есть основания полагать, что государственная инновационная политика в России не приводит к скорым и очевидным результатам по трём причинам: изменения фундаментальной науки и образования ориентированы на долгую

перспективу; обеспечение благоприятной инновационной среды приводит к инновационной активности с временным лагом; поддержка технологических проектов и стартапов дает ограниченный эффект в условиях отсутствия внутреннего спроса.

Что или кого следует стимулировать для кардинального прорыва? Фокусировка инновационной политики исключительно на академической среде, венчурных инвестициях и компаниях ранней стадии развития не позволяет добиться быстрого результата. Фактически, это оставляет два возможных варианта для приложения усилий: индивидуальные изобретатели и зрелый бизнес. Проанализируем эти два потенциальных источника искомого результата.

Индивидуальные изобретатели – это люди, которые занимаются изобретениями с профессиональной и/или личной целью. Они могут быть коммерчески мотивированны, но без особых амбиций масштабирования бизнеса до среднего или крупного уровня. Изобретатели представляют социальную группу людей, которые генерируют поток идей, пригодных для дальнейшей коммерциализации. По оценкам экспертов, в России в той или иной форме изобретательством занимаются почти 10% взрослого населения. Весьма солидный потенциал для привлечения внимания государства для финансовой, политической и социальной поддержки.

Мы отдаем себе отчет в том, что далеко не все изобретатели новых технологических продуктов становятся технологическими предпринимателями и привлекают венчурные инвестиции. Вместе с тем, прохождение через стадию изобретательства является почти обязательным для стартапов, представляющих миру прорывные идеи, имеющих малую базу поддержки в области существующих технологий и среди уже работающего бизнеса. Это люди настойчивые и последовательно добивающиеся поставленных целей. Но сроки получения коммерческих результатов могут оказаться слишком высокими. Изобретательство должно потенциально вести к коммерческому успеху. Выполненные изобретения должны выводиться своими создателями на рынок капитала; для этого извлечение прибыли из изобретения, его коммерциализация должна стать априорной целью креативного процесса для инвесторов и государства. Однако это не те факторы, которые могут совсем отвести фокус инновационной политики от изобретателей.

Зрелый бизнес отличается иными свойствами. Это та область, где может существовать потенциал для наиболее значительных результатов. Зрелый бизнес составляет основную часть экономики. Однако по своей ментальности, представители зрелого бизнеса могут оказаться много дальше от инноваций, чем изобретатели. Зрелый бизнес в России формирует лишь третью часть патентов, в отличие от стран-лидеров, где он доминирует с точки зрения патентной активности. Этот факт показывает огромный потенциал технологической трансформации корпоративного сектора.

Если фокусировать внимание инновационной политики не на изобретателях, а на зрелом бизнесе, какой тип существующих бизнесов выбрать в качестве основного объекта, учитывая необходимость получения быстрых результатов? Должно ли государство ориентироваться на малые, средние или крупные компании?

Малые бизнес-организации отличаются слабым организационным потенциалом и часто испытывают сильное влияние учредителей, особенно если они являются менеджерами. Такие организации далеко не всегда являются инновационными. Зачастую зрелый малый бизнес становится репликатором (воспроизведением) известных, традиционных решений в бизнесе. Такие бизнес-организации могут оказывать услуги: развивать сервис для инновационных компаний. Кроме того, учредители и менеджеры малых бизнес-организаций готовы практически к любым рискам, что может сделать их весьма мобильными и агрессивными.

Средние бизнес-организации представляют весьма зрелый бизнес. Учредители и менеджеры лучше мотивированы к организационным изменениям и освоению новых технологий, продуктов, рынков и методов ведения бизнеса. У них есть капитал, опыт,

связи, возможно и влияние в отрасли. Поддержка государства может оказаться весьма актуальной, отдача быстрой, а эффект значительным, несмотря на то, что доля среднего бизнеса в российской экономике не превышает 21%. Кроме того, средний бизнес показывает устойчивые результаты и высокую мобильность на фоне перемен.

Крупные бизнес-организации. Этому сектору принадлежит почти 80% в экономике России. Столь значительная доля крупного бизнеса уже сама по себе является серьезным аргументом в пользу активной инновационной деятельности. Кроме того, российское государство является собственником значительной части крупного бизнеса в стране. Прямое владение дает государству важные рычаги влияния на компании путем проведения решений через советы директоров и собрания акционеров, особенно это касается назначений менеджеров на должность, контроля над инвестиционными и финансовыми решениями. В таких компаниях высокая скорость принятия и реализации решений становится важным фактором для внимания субъектов инновационной политики.

Высокая доля крупных бизнес-организаций в экономике и высокая доля государства в капитале крупных бизнес-организаций обуславливают привлекательность этой группы для фокусировки инновационной политики государства. Фокусировка инновационной политики на зрелых и в особенности на крупных компаниях является тенденцией последнего времени и во многих странах-лидерах инноваций. Инновационная гонка ускоряется, и страны-участники ищут идеи и инструменты, которые позволят им активизировать технологическое развитие. С другой стороны, мотив менеджмента к инновационной деятельности не высок. Это объясняется практически безграничными возможностями личного потребления, отсутствием необходимости рисковать. Меры по поддержке инноваций в крупном бизнесе не могут заменить собой работу с другими группами агентов, составляющих научно-образовательную, предпринимательскую и деловую среду. Работа в этих направлениях должна продолжаться с прежней или еще большей интенсивностью. Инновации в крупных компаниях – это способ ускорения инновационного развития за счет большой и непосредственно управляемой доли экономики; сама по себе такая работа не сможет сделать инновационной всю экономику, поскольку большая доля наиболее креативных и способных к действию людей сконцентрирована именно вне крупных бизнес-организаций, например, в учреждениях РАН и университетах.

Крупный бизнес в условиях технологической трансформации в состоянии в кратчайшие сроки обеспечить для академической и предпринимательской среды реальный коммерческий спрос. Поэтому, направив меры инновационной политики на поддержку инноваций в существующем бизнесе, государство может создать механизм ускорения инновационной активности не только в бизнесе как таковом, но и в экономике в целом, способствуя развитию инновационной системы и формированию вокруг крупного бизнеса инновационных экосистем, состоящих из исследователей и стартапов.

Однако не стоит недооценивать сложность проблемы стимулирования крупных компаний к инновационному развитию. Крупные организации бизнеса отличаются низкой восприимчивостью к инновациям и в большинстве своем, технологически отстали от корпораций стран-лидеров.

Литература:

1. Стратегия инновационного развития РФ до 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ac.gov.ru/projects/public-projects/04840.html>.
2. Национальный доклад об инновациях в России 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rvc.ru/analytics>.
3. Национальный доклад об инновациях в России 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rvc.ru/analytics>.

АНАЛИЗ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СТАРТАПОВ

**Н.С. Елина, М.В. Коренкова, Н.А. Иванов, А.Е. Севрюков, М.Н. Ялунин,
А.С. Биккулов**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

elina.natalya@bk.ru

На сегодняшний день понятие «стартап» стало очень популярным и часто произносимым. Легко заметить, что в некоторых кругах это достаточно модное, даже «сленговое» слово. Но несмотря на это, многие заблуждаются, что понимают точную не размытую суть рассматриваемого понятия. Суть, которая разграничивает данное понятие с такими понятиями, как «бизнес» или «малое предприятие».

Не только простые «обыватели», но и учёные, исследователи, бизнесмены, экономисты, теоретики, практики и даже те, кто читает себя «стартапером» – все эти люди по-разному определяют это понятие и его аспекты. Следовательно, можно сказать, что обобщённого, устоявшегося мнения об определении рассматриваемого понятия пока нет. Этот факт, в частности, также подтверждается исследованиями многих авторов [1].

Рассмотрев различные популярные определения понятия «стартап», а также, обобщая все определения, можно вывести общее определение [2–4].

Итак, стартап — это молодая компания, основанная на инновационной неповторимой идее, знаниях, технологии, для удовлетворения определённой потребительской потребности в условиях высокого риска и неопределённости, направленная на большие темпы роста и прибыль, административная структура которой состоит из небольшой команды единомышленников.

Далее, рассмотрены классификации стартапов. Есть достаточно простая классификация, которая разделяет стартапы на основе специфики идеи или продукта, которые лежат в основе стартапа. Негласно выделяются:

- **Высокотехнологичные стартапы.** Подобные стартапы созданы на почве инновационных научных разработок. Такие компании при хорошем положении дел способны генерировать огромные доходы и играют важную роль для глобального мирового технологического развития, но они подразумевают соответственные значительные вложения и инвестиции.
- **Традиционные стартапы.** Часто они строятся на нехитрых идеях, которые легко реализовать, хотя сложно до них додуматься. Чаще всего подобные идеи и стартапы далеки от науки и научных исследований. Суть таких стартапов не научный прорыв, а новая идея, новое видение, реализация или использование уже существующих идей и технологий.

Следующие классификации, разделяют такой вид, как высокотехнологичные стартапы на подвиды по разным признакам. Данные классификации упоминаются несколькими авторами, и каждый вносит в них свое мнение и доработки. Однако, в некоторых работах, понятия, о которых пойдет речь далее, упоминаются, как синонимы и происходит их смешение между собой [5,6]. Изучив и обобщив работы различных авторов, можно привести это в определённую систему и вывести две классификации.

Первая классификация: высокотехнологичные стартапы можно разделить на два подвида. Первый – стартап-компании, которые созданы для создания новой инновационной технологии на основе прорывных научных исследований. Вторым подвидом – стартапы-посредники. Цель данных стартапов – адаптация созданной ранее технологии, создание конечного нового продукта или доведение этой инновационной технологии до промышленно-применимой с учетом возникновения рыночного спроса на данную технологию.

Вторая классификация. Высокотехнологичные стартапы могут основываться индивидуально или же группой единомышленников на «почве» инновационных идей, технологий на денежные средства, принадлежащие в большинстве случаев предпринимателю, частному лицу. Позже, при возникновении такой потребности, происходит привлечение дополнительных инвестиций из разнообразных источников. Другой подвид — это такие стартап-компании, которые учреждаются на имеющиеся ресурсы материнской компании, оказывающая различную поддержку.

К такому подвиду можно отнести академические и корпоративные стартапы, которые, на следующем уровне подразделяются на спинофф и спинаут-компании.

Академические стартапы «рождаются» в научной среде. Учредителями таких стартапов являются студенты и сотрудники университетов, при этом преследуя такую цель, как коммерциализация новых научных идей и знаний, разработанных в головном университете.

Корпоративные стартапы имеют подобную суть, но организуются в бизнес-секторе и, в той или иной мере, зависят от материнской компании.

Разница между spin-off и spin-out стартапами обосновывается уровнем и степенью этой самой зависимости от материнской компании (головного университета).

Spin-off стартапы – это дочерние компании, которые отделились от главной компании (университета) в отдельную организацию. Подобные стартапы создаются на основе ресурсов материнской компании (головного университета) и всячески поддерживаются ею во время периода становления. Материнской корпорации (головному университету) принадлежит часть spin-off стартапа.

Spin-out стартапы также создаются на ресурсы материнской компании (головного университета), но в любой «жизненный» период не получают другого рода поддержки. Также все управленческие, финансовые и иные вопросы решаются подобным стартапом самостоятельно.

Таблица 1

Обобщенная двухмерная классификация высокотехнологичных стартапов

Критерии двухмерной классификации	Создание компании как полностью обособленной экономической единицы	Совместное создание компании на ресурсы материнской компании
Использование/ создание инновационной технологии	Традиционные технологические стартапы	Академические/ корпоративные спинофф/ спинаут-компании
Адаптация/ изменение уже существующей инновационной технологии	Спинин-компании	
	Стартапы-посредники	

К отдельному особому виду во второй приведённой выше классификации необходимо выделить ещё один вид – spin-in стартапы. В развитии таких стартапов можно проследить абсолютно противоположный процесс. Стратегия подобного вида

стартапов заключается в том, что они основываются специалистами – выходцами из крупных компаний с целью разработки инновационных технологий или продукта, который интересен данной крупной компании. В начале своего пути данный вид стартапа — это сугубо отдельная экономическая единица. Далее, такая стартап-компания переходит в структуру той крупной компании и всецело пользуется ее ресурсами для продолжения своего развития уже в составе корпорации. Как, видно из описания, так как учреждается данный spin-in стартап индивидуально частными лицами, то он относится к первому подвиду рассматриваемой второй классификации.

Обобщая описанные выше классификации, можно их структурировано представить в таблице (табл. 1).

Литература:

1. Барыкин, А.Н. Белые пятна теории и практики технологического предпринимательства / А.Н.Барыкин, В.О. Икрянников // Менеджмент инноваций. - 2010. № 3. – С. 204.
2. Mustar P., Renault M., Colombo M.G. et al. Conceptualising the Heterogeneity of Research-based Spin-offs: A Multi-Dimensional Taxonomy // Research Policy. 2006. № 35(2). P. 289–308.
3. Koster S. Spin-off Firms and Individual Start-ups. Are They Really Different? / 44th ERSA Conference. Porto. 25– 29 August 2004. P. 5–7.
4. Clarysse B., Moray N., Heirman A. Transferring Technology by Spinning off Ventures: Towards an Empirically Based Understanding of the Spin off Process / Working Paper. Ghent University. 2002. P. 8–14.
5. Blank, S. What's A Startup? First Principles. / S. Blank // URL : <http://steveblank.com/2010/01/25/whats-a-startup-first-principles.html>
6. Ries, E. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses / E. Ries. - New York: Crown Business, 2011. — P. 103. Graham, P. Startup = Growth. / P. Graham // URL: <http://www.paulgraha>

ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.Г. Мишура, П.И. Малакина

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

mishuralg@yandex.ru

Формирование инновационной стратегии состоит из этапов анализа, установки целей, исследования альтернатив стратегии, подбор рационального варианта и, в конечном счете, обеспечение условий с целью повышения конкурентоспособности предприятия [1, 3, 7].

Проблемы роста и обеспечения стабильного уровня конкурентоспособности промышленных предприятий находят решение посредством разработки и осуществления оптимальной инновационной стратегии. Всевозможные стратегические планы и действия, которые предпринимает компания в условиях интенсивно развивающейся инновационной экономики должны обеспечивать интенсивное инновационно-развитие. Таким образом, они базируются на нововведениях. Тогда для сохранения конкурентных преимуществ в условиях новой экономики предприятию необходимо, объективно оценивая общую ситуацию в отрасли, создавать эффективную инновационную стратегию своего развития на рынке.

Под инновацией имеют в виду объект, который внедрён в производство в следствие проделанного научного исследования либо открытия, отличающийся от предыдущего аналога, имеющий коммерческую и практическую значимость для экономики. Инновационный процесс включает этапы от зарождения идеи до ее коммерческого использования. Инновационные процессы тесно взаимосвязаны с рыночными процессами, их основу составляют действия по обеспечению выживаемости предприятия, расширение доли рынка, сохранение клиентской базы, укрепление конкурентных позиций, повышение производительности. Нововведения играют важную роль в стратегическом управлении организацией, ориентированном на выживание и укрепление собственного положения на рынке в долгосрочной перспективе.

Инновации в отечественных условиях – основной способ удержать позиций компании на рынке. Нововведения должны вводиться согласно потребностям рынка, однако предприниматель должен предугадывать потребность в них и уметь оценить эффективность их внедрения.

На сегодняшний день модернизация управления нововведениями для многих предприятий является значимым средством укрепления их активности в освоенных областях и экспансии на новых направлениях. Стратегию инновационного развития компании определяют, как совокупность действий и методов ведения инновационной деятельности, которая обеспечит конкурентные преимущества за счет разработки и введения инноваций.

При подборе инновационной стратегии, как правило, учитывают рыночную позицию предприятия, её научно-техническую политику, стадию жизненного цикла, на которой находятся инновационные продукты или услуги, предлагаемые предприятиями данной отрасли.

Важным в разработке инновационной стратегии считается установление конкурентоспособности продукции, то есть анализ возможности фирмы конкурировать на рынке этой продукции. В процессе анализа формируются конкурентные преимущества. Такой тип анализа непосредственно объединен с технологией предварительного позиционирования любого типа продукции, который входит в «портфель», рекомендуемый целевой группе потребителей.

Позиционирование инновационного продукта – это установление его места в ряду уже существующих на рынке. Задача позиционирования – усиление позиций нововведения на рынке.

Выбор «портфеля продукции» базируется на «портфельном» анализе. «Портфельный» анализ – инструмент, благодаря которому руководство выявляет и анализирует разные направления хозяйственной деятельности предприятия для того, чтобы вкладывать ресурсы более выгодно и уменьшать слабые направления реализации. Вследствие анализа выбираются виды деятельности или виды продукции с большей степенью привлекательности для потребителей и с высоким уровнем конкурентоспособности [2].

Учитывая все сказанное, можно констатировать, что проблема разработки инновационной стратегии является важной как для инновационного развития отрасли, так и для стабильного развития промышленного предприятия, осуществляющего свою деятельность в условиях жесткой конкуренции.

В результате анализа научных публикаций можно предложить следующий механизм формирования инновационной стратегии промышленных предприятий, состоящий из следующих элементов: анализ инновационного потенциала отрасли и ее конкурентных преимуществ; анализ инновационного потенциала промышленного предприятия и его конкурентных преимуществ в отрасли; предложение вариантов инновационного развития предприятия; определение критериев, обеспечивающих рост или сохранение конкурентных позиций предприятия на рынке; выбор оптимального варианта инновационной стратегии, с учетом ключевых критериев, таких, как возможность достижения конкурентных преимуществ и возможность повышения общей эффективности предприятия; анализ инновационного потенциала отрасли после реализации инновационной стратегии промышленного предприятия.

С целью установить способность компании к нововведениям, необходимо учитывать положение его концепции управления, свойства персонала, практику рыночного поведения и положение его материально промышленной базы. В связи с этим отмечаются следующие критерии оценки инновационного потенциала организации:

1) Организационно – управленческая концепция организации (Существование и свойства подразделений анализа, маркетинга, прогнозирования, стратегического планирования и т.д.)

2) Штат сотрудников (Уровень образования и квалификации менеджеров, предусматривается качество высшего образования, наличие и качество второго образования, производственные стажировки и курсы повышения квалификации, уч. степени, знание иностранных языков, средний возраст сотрудников)

3) Производственная и научно-техническая база (Возрастная структура ключевого технического оборудования, сертифицированность производства, наличие на балансе и характеристики применения объектов интеллектуальной собственности, свойства применяемых информационных технологий в проектировании, конструировании, в технологической подготовке производства, доступ к отраслевым, национальным, международным информационным сетям и базам данных)

4) Рыночная активность (Состав клиентов продукции, услуг. Свойства производственной кооперации, существование и свойства сервисных систем реализации, обслуживания и эксплуатации продукции у потребителей, участие во

внутренних и международных выставках, ярмарках, конкурсах, программах по годам за последние пять лет, показатели рекламной деятельности по годам за последние 5 лет.)

5) Характеристики текущей финансово – хозяйственной деятельности. Количество производства и продажи основной продукции. Процент инновационной продукции в совокупном количестве производства. Процент инновационных затрат в совокупных производственных затратах (%) по годам, за последние 5 лет: затраты на внутренние НИОКР, затраты на внешние НИОКР, затраты на приобретение внешних знаний, в т.ч. из-за границы, расходы на приобретение нового оборудования) [5].

Анализ конкурентоспособности, который следует осуществлять фирмам, нередко базируется на интуитивных чувствах, но, её вполне возможно формализовать, изобразив диапазоном характеристик, какие, дают возможность реализовать саму оценку и дают тенденции увеличения конкурентоспособности посредством обнаружения условий оказывающих большое влияние. Показатели, которые могут быть применены при оценке конкурентоспособности фирмы, разнообразны и их комплект способен различаться в зависимости от используемой технологии оценки. В настоящее время создано большое число способов оценки конкурентоспособности компании.

Матричные способы оценки являются довольно простыми и предоставляют наглядную информацию. Они базируются на рассмотрении процесса конкуренции в развитии и в случае наличия правдивой информации, предоставляют возможность произвести достаточно качественную оценку конкурентных позиций.

Методы, которые основываются на проведении анализа конкурентоспособности товара, объединяются помощью определения «эффективного потребления» конкурентоспособность компании и конкурентоспособность продукции. Чем больше конкурентоспособность, тем лучше качество продукции и меньше его стоимость. Из числа положительных качеств данных методов можно выделить: простоту и наглядность выполнения анализа. Однако они не дают целостного представления о сильных и слабых сторонах в работе компании [4, 7].

Рассмотрим методы, основанные на концепции эффективной конкуренции. Исходя из этого, наиболее конкурентоспособными являются компании, где самым лучшим образом налажена деятельность каждого подразделения и службы. Анализ эффективности деятельности одной из таких структур предполагает анализ эффективности применения ею ресурсов. Данная методика анализа используется чаще всего в анализе промышленных предприятий и содержит все наиболее значимые анализы хозяйственной деятельности, кроме повторения определенных показателей, позволяет сформировать единую картину конкурентного состояния компании на внутреннем и внешнем рынке стремительно и точно. Создание комплексных методов анализа конкурентоспособности компании выполняется с применением метода интегральной оценки. Данный метод содержит два компонента: критерий, который определяет уровень удовлетворения потребностей покупателя и критерий эффективности производства. Положительной особенностью данного метода называют простоту выполняемых расчетов и вероятность однозначно разъяснять результаты. Главным минусом считается неполная характеристика работы компании.

С целью осуществления стратегии инновационного развития нужно создание наибольшего количества инноваций, увеличить темпы освоения и изучения инноваций, регулярно формировать предложения для потребителя инновационного продукта [8]. Принцип осуществления стратегии инновационного развития как правило один: организация благоприятных условий с целью разрешения проблем стратегии инновационного развития на национальном, коммерческом и научном уровнях и обеспечения необходимого уровня конкурентоспособности предприятия. В результате, общая стратегия инновационного развития отечественной экономики и ее отраслей –

это формирование инновационного сектора экономики, с фактическим наполнением его уровней инновационной формы рынка внутри страны, созданием инноваций, инновационных продуктов и инновационной формы услуг, при повсеместном формировании инновационных производств внутри страны.

Литература:

1. Гельмановский М., Жуковский В., Трофимова И. Конкурентоспособность в микро-, мезо и макроуровневом измерениях// Российский экономический журнал.– 1998.– № 3.
2. Петров В. Конкурентоспособность. Анализ факторов, показателей и критериев, определяющих успех субъектов рынка в конкурентной борьбе на различных уровнях экономической деятельности (микро, мезо, макро, глобальном)// Риск.– 2004.– №4.
3. Годин А.М. Маркетинг: учеб.для вузов/ А.М. Годин. – 6-е изд. перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 651 с.
4. Каменева, Н.Г. Маркетинговые исследования: учеб.пособие для вузов/ Н.Г. Каменева, В.А. Поляков. - М.: Вуз.учеб.: ВЗФЭИ, 2012. - 437 с.
5. Семенова Н. Формирование стратегии инновационного развития промышленного предприятия // Вестник Нижегородского университета им. Н. Лобачевского. 2008. № 1 С.160–162.
6. Чулок А. И. Предпринимательство и инновации: стратегия инновационной деятельности //Российское предпринимательство, 2000. № 4 (4). С. 56–63.
7. Фатхутдинов Р. Менеджмент как инструмент достижения конкурентоспособности// Вопросы экономики.– 1999.– № 5.
8. Зуева О.А. Методологические подходы к исследованию сущности измерения инновационного потенциала // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». № 3. 2016.

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ СФЕРЫ

В.Н. Морозова, Л.В. Силакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

vik95148159@yandex.ru

Основной мотивацией вложения в высоко рисковые проекты является получение сверхприбыли от его реализации в будущем, иначе не было бы смысла рисковать деньгами и вкладывать их не пользуясь в будущем должной высокой платой за риск, которая должна быть пропорциональна его степени, степени риска. В связи с этим, для того чтобы проект оказался в будущем выгодным необходимо хорошая методика его оценки на этапе вложения[1–7]. В данной работе будет представлен механизм оценки проекта. В данном примере будут приняты условия, что осуществляется производства наукоёмкого технологического образца, который имеет высокую добавочную стоимость. Товар при этом должен быть конкурентоспособным.

Далее для анализа будем использовать две группы данных: в первую очередь, технические данные самого будущего продукта, ко второй группе данных относятся экономические и финансовые характеристики предприятия и его деятельности на рынке. Предполагаются использовать: чистый приведенный доход (*NPV*), индекс рентабельности (*PI*), модифицированную внутреннюю норму доходности (*MIRR*) и срок окупаемости (*PP*).

Далее проанализируем параметры и приведём сравнительную характеристику двух проектов (*ИП. 1*, *ИП. 2*), которые должны иметь характеристики идеального товара, задуманного для производства. Ниже приведены данные результативности (*№№ 1 - 5*) товаров (*ИП 1 – ИП 2*).

Таблица 1

Показатели результативности инновационных проектов

Сравниваемые образцы	Характеристики образца				
	№ 1 (Гц)	№ 2 (Мбит/с)	№ 3 (км)	№ 4(шт)	№ 5 (тыс. руб.)
Эталонный образец	0, 43-0,72	2,46; 10,14	52	4	Не более 22
ИП 1	0,43-0,72	2,46; 10,14	52	4	27,5
ИП 2	0,31-0,82	2,46	65	5	22

Далее ниже приведены показатели: *NPV* (*№ 1*), *PI* (*№ 2*), *MIRR* (*№ 3*), *PP* (*№ 4*).

Также установлено, что каждый из двух товаров в своём производстве не выходит за рамки лимита финансирования.

Далее стоит отметить, что данные таблицы 1 и 2 показывают не совсем однозначные данные. То есть если необходимые показатели *№ 2* в таблице 1 по *ИП 1* достигается, а по *ИП. 2* – нет, то показателю *№ 5* все происходит наоборот. Таким

образом, не достигается справедливость и прозрачность выбора из двух проектов наиболее успешного, приближённого к идеальному образцу.

Таблица 2

Показатели экономической эффективности проектов

Сравниваемые образцы	Показатели			
	№ 1 (тыс. руб.)	№ 2 (дол.ед.)	№ 3 (годы)	№ 4 (дол.ед.)
ИП 1	1378	1,1	3	0,24
ИП 2	1305	1,36	2	0,18

Далее мы использовали специальный показатель, который определит, какое же производство товара для фирмы предпочтительнее. Его конструкция варьирует в зависимости от акцента: на результативность, эффективность или на то и другое.

Для того чтобы выбрать более предпочтительный товар для производства, необходимо привести сравнения основных финансовых показателей. В первой таблице тот товар будет предпочтительней для производства, который в наибольшей мере по своим показателям будет совпадать с идеальным образцом, высокое значение № 3, предпочтительней, меньшее значение цифр №№ 4, 5, предпочтительней.

Во второй таблице необходимо признать следующие установки для сравнения: большее значение показателей №№ 1, 2, 4 предпочтительней, меньшее значение показателя № 3 так же предпочтительней.

Далее, того чтобы мы могли оперировать реальными числами, и тем самым сравнить объекты, произведём ряд манипуляций. В частности это затронет показатели №№ 1, 2 в таблице 1. Для *первого товара идеального образца*: значение показателя № 1 заменим на $(0,72-0,43)/(0,82-0,31) = 0,57$; значение показателя № 2 - на 1. Для *второго образца* в соответствии с этими же подсчётами: значение показателя № 1 рассчитаем как $(0,82-0,31)/(0,82-0,31) = 1$;

Таблица 3

Преобразованные показатели результативности инновационных проектов

Сравниваемые образцы	Показатели				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Эталонный образец	0,57	1	0,8	1	1
ИП 1	0,57	1	0,8	1	0,8
ИП 2	1	0,5	1	0,8	1
База сравнения	1	1	1	1	1

Благодаря второму исчислению представим одинаковой целевую направленность показателей. И сданной целью произведём замену на обратные значения цифр №№ 4, 5 в табл. 1 и показателя № 3 в табл. 2.

Таблица 4

Преобразованные показатели экономической эффективности инновационных проектов

Сравниваемые образцы	Показатели			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
ИП 1	1	0,81	0,66	1
ИП 2	0,95	1	1	0,75
База сравнения	1	1	1	1

Произведя третьи технические и цифровые действия, приведём все показатели (с помощью разделения показателей каждого ряда на его максимальное значение в столбце) к исчисляемой и сравниваемой единой шкале (от 0 до 1).

Таким образом, мы получили две новых системы значений в таблице 3 и 4.

Далее мы будем использовать метод свертки и (используя показатели отклонений от и идеального значения образца) произведём расчет весовых коэффициентов π_i по всем данным двух последних таблиц:

$$\pi_i > 0, i = 1, 2, \dots, 9, \sum_{i=1}^9 \pi_i = 1, \quad (1)$$

где π_i – весовой коэффициент i -о показателя;

i – номер показателя: для $i = 1-5$, совпадающий сегономером из табл. 1 (3); для $i = 6-9$, соответствующий его номеру из табл. 2 (4) плюс «5».

Мы получили показатели:

$\pi_1 = 0,15$; $\pi_2 = 0,17$; $\pi_3 = 0,7$; $\pi_4 = 0,7$; $\pi_5 = 0,7$; $\pi_6 = 0,2$; $\pi_7 = 0,07$; $\pi_8 = 0,12$; $\pi_9 = 0,26$.

По расчетной формуле:

$$P = \sum_{i=1}^9 \pi_i z_i, \quad (2)$$

где P – индекс перспективности проекта, измеряемый в долл. ед.

z_i – значение i -о показателя из таблицы 3, 4;

π_i – весовой коэффициент i -о показателя.

В первом случае полученный показатель P_1 равен 0,87; для другого товара: $P_2 = 0,84$. Следовательно мы можем сделать вывод, что оба проекта не так уж и далеки друг от друга: 87 и 84% от идеального образца, который взят за 100%. Однако первый проект предпочтительнее, что значит, что выбрать нужно именно его.

Однако все же нужно обратиться к величине показателя *ИП 2*. Используя те же расчёты получим цифры 0,79 и 0,82. Это значит, что второй товар также в значительной степени не может конкурировать с идеальным образцом.

Пожалуй, вторым по значимости после экономической и финансовой оценки целесообразности финансирования является соблюдения процесса и последовательности бюджетирования проекта. Рассмотрим этапы его осуществления:

– расчет затрат и создание совокупности тех факторов, которые будут влиять на увеличение затрат проекта.

– выявление наиболее влиятельных факторов расчета;

– проведение расчётов с целью выявления степени влияния данных показателей на результативность и перевод всех показателей к числовому виду;

– разработка оценочной матрицы, в которую будут включены все возможные риски

– закладывание норм не непредвиденный риск.

Таким образом, процесс оценки инновационного проекта предполагает длительный и тщательный процесс сопоставления основных показателей с эталонным образцом, а также оперирование именно числовыми факторами в процессе оценки: результаты должны быть объективно представлены и сравнимы.

Литература:

1. Касьяненко Т., Экономическая оценка инвестиций. Учебник и практикум, - М: Юрайт, - 2015, 564 с.
2. Разумовский В.А. Критерии эффективности инвестиционных проектов // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – М., 2013. - № 4. - С. 78-82
3. Серёмина Р.Н. Инновационные процессы как объект инвестирования // Молодой ученый. — 2016. — №19. — С. 513-515.
4. Государственно-частное партнерство в образовании: [сборник] / Научные редакторы О.П. Молчанова, А.Я. Лившин. - М.: КДУ, - 2015, 189 с.
5. Мельников Р.М. Экономическая оценка инвестиций. Учебное пособие. П.: Проспект, - 2017, 264 с.
6. Интернет-портал «Повседневное управление — DailyManagement», статья «Внебюджетные формы поддержки инновационной деятельности в России» // [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.dailymanagement.ru/gkos-819-1.html> (Дата обращения: 07.09.2016).
7. Экономическая оценка инвестиций. Учебник (+ обучающий курс) / под редакцией М. И. Риммера, Спб: Питер, - 2016, С. 328

ВИДЫ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.Г. Мишура, Е.В. Подгородецкая

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

mishuralg@rambler.ru, podgorodeckaya.katya@list.ru

Инновационная стратегия развития организации – это набор целей и установок, процессы перевода компании из старого положения в новое состояние на основе введения инноваций – научно-технических, продуктовых, организационных, административных, финансовых, общественных – и позиционирование компании на конкурентном рынке товаров и услуг. Следовательно, инновационная стратегия постоянно проявляется в определении вида поведения целевой компании на конкурентных рынках. Все многообразие поведения предприятий инновационной стратегии на рынках можно разделить на две основных группы: активная стратегия инновационного поведения и стратегия пассивного следования за рынком инноваций.

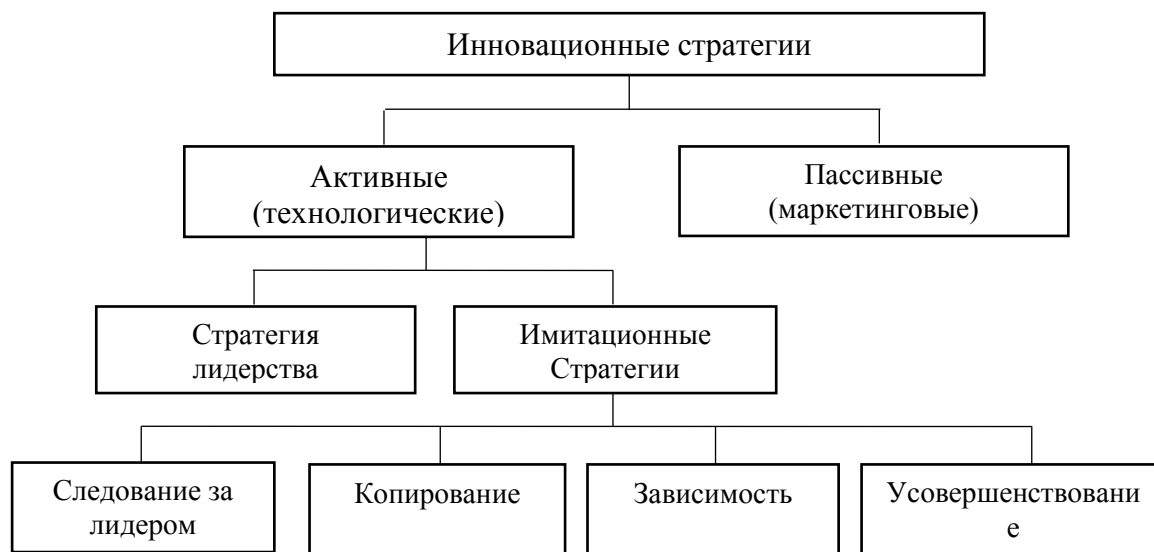


Рис. 1. Классификация инновационных стратегий

Первый тип стратегии, который часто называют научно-техническим, предполагает собой реагирование на происходящие и возможные изменения во внешней среде посредством выполнения постоянных научно-технической инновации. Выбрав одну или ряд нескольких стратегий, организация в качестве основного фактора успеха отдает предпочтение использованию новой технологической идеи. Из числа активных инновационных стратегий выделяют два принципиально различных типа стратегий: лидерства и имитации [3].

В случае, если методика, содержащаяся в новом предложении, считается абсолютно новой для рынка, компания осуществляет стратегию технологического лидерства. Если идея технологии уже известна на рынке, но используются в первый раз в той же компании, то мы говорим об имитационных стратегиях.

Пассивные, либо маркетинговые, инновационные стратегии являются постоянными инновациями в области маркетинга. Компания может дать приоритет инновационной стратегии дифференциации продукции, выделяя все больше и больше свои собственные конкурентоспособные достоинства.

Политика сегментации подразумевает постоянный поиск новых сегментов рынка или целые рынки, а также использование новых методов, охватывающих данные группы покупателей. Выбор организацией пассивных инновационных стратегий может предполагать способ реагирования на изменения во внешней среде, как постоянные инновации в формах и методах маркетинга, коммуникационной политики.

Стратегия лидерства. Выбор стратегии «лидерства» означает политику компании непрерывного выхода на рынок совершенно нового продукта. Получается, все исследования и разработки, производства и маркетинга направлены на то, чтобы создать продукт, который не имеет аналогов, при этом исследования здесь носят не только прикладной, но и фундаментальный характер. Это приводит к образованию стратегических союзов в области НИОКР с иными научно-техническими организациями, венчурных фондов и венчурных подразделений внутри организации.

Есть много примеров успешной реализации нового продукта и капитализации дохода путем обеспечения стратегии конкурентного преимущества. Компания, выбрав стратегии «технологического лидерства» сводится к необходимости не только для разработки новых технических идей, проведения НИОКР, теста релиза партии, но и организации рыночного испытания продукта, запуск его серийного производства, реализация мер по внедрению нового продукта рынок, организация постоянной оценки конкурентоспособности на рынке.

Научно-технические новинки и временная монополизация рынка, чаще всего оказываются высокодоходным, давая новаторам конкурентные преимущества [1].

Тем не менее, у этой инновационной стратегии имеется несколько отрицательных аспектов. Из-за отсутствия опыта работы на рынке мы реализуем новые идеи технологические лидеры могут столкнуться с значительно большей степенью риска и неопределенности. Неопределенность того, что делают руководители, связанные с тремя ключевыми практическими трудностями – технологической, рыночной и деловой. Научно-технологическая неопределенность состоит в отсутствии гарантий способности воплощения разработанной новой технологической идеи в итоговый продукт. Типичная обстановка, большие расходы на фундаментальные и прикладные исследования являются невыгодными, т.к. невозможно коммерческое использование результатов. Конечно, коммерциализированные научно-технические знания накапливаются и создают научную основу для последующих инноваций. Однако, в случае, если компании не удалось диверсифицировать данный риск, может быть, она может оказаться в сложном финансовом положении.

Рыночная неопределенность связана со сложностью прогнозирования реакции потребителей на совершенно новый продукт. Организации стараются уменьшить неопределенность путем создания специальных центров потребительских исследований новых продуктов и проведения пробных продаж. Тем не менее, очевидно, что эти маркетинговые усилия могут быть проведены в завершающей стадии разработки продукта, когда существует опытный образец или уже выпущена пробная партия. Если же рынок негативно отреагировал, существует несколько альтернатив для компании. Компания может попытаться улучшить новую линейку продуктов с новыми требованиями покупателей, либо организация может выбрать новый целевой рынок для новых продуктов, либо компания может выйти из стадии производства и заморозить проект. Очевидно, что каждый из этих вариантов требует достаточно высоких финансовых ресурсов и приводит к потере преимуществ времени, наиболее важным фактором в успехе стратегии руководства.

Третья проблема связана с непредсказуемостью реакции на инновацию со стороны конкурентов и партнеров на рынке, а также возможные изменения макроэкономических факторов. Инновационные компании должны быть готовы к имитированию конкурентами своей продукции, и конкуренты будут в более благоприятных условиях, т.к. они смогут рассмотреть какие маркетинговые ошибки были у компании-новатора и смогут предоставить улучшенный продукт на рынке. Уменьшить степень влияния от конкурентов компания – технологический лидер может посредством лицензирования, установление стандартов качества и создание тесных взаимоотношений с поставщиками. Что касается макроэкономических факторов, риск изменений, происходящих в инновационной деятельности всех компаний, и это вполне предсказуемо. Наиболее эффективный способ снижения негативных последствий – изменение макроэкономической ситуации, законодательное регулирование, является формированием широкого ассортимента бизнес-портфеля компании.

Имитационные стратегии. Стратегия «следования за лидером». Выбор компанией стратегии «следования за лидером» ожидается, пока игрок не будет показывать свои новые продукты на рынке, а затем начинает производство и продажу подобных продуктов. Параллельно происходят технологические и маркетинговые тенденции через изучение которых, возможна коррекция ошибок «следования за лидером». Важно то, что «последователи» не создают точную копию продукта «лидера», а ее разнообразную улучшенную версию. Вот почему компания выбрала эту стратегию активно финансировать свои исследования и разработки, для существенного изменения концепции продукта. «Последователи» также имеют мощную производственную базу, что снижает стоимость новых продуктов за счет гибкости и экономии на масштабах. Эти компании используют уникальный опыт в области операций маркетинга, который позволяет контролировать состояние окружающей среды, чтобы превратить маркетинговые промахи лидеров в свои конкурентные преимущества, для эффективного использования каналов сбыта. Одним из решающих факторов успеха следующих стратегий следования за лидером является признание и высокая репутация корпоративного бренда, что позволяет быстро коммерциализировать новинку.

Стратегия «копирования». Отсутствие сильных базы НИОКР и наличия продукта массового производства, а также значительный потенциал в плане продвижения и сбыта продукции в целом, часто главные условия для выбора, представителей стратегии управления «копирования». Компания, вступившая на этот путь, получает лицензию на производство и коммерциализацию нового продукта «лидера» или «последователя» и начинает производить точные копии продукта. Будучи не в состоянии получить преимущество лидерства на рынке, эти компании активно используют ценовые факторы в целях повышения эффективности производства. Обычно, это возможно за счет доступа к более дешевому сырью, материалам и труду.

Сравнительное исследование инноваций «продукта» показывает, что 60% запатентованных инноваций успешно смоделированы на четыре года. Наиболее эффективный макет патента испытанного в области фармацевтики, в котором имитация будет на 30% дороже, чем производство изобретателей; В области химического производства – на 10% дороже, но имитация электроники – только на 2%.

Используя методы ценовой конкуренции и экономя на исследованиях, компании могут сосредоточить свои силы на изучении реакции рынка на новый товар и увеличение коммерческих усилий.

Стратегии «зависимости» и «усовершенствования». Несмотря на то, что эти две инновационные стратегии являются технологическими, уровень деятельности инновации компании очень низкая. Если выбранная стратегия, полностью признает стратегию компании в соответствии с их второстепенной ролью по отношению к лидеру и внедряет инновации только по требованию потребителей или компании-лидера. Во втором случае, компания вынуждена имитировать инновационные решения

других компаний, потому что, есть новые эквиваленты уровня технологий, стандартов и сам рынок полностью перестроен на новый уровень производства. Наиболее распространенным является выбор такой стратегии фирмы, принадлежащей к секторам с низким уровнем высоких технологий.

Литература:

1. Баракалова С.В., Жилина Н.Н., Смирнов А.В. Влияние технической политики на стратегию предприятия. 2013г.
2. Заболотько А.А. Стратегия инновационного развития. // Вопрос регулирования экономики. - 2013г.
3. Кожухар В.М. Инновационный менеджмент: Практикум // Дашков и К, 2015 г.
4. Махотаева М.Ю., Фихтнер О.А., Григорьева О.В. Механизм реализации стратегии инновационного развития // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление, - 2014 г.
5. Огаян М.Ш., Веретелкина О.Б. Контроллинг как системообразующий элемент управления предприятием // Известия Уральского государственного экономического университета, 2013 г.
6. Мишура Л.Г. Типовые элементы стратегически ориентированной организационной структуры инновационно-образовательного комплекса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». № 4. 2015.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СУБЪЕКТАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

С.М. Полещук

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,
г. Санкт-Петербург, Россия

sv.poleshchuk@gmail.com

В настоящее время в мировой и российской экономической науке возрастает теоретический и практический интерес к вопросам формирования постиндустриальной системы хозяйствования, которая характеризуется увеличением доли сектора услуг. Однако при этом не ослабевает внимание к реальному сектору, в рамках которого осуществляются процессы материального производства. При этом реальный сектор наращивает свою связь с сектором услуг. Эта связь подлежит детальному изучению в целях разработки такой модели управления, которая бы отвечала интересам предпринимателей, работающих как в производственном секторе, так и в секторе услуг, а также обеспечивала их эффективное взаимодействие.

В современных условиях, под воздействием процессов глобализации, государство, не ограничиваясь ролью регулирующего центра, все в большей степени выполняет партнерские функции по отношению к предпринимателям. Сказанное не означает сращивания бизнеса и власти, поскольку государство становится важнейшим институтом, обеспечивающим взаимосвязь и динамичное развитие предпринимательских структур в соответствии с определенным планом развития национальной экономики. Именно такой подход, лежащий в основе совершенствования хозяйственных связей, позволяет субъектам предпринимательства, повышая эффективность хозяйственной деятельности [5], обеспечивать динамичное развитие своего бизнеса в интересах всего общества, осуществляющего движение к постиндустриальной системе.

Это предполагает поиск необходимых инструментов, различающихся по характеру и уровню воздействия на функционирование предпринимательских структур и совершенствование хозяйственных связей. В рамках данной работы особое внимание следует обратить на решение задач, связанных с наиболее существенными проблемами российской экономики:

- снижение уровня монополизации российской экономики и стимулирование развития конкуренции;
- облегчение доступа малого и среднего бизнеса к закупкам в интересах бюджетных организаций и компаний с государственным участием;
- увеличение уровня инновационной восприимчивости российских предпринимательских структур и цифровизация национальной экономики, а также госуслуг;
- государственная поддержка национального предпринимательства (особенно – в области импортозамещения);
- обеспечение доступности факторов производства и кредитных ресурсов для отечественных предпринимателей;

- формирование институтов развития, отвечающих интересам, как предпринимателей (в данном случае – в промышленности), так и государству и обществу в целом.

Острота проблем обусловлена необходимостью обеспечения как можно более высокого уровня конкурентоспособности предпринимательских структур, что особенно важно в производственном секторе. Если конкурентоспособность производственных предприятий определяется, прежде всего, уровнем производимых ими товаров, то конкурентоспособность, как управленческая функция, понимается с точки зрения построения системы, обеспечивающей заинтересованность хозяйствующих субъектов в производстве именно такой конечной продукции. Для этого необходимы два взаимосвязанных условия:

1. должен обеспечиваться достаточный уровень платежеспособного спроса потребителей на высококачественную, инновационную продукцию;

2. производители должны получить доступ к новым технологиям для перехода на инновационный тип производства и выпуска инновационных товаров.

Это предполагает формирование и использование соответствующих хозяйственных связей, складывающихся как по горизонтали, так и по вертикали. Наиболее сложными здесь являются вертикальные связи между субъектами субмикро-, микро-, мезо- и макроуровня. Анализ этих связей предполагает исследование конкурентоспособности на уровне отрасли в целом. Речь здесь может идти о таких процессах, как обеспечение производства высококвалифицированной рабочей силой (как работников, непосредственно занятых на производстве, так и инженерных, а также управленческих кадров) и совершенствование человеческого капитала. Отрасли реального сектора могут сопоставляться по уровню их привлекательности на рынке труда, по инновационному потенциалу и инвестиционной привлекательности, а также по другим параметрам. При этом совокупность полученных оценок по указанным направлениям позволяет определить интегральный показатель конкурентоспособности рассматриваемых отраслей производства. С этой целью применяются различные методы оценки, включая хорошо зарекомендовавший себя на практике метод экспертных оценок [6].

Формирование устойчивых хозяйственных связей требует заинтересованности в них всех участников взаимодействия, а также определенного уровня затрат, причем не только финансовых, но и технико-технологических, интеллектуальных и временных. Объем затрат и характер их распределения между хозяйствующими субъектами определяется сложностью задач, стоящих перед производственным сектором российского предпринимательства, а также продолжительностью периода, в течение которого они должны быть решены. К тому же, не следует недооценивать важность вопросов, связанных с необходимостью обеспечения экономической безопасности хозяйствующих субъектов и страны в целом.

Эти вопросы актуализируются в период нарастающего процесса глобализации, который сопровождается обострением экономических противоречий, а также политическим, и даже военным, противостоянием. Обеспечение экономической безопасности, точнее – минимизация имеющихся угроз, невозможно без коллективных действий субъектов промышленного предпринимательства при формировании эффективных хозяйственных связей. Прежде всего, речь идет здесь о горизонтальных связях, в то время как формирующиеся вертикальные связи дополняют их, обеспечивая устойчивость к имеющимся рискам.

С позиций обеспечения устойчивости предпринимательской среды к внутренним и внешним негативным флуктуациям, следует подчеркнуть, что решение указанных выше проблем невозможно без формирования системы эффективных хозяйственных связей. В рамках комплексного подхода особое место принадлежит такому направлению, как демополизация российской экономики. Сегодня

большинством экспертов отмечается, что российская экономика является сверхмонополизированной. Так, согласно статистическим данным, вклад малых и средних предприятий в ВВП нашей страны находится на уровне 20% [4], тогда как в развитых странах эта доля, как известно, составляет примерно 70% ВВП, а количество рабочих мест достигает 80% [3, с. 146].

Именно высокая степень монополизации является причиной гипертрофированной рыночной среды, которая фактически не является стимулирующим фактором развития российского производства [7]. Чрезмерная монополизация российской экономики, особенно – ее производственного сектора, в последние годы привела к сращиванию монополий с государством. Результатом этого стало доминирование госкорпораций на российском рынке, создающее барьеры для развития хозяйственных связей в рамках немонополизированного производственного сектора российской экономики.

При осуществлении действий, направленных на демонаполизацию, нельзя забывать о том, что на начальных этапах этого процесса могут возникать проблемы, и даже ошибки, в системе управления производством и реализацией товаров, а также доставкой их до конечных потребителей [1]. Демонаполизация – сложный и нередко – болезненный процесс, который может включать несколько взаимосвязанных действий, прежде всего – тарифное регулирование.

Тарифное регулирование – это сложная система государственного управления, включающая как экономические, так и политические аспекты. Обычно речь идет о необходимости повышения или сдерживания тарифов, при этом монополии выступают за первый подход, а государство – за второй. Действия монополий определяются необходимостью осуществления инвестиций в расширение производства или его модернизацию, а также – содержанием значительного количества непрофильных активов, в том числе социальных учреждений. Что касается государства, то его действия нередко направлены на сдерживание негативного влияния монополий на остальной бизнес и конечных потребителей [2]. В этой связи может быть предложен некий компромиссный вариант, который заключается в разработке стратегии снижения монопольных цен. Эта стратегия может строиться как на абсолютном, так и на относительном снижении.

Если абсолютное снижение предполагает уменьшение номинальных цен в относительно длительный промежуток времени, то относительное рассматривается по отношению к уровню инфляции. При этом цены могут и повышаться, но быть ниже индекса инфляции (например, речь может идти о ежегодном повышении тарифов на один процент ниже годовой инфляции). Такие условия обеспечивают заинтересованность монополий в повышении эффективности их деятельности и предполагают формирование новых схем взаимодействия и кооперации в рамках немонопольных объединений.

Завершая рассмотрение вопросов, связанных с необходимостью совершенствования хозяйственных связей между субъектами производственного предпринимательства, следует подчеркнуть, что развитие новых форм взаимодействия является еще одним важным условием преодоления кризиса в современной российской экономике. Это требует проведения структурных реформ, включая реформу государственного управления.

Литература:

1. Варданян К.В., Вишневер В.Я. Социально-экономическая эффективность естественной монополии // Неделя науки в самарском государственном экономическом университете. Международный научно-инновационный форум 14-19 апреля 2014 года. – Самара: СГЭУ, 2014. С. 31-37.

2. Государство и рынок: механизмы взаимодействия в условиях глобальной нестабильности экономических систем. Коллективная монография / под ред. С.А. Дятлова и Д.Ю. Миропольского. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. 706 с.

3. Плотников В.А. К вопросу об эффективности управления малыми предприятиями в современных условиях / Новая парадигма науки об управлении в XXI веке и ее практическое приложение к проблемам севера. – СПб.: Центр научно-информационных технологий "Астерион", 2015. – С. 145-148.

4. Произведенный валовой внутренний продукт // Росстат [Электронный ресурс] / http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/vvp-god/tab10.htm (дата обращения: 05 марта 2017 г.).

5. Тумаланов Н.В, Урусова И.Н. Формирование институциональных структур рыночной системы и их воздействие на экономическое развитие. Монография. – Чебоксары: изд-во Чуваш. ун-та, 2016. – 200 с.

6. Харламов А.В., Адаменко К.В. Новая конкурентоспособность хозяйствующих субъектов и проблема обеспечения экономической безопасности // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2016. № 2 (98). С. 13-16.

7. Харламов А.В., Харламова Т.Л. Экономическая политика совершенствования предпринимательской среды // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2016. № 3 (20). С. 11-19.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю.Д. Полякова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

juliap14@mail.ru

Реализация проектов и разработок, основанных на инновациях важная составляющая развития предприятия, дающая возможность решить актуальные проблемы производства. Внедрение инноваций всё больше рассматривается российскими компаниями как способ повышения конкурентоспособности товаров, поддержания высоких темпов развития и уровня доходности. Под инновационным потенциалом промышленного предприятия подразумевается возможность создания и использования нововведений в производстве, способность своевременной адаптации к изменениям внешней среды, с последующей эффективной коммерциализацией конечного результата инновационного производства.

Формирование и развитие инновационного потенциала промышленного предприятия, прежде всего, зависит от имеющегося ресурсного обеспечения (технологических, финансовых, организационных, кадровых и прочих ресурсов), способности предприятия осуществлять инновационную деятельность за счет имеющихся ресурсов, и в свою очередь, готовности предприятия воспринимать конкретные инновационные задачи. Одним из значимых факторов, ограничивающих эффективное развитие инновационного потенциала промышленного предприятия, является технологический уровень производства. Современные требования рынка с одной стороны, вынуждают минимизировать время производственного цикла, что с другой стороны, должно привести к повышению качества конечного результата производства [1]. Повышение технического уровня производства промышленного предприятия, в свою очередь, способствует развитию инновационного потенциала и укрепляет конкурентоспособность. Инновационный потенциал промышленных предприятий в большей степени формируется за счет резервов технологий производства и мощностей, и кадрового аппарата. С каждым годом у данных параметров возникают серьезные ограничения, решаемые посредством капитальных вложений.

Оценка инновационного потенциала служит предпосылкой эффективного развития инновационной деятельности на предприятии. Исследовать уровень инновационного потенциала следует как в текущей момент деятельности, так и в динамике на последующий период. Своей целью оценка инновационного потенциала имеет возможность выбрать соответствующую стратегию инновационного развития предприятия. Эффективная стратегия управления, основанная на внедрении инноваций, впоследствии может послужить повышению прибыли и конкурентоспособности предприятия. Вопрос формирования инновационной стратегии наиболее актуален для отечественных предприятий, у которых высокий научно-технический потенциал и достаточно развитая производственная база, а также имеющих сильных конкурентов на внутреннем рынке.

Оценка инновационного потенциала позволяет:

- оценить возможности предприятия вести инновационную деятельность;
- готовность предприятия воспринимать конкретные инновационные задачи;
- выявить сильные и слабые стороны предприятия;
- определить необходимые рекомендации и средства формирования стратегии дальнейшего инновационного развития предприятия.

Существуют несколько подходов к оценке инновационного потенциала предприятия: экспертным методом, и более точным компонентным анализом. При оценке инновационного потенциала предприятия экспертным методом, предложенным в работе Фатхутдинова Р.А., анализируется внутренняя среда предприятия, выявляются его сильные и слабые стороны. Однако данный метод обладает значительным уровнем субъективности, позволяющим оценить состояние ресурсного обеспечения. Процесс оценки состоит в индивидуальной работе экспертов с предоставленными материалами, отражающих текущее состояние исследуемого предприятия и на основе этих данных выдвигаются соответствующие баллы [2]. В качестве группы экспертов могут быть как руководители и специалисты исследуемой организации, так и сторонние привлеченные квалифицированные эксперты. Структуру предприятия подразделяют на блоки, характеризующие производственно-хозяйственную деятельность предприятия:

- продуктовый блок (оценка направления деятельности предприятия и результатов производства);
- ресурсный блок (оценка имеющегося ресурсного обеспечения);
- функциональный блок (оценка использования ресурсов в производстве);
- организационный блок (оценка организационной структуры и технологических процессов);
- управленческий блок (оценка руководства предприятия и системы управления).

Оценка инновационного потенциала по методу Трифиловой А.А. заключается в расчете показателей финансовой устойчивости, и в определении обеспеченности финансовыми ресурсами предприятия для внедрения инноваций. Для расчета требуются данные финансовой хозяйственной деятельности предприятия, включая запасы, затраты и издержки, а также источники финансирования предприятия. Устанавливается излишек или недостаток собственных оборотных средств, долгосрочных займов, затрат по внедрению в производство, а также общая величина затрат и запасов. Исходя из данных показателей, формируется трехкомпонентный показатель:

$$S = \{S_1(x_1); S_2(x_2); S_3(x_3)\}, \quad (1)$$

где $x_1 = \pm E_c$, $x_2 = \pm E_t$, $x_3 = \pm E_{\text{общ}}$.

Проведем оценку инновационного потенциала на примере ООО «Микадо». Основным видом деятельности компании является торговля автомобильными деталями, узлами и принадлежностями. На сегодняшний день, компания является основным поставщиком автозапчастей у официальных дилеров, частных сервисов по ремонту автомобиля и станций технического обслуживания, а также поставяет продукцию на рынки и в магазины автозапчастей. Компания осуществляет как оптовую торговлю с юридическими лицами, так и розничную торговлю для потребителей. Специализацией ООО «Микадо» является продажа автозапчастей для европейских иномарок и азиатских легковых автомобилей и микроавтобусов. Для оценки инновационного потенциала ООО «Микадо» методом Трифиловой А.А. был проведен сбор первичной информации, включающий данные бухгалтерского баланса, отчета о прибыли и убытках и иных нормативных документов, где было выявлено, что $E_c = 256174$ тыс. руб., $E_t = -180620$ тыс. руб., $E_{\text{общ}} = 420562$ тыс. руб.

Таким образом, значение функции $S(x)$ составило:

$$S = (1; 0; 1), \quad (2)$$

где $S(x) = 1$, если $x \geq 0$; $S(x) = 0$, если $x \leq 0$.

Согласно данной методике оценки инновационного потенциала, на предприятии ООО «Микадо» имеются достаточные возможности для ведения инновационной деятельности. Однако данный метод оценки показывает только наличие финансовых возможностей на предприятии, что является существенным недостатком, поскольку в инновационном потенциале присутствуют кадровые, технологические и организационные составляющие.

Одним из разновидностей методов компонентной оценки является анализ совокупных значений показателей по каждому из составляющих элементов инновационного потенциала. К таким показателям относятся: человеческий капитал предприятия, финансовые ресурсы, научно-технический уровень производства и масштаб предприятия. Для сопоставления данных показателей предлагается их стандартизация посредством применения балльных коэффициентов, основанных на критериальных значениях [3]. Пример рассчитанных значений показателей и соответствующих балльных коэффициентов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета показателей для оценки инновационного потенциала ООО «Микадо»

Наименование показателя	Значение показателя	Значение балльного коэффициента
Доля работников, занятых исследованиями и разработками	0,17	2
Уровень образования менеджеров высшего и среднего звена	64,1	8
Доля работников, прошедших обучение	26,7	6
Доля затрат на обучение персонала	0,21	2
Обеспеченность собственным капиталом	82,7	3
Доля затрат на технологические инновации	0	0
Обеспеченность интеллектуальной собственностью	0,14	9
Доля затрат на исследования и разработки	0,4	1
Обеспеченность основными средствами	117	3
Освоение новой техники	94	10
Освоение новой продукции	7,65	7
Доля затрат на приобретение оборудования	45,5	5
Масштаб предприятия	1133	6

Используя полученные данные, построим график, показывающий уровень инновационного потенциала предприятия (рис. 1).

Как видно на графике большинство показателей находятся в интервале, соответствующем среднему уровню инновационного потенциала. На настоящий момент организация обладает хорошей финансовой устойчивостью и платежеспособностью, а также эффективно использует свои ресурсы и характеризуется высокой доходностью производственной деятельности.

Для улучшения производственной деятельности на предприятии ООО «Микадо» целесообразно внедрить проект по техническому перевооружению склада. Компания занимает устойчивое положение на рынке и имеет потенциал к дальнейшему развитию. В основе комплексного проекта технического перевооружения лежит автоматизация процесса отборки, посредством установки ленточного конвейера на складе. Реализация

плана развития организации требует перепроектирования существующих процессов и технологии работы на складе, поэтому данное нововведение можно считать реинжинирингом. Целями разработки данного проекта служит увеличение объемов продаж, снижение трудоемкости и улучшение своего положения на рынке. В результате внедрения нововведения планируется увеличить отгрузки клиентам до 4 раз, а количество перемещений по одной операции с 7 до 3, также планируется увеличить объем продаж, вследствие автоматизации процесса комплектации заказа. Предоставление инвестиций оправдывает себя, поскольку проект направлен на техническое перевооружение действующего предприятия и за время освоения проекта предприятие уже будет получать устойчивую прибыль, следовательно, проект по совершенствованию ООО «Микадо» имеет шанс на успех.

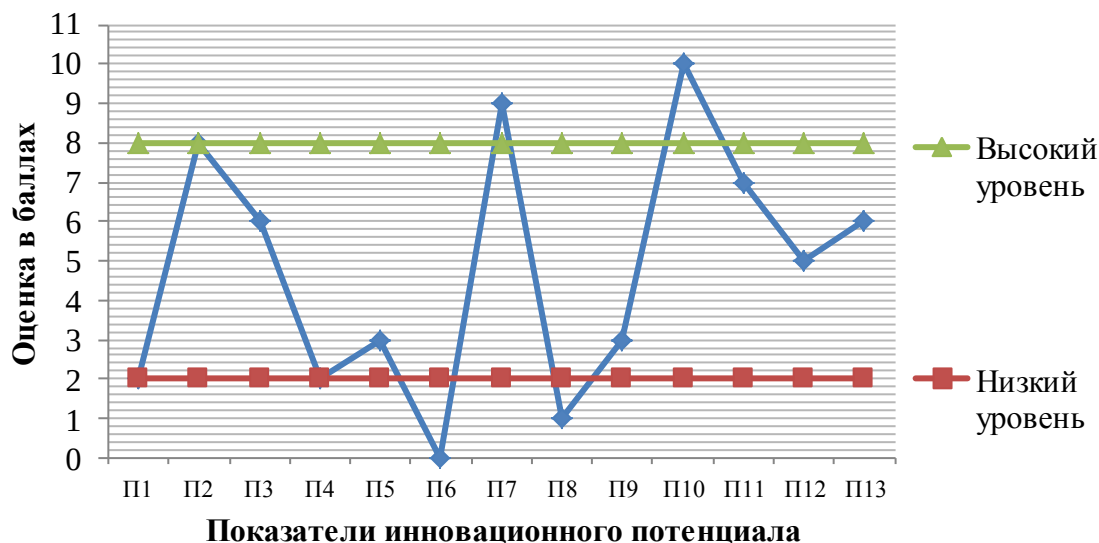


Рис. 1. Уровень инновационного потенциала

Литература:

1. Орлова Т.В. Тенденции развития инновационного потенциала предприятия машиностроительного комплекса / Т.В. Орлова // Экономические науки. Саратовский государственный технический университет. – 2014. – №4(04). – 126 с.
2. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. СПб.: Питер. – 2008. – 448 с.
3. Шаховская А.А. Расчет показателя производительности труда при инновационной деятельности / А.А. Шаховская // Российское предпринимательство. Москва. – 2012. – № 20(218). – С. 67-72.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

В.С. Пуфель, Л.В. Силакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

siliy-of-sint@list.ru

Деятельность инновационных организаций, занимающихся созданием, продвижением или использованием инноваций, отличается высоким уровнем риска, неопределенности и требует большого объема финансовых ресурсов. Одним из основных инструментов для проведения предварительного анализа и минимизации затрат, оценки эффективности инновационной деятельности и снижения рисков является бюджетирование.

В научной литературе имеется множество определений «бюджетирования»:

1. количественный план в денежном выражении, составленный и подписанный до определенного периода и показывающий величину желаемых доходов и предполагаемых расходов, а также капитал, который предприятие должно привлечь для реализации поставленной цели. Результатом бюджетирования является составление бюджетов различных видов [1];

2. основа для планирования деятельности предприятия и принятия управленческих решений, с помощью которой организация получает данные для оценки финансового состояния организации [2];

3. инструмент, применяемый для получения прибыли организации путем поддержания баланса интересов между руководством и наемными сотрудниками [3];

4. текущая система по управлению предприятием путем составления бюджетов, которая дает возможность руководству реализовать намеченные цели через эффективное применение ресурсов [4].

Инновационная деятельность отличается итерационным характером, каждый этап реализации научно-исследовательских и опытно-конструктивных работ (НИОКР) сопровождается сложностью составления бюджетов затрат и их соотнесение по временным периодам, в связи с чем сложность разработки высокоточных бюджетов очень высокая. Применение системы бюджетирования в инновационной организации дает возможность предприятию получить информационную базу для проведения системного анализа ее деятельности. За счет этого уровень рисков может быть снижен в следствие внесения корректировок на всех этапах инновационного процесса. Кроме того, если осуществлять процесс бюджетирования с учетом влияния затратнообразующих факторов на инновационную деятельность, то можно увеличить точность планирования затрат. Таким образом, система бюджетирования может повысить эффективность управления затратами НИОКР.

Управление инновационной организацией подразумевает использование проектного подхода. Для реализации системы бюджетирования в таких организациях должен быть разработан алгоритм, описывающий процесс формирования бюджетов и бюджетная модель, которая отражает деление бюджетов по проектам. Такая бюджетная модель предполагает наличие выделенных блоков бюджетов, которые касаются бюджетирования инвестиционной и инновационной деятельности [5].

С одной стороны, бюджет проекта дает возможность для оценки стоимости

проекта и управления этой стоимостью в течение его реализации. С другой стороны, стоит понимать, что распределение стоимости проекта неравномерно и большая их часть возникает на этапе его фактической реализации. Для того, чтобы само управление проектом было равномерным необходимо проводить ежеквартальную корректировку бюджетов. Все отклонения, возникающие в процессе осуществления проекта, должны быть отражены в текущих бюджетах. Результатом всех проведенных работ является разработка фактического бюджета, где будут отражены реальные данные по осуществлению проекта. Формирование бюджетов на стадиях реализации инновационного проекта отражен на рис. 1.



Рис 1. Формирование бюджетов на разных этапах проекта

Назначение предварительного бюджета состоит в предпроектном планировании объемов будущих затрат и платежей на бюджетный период. Данные для составления этого бюджета должны быть предоставлены за три месяца до начала проектного периода.

Окончательный бюджет или план включает в себя завершение планирования перечня выполняемых работ, четкое определение плановых показателей выручки, себестоимости и ожидаемой прибыли.

На стадии реализации проекта формируется уточненный бюджет, суть которого состоит в корректировке плановых показателей в соответствии с фактическими изменениями за прошедший период. Для максимального снижения погрешностей бюджетных данных, корректировку бюджета следует проводить ежеквартально.

Назначение фактического или текущего бюджета состоит в учете фактических затрат и управлении стоимостью.

Бюджетирование проекта состоит из двух важных функций – функция планирования, анализа и контроля, именно этот факт позволяет проводить сравнение и корректировку фактических данных. Статьи затрат проекта определяются в зависимости от сферы осуществления и особенностей проекта именно поэтому для системы бюджетирования инновационных предприятий так высока необходимость разделения традиционной производственной деятельности и инновационной [6].

Традиционное бюджетирование – это периодический процесс, с помощью которого предприятие рассчитывает будущие расходы и доходы. Как правило, для нахождения планируемых показателей используется подход сверху-вниз, при котором бюджетные пакеты, которые состоят из набора форм, спускаются из головного офиса до уровня различных операционных подразделений, где данные формы заполняются и снова направляются на консолидацию, на этот раз уже снизу-вверх. Такая работа повторяется несколько, пока организация не получает итоговый результат [7].

Проведем сравнительную характеристику традиционной системы бюджетирования и системы с инновационным бюджетом. В качестве классификационных признаков, по которым проводится анализ, были выбраны: центр финансовой ответственности, передача ответственности, контроль за отклонениями, учет времени по осуществлению проекта, учет рисков по осуществлению проекта, жизненный цикл продукции и бюджетный период.

Для традиционной системы бюджетирования характерно наличие единого центра финансовой ответственности, который формируется одновременно по инвестиционным и инновационным проектам. Организации, применяющие систему с инновационным бюджетом, имеют для инновационных проектов самостоятельный отдел инноваций и отдел инвестиций, соответственно, для инвестиционных проектов. Передача ответственности имеет конкретность определения, согласно обозначенным центрам, в то время как предприятия с традиционной системой бюджетирования имеют большие сложности в определении подразделений и лиц.

Внедрение системы с инновационным бюджетом даст возможность проводить анализ отклонений исполнения или неисполнения бюджетных показателей по инновационным проектам, в то время как при традиционной бюджетной системе такой возможности нет.

В отличие от традиционного бюджетирования, которое не позволяет проводить учет времени, инновационное бюджетирование ведет учет в обязательном порядке.

Применение системы с инновационным бюджетом дает предприятию возможность для проведения более детального анализа и оценки уровня риска отдельно по инновационным проектам. При традиционном бюджетировании риски распределяются на все проекты инвестиционного портфеля.

Жизненные циклы инновационных проектов отличаются индивидуальными особенностями и продолжительностью стадий. Система бюджетирования инновационной организации должна разрабатывать как краткосрочные, так и долгосрочные бюджеты для поддержания стратегических аспектов организации, в то время как бюджетный период при традиционном бюджетировании ограничивается лишь отчетным годом [8].

На основе представленной информации можно сделать вывод о ряде особенностей, которые должны быть учтены при внедрении системы бюджетирования к инновационным предприятиям:

1. инновационная деятельность сопровождается долговременным отвлечением больших финансовых, а также материальных ресурсов, в то время как бюджетирование является инструментом краткосрочного управления деятельностью организации;

2. являясь отдельным звеном финансовой структуры центр инноваций включает себя центр доходов и центр затрат, что влияет на целевые показатели деятельности инновационного предприятия, ответственность за которые лежит на нем;

3. каждый жизненный цикл инновационного проекта имеет свойственные лишь ему особенности и различается длительностью стадий.

Таким образом, особенностями систем бюджетирования инновационных организаций отражают необходимость наличия гибкой системы управления, формирования процессов бюджетирования под индивидуальные особенности бизнес-процессов организации и разработки детализированных краткосрочных (месяц, квартал, год) и долгосрочных бюджетов (от 3 до 5 лет). Это позволит повысить эффективность инновационной деятельности организации и снизить присущие ей риски.

Литература:

1. Прокопьева Т.В. Планирование и бюджетирование: Учебное пособие для студентов дневной и заочной форм обучения направления подготовки «Экономика» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 127 с.
2. Жолонский Е. Финансово-экономический анализ бизнеса промышленных компаний. – Х.: Фактор, 2012. – 320 с.
3. Бюджетирование: учебное пособие/ Под общ. ред. В. А. Кожина. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. - 245 с.
4. Костина Г. Ю. Рабочая система бюджетирования: техника внедрения // Планово-экономический отдел, 2013. - №2.
5. Михайлова Э.А., Ремизова Н.А. Формирование комплексной системы бюджетирования проектных организаций. // Вестник РГТА им. П.А. Соловьева, 2011. - №1 (19). – 199 с.
6. Ремизова Н.А. Бюджетирование как метод управления инновационной деятельностью проектных организаций. – Международная конференция «Управление экономикой: методы, модели, технологии» – Уфа: УГАТУ, 2011.
7. Пахомова Е.С., Коренько Е.А. Эффективные инструменты бюджетирования на смену традиционного подхода // Социально-экономические явления и процессы, 2012. - №9 (043). – 125 с.
8. Михайлова Э. А., Ремизова Н. А. Бюджетирование в организации, разрабатывающей аппаратуру авиационных комплексов // Электронный журнал «Труды МАИ», 2013. №69. 24 с.

СТРАТЕГИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

А.А. Соловицкая, Я.Ю. Лившиц, И.Г. Сергеева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

a-solov@list.ru, ianlivshits@mail.ru, igsergeeva@gmail.com

Переход к инновационному укладу российской экономики требует значительного увеличения объема инвестиций в высокотехнологичные отрасли и формирования соответствующей системы финансирования, предусматривающей не только государственное финансирование, но и активное участие частного капитала в финансировании инновационных проектов. Недостаточное финансирование инновационных проектов объясняется слабым интересом к таким инвестициям со стороны частного капитала, при этом в процессе финансирования исследований и разработок активное участие принимает государство. Тем не менее, вклад высокотехнологичных отраслей в финансирование инноваций пока остается незначительным, составляя менее четверти всех инвестиций предпринимательского сектора в исследования и разработки. Основной объем инвестиций приходился на отрасли добывающей и перерабатывающей (металлургия, нефтехимия, автомобильное производство) промышленности, что существенно отличает Россию от других ведущих экономик мира [1].

Выделяют следующие основные виды стратегий финансирования в зависимости от источников финансирования:

- финансирование из внутренних источников;
- финансирование за счет заемных средств;
- финансирование из привлеченных источников;
- смешанное (комплексное, комбинированное) финансирование.

В последнее время все большую популярность среди привлеченных источников финансирования инновационных проектов набирает краудфандинг. Например, в 2012 году объем сборов Российской краудфандинговой платформы Планета.ру составил 4,5 млн рублей, а в 2016 году – 400 млн рублей [4]; Boomstarter – 1,6 млн рублей и 180 млн рублей соответственно. Общие сборы денежных средств на крауд-платформах постоянно растут [6]. В настоящее время оборот мирового рынка краудфандинга составляет примерно 10 млрд долларов в год [7].

Рассмотрим более подробно, что из себя представляет краудфандинг.

Краудфандинг (от англ. crowdfunding: crowd — «толпа», funding — «финансирование») — это механизм коллективного финансирования проектов путем объединения финансовых и других ресурсов неограниченного числа участников через Интернет ресурсы[3]. Основные цели краудфандинга представлены в таблице 1[5].

Таблица 1

Цели краудфандинга

Цели краудфандинга	Демократизация процесса поддержки искусства и культуры, а также генерирование дополнительного дохода для индустрии развлечений
	Поддержка инновационных решений и стартапов, в том числе позволит традиционным посредникам находить успешных и талантливых людей
	Создание прозрачного и эффективного механизма для народного финансирования проектов

Существует четыре разновидности, а именно акционерный, долговой, бонусный и бескорыстный. Описание видов краудфандинга приведено в таблице 2.

Таблица 2

Разновидности краудфандинга		
№	Разновидности	Описание
1	Акционерный	Позволяет инвесторам вкладывать деньги в организации, чтобы в дальнейшем получать прибыль
2	Долговой	Народное кредитование: общение заемщика с кредитором. Краудфандинговая площадка- гарантия проведения сделки
3	Бонусный	Подарочные вознаграждения спонсорам
4	Бескорыстный	Вложение денег на добровольных началах без обязательств для получателя

Сформировались наиболее актуальные направления использования краудфандинга для финансирования различных проектов, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Основные направления развития краудфандинга по сферам деятельности

№	Отрасль	Пример
1	Медицина	Проекты, направленные на помощь людям, имеющим проблемы с лишним весом; развитие стоматологии
2	Образование	Образовательные приложения: обучающие игры
3	Защита информации	Обеспечение анонимности и конфиденциальности при хранении личных данных
4	Игры	Развлекательные приложения и настольные игры

В настоящее время вышеприведенные сферы деятельности являются наиболее приоритетными для потенциальных инвесторов. Основные критерии отбора краудфандинговых инвесторов: финансовый план проекта, полная информированность о деталях его реализации, а также тестовые результаты, полученные при реализации проекта [4].

При анализе краудфандинга в качестве источника финансирования различают положительные и отрицательные моменты, связанные с его применением (рис.1).

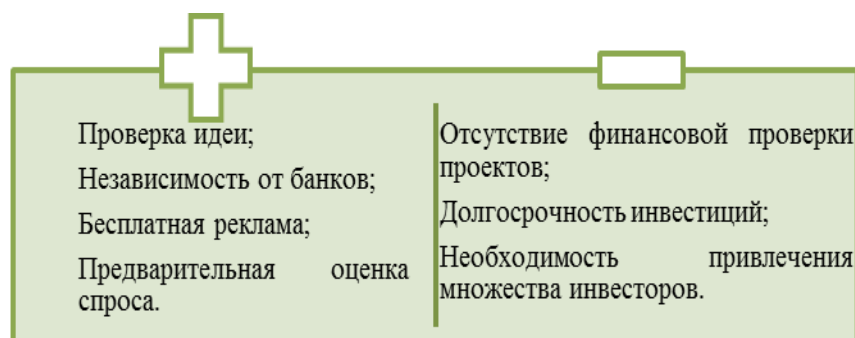


Рис.1. Оценка краудфандинга, как источника финансирования

Активное использование краудфандинга позволяет компаниям не только привлечь необходимое для проектов финансирование, но и повысить конкурентоспособность продукции или услуги.

Венчурный рынок можно выделить, как наиболее значимый источник финансирования инновационных проектов и отнести его к стратегии финансирования из привлеченных источников [2]. Под венчурным финансированием подразумевается приобретение части акционерного капитала или доли новых или существующих компаний, имеющих значительный потенциал роста. Инвестируемые средства направляются на развитие бизнеса, а не на выкуп долей существующих акционеров компании [2].

Венчурное финансирование может реализовываться специализированными рисковыми частными, корпоративными или государственными фондами путем предоставления денежных средств на беспроцентной основе и без гарантий их возврата. Кроме того, венчурные инвестиции могут предоставляться также и бизнес-инкубаторами, акселераторами. Важным условием является то, что гарантии возврата денежных средств отсутствуют, однако при успешной реализации проекта инвесторы могут получить сверхприбыль.

Достаточно часто многие компании на этапе разработки и исследования инновационных проектов прибегают первоначально к краудфандингу, а затем уже обращаются к более крупному и серьезному источнику финансирования, к венчурным инвестициям.

Литература:

1. Финансирование инновационного развития: теория и практика /Ерошкин А. М., Петров М. В., Плисецкий Д. Е.; Федеральное гос. бюджетное учреждение науки, Ин-т Европы Российской акад. наук. — М.:Ин-т Европы РАН; СПб: Нестор-История, 2012. - С.107-108.
2. Воронина Е.В. Венчурный рынок в РФ как основной источник финансирования инновационных проектов / Экономика и современное общество: факторы и механизмы устойчивого развития: монография; "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.). – Пенза 2016. – С. 6-19
3. Гороя В. В. Практическое пособие по краудфандингу / Под ред. к.э.н. Ф. В. Мурачковского. — Москва, 2016. — 125 с.
4. Мирошин А.В.Краудфандинг как инновационный метод финансирования проектов / Worldscience: problems and innovations. – 2017. – С.136-138
5. Чуланова О.Л. Современные крауд-технологии: краудсорсинг, краудфандинг, краудинвестинг, краудлендинг / Материалы Афанасьевских чтений. –2017. – С.64-79
6. Шерстобитова Т.И. Краудфандинг: отличительные черты и особенности развития в России / Инновационная наука. –2017. – С.249-251
7. <https://rg.ru/2017/04/18/kak-rabotaet-kraudfanding-v-rossii.html>, дата обращения: 06.06.17

СИСТЕМА ОЦЕНОК И АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Е.А. Третьякова, Л.Г. Мишура

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

kate.chvertka@yandex.ru, mishuralg@yandex.ru

На данный момент развитие практически любой отрасли мировой экономики невозможно представить без внедрения инновационных технологий. Конкурентная борьба, ограниченное количество ресурсов, постоянно вводимые все более высокие экологические стандарты, глобализация, развитие электронной коммерции – эти факторы в прямом смысле слова вынуждают вкладывать все большие суммы в разработку и продвижение новых технологий. При выборе того или иного новшества или инновационного проекта в качестве объекта инвестирования неизбежно возникает вопрос о целесообразности финансирования его разработки, внедрения и дальнейшей эксплуатации. На текущем этапе формирования мировой экономической системы, в условиях интенсивного развития технологий, важную роль для международного содействия в области инновационного производства и обмена играет возможность проведения сравнительного анализа уровня инновационного развития различных отраслей производства в разных странах. Для принятия инвестиционного решения в сфере инновационного производства необходимо не только оценить возможности и перспективы конкретного проекта, но и его внешнее окружение: существующую инфраструктуру, вероятных конкурентов, потенциальных потребителей. В настоящее время инновационное развитие является необходимым фактором, обеспечивающим рост инновационной экономики и хозяйствующих субъектов. При этом стоит отметить, что оценку уровня инновационного развития в зависимости от решаемых задач можно проводить на различном уровне: глобальном, международном, государственном, региональном, а также на уровне конкретного предприятия.

Помимо оценки текущего уровня инновационного развития той или иной отрасли, важную роль играет оценка инновационной активности в рассматриваемой сфере, разработка критериев оценки эффективности инвестиций. Следовательно, проведение анализа уровня инновационного развития можно разбить на следующие задачи:

- 1) исследовать инновационную инфраструктуру как основу для развития инновационного трансфера;
- 2) проанализировать существующую методику проведения оценки инновационного развития;
- 3) рассмотреть систему проведения анализа динамики, интенсивности и перспектив инновационного развития.

Под инновационной структурой принято понимать совокупность юридических лиц, ресурсов, средств, а также связей между ними, обеспечивающих материально-техническое, организационное, правовое, информационное сопровождение инновационной деятельности. Для удобства проведения оценки инновационную инфраструктуру можно разбить на составляющие (например: финансовая, кадровая, производственно-технологическая), а затем проанализировать каждую из составляющих, ориентируясь на специфику выполняемых ею задач. Также в зависимости от целей проводимого исследования элементы инновационной

инфраструктуры можно классифицировать по величине, форме собственности или выполняемым функциям [5]. Суть оценки инновационной инфраструктуры заключается в решении вопроса о том, какие именно её составляющие необходимо модернизировать для наращивания темпов интенсивности инновационного развития.

Если говорить о проведении оценки уровня инновационного развития, то требования к методике можно определить следующим образом:

1) масштабирование: метод оценки уровня инновационного развития анализируемого объекта должен давать возможность проецировать полученные результаты на других участников рынка, учитывать влияние как на более крупные, так и на более мелкие объекты окружения;

2) унифицированность: метод должен позволять оценить уровень инновационного развития различных областей, чтобы можно было привести данные к одному виду для последующего анализа;

3) гибкость: необходимо отметить, что вновь появляющиеся на рынке инновации изменяют технологии производства, сбыта, организационную структуру, в связи с чем методика проведения оценки должна давать возможность вносить коррективы согласно изменению общего уровня развития.

В зависимости от того, на каком уровне проводится оценка (на уровне конкретного предприятия, отрасли, региона, государства) могут быть использованы различные критерии оценки. Основными понятиями при оценке уровня инновационного развития являются, как правило, инновационный потенциал и инновационная активность [3]. Инновационная активность оценивается с точки зрения скорости протекания инновационных процессов. Этот показатель подразумевает промежуток времени с момента возникновения потребности на новый продукт, услугу или технологию, до момента удовлетворения этой потребности путем разработки и вывода на рынок инновационного продукта. Инновационная активность характеризует конкурентоспособность объекта. Инновационный потенциал рассматривается как свойство исследуемого объекта, позволяющее ему оперативно адаптироваться к изменениям внутренней и внешней среды (например, появление на рынке нового конкурента, изменение цен на ресурсы) с помощью использования новых знаний [2]. При оценке инновационного потенциала чаще всего оцениваются составляющие исследуемого объекта такие, как финансовая, кадровая, организационная, научно-техническая, затем разрабатывается общий интегральный показатель оценки инновационного потенциала изучаемой системы. Большинство исследователей для оценки уровня инновационного развития предлагает систему интеграционных показателей, которые учитывали бы различные аспекты деятельности оцениваемого объекта [1]. Разработка интегрального критерия оценки уровня инновационного развития по такому алгоритму предполагает возможность проведения последующего сравнительного анализа уровня инновационного развития различных участников экономической системы.

Первым шагом при проведении анализа уровня инновационного развития является постановка цели проводимого исследования. Цель позволяет установить, какие именно аспекты оцениваемого объекта являются наиболее значимыми, что определяет выбор методов и способов проведения анализа. Зачастую анализ уровня инновационного развития необходим, как уже было сказано выше, для принятия решений о возможности инвестирования в данную отрасль или предприятие. Соответственно, при проведении исследования необходимо учесть, что его результаты должны быть максимально достоверными, понятными потенциальным инвесторам и отражать не только текущее состояние исследуемого объекта, но и предоставлять прогноз его дальнейшего развития. Также при выборе показателей необходимо определить полный, достоверный, объективный, соизмеримый и существенный объем информационной базы. Важным требованием к параметрам для проведения анализа

является их сопоставимость. Как правило, для достижения сопоставимости значения сравниваемых показателей представляют в виде относительных величин, а сами показатели группируют по определенным признакам. Затем для каждой группы показателей устанавливаются целевое, пороговое и прогнозное значение [4]. Комплексное изучение инновационного развития какой-либо экономической системы предусматривает систематизацию и упорядочение показателей, потому что для получения достоверных результатов об уровне инновационного развития объекта необходимо не только охарактеризовать уровень развития отдельных его подсистем, но и их взаимосвязи.

Инновационное развитие представляет собой сложный, многоаспектный, непрерывно протекающий процесс, обуславливающий конкурентоспособность хозяйствующего субъекта. В современных условиях для поддержания стабильного уровня спроса на рынке, а тем более для захвата большей доли рынка, необходима постоянная модернизация технологий с целью снижения издержек, ускорения производственного цикла, диверсификации и совершенствования ассортимента, снижения рисков. Определение текущего уровня инновационного развития помогает не только понять, какие именно отрасли инновационной экономики требуют немедленного совершенствования, но и спрогнозировать будущее состояние исследуемого объекта для принятия эффективных управленческих решений. С другой стороны, при инвестировании в инновационную деятельность производственных предприятий анализ уровня инновационного развития помогает сделать выбор при наличии нескольких инновационных проектов.

Так как внедрение какого-либо новшества зачастую затрагивает все сферы деятельности анализируемого объекта, то необходимо проводить комплексный анализ инновационного развития, который включает в себя анализ по следующим основным направлениям: научно-технический, экологический, производственный, социальный, коммерческий и прочие. Основные требования к проводимому анализу: достоверность и достаточность, сопоставимость результатов и возможность составления прогноза на основе полученных данных. Основными проблемами при осуществлении анализа является незаинтересованность предприятий в заполнении статистической отчетности по инновациям, сложность заполнения, незначительный период сбора статистической информации, необходимой для оценки инновационного развития, необходимость доработки методики оценки уровня инновационного развития.

Литература:

1. Котов Д. В. Оценка инновационного развития национальной экономики // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы Междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). Т. I. — М.: РИОР, 2011.
2. Кривошеева Т.М., Харитонов Т.В. Методика оценки уровня развития и эффективности функционирования инновационной инфраструктуры региона // Сервис в России и за рубежом. 2007. - №2.
3. Мингалева Ж.А., Платынюк И.И. Применение комплексного подхода к оценке инновационной конкурентоспособности экономических субъектов // Современные проблемы науки и образования. 2012. - №3.
4. Пешина Э.В., Авдеев П.А. Методические подходы к системе показателей развития национальных инновационных систем // Вопросы инновационной экономики. 2014. — Т.4 - №17.
5. Тер-Григорьянц А.А., Ушвицкий М.Л. Методические подходы к оценке инновационного развития региона // Региональная экономика: теория и практика. 2013. - №10/2013.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЛОБАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПЛАНЕТЫ

Н.И. Усик, А.В. Василенок

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

Vasilenok_Anna@mail.ru

Отрицательное воздействие человечества на атмосферу увеличивается с каждым годом. Следствием этого является изменение состава воздуха, которое губительно влияет на состояние живых организмов.

Исследование антропогенных воздействий на атмосферу, а в частности на атмосферный воздух за последние 150 лет показали, что содержание сероуглерода в воздухе повысилось примерно на 25% [1]. Но это не мешает человеку продолжать сжигать углеводородное топливо для получения электрической энергии, развивать добывающую и перерабатывающую промышленность, уничтожать леса. Всеохватность данного процесса является причиной крупных экологических проблем. Ведь влияние на воздушную среду оказывается не только со стороны данных воздействий.

Стационарные источники (выбросы промышленных предприятий) только на 25,3% воздействуют воздушную среду. Главным фактором являются передвижные источники (выбросы автотранспорта) – 74,7%. Вместе с выхлопными газами в атмосферный воздух поступает угарный газ, а также пыль и копоть.

Существуют два главных источника, формирующие загрязнение атмосферного воздуха:

- естественные, возникающие в результате природных процессов;
- антропогенные, возникающие в результате деятельности человека.

Основные естественные и антропогенные источники выбросов загрязняющих веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Примеси	Основные источники	
	Естественные	Антропогенные
Твердые вещества	Крупномасштабный атмосферный перенос	Сжигание ископаемых и других видов топлива, автотранспорт (истирание дорожного полотна), цементные заводы.
Газообразные и жидкие вещества	Перегнивание органического материала, вулканическая активность	Выхлопные газы, промышленность, сжигание ископаемых топлив (угля, нефти, природного газа)
Диоксид серы	Вулканическая активность, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море	Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках
Оксид азота	Лесные пожары	Промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции
Оксид углерода	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов
Летучие органические соединения	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов

Самые развитые индустриальные части планеты являются первостепенными источниками загрязнения. К таковым относятся: Европа, Азия, Северная Америка, Восточная Азия. На их долю приходится больше чем половина вредных загрязняющих выбросов по отношению к другим регионам. Остальным же странам приходится принимать удар на себя, снижая общий фон загрязнения. Основными городами России с повышенной ПДК считаются: Москва, Санкт-Петербург, Самара, Челябинск. Главную проблему загрязнения воздушной среды Москвы порождает выбросы транспорта. Важность экологической проблемы отражается в следующих данных: в 151 городе России ПДК загрязнений воздуха превышена в 5 раз, в 87 городах ПДК превышен в 10 раз (рис.1) [2].



Рис. 1. Города России с напряженной экологической ситуацией

Решение проблемы загрязнения воздуха требует согласованных действий на самых разных уровнях. На уровне правительств и международных организаций принимаются различные документы, обязывающие участников экономической деятельности сокращать вредные выбросы. К таким документам относятся Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, экологическое законодательство государств.

Для того, чтобы разрешить глобальную экологическую проблему загрязнения воздушной среды необходима полная согласованность мероприятий по всему миру. Самым главным документом предназначенным снизить количество вредных веществ является Монреальский протокол, принятый 16 сентября 1987 года и по сей день имеющий большую важность.

Эксперты утверждают, чтобы наладить состояние окружающей среды, необходимо изменить фундамент экономики, вместо угля, нефти и газа найти альтернативные источники энергии, особенно возобновляемые [3].

Проблему загрязнения воздушной среды возможно решить следующим образом:

- ограничить численность населения планеты;
- использовать только природные источники энергии;
- сократить объем отходов;
- рационально потреблять природные ресурсы;

- использовать экологически чистые возобновляемые источники энергии.

Подводя итог, стоит сказать, что первоочередной задачей для всего мира в настоящий момент является решение экологических проблем, от решения которой зависит не только качество человеческой жизни, но и сам вопрос ее существования. Необходимо серьезно подойти к проблемам загрязнения воздушной среды и найти максимально эффективные пути решения.

Литература:

1. Постников В.П. Анализ загрязнения атмосферного воздуха: национальный и региональный// Вестник Волгоградского государственного университета, 2014, №3, с. 117-124.
2. Тагаева Т.О., Казанцева Л.К. Экологическая политика РФ: проблемы и перспективы// Экологический вестник России, 2014, №1, с. 16-19.
3. Шигабутдинова Д.А. Качество атмосферного воздуха и его влияние на человека// Архитектура здоровья, 2017, №2.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К АУДИТУ СМК

Н.И. Усик, М.С. Сальникова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

nius50@yandex.ru, salnikova94@mail.ru

Прохождение предприятием аудита качества – это важный инструмент постоянного улучшения функционирования организации. Термин «аудит» производное от латинского «audire» – слушать, то есть если буквально следовать этому определению аудит – это процесс выслушивания, собирания информации. Но не только беседа источник информации для аудита. Во время аудита информация собирается также при помощи наблюдений и различных проверок на объекте аудита. Кроме этого аудит – это систематический документированный процесс, все этапы которого, порядок проведения, требования к аудиту и результаты представлены документально. В качестве свидетельств аудита могут выступать записи, документы или факты выполнения работы.

Существуют условная классификация видов аудита на аудиты первой стороной, аудиты второй стороной и аудиты третьей стороной. Аудиты первой стороной, проводятся обычно силами самого предприятия для внутренних целей. Служат основанием для поиска и устранения причин обнаруженных несоответствий, принятия решений по корректировке процессов (продукции) и совершенствованию деятельности через распространение «правильной практики» («good practice»). Аудиты второй стороной проводятся заинтересованными сторонами (потребителями или другими лицами по их поручению, например, «аудиты поставщиков»). Аудиты третьей стороной проводятся внешними, независимыми организациями (например, органами по сертификации на соответствие требованиям ISO 9001:2015).

Лучшей формой подготовки организации к проведению аудита является безупречная рутинная работа по выстраиванию полноценной, постоянно совершенствуемой системы менеджмента качества соответствующей ГОСТ Р ИСО 9001 [1] и Приказу Минпромторга России от 14.06.2013 N 916 (ред. от 18.12.2015) «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики» [2].

Система менеджмента качества (СМК) – это система управления внутри предприятия, направленная на достижение определенных критериев качества выпускаемой продукции. В организации СМК создана для формирования политики в области качества и достижения поставленных задач. СМК обеспечивает порядок на предприятии, при котором ответственность персонала точно документирована и распределена. Особенностью современных подходов к менеджменту качества является то, что требования предъявляются не к качеству продукции напрямую, а к системе менеджмента, которая в свою очередь призвана обеспечивать предсказуемый и стабильный уровень качества продукции, процесса производства и деятельности организации в целом. СМК фармацевтического предприятия – это управляющая система, направляющая и контролирующая деятельность предприятия, связанную с качеством лекарственных средств. При этом непосредственными объектами управления являются факторы и условия, влияющие на качество лекарственных

средств, а также процессы формирования качества лекарственных средств на разных стадиях и этапах производства. Особое место занимают, конечно же, вопросы кредитования проводимых мероприятий [3].

Согласно соответствующей ГОСТ Р ИСО 9001 [2] и Приказу Минпромторга России от 14.06.2013 № 916 «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики» система менеджмента качества фармацевтического предприятия должна гарантировать, что:

- ✓ Производство продукции проходит с учетом всех стандартов и требований;
- ✓ На все операции по производству и контролю составлена четкая документация в соответствии с правилами и стандарта;
- ✓ Проводиться контроль промежуточной продукции, всего технологического процесса;
- ✓ Проводиться валидация;
- ✓ Полномочия и ответственность сотрудников строго определены;
- ✓ Полностью обеспечено выполнение мероприятия по производству, поставке и использованию надлежащего исходного сырья и упаковочного материала;
- ✓ Обеспечивается выполнение процедуры проведения самоинспекции и/или аудита качества;
- ✓ Качество готовой продукции проверяется и контролируется в соответствии с требованиями стандарта и законодательства;
- ✓ Регулярно оценивается пригодность и эффективность системы менеджмента качества [4].

Определенные мероприятия, по подготовке к аудиту СМК на предприятии, должны быть запланированы и осуществлены с тем, чтобы в процессе проведения аудита невнимательность, нерасторопность или неаккуратность не привели к излишней трате времени или иным организационным неурядицам, которые могут произвести неблагоприятное впечатление на аудиторов.

В общем случае подготовка к аудиту должна включать в себя следующее:

1. Согласование и организация проведения аудита.

Руководитель службы качества по согласованию с руководителем предприятия определяет организационную форму проведения аудита. Согласовывает порядок проведения вводного совещания, включая состав участников, регламент, вступительное слово руководителя предприятия, выступление главного аудитора и членов аудиторской группы.

2. Изучение результатов предыдущих аудитов.

При подготовке к проверке аудиторы изучают соответствующую документацию, представленную предприятием (отделом): (например, мастер-файл производственного участка, регистрационное досье на производимое лекарственное средство, СОП, досье на серии и другие документы, соответствующие требованиям законодательства Российской Федерации в сфере обращения лекарственных средств), отчеты о последних аудитах и отклонениях. Опираясь на указанные документы, аудиторы могут интересоваться, какие действия были предприняты предприятием (отделом) по устранению выявленных недостатков и имеется ли документальное подтверждение этого. Следует заранее подготовить все необходимые документы, отчеты по составлению и выполнению корректирующих действий составленных на основе предыдущих различных аудитов.

3. Предварительное проведение аудита первой стороной (самоинспекции) по возможности.

До начала аудиторской проверки внешними аудиторами стоит провести внутренний аудит или аудит первой стороной. Такой аудит осуществляется одним или несколькими назначенными высококвалифицированными сотрудниками, преимущест-

венно не связанными должностной ответственностью за конкретные разделы производственного процесса, и в отношении которых у руководства имеется уверенность в объективности и безупречности в работе и при исполнении поручений. Внутренний аудит является отличным средством подготовки к внешнему аудиту, поскольку позволяет выявить обстоятельства, зачастую скрытые от глаз при повседневной работе.

4. Составление стандартного руководства (стандарта организации) или СОП по подготовке к проведению аудитов.

Аудит регуляторных органов – значительное событие в жизнедеятельности фармацевтического предприятия, влияющее на его goodwill (доброе имя – нематериальный актив, учитываемый в стоимости предприятия). Исходя из этого, руководство предприятия вправе разработать документ (стандарт организации или СОП), специально регламентирующий вопросы подготовки к проведению инспекций каждого конкретного отдела (подразделения).

5. Выделение сотрудника, участвующего в проведении аудитов (менеджера по управлению качеством).

В обязанности данного сотрудника входят сопровождение аудиторов, оказание необходимой информационной поддержки. Полная организация проведения непосредственного аудита на месте. Это должен быть опытный, грамотный и высококвалифицированный менеджер по управлению качеством.

6. Подготовка документации.

Следует заранее составить список документов, которые всегда должны быть подготовлены. Для примера приведен примерный список документов, которые необходимо держать «наготове»:

- Структурная схема предприятия (органиграмма).
- Документ «Информация о предприятии» (SiteMasterFile).
- Руководство по качеству (QualityManual).
- Документация последней аудиторской проверки.
- Процедуры и графики проведения внутреннего аудита, отчеты по нему.
- Должностные инструкции и положения об отделах (подразделениях).
- Реестр СОП: основных и по подразделениям предприятия.
- Документы по обучению персонала.
- Процедуры и журналы контроля изменений.
- Процедуры оценки рисков и перечень систем (процедур) с высоким/ низким риском.
- Описания систем, спецификации, валидационные документы по системам с высоким риском.
- Процедуры и планы реализации корректирующих и предупреждающих действий.
- Процедуры обеспечения безопасности информационных систем, целостности и сохранности данных, доступа к ним.
- Список лиц, имеющих доступ к критическим системам.
- Рабочие журналы лабораторий отдела контроля качества.
- Отчеты об анализе готовых продуктов конкретных серий, подкрепленные спектрохроматограммами, таблицами, графиками и т.д.
- Обзоры по качеству готовой продукции.
- Отчеты об отклонениях и несоответствиях и их корректировке.
- Отчеты о рекламациях и возвратах продукции.
- Глоссарий терминов, используемых при проведении аудита (с тем, чтобы общаться с аудиторами на одном языке)[5].

Следует обратить особое внимание, если нахождение какого-либо документа отнимает много времени, это производит неблагоприятное впечатление и указывает

аудитору на то, что документы не контролировали контролируют их недостаточно четко.

7. Подготовка сотрудников отдела (предприятия).

Очевидно, что необходимо обеспечить знание сотрудниками содержания и местонахождения соответствующих СОП, проверить помнят ли сотрудники дату и тему последнего занятия по обучению персонала. Проинструктировать сотрудников о необходимости быть внимательным при контакте с аудитором и отвечать на вопросы по возможности спокойно, уверенно, а главное – кратко.

Следует осуществить подготовку сотрудников отдела (предприятия) к типовым вопросам, выходящим за рамки их ежедневной работы, например, о политике предприятия в области качества.

Литература:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартиформ, 2015.
2. Приказ Минпромторга России от 14.06.2013 № 916 (ред. От 18.12.2015) «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики». - М.: ООО «ГРУППА РЕМЕДИУМ», 2015.
3. Кошко О.В. Кредитные возможности и ограничения в формировании рыночного уклада производственного сектора//Вестник института: преступление, наказание, исправление. №3(27) 2014, с.68-72 .
4. Ершова Е.В., Брескина Т.Н. Эволюция системы управления качеством на фармацевтическом предприятии//Менеджмент качества в сфере здравоохранения и социального развития. № 1 2011,с.86-94.
5. Гандель В.Г. Опыт подготовки фармацевтического предприятия к проведению внешнего аудита// Фармацевтические технологии и упаковка №5 2015, с.102-105.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЮДЖЕТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Храмков, Л.В. Силакова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

akhramkov@bk.ru

Понятие инновации имеет множество различных дефиниций, что приводит к размытости определения и инновационной деятельности организации. Под инновационной деятельностью организации понимают деятельность по поиску и реализации инноваций в целях расширения ассортимента и повышения качества продукции, совершенствования технологии и организации производства [5]. В отношении же промышленного предприятия инновационная деятельность может содержать любую деятельность как по созданию, внедрению и распространению, так и по потреблению и обновлению инноваций [6].

Высокий уровень неопределенности и требуемых расходов, присущие инновационной деятельности любой организации, отражают возможность возникновения неожиданных обстоятельств, нарушения плановых сроков работ и услуг, перерасхода ресурсов на любой стадии создания новых видов продукции и образцов техники. Это может стать причиной не достижения запланированных целей и ликвидации инновационных проектов. В связи с этим многие предприятия ищут новые финансовые инструменты, способные транслировать стратегию предприятия на уровень его оперативного управления и обеспечить сокращение издержек производства, снижение себестоимости продукции [3].

Бюджетирование инновационных организаций представляет собой инструмент управления финансами организации, основанный на формировании комплексной бюджетной модели, объединяющей производственно-хозяйственные, инновационные и финансовые процессы и трансформирующей стратегические цели предприятия в систему конкретных количественно определённых мероприятий для их эффективного достижения при условии сохранения финансовой устойчивости. Этот инструмент бюджетирования позволяет выделить центры финансовой ответственности для инноваций, проводить более детальное изучение отклонений по инновационным проектам, а также формировать данные для анализа и оценки степени риска [4]. Кроме того, бюджетирование позволяет объединить системы оперативного и стратегического планирования, разработать комплекс мероприятий по оптимальному достижению поставленных целей и предварительно оценить результаты отдельных инновационных проектов и деятельности предприятия в целом [1].

Однако на большинстве отечественных инновационных организаций используется классическая система бюджетирования, не приспособленная к особенностям инновационной деятельности. Для построения эффективной системы бюджетирования инновационной организации, необходимо учитывать особенности, накладываемые ведением инновационной деятельности.

В первую очередь, эффективная система бюджетирования инновационной организации должна отражать и учитывать ведение инновационных проектов – то есть необходимо разделить инновационную деятельность и традиционной производственной. При учёте данной особенности можно получить такие

преимущества, как:

- более высокий контроль над проектами;
- четкое выделение результатов работы на любой стадии проекта;
- выделение приоритетных проектов, привлечение дополнительного персонала и финансирования для успешной их реализации;
- рациональное распределение имеющихся ресурсов для успешной работы компании и реализации отдельных проектов и др.

При смешении этих двух видов деятельности возможно возникновение таких негативных последствий, как:

- потеря контроля над объёмом затрат по некоторым проектам;
- рост сроков внедрения и бюджетов инновационных проектов. Причиной этого могут выступать низкий уровень планирования, наличие ошибок в выполнении действий и потери (и их дальнейшее исправление), к которым привели ошибки при выполнении работ.

При этом важной частью создания эффективной системы бюджетов инновационной организации является выбор способа формирования бюджета инновационных проектов. Существует несколько основных возможных вариантов:

- планирование «сверху вниз» (целевое планирование), предполагающее определение желаемой суммы прибыли и основных параметров деятельности (объема продаж, показателей относительной валовой и чистой прибыли) руководством;
- планирование «снизу вверх», при котором для каждого отдельного бюджета планируются самостоятельные исходные данные, после чего руководство предприятия проводит анализ данных бюджетов и при необходимости свои изменения – подобный способ предполагает планирование от бюджетов отделов к бюджетам подразделений и предприятию в целом;
- и наиболее подходящий способ формирования бюджета для инновационной организации – это совмещение двух предыдущих подходов. То есть руководители компании устанавливают основные показатели результатов работы, а сотрудники, несущие ответственность за планирование отдельных блоков бюджета, разрабатывают бюджеты на основе полученных показателей, при этом они учитывают свои ожидания.

После выбора способа формирования бюджетов, необходимо удостовериться в их полном соответствии с выработанной стратегией предприятия (СП) – данное соответствие является одним из обязательных требований для бюджетирования на инновационном предприятии. Так как, в основе эффективного управления инновационной организацией лежит, прежде всего, бюджет, который в полной мере соответствует утвержденным стратегическим целям. Немаловажную роль играет ориентация на достижение целей и задач, прописанных в стратегии. При несоответствии бюджетирования и СП могут возникать следующие негативные для компании последствия:

- противоречивые действия центров финансовой ответственности (ЦФО);
- угроза для успешного завершения проектов;
- субъективная оценка менеджмента предприятия и неправильное распределение активов предприятия, которое основывается на данной оценке;
- потеря конкурентного преимущества и доли рынка предприятием в дальнейшем.

Риски и неопределённость, накладываемые ведением инновационной деятельности, делают невозможным внедрение «универсальной» системы бюджетирования с ориентацией на большое количество задач и их решение. Даже у предприятия не инновационной направленности возникают проблемы с работой по такому бюджету – основной причиной этому выступает отсутствие возможности точного прогноза продаж каждого вида товаров, так как даже при детальном анализе

рынка, а также статистики работы за прошлые периоды точный прогноз невозможен. Если же речь идет об инновационной деятельности, то степень неопределенности возрастает в несколько раз и является причиной невозможности определения финансовых потребностей предприятия. Специфика инновационных работ такова, что бюджет предприятия должен изменяться под воздействием внешних условий. При отсутствии такой гибкости бюджета предприятие может упустить появившиеся в работе возможности, не предусмотренные в первоначальной редакции бюджета [3].

Таким образом, степень подробности планов по бюджетированию должна зависеть от специфики работы организации, а разработка подобных планов должна стать одним из ключевых вопросов перед началом разработки системы бюджетирования. В силу изменчивости рыночной среды, системы управления организацией должны быть достаточно гибкими в отношении допущений отклонений в бюджете и развитии в целом, особенно это актуально для стран с развивающейся экономикой.

Для повышения эффективности систем бюджетирования предприятия инновационной направленности необходима интегрированность, наличие функциональных, инвестиционных и операционных бюджетов ЦФО. Система бюджетирования без выделения всех типов бюджета не позволяет использовать бюджетирование как инструмент управления в полной мере. Интегрированность системы бюджетирования также предполагает внесение изменений во все показатели бюджета, с которыми связаны изменения, внесенные в проекты бюджетов по ходу работы предприятия.

Управление затратами инновационных проектов должно играть важную роль, однако фокус должен быть не на минимизации затрат для повышения прибыли, а на управлении затратами, для их сохранения в установленных рамках, что позволит избежать срывов срока проекта из-за нехватки ресурсов. Так как сверхприбыли в случае с инновациями достигаются не за счёт максимального снижения затрат, а за счёт новизны – поэтому фактор времени оттесняет важность снижения затрат.

Приведённые выше особенности являются фундаментом для построения эффективной системы бюджетирования инновационной организации. Без учёта данных особенностей невозможно развитие и совершенствование системы бюджетирования инновационного предприятия, и при разработке концепции бюджетирования предприятия и при дальнейшем ее внедрении они должны учитываться в обязательном порядке.

Литература:

1. Гафурова Г.Н., Свистунова Е.А. Бюджетирование как основной инструмент в системе управления предприятием // Бухгалтерский учет в издательстве и полиграфии. 2013. № 6.
2. Идзиев Г.И. Организационные предпосылки реструктуризации оборонных предприятий // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 27.
3. Плистик, Н. А. Бюджетирование как инструмент управления финансами инновационного предприятия :автореф. дис. ... канд. экон. наук / Н. А. Плистик. – М., 2011.
4. Чепурко Г.В., Пелипенко А.А., Инновационная деятельность предприятия // KANT. 2013. № 1(7), С. 35-37.
5. Шевченко С. А., Кузьмина Е. В., Трунина В. Ф., Бюджетирование инновационной деятельности промышленных предприятий // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 8 (363). Экономика. Вып. 48. С. 127–133.

ИНСТРУМЕНТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

А.В.Чеботарь, Л.Г.Мишура, И.Г.Сергеева

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

anvik436@gmail.com

Мировое экономическое развитие на современном этапе можно охарактеризовать обширной интеллектуализацией экономики и производства, формированием в лидирующих странах мира так называемой «экономики знания». Отличительной особенностью данного процесса является основополагающая роль научно-технического прогресса, масштабное внедрение и распространение различных новшеств. Поэтому стало необходимым переосмысление традиционных теоретических знаний в области инноваций, тем самым побуждая интерес к вопросам формирования, введения, освоения и популяризации инноваций.

Встречаются различные варианты трактовки понятия «инновационный процесс» [1,2], но все они сходятся на том, что инновационный процесс – это процесс, охватывающий все стадии становления инноваций от появления идеи до ее ввода и коммерциализации конкретного продукта.

Появление инноваций – это результат инновационного процесса, представляющего собой не элементарный набор единовременных и идущих одно за другим действий выявления научного результата и его применения для достижения социального и экономического эффектов. Общее схематическое представление структуры инновационного процесса с входящими в него основными стадиями и этапами изображено на рис. 1.

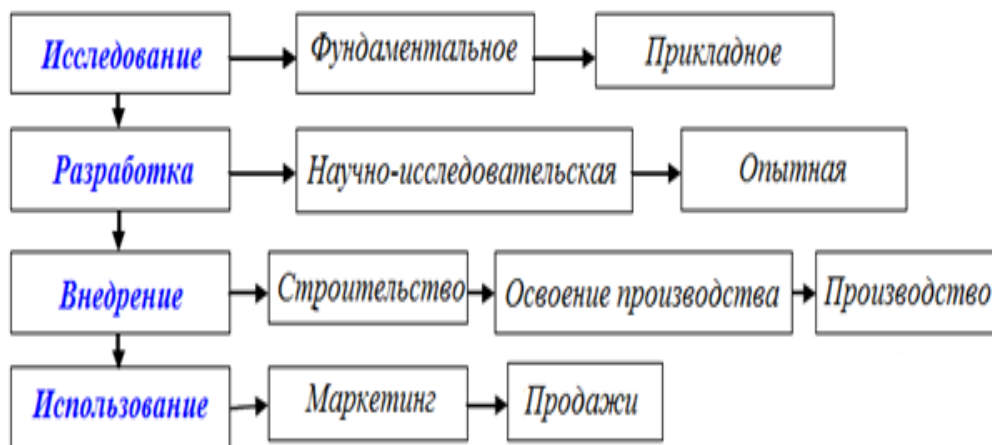


Рис. 1. Структура инновационного процесса

Стадии инновационных процессов включают отдельные этапы, характеризующие их как часть целостного инновационного цикла и в то же время как относительно независимый элемент цикла с присущим для него комплексом мероприятий.

Основу инновационного процесса, который объединяет период от выработки идеи до ее коммерциализации, составляет инновационная деятельность, связанная с переходом идей, результатов научных исследований и разработок в новый или модернизированный продукт, внедряемый на рынок или в производство. Она предполагает осуществление целого комплекса научных, технологических, организационных, финансовых, коммерческих мероприятий, направленных на создание и внедрение новшества, для каждого из которых необходимы инструменты, с помощью которых можно положительно повлиять на инновационный процесс.

На рис. 2. представлена обобщенная классификация инструментов с точки зрения формирования группы средств, направленных на достижение поставленной цели инновационного проекта.



Рис. 2. Классификация инструментов инновационного развития

Рассматривая кадровые инструменты необходимо учитывать не только инновационный потенциал исследователей и разработчиков, т.е. специалистов, работающих в предметной области, но и менеджеров инновационных проектов, имеющих навыки обеспечения проекта, так как в его отсутствии работники, занимающиеся научной стороной, вынуждены будут расходовать временной ресурс на обеспечение эффективных коммуникаций с инвесторами, для удовлетворения ожидания обеих сторон, на изучение вопросов связанных с правовым обеспечением, бюрократическим сопровождением и т.д., и соответственно меньше времени останется на собственно инновационную составляющую. Поэтому при ведении инновационной деятельности необходимы высококвалифицированные специалисты, как со стороны менеджмента, так и со стороны НИОКР.

Инструментами государственного регулирования могут быть действия стимулирующего характера, выраженные, например, открытием технопарков, принятием законов о создании ВУЗами малых инновационных предприятий (МИП), льготными процентными ставками на аренду помещений для них и т.д. Политика государства, направленная на развитие и содействие инновационной атмосфере страны – является одним из основных инструментов, влияющих на ее реализацию. Но на сегодняшний день в действительности данная политика, при всей ее актуальности, является только составной частью общей модели реализации инновационных процессов.

К структуре организационных инструментов относятся:

Свободная экономическая зона (СЭЗ) – ограниченная территория в регионах, имеющая особый юридический статус по отношению к остальной территории. Одним из типов СЭЗ являются инновационные (технико-внедренческие) зоны. Благодаря научным традициям и известным исследовательским школам в крупнейших научно-образовательных центрах, открываются большие возможности для развития

инновационного бизнеса, производства наукоемкой продукции и вывода её на российские и международные рынки.

Технопарк – имущественный комплекс, стимулирующий и управляющий потоками знаний, включающий научные организации, учебные заведения, площадки для выставок, деловые центры и др., продвигающий инновационную культуру с целью улучшения благосостояния сообщества. В рамках программы «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий» развивается 12 технопарков в сфере высоких технологий.

Кластер – образование, формирующее всестороннюю стратегию и поддержку развития региона, ускоряющее процессы создания инновационной продукции. Поручением Председателя Правительства Российской Федерации № ДМ-П8–5060 от 28 августа 2012 года был утвержден перечень инновационных территориальных кластеров РФ, в который вошли 25 территориальных кластеров.

К материально-техническим инструментам относятся:

Центры коллективного пользования (ЦКП) – структура, которая создается на базе ВУЗов и научных организаций, а также лизинг оборудования. Их направленность ориентирована на выполнение сторонних заказов и хоздоговорных НИОКР на оборудовании данных организаций.

К новым альтернативным финансовым инструментам относятся:

Краудфандинг – сотрудничество коллективов людей, добровольно объединяющих личные денежные или другие ресурсы вместе для поддержки усилий других людей или организаций.

Краудинвестинг – финансовый инструмент для привлечения капитала в стартапы и малые предприятия от большого количества микроинвесторов.

На настоящий момент упор в области реализации инноваций в основном сводится к применению финансовых инструментов, безусловно, они играют значимую роль на всех стадиях инновационного процесса, но для эффективного результата все инструменты должны применяться комплексно.

Так Н. В. Орлова полагает, что в большей степени на ожидаемую перемену условий социально-экономического прогрессирования общества, интеллектуализацию производства, на численный и качественный момент производственных сил, могут повлиять знание с какой целью необходимо применять любой инструмент и понимание его целевого направления [3].

Далее рассмотрим некоторые из инструментов подробнее. Возрастающая конкуренция приводит к тому, что в плюсе остается тот, чье качество выше. Высокого качества можно достигнуть, во-первых – непрерывным внедрением инноваций, во-вторых – модернизацией инструментов управления качеством, один из которых – стандартизация. Известно, что деятельность в области стандартизации сильно влияет на развитие промышленности и бизнеса. При взаимодействии потребителей и поставщиков стандарты являются главным инструментом уменьшения расходов на бизнес-операции и измерения возможностей рынка, способствуют улучшению качества и конкурентоспособности продукта, выполняют важную роль в упразднении барьеров на рынке[4], поэтому приведении инновационной деятельности на стадии внедрения необходимо опираться на современную систему стандартов.

Бенчмаркинг – инструмент современных бизнес-процессов, который может быть эффективно использован организациями любого масштаба. Данный процесс, являющийся информационным сосредоточением эталонных действий конкурентов, достаточно сложен и на первых этапах сопровождается обширными исследованиями. Так как большинство организаций ориентируются на скорую прибыль и минимальные расходы, то они предпочитают пользоваться традиционными методами управления в своей работе. Однако, в условиях инновационного развития и высокой

конкурентоспособности применение бенчмаркинга российскими организациями очевидно [5].

Немаловажную роль при ведении инновационной деятельности играет координация инновационного процесса с помощью использования таких инструментов и средств, как организационная структура, разделение обязанностей, передача полномочий, контроль, централизация при выборе решений, группы, компоненты, комиссии, коммуникационные связи, план-структура реализации проекта, интегрированный план, сетевые графики, формализованная документация, санкции, системы мотивации и стимулирования, традиции, стиль, миссия организации [6].

Инструментом инновационного развития также может быть инновационный маркетинг, комплексно включающий в себя разработку стратегии, анализ рынка и оперативный маркетинг. Выразаться он может в качестве завоеванного нового источника поставки или захвата новых рынков, а также в повышении конкурентных преимуществ инновационного продукта, улучшение имиджа и увеличении влияния на рынке.

В свою очередь, применение информационных технологий и систем может стать универсальным инструментом инновационного развития на всех стадиях инновационного процесса. Так на стадиях исследования и разработки информационные системы дают доступ практически ко всем источникам необходимой информации, например, к базам данных, различным справочникам, энциклопедиям, оперативным сводкам, аналитическим обзорам, законодательным и нормативным актам и др. На стадии внедрения информация выступает в качестве элемента управления и предмета управленческого труда, обеспечивая должным образом качественное представление о задачах и состоянии ведомой и ведущей систем управления и обеспечивая разработку идеальных моделей желаемого их состояния, что позволит оптимизировать производство и сократить временные, финансовые и кадровые издержки. На стадии использования особую и ценную часть информации представляют данные об успешных и неудачных инновационных проектах результаты их анализа и наблюдения за жизненным циклом, для исключения повторения предыдущих маркетинговых ошибок и наоборот возможного применения бенчмаркинга.

Отметим, что на различных стадиях инновационного процесса целесообразно применять определенные инструменты воздействия на инновационный процесс. Так для достижения наибольшего положительного эффекта на стадиях исследования и разработок следует применять такие инструменты, как информационные технологии и системы, а также систему, стимулирующую внутренний инновационный потенциал организации, активно сотрудничать с различными НИИ, ВУЗами, проектными и другими организациями, являющимися передовыми в области интересов компании.

На стадии внедрения эффективными будут такие инструменты, как разработка и диффузия новых методов производственного процесса, совершенствование технологий производства, за счет улучшения материально-технической базы, применение современной системы стандартов, а также повышение уровня знаний и квалификации работников.

На стадии использования, помимо прочих, эффективными будут инструменты по привлечению клиентов к инновациям, посредством организации площадок для обсуждения и внесения предложений по улучшению, а также мониторинг инновационных тенденций, обмен опытом.

Финансовые инструменты играют важную роль практически на всех стадиях инновационного процесса, так финансирование на проведение НИОКР требуется не только в период создания нового продукта, но и в период его серийного производства.

Следует отметить, что даже при самых идеальных макроэкономических условиях и налаженных инновационных процессах не все проекты в результате

получают положительный экономический эффект. Для получения желаемого результата нужна система управления проектом на всех стадиях [7].

Литература:

1. Городникова Н.В., Гостева С.Ю., Гохберг Л.М., Грачева Г.А. и др. Индикаторы инновационной деятельности: 2009. Статистический сборник. Изд-во: ГУ-ВШЭ/Государственный Университет - Высшая Школа Экономики, 2009. 488с.
2. Инновационный менеджмент: Учебное пособие / Под ред. П.Л. Завлина, А.К. Казанцева, Л. Э. Миндели. СПб.: Наука, 2008. - 294с.
3. Лифиц И. М. Конкурентоспособность товаров и услуг: учеб. пособие для вузов / И. М. Лифиц.- 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2016. – 461 с.
4. Окрепилов В.В. Перспективы развития стандартизации как инструмента инновационного развития // Проблемы прогнозирования. – 2013, №1.
5. Кауфман Н.Ю. Бенчмаркинг как инструмент инновационного развития предприятия // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2017, № 4-2 , с. 16-18
6. Гольдштейн Г.Я. Стратегический инновационный менеджмент. ТРТУ. Таганрог, 2002.
7. Галушко М. В., Дедеева С. А. Инструменты реализации инновационных проектов // Молодой ученый. – 2016, №26,с. 273-278.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ**А**

Авезов У., 69
Агаханянц П.Ф., 420
Аксенова О.И., 244
Александрова А.П., 218
Алексеев А.П., 188
Алексеев Г.В., 244
Алексеев К.С., 326
Алёшичев С.Е., 109
Амирова Э.Р., 354
Андреев А.К., 71, 90
Апарина К.И., 422
Аравина К. И., 352
Артамонов П.Е., 417
Асач А.В., 193, 197, 208, 215
Афанасьев С.М., 177
Ахмеджанов И.Д., 331

Б

Балюбаш В.А., 109
Барабкин М.А., 215
Баракова Н.В., 279, 336
Бараненко А.В., 28
Баранов А.Ю., 112, 115, 139
Баранов И.В., 115
Барашкин М.И., 326
Барбин Н.М., 326
Белозерова М.С., 264
Белолова Я.Н., 425
Белякова Т. Н., 328
Биккулов А.С., 432, 439
Бирзолова А.Ю., 323
Бойкова А., 80
Болобов В.И., 87
Брусенцев А.А., 101
Булат С.А., 3
Булочникова Т.А., 413
Бусаров С.С., 23

В

Валишев А.А., 240
Вартминская А.О., 411
Василенок А.В., 472
Венгер К.П., 135
Верболюз Е.И., 226, 229

Веретенникова Ю.В., 64
Вержук В.Г., 344
Виноградский Д.В., 193, 215
Волков С.М., 262
Волкова О.В., 30
Вологжанина С.А., 69

Г

Габитов И.А., 211
Галахова Н.А., 180
Галимова Л.В., 34
Гамова К. А., 197
Ганеева А.И., 80
Ганжа В.Ю., 123
Глухарева Т.В., 336
Гогонин И.И., 41
Головинская О.В., 354
Гоури М.А., 299
Грановский А.С., 28
Грецова М.А., 407
Громцев А.С., 311
Губасова Т.Н., 287
Гуляева Ю.Н., 333

Д

Давлатбекова Ш.Ф., 174
Давлатов А.Н., 90
Давлатова С.О., 90
Давыденко С.Г., 352
Данилов М.М., 56
Данина М.М., 356
Денисенкова А.Д., 363
Дзино А.А., 53
Дзусов Д.Б., 86
Динкелакер Н.В., 382, 397, 401, 404
Долговская О.В., 38
Должиков А.С., 201
Доржиева Н.В., 283
Дунаева Е.С., 429
Дьякова А.А., 320

Е

Евдокимов А.А., 407
Евдокимов В.С., 142

Евдулов О.В., 172, 223
Евстигнеева Т.Н., 272
Ежов В.Ф., 3
Елина Н.С., 432, 439
Елисеева С.А., 320
Емельянов А.Л., 146
Ерастенкова М.В., 344
Ережеп Д., 193, 196
Ермаков Б.С., 76, 80, 86
Ермаков С.Б., 81
Есева К.Д., 379

Ж

Жданова О.Л., 105

З

Забодалова Л. А., 255, 314, 328
Завьялова В.В., 404
Захаров А.А., 3
Зипаев Д.В., 348
Зисман А.А., 60, 96
Золоторевский Н.Ю., 60
Зугаирова Е.Д., 401

И

Иванов В.Л., 105
Иванов Н.А., 439
Иванова Е.В., 276
Иванова З.Н., 56
Иващенко С.Ю., 311
Иголкин А.Ф., 73
Иголкина Е.В., 73
Исаченко Г.Н., 215
Исмаилов Т.А., 169, 172

К

Кадирова Д.К., 172
Калинин Г.Ю., 66
Карпачев Д.В., 244
Карпов А.Б., 131
Ким И.С., 276
Кипрушкина Е.И., 19
Кириллов В.В., 240, 323
Киру С.Д., 6
Кирячева Е.В., 293
Клейменова М.Э., 393, 411
Ключко Н.Ю., 317
Ковалева Е.Г., 336

Коваленко Б.Б., 435
Когай В., 197
Козлов А.М., 131
Козлова Я.С., 317
Колесников Д.В., 41
Кондратенко А.Д., 131
Коновалова Н.С., 356
Конькин А.В., 183
Коренкова М.В., 439
Котова А.Д., 397
Котова Н.П., 320
Коченков Н.В., 218
Кошевой Е.П., 251
Крапивко П.В., 165
Кривоносов П.И., 208
Кривопустов В.В., 244
Круглов А.А., 205
Крючкова К.В., 314
Кузнецова Д.В., 293
Кулишов Б.А., 311
Куприна Е.Э., 248
Курбаков К.А., 193
Курганова Е.В., 307
Кушнерев А.В., 180

Л

Лазарев В.Л., 101, 105
Лаптев Ю.А., 180
Ларионова С.Ю., 81
Ле Тхань Бинь, 87
Леметти Е.Л., 80
Лившиц Я.Ю., 429, 469
Любимов А.Н., 127
Любин А.А., 41

М

Макеева Ю.К., 76
Маковеева А.С., 119, 123
Малакина П.И., 442
Малахов Ю.Л., 333
Малинина О.С., 53
Мануйлов А.Н., 248
Марченко А.С., 150
Матвеева Н.А., 258
Медведева Д.А., 303
Меледина Т. В., 352, 354
Мещанинов А.В., 236
Миникаев А.Ф., 165
Минкевич А.А., 86
Минкевич Д.А., 86

Минкин Д.Ю., 3
Миронов М.А., 299
Мишура Л.Г., 442, 450, 469, 482
Мнускина О.Р., 393
Могорычный В.И., 201
Моисеев Н. Ю., 296
Молодов М.А., 119
Морозова В.Н., 446,
Москвичева М.А., 208
Муравейников С.С., 162
Мурашев С.В., 344
Мухин Д.Г., 30
Мушникова С.Ю., 92

Н

Набиев Н.А., 223
Надточий Л.А., 290, 293
Никитенко П.С., 390
Никитин А.А., 162, 174
Никитина О.В., 248
Никифорова Т.А., 287
Новоселов А.Г., 262, 311, 333,
Новосколыцев Н.С., 96
Новотельнова А.В., 193, 197, 208

О

Овсяк Е.А., 393, 411
Опалихин А.Ф., 47
Оразов А.Ж., 290

П

Павлова А.С., 366, 369
Пазилова У.А., 64
Пак В.И., 283
Парамонова В.А., 233
Парменова О.Н., 92
Пастухов А.С., 109
Пасхин И.С., 233
Пахомов О.В., 115
Перегудов А.А., 69, 71
Петин Ю.М., 42
Петров А.С., 397
Петров Е.Т., 48
Петров С.Н., 60
Петрова О.В., 404
Подгородецкая Е.В., 450
Поддубный Р.А., 159
Полещук С.М., 454
Полякова Ю.Д., 458

Попов А.Е., 41
Прилуцкий А.А., 123
Прилуцкий А.И., 119, 123
Прилуцкий И.К., 119
Принцева А.А., 341
Пронин В.А., 38, 165
Пуфель В.С., 462
Пятаков Г.Л., 180

Р

Рагимова Т.А., 169
Рахманов Ю.А., 390
Розашвили В., 73
Романов М.А., 135
Романов В.А., 279
Рудометова Н.В., 276
Рябова Т.В., 156, 159

С

Сальникова М.С., 475
Самвелов А.В., 115
Самусевич К.Л., 215
Санкина Ю.Н., 153
Сатторова Н.А., 386
Севрюков А.Е., 439
Седойкин И.Е., 34
Семьина Г.А., 382
Сергеева И.Г., 429, 466, 482
Сергиенко О.И., 372, 375, 379, 390, 407, 413
Серяков А.В., 183, 188
Сигачева В.В., 98
Сидикова М.П., 272
Сидоренков П.М., 218
Силакова Л.В., 422, 425, 446, 462, 479
Скочихина Т.В., 420
Смазнова Е.С., 375
Смирнова Ю.А., 71, 90
Соболева П.В., 372
Соколова Е.В., 112
Соловей В.А., 3
Соловицкая А.А., 466
Сорокин С.А., 162
Степанов К.И., 30
Столповская И.В., 180
Струлев Ф.Ю., 101
Сулин А.Б., 150, 153, 156, 159, 177
Сундрякова. Е.А., 369
Супрунова И.А., 268, 303
Сухов Е.В., 23
Сучкова Е.П., 283, 296

Сысоева М.А., 331

Чирков А.А., 326

Т

Тазитдинов Р.Р., 205
Телепнев Н.И., 69
Темершин Д.Д., 333
Тепленичева А.С., 66
Тимашин Д.О., 146
Третьякова Е.А., 469
Трохов Е.С., 366
Трушникова А.А., 73
Тукмакова А.С., 193, 197
Туракевич К.В., 135

У

Укконен Т.И., 264
Ульянов Н.Б., 363, 386, 417
Уразлина Л.Н., 331
Усик Н.И., 472, 475

Ф

Федоров А.А., 262
Федоров А.В., 262
Феськов О.А., 135
Филькин Н.Ю., 142

Х

Хабибрахманова В.Р., 331
Хазамова М.А., 169
Хасанов А.Р., 258
Хлусова Е.И., 60, 64
Хмара Е.П., 360
Храмков А.А., 479

Ц

Цветков О.Б., 180
Цой А.П., 28
Цой Д.А., 28, 296
Цупка С.А., 76
Цхидумага К. Дуру, 336

Ч

Чеботарь А.В., 482
Черенова П.А., 341
Четвериков Ю.О., 4
Чечеткина А. Ю., 255

Ш

Шакиров Я.А., 218
Шакшин С.Л., 188
Шарова Н.Ю., 341
Шестакова Е.А., 229
Шестакова О.А., 139
Шорсткий И.А., 251

Щ

Щербаков А.В., 19
Щербакова Е.Н., 19

Ю

Юдин А.В., 226
Юльметова Р.Ф., 360
Юсупов Г.А., 87
Юша В.Л., 23, 142

Я

Яккола А.Н., 248
Ялунин М.Н., 439
Яшина Е.А., 60

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Булат С.А., Ежов В.Ф., Захаров А.А., Минкин Д.Ю., Соловей В.А., Четвериков Ю.О. ПОДГОТОВКА К НАУЧНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК В АНТАРКТИДЕ.....	3

Киру С.Д. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАРТОФЕЛЯ И ТОПИНАМБУРА В МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА.....	6

Щербаков А.В., Щербакова Е.Н., Кипрушкина Е.И. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ.....	19

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Юша В.Л., Сухов Е.В., Бусаров С.С. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАЗИИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ.....	23

Цой А.П., Бараненко А.В., Грановский А.С., Цой Д.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	28

Степанов К.И., Мухин Д.Г., Волкова О.В. ПЛАСТИНЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ В АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРАХ (АБТТ).....	30

Седойкин И.Е., Галимова Л.В. АНАЛИЗ ПРИЧИНО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИСИКАВЫ.....	34

Пронин В.А., Долговская О.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКРУББЕРОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА.....	38

Петин Ю.М., Гогонин И.И., Попов А.Е., Колесников Д.В., Любин А.А. АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ БИНАРНОЙ СТАНЦИИ БЭС – 2,5.....	42

Петров Е.Т., Опалихин А.Ф. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРУКТОХРАНИЛИЩ С РГС.....	48

Дзино А.А., Малинина О.С. О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АБСОРБЦИОННОГО РОМИСТОЛИТИЕВОГО ПОВЫШАЮЩЕГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	53

Данилов М.М., Иванова З.Н. ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛООБРАЗОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ВИНТОВОГО ДЕТАНДЕРА.....	56

НАДЕЖНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯБИОТЕХНОЛОГИЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХСИСТЕМ

Яшина Е.А., Зисман А.А., Золоторевский Н.Ю., Петров С.Н., Хлусова Е.И. АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ ПРИ ОТПУСКЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙМАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ EBSD-МЕТОДОМ.....	60

Хлусова Е.И., Пазилова У.А., Веретенникова Ю.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ХОЛОДНЫЙ ИЗГИБ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ И СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ.....	64

Тепленичева А.С., Калинин Г.Ю. МЕХАНИЗМ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ЛЕГИРОВАННОЙ АЗОТОМ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ.....	66

Телепнев Н.И., Перегудов А.А., Авезов У., Вологжанина С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ АРМАТУРЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ.....	69

Смирнова Ю.А., Андреев А.К., Перегудов А.А. ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАРБИДООБРАЗОВАНИЕ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ.....	71

Иголкина Е.В., Розашвили В., Трушникова А.А., Иголкин А.Ф. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 45ХН2МФА.....	73

Ермаков Б.С., Цупка С.А., Макеева Ю.К. ДЕФЕКТЫ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ КАК ПРИЧИНА УСКОРЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	76

Ермаков Б.С., Леметти Е.Л., Ганеева А.И., Бойкова А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛОМОВ ПОЛИАМИДОВ, РАЗРУШЕННЫХ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	80

Ермаков С.Б., Ларионова С.Ю. НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ.....	81
Ермаков Б.С., Дзусов Д.Б., Минкевич Д.А., Минкевич А.А. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХЛАДОСТОКОСТЬ СТЕКЛОПОЛНЕННОГО ПОЛИАМИДА.....	86
Болобов В.И., Юсупов Г.А., Ле Тхань Бинь О ПОВЫШЕНИИ ПРОЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ РЕЗЦОВ ИЗГОТОВЛЕНИЕМ ИХ КОРПУСА В ВИДЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	87
Андреев А.К., Смирнова Ю.А., Давлатов А.Н., Давлатова С.О. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОПЕРЛИТНОЙ СТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК.....	90
Мушникова С.Ю., Парменова О.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НЕРЖАВЕЮЩИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ.....	92
Зисман А.А., Новосколькоц Н.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ АУСТЕНИТА ПО ДИАГРАММЕ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ.....	96
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И УСТРОЙСТВ	
Сигачева В.В. НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ СТОЧНЫХ ВОД.....	98
Лазарев В.Л., Брусенцев А.А., Струлев Ф.Ю. МОДЕЛИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОГИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВА НА УЧАСТКЕ ТЕРМООБРАБОТКИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	101
Лазарев В.Л., Иванов В.Л., Жданова О.Л. НАХОЖДЕНИЕ ОЦЕНОК ЭНТРОПИЙНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	105
Балюбаш В.А., Пастухов А.С., Алёшичев С.Е. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ВРЕМЯ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ.....	109
КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СПГ	
Соколова Е.В., Баранов А.Ю. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНАБЖЕНИЯ КРИОХИРУРГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЖИДКИМ АЗОТОМ.....	112

Самвелов А.В., Баранов И.В., Баранов А.Ю., Пахомов О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКРИОГЕННОЙ СИСТЕМЫ СТИРЛИНГА ПРИ РАБОТЕ В НЕРАСЧЕТНЫХ РЕЖИМАХ.....	115
Молодов М.А., Маковеева А.С., Прилуцкий А.И., Прилуцкий И.К. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВЫПУСКНОМ ТРАКТЕ ПОРШНЕВЫХ ДЕТАНДЕРОВ.....	119
Маковеева А.С., Ганжа В.Ю., Прилуцкий А.И., Прилуцкий А.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УТЕЧЕК В СТУПЕНИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА ЧЕРЕЗ НЕПЛОТНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТОКА.....	123
Любимов А.Н. О РАСЧЕТЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И МОДЕРНИЗАЦИИ АММИАЧНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕССОРА ПОЗ. 105J ФИРМЫ HITACHI.....	127
Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М. РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПЕРЕД СЖИЖЕНИЕМ.....	131
Венгер К.П., Романов М.А., Туракевич К.В., Феськов О.А. КРИОГЕННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И ПОЖАРУТУШЕНИЯ.....	135
Баранов А.Ю., Шестакова О.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ WBC В ОДНОМЕСТНЫХ УСТАНОВКАХ.....	139

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Филькин Н.Ю., Юша В.Л., Евдокимов В.С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРОТКОГО ДИФфуЗОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДЯНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ.....	142
Тимашин Д.О., Емельянов А.Л. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	146
Сулин А.Б., Марченко А.С. ПРИЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	150
Санкина Ю.Н., Сулин А.Б. БИОТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГООБМЕНА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.....	153

Рябова Т.В., Сулин А.Б. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	156
Поддубный Р.А., Рябова Т.В., Сулин А.Б. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УРОВНЯ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА.....	159
Муравейников С.С., Сорокин С.А., Никитин А.А. РАЗРАБОТКА ВТРАИВАЕМОГО ВОЗДУШНОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	162
Миникаев А.Ф., Пронин В.А., Крапивко П.В. ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАЗОРОВ В РАБОЧИХ ОРГАНАХ ВИНТОВЫХ ОДНОРОТОРНЫХ КОМПРЕССОРАХ.....	165
Исмаилов Т.А., Рагимова Т.А., Хазамова М.А. ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИ В СТОМАТОЛОГИИ.....	169
Исмаилов Т.А., Кадирова Д.К., Евдулов О.В. КОНСТРУКЦИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИНТЕНСИФИКАТОРА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ.....	172
Давлатбекова Ш.Ф., Никитин А.А. ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕПЛОВОГО НАСОСА.....	174
Афанасьев С.М., Сулин А.Б. ЭФФЕКТ КОАНДА ДЛЯ ЗАДАЧ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	177

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛО- И ХЛАДОТЕХНИКИ

Цветков О.Б., Лаптев Ю.А., Кушнерев А.В., Галахова Н.А., Пятаков Г.Л., Столповская И.В. МОНРЕАЛЬСКИЙ ПРОТОКОЛ – ТРИДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ.....	180
Серяков А.В., Конькин А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ В ПАРОВОМ КАНАЛЕ КОРОТКИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ БОЛЬШИХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ.....	183
Серяков А.В., Шакшин С.Л., Алексеев А.П. ЦЕНТРИРОВАНИЕ МИКРОКАПЕЛЬ КОНДЕНСАТА В ПАРОВОМ КАНАЛЕ КОРОТКИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ БОЛЬШИХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ.....	188

Новотельнова А.В., Асач А.В., Тукмакова А.С., Ережеп Д., Курбаков К.А., Виноградский Д.В. ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОКРОВОЙ ТКАНИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СЕАНСА ОБЩЕЙ КРИОТЕРАПИИ.....	193
Новотельнова А.В., Асач А.В., Тукмакова А.С., Ережеп Д., Когай В., Гамова К. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ.....	197
Могорычный В.И., Должиков А.С. МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ РАБОЧИЕ ТЕЛА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ.....	201
Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А. АНАЛИЗ СВОЙСТВ БИНАРНОГО ЛЬДА.....	205
Кривонос П.И., Асач А.В., Новотельнова А.В., Москвичева М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРЦЕВЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ....	208
Габитов И.А. КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯМИ.....	211
Асач А.В., Исаченко Г.Н., Самусевич К.Л., Виноградский Д.В., Барабкин М.А. ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ LASER-FLASH МЕТОДОМ НА ОБРАЗЦАХ НЕСТАНДАРТНОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	215
Коченков Н.В., Шакиров Я.А., Сидоренков П.М., Александрова А.П. УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В КАНАЛАХ ЕГО ТРАНСПОРТИРОВКИ В СКВ.....	218
Евдулов О.В., Набиев Н.А. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСТАНОВКИ КРОВОТЕЧЕНИЯ.....	223
 ТЕХНИКА И ПРОЦЕССЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ	
Юдин А.В., Верболоз Е.И. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИВАН-ЧАЯ.....	226
Шестакова Е.А., Верболоз Е.И. ВЛИЯНИЕ НЕОДИМОВЫХ МАГНИТОВ НА РАСТВОРИМОСТЬ ФОСФАТИДОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОГОНОВ.....	229
Парамонова В.А., Пасхин И.С. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА «СУХОЙ ЖАР» ПАРОКОНВЕКТОМАТА UNOX....	233
Мешанинов А.В. МЕТАРЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	236

Валишев А.А., Кириллов В.В. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	240

Аксенова О.И., Алексеев Г.В., Карпачев Д.В., Кривоустов В.В. ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЬНЫХ ЭКСПАНДИРОВАННЫХ СНЕКОВ.....	244

Куприна Е.Э., Мануйлов А.Н., Никитина О.В., Яккола А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ХИТИНА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЫБНЫХ ФАРШЕЙ.....	248

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Шорсткий И.А., Кошевой Е.П. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ МАСЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	251

Чечеткина А. Ю., Забодалова Л. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕСИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯГКОГО СЫРА.....	255

Хасанов А.Р., Матвеева Н.А. РАЗРАБОТКА ИНОВАЦИОННОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА НООТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ РАССТРОЙСТВ ЛИМБИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	258

Федоров А.В., Новоселов А.Г., Волков С.М., Федоров А.А. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ.....	262

Укконен Т.И., Белозерова М.С. РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНОГО СЫРКА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕЛЕНА.....	264

Супрунова И.А. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	268

Сидикова М.П., Евстигнеева Т.Н. ВЫБОР СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ ЗЕРНОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С КАРТОФЕЛЬНОЙ КЛЕТЧАТКОЙ.....	272

Рудометова Н.В., Ким И.С., Иванова Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАКЦИИ ГИПЕРИЦИНА ИЗ ЗВЕРОБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО (HYPERICUMPERFORATUM L.).....	276

Романов В.А., Баракова Н.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОЛОДОВОГО ДИСТИЛЛЯТА...	279

Пак В.И., Доржиева Н.В., Сучкова Е.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЛАКОВОЙ ДОБАВКИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ.....	283
Никифорова Т.А., Губасова Т.Н. СТАБИЛИЗАЦИЯ ИМПОРТА НА РЫНКЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	287
Надточий Л.А., Оразов А.Ж. ОЦЕНКА ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРОДУКТА ПИТАНИЯ.....	290
Надточий Л.А., Кузнецова Д.В., Кирячева Е.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ СЕМЯНЧИА (SALVIANISPANICAL).....	293
Моисеев Н. Ю., Сучкова Е.П. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРОВ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СЫРНОЙ МАССЫ.....	296
Миронов М.А., Гоури М.А. МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ СОЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ.....	299
Медведева Д.А., Супрунова И.А. К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ МАРМЕЛАДНЫХ ПРОДУКТОВ В ДИЕТИЧЕСКОМ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ.....	303
Курганова Е.В., Арсеньева Т.П. ПОДБОР ФРУКТОВЫХ МИКСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ЩЕРБЕТА.....	307
Кулишов Б.А., Новоселов А.Г., Громцев А.С., Иващенко С.Ю. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ВЫПЕЧКИ.....	311
Крючкова К.В., Забодалова Л.А. ПОЛУЧЕНИЕ ЗЛАКОВОЙ ДИСПЕРСИИ И НАПИТКОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ.....	314
Ключко Н.Ю., Козлова Я.С. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ЯБЛОЧНОЙ ПАСТИЛЫ.....	317
Елисеева С.А., Котова Н.П., Дьякова А.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ.....	320
Бирзолова А.Ю., Кириллов В.В. СОСТАВ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА ВЕРБЛЮДА.....	323

Барбин Н.М., Чирков А.А., Барашкин М.И., Алексеев К.С. ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА РОСТ РЫБ.....	326

Белякова Т.Н., Забодалова Л.А. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОДУКТЫ С ОНКОПРОТЕКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	328

БИОТЕХНОЛОГИИ

Уразлина Л.Н., Хабибрахманова В.Р., Сысоева М.А., Ахмеджанов И.Д. ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЛИГНИНА НА НАКОПЛЕНИЕ МЕЛАНИНА КУЛЬТУРОЙ <i>INONOTUS OBLIQUUS</i>	331

Темершин Д.Д., Новоселов А.Г., Малахов Ю.Л., Гуляева Ю.Н. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАШИННО-АППАРАТУРНЫХ СХЕМ МИНИПИВОВАРЕН.....	333

Ковалева Е.Г., Цхидумага К. Дуру, Глухарева Т.В., Баракова Н.В. ЭКСТРАКЦИЯ И АНАЛИЗ ИЗОФЛАВОНОИДОВ СОЕВОЙ МЕЛАССЫ.....	336

Принцева А.А., Черенова П.А., Шарова Н.Ю. ВЫДЕЛЕНИЕ И СВОЙСТВА ИНВЕРТАЗЫ, СИНТЕЗИРУЕМОЙ ПРОДУЦЕНТОМ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ – МИКРОМИЦЕТОМ <i>ASPERGILLUS NIGER</i>	341

Мурашев С.В., Вержук В.Г., Ерастенкова М.В. БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЯГОД, ПОЛУЧЕННЫХ НА ВЕГЕТАТИВНЫХ ПОБЕГАХ, ПОСЛЕ ИХ ХРАНЕНИЯ В ПАРАХ ЖИДКОГО АЗОТА ПРИ -183...-185°C.....	344

Зипаев Д.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИВНОГО НАПИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОДА ИЗ ТРИТИКАЛЕ.....	348

Меледина Т.В., Давыденко С.Г., Аравина К.И. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ АЛКОГОЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАПИТКОВ.....	352

Меледина Т.В., Головинская О.В., Амирова Э.Р. ПРИМЕНЕНИЕ ЯМСА В РЕЦЕПТУРЕ РЖАНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	354

Коновалова Н.С., Данина М.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КСИЛИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА.....	356

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Хмара Е.П., Юльметова Р.Ф. МОНИТОРИНГ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВИАПЕРЕВОЗОК.....	360

Ульянов Н.Б., Денисенкова А.Д. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД В СТРАНАХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ.....	363
Трохов Е.С., Павлова А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕДРЁННОСТИ МЕТОДОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ.....	366
Сундрякова Е.А., Павлова А.С. АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА В ОРГАНИЗАЦИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ.....	369
Соболева П.В., Сергиенко О.И. АНАЛИЗ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЯХ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ.....	372
Смазнова Е.С., Сергиенко О.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ ЦИРКУЛЯРНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	375
Сергиенко О.И., Есева К.Д. РЕАЛИИ РОССИЙСКОГО РЫНКА ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	379
Семьина Г.А., Динкелакер Н.В. ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОСТОЯНИЯ ЖЕМЧУГОНОСНЫХ РЕК В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	382
Саторова Н.А., Ульянов Н.Б. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.....	386
Рахманов Ю.А., Никитенко П.С., Сергиенко О.И. УТИЛИЗАЦИЯ ЭКСЕРГИИ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ СИСТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕУТИЛИЗИРУЕМЫХ ОТХОДОВ.....	390
Мнускина О.Р., Клейменова М.Э., Овсяк Е.А. К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ФАРШЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ.....	393
Котова А.Д., Динкелакер Н.В., Петров А.С. ЭКОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	397
Зугаирова Е.Д., Динкелакер Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СКОРОСТНЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НА ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.....	401
Завьялова В.В., Динкелакер Н.В., Петрова О.В. ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА КЛЮЧЕВЫЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ.....	404

Грецова М.А., Сергиенко О.И. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НДТ.....	407
Вартминская А.О., Клейменова М.Э., Овсяук Е.А. К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБНОГО СЫРЬЯ.....	411
Булочникова Т.А., Сергиенко О.И. УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА.....	413
Артамонов П.Е., Ульянов Н.Б. ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	417
Агаханянц П.Ф., Скочихина Т.В. ОБРАЗОВАТЕЛЬ ОТХОДОВ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СУБЪЕКТ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА.....	420

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Апарина К.И., Силакова Л.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	422
Белолова Я.Н., Силакова Л.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	425
Дунаева Е.С., Лившиц Я.Ю., Сергеева И.Г. КОНСАЛТИНГОВЫЕ УСЛУГИ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	429
Елина Н.С., Биккулов А.С. АНАЛИЗ МОТИВАЦИОННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ НАЧИНАЮЩИХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ.....	432
Коваленко Б.Б. НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ: ОТ СТРАТЕГИИ К СТИМУЛИРОВАНИЮ РОСТА.....	435
Елина Н.С., Коренкова М.В., Иванов Н.А., Севрюков А.Е., Ялунин М.Н., Биккулов А.С. АНАЛИЗ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СТАРТАПОВ.....	439
Мишура Л.Г., Малакина П.И. ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	442

Морозова В.Н., Силакова Л.В. ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ СФЕРЫ.....	446
Мишура Л.Г., Подгородецкая Е.В. ВИДЫ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	450
Полещук С.М. ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СУБЪЕКТАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА.....	454
Полякова Ю.Д. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	458
Пуфель В.С., Силакова Л.В. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.....	462
Соловицкая А.А., Лившиц Я.Ю., Сергеева И.Г. СТРАТЕГИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.....	466
Третьякова Е.А., Мишура Л.Г. СИСТЕМА ОЦЕНОК И АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ.....	469
Усик Н.И., Василенок А.В. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЛОБАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПЛАНЕТЫ.....	472
Усик Н.И., Сальникова М.С. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К АУДИТУ СМК.....	475
Храмков А.А., Силакова Л.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЮДЖЕТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	479
Чеботарь А.В., Мишура Л.Г., Сергеева И.Г. ИНСТРУМЕНТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА.....	482
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	487

**VIII Международная
научно-техническая конференция**

**«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ
И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»**

(Санкт-Петербург, 15–17 ноября 2017 г.)

Материалы конференции

Научный редактор О.Б. Цветков

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати 27.10.2017

Заказ № 4060 от 27.10.2017

Тираж 50 экз.

Печатается в авторской редакции