



*В рамках
Фестиваля
науки
в Тамбовской
области*



ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК VIII

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Научное электронное издание
на компакт-диске*

**Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2016**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

**Сборник научных статей
молодых ученых, аспирантов и студентов**

Выпуск VIII

Информатика, вычислительная техника, информационные системы

Системный анализ и управление, приборы

Материаловедение, нанотехнологии, машиностроение

Биотехнология, биомедицинская инженерия

Технология продуктов питания

Процессы и аппараты химических и других технологий

Энергетика, энергосбережение

Архитектура и строительство, транспорт

Экономика, управление качеством продукции

Проблемы техногенной безопасности

*Научное электронное издание
комплексного распространения*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2016

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. С. И. Дворецкий (ответственный редактор);
д-р техн. наук, доц. М. В. Соколов (зам. ответственного редактора);
д-р техн. наук, проф. В. И. Леденев; д-р техн. наук, проф. В. В. Леденев;
д-р пед. наук, проф. Н. П. Пучков; д-р ист. наук, проф. А. А. Слезин;
д-р техн. наук, проф. Н. С. Попов; д-р техн. наук, проф. С. В. Пономарев;
д-р техн. наук, доц. П. В. Монастырев; д-р техн. наук, проф. О. С. Дмитриев;
д-р физ.-мат. наук, проф. Г. М. Куликов; д-р техн. наук, проф. В. Е. Подольский;
д-р техн. наук, проф. Ю. Ю. Громов; канд. техн. наук, доц. А. В. Майстренко;
д-р техн. наук, проф. Н. Ц. Гагапова; д-р техн. наук, проф. А. Г. Ткачев;
д-р техн. наук, проф. Д. М. Мордасов; д-р техн. наук, проф. Г. С. Баронин; М. А. Евсейчева

П78 **Проблемы** техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – Вып. VIII. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-диск 75,0 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1644-7

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития», а также молодых ученых, аспирантов и студентов по приоритетным научным направлениям университета: исследования в области естественных наук, технология продуктов питания; биотехнология, биомедицинская инженерия; энергетика, энергосбережение; радиотехника и связь; системный анализ и управление, приборы; проблемы техногенной безопасности; архитектура и строительство; материаловедение, нанотехнологии, машиностроение; процессы и аппараты химических и других технологий; информатика, вычислительная техника, информационные системы; экономика, управление качеством продукции.

Материалы могут быть полезны преподавателям, аспирантам, студентам-исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

ББК я43

Сборник подготовлен по материалам, предоставленным в электронном варианте, и сохраняет авторскую редакцию.

Все выпуски сборника размещены в Научной электронной библиотеке (РИНЦ) elibrary.ru

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-1643-0

ISBN 978-5-8265-1644-7 (вып. VIII)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2016

УДК 004.896

*К. А. Алтунин**

**ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ
И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ**

Задача выбора конструктивных и режимных параметров процесса резания является многоуровневой и делится на ряд подзадач. Это расчет режимов резания (скорость резания, подача, глубина резания, сила резания), нахождение оптимальной конструкции и геометрии режущего инструмента, определение для него материала режущей части, назначение типа и характеристик станка и многое другое. Некоторые из подобных подзадач не имеют четкого алгоритма решения. Помочь решить подобные сложно формализуемые задачи призвано создание модели представления знаний для исследуемой предметной области.

Перспективной формой представления знаний являются фреймы, благодаря своей универсальности и гибкости [1]. Фреймом называется структура для описания стереотипной ситуации, состоящая из характеристик этой ситуации и их значений. Характеристики называются слотами, а значения – заполнителями слотов. Совокупность фреймов, моделирующая какую-нибудь предметную область, представляет собой иерархическую структуру, в которую соединяются фреймы.

Фрейм можно представить в виде класса, атрибуты которого играют роль слотов. Каждый из этих классов можно разделить на подклассы. Их атрибуты будут варьироваться в зависимости от конкретного процесса резания.

В интеллектуальных информационных системах знания хранятся в специальном программном блоке, называемом базой знаний. База знаний содержит факты и правила, по которым в зависимости от входной информации принимается то или иное решение. Правильно выбранная и четко сформулированная модель представления знаний является основой базы знаний.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

База знаний процессов механической обработки материалов содержит:

- информацию о технологическом оборудовании (станках), используемом при механической обработке детали;
- информацию об условиях обработки (жесткость системы станок–приспособление–инструмент–деталь, непрерывность резания и т.д.);
- сведения о режущем инструменте (его вид, тип, материал);
- режимные параметры, такие как скорость резания, подача, глубина резания, сила резания;
- параметры детали и требования к ее изготовлению;
- информацию о способе получения заготовки;
- информацию о способе закрепления заготовки в приспособлении.

Предлагается структура фреймовой модели представления знаний для процессов механической обработки материалов, показанная на рис. 1 в нотации UML. Она состоит из единой системы связанных между собой фреймов, которые имеют иерархическую структуру. На вершине иерархии находится класс «Процесс механической обработки», определяющий вид механической обработки (точение, фрезерование, сверление и т.д.). В качестве атрибута выбран код технологической операции, согласно единой системе технологической документации.

В базе знаний представлены структуры фреймов «Станок», «Условия обработки», «Режущий инструмент», «Режимы резания», «Деталь», «Заготовка», «Приспособление». Каждый из этих классов можно разделить на подклассы.

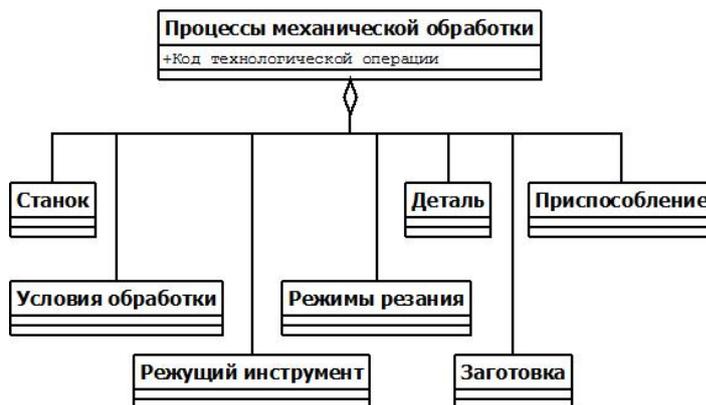


Рис. 1. Структура фреймовой модели представления знаний для процессов механической обработки материалов

Их атрибуты будут варьироваться в зависимости от конкретного процесса резания. Рассмотрим их создание на примере токарной обработки основных металлов и сплавов, используемых в промышленности.

Структура фреймовой модели базы знаний наружной токарной обработки ступенчатых валов показана на рис. 2 в нотации UML. На вершине иерархии находится класс «Процесс механической обработки», определяющий вид механической обработки (точение, фрезерование, сверление и т.д.). В качестве атрибута выбран код технологической операции, согласно единой системе технологической документации. Так как в данном примере рассматривается конкретный процесс резания, фреймы «Станок» и «Режущий инструмент» заменены их подклассами «Токарно-винторезный станок» и «Токарный резец». Фреймы-экземпляры дополнены слотами, которые они наследуют от фреймов, стоящих выше в иерархии. Значения по умолчанию для этих слотов являются базовыми для данных фреймов.

Выбор значений слотов осуществляется в соответствии с производственными правилами. В настоящее время база знаний содержит более 90 правил, с помощью которых могут быть сформированы оптимальные конструктивные параметры процесса резания в зависимости от конкретных исходных данных.

Разработанная модель представления знания для процессов механической обработки материалов и созданная на ее основе база знаний могут быть использованы для создания информационных систем выбора конструктивных и режимных параметров процесса резания. Так в работах [2, 3] база знаний используется в качестве основы информационного обеспечения разрабатываемых систем.

Список литературы

1. *Минский, М.* Фреймы для представления знаний / М. Минский ; пер. с англ. – М. : Энергия, 1979. – 152 с.
2. *Алтунин, К. А.* Разработка системы поддержки принятия решений выбора режимных и конструктивных параметров токарной обработки / К. А. Алтунин, М. В. Соколов. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2016. – 132 с.
3. *Алтунин, К. А.* Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / К. А. Алтунин, М. В. Соколов. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2015. – 112 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Измерительная система (ИС) предназначена для определения значений теплопроводности пластмасс, стекол, низкотеплопроводной керамики, полупроводников.

В состав ИС входят: измеритель теплопроводности; РС-совместимая плата АЦП/ЦАП; блок питания и регулирования; блок аппаратной защиты и коммутации; персональный компьютер. Измеритель состоит из теплового блока, блока питания и регулирования. Обеспечиваются режим монотонного разогрева со средней скоростью 0,1 К/с и адиабатические условия в зоне измерений. Замена узла измерительной ячейки позволяет определять также теплоемкость материалов [1, 2].

Для градуировки ИС при помощи программного обеспечения (ПО) организуются две серии из пяти экспериментов, например, с образцом из плавленного кварца и с образцом из меди.

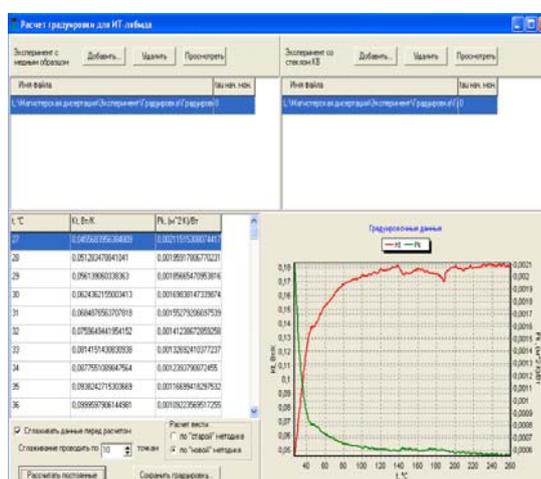


Рис. 1. Интерфейс программы для градуировки ИС

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф., зав. каф. ЭПит ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. П. Жукова.

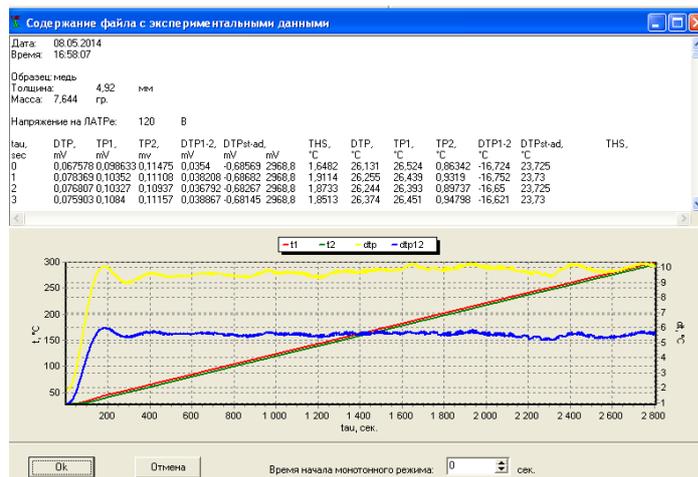


Рис. 2. Интерфейс диалогового окна для градуировки ИС

ПО создано в среде программирования Borland® Delphi® 7 для платформы Microsoft® Windows® x86. Интерфейс диалогового окна просмотра файла с результатами представлен на рис. 2. Отображаются: поле просмотра содержания файла; графики зависимостей перепадов значений температуры на образце и тепломере от времени, зависимости температуры контактной пластины и стержня от времени; поле ввода времени начала монотонного режима.

Перед началом расчета градуировочных параметров обрабатывают данные, убирая из них случайные погрешности путем сглаживания по методу скользящего среднего. Выводится таблица результатов расчета, а в графическом построителе строятся графики зависимостей градуировочных параметров от температуры.

Примеры реализации градуировочных экспериментов при исследованиях температурных зависимостей теплофизических свойств ряда материалов представлены в работе [2].

Модернизация измерителя позволила автоматизировать процессы измерений и фиксировать теплопроводность и теплоемкость материалов не через каждые 25 градусов, а через любые интервалы значений температуры (или времени), определяемые программно.

Рабочий экран программного обеспечения (ПО) разделен двумя вкладками «Настройки» и «Измерение» (рис. 3).

Во вкладке «Настройки» вводятся: наименование материала исследуемого образца, его масса, толщина образца; выставляется напряжение. Также указывается значение интервала времени, через который опрашиваются каналы АЦП и записываются значения их сигналов.

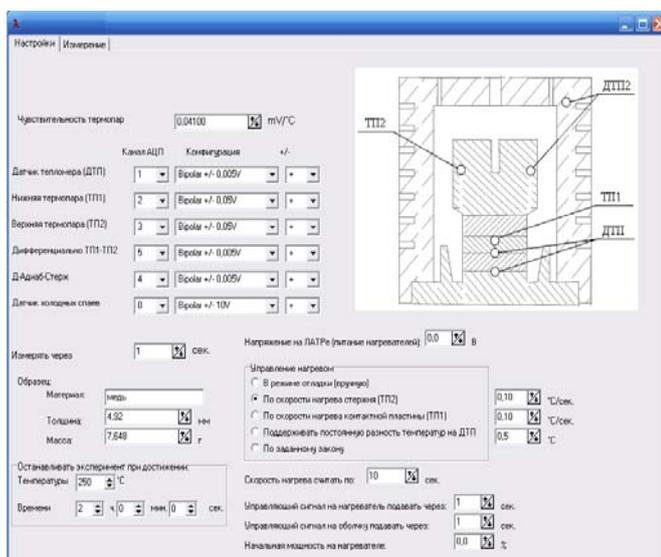


Рис. 3. Интерфейс программы для получения экспериментальных данных, вкладка «Настройки»

Вкладка «Измерение». Фиксируются и выводятся значения времени, прошедшего с начала эксперимента, и показания счетчика числа совершенных измерений. Для удобства контроля эксперимента в интерфейс ПО встроен основной графический построитель, в котором выводятся графики данных, поступающих с термопар (ТП) системы.

В графическом построителе могут выводиться как все данные, так и данные за последний интервал времени, который задается. Компенсация температуры холодных спаев термопар производится ПО.

На панели «Мощность» находятся элементы управления нагревателями ИС, включающие в себя: два индикатора уровня мощности (в %); два ручных ползунковых регулятора мощности; два поля для ввода/вывода уровня мощности в виде 12-bit кода; переключатель автоматического/ручного режима управления оболочкой ИС. По завершении эксперимента, полученные результаты можно сохранить, вызвав диалог сохранения файла нажатием кнопки «Сохранить результаты в файл». Данные сохраняются в виде таблицы.

Примеры реализации работоспособности ИС, а именно, исследования температурных зависимостей теплопроводности эпоксидов, полипропилена и композитов на их основе детально представлены в работе [3, 4].

Список литературы

1. *Измерительно-вычислительная система для регистрации температурных зависимостей теплопроводности и теплоемкости материалов* / Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, В. И. Ляшков, С. В. Балашов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2001. – Т. 67, № 8. – С. 35.
2. *Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков* / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, В. С. Осипчик и др. // Пластические массы. – 2014. – № 9–10. – С. 35–37.
3. *Температурные зависимости теплопроводности композитов на основе полипропилена с углеродными нановолокнами* / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, С. Н. Мочалин, Т. П. Кравченко, Д. Ю. Шитов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 548–552.
4. *Investigation of the temperature dependences of the thermal conductivity of epoxy carbon-fibre-reinforced plastics* / N. F. Mainikova, S. S. Nikulin, V. S. Osipchik, T. P. Kravchenko, O. I. Kladovshchikova, Hoang Nguen Le, N. V. Kostromina // International Polymer Science and Technology. – 2015. – Т. 42, № 11. – P. 35–38.

*Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 620.1.05

*А. В. Гришин, О. А. Медведева, О. Н. Попов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИОЛЕФИНОВ

При разработке и применении новых композиционных материалов обязательным является изучение их теплофизических свойств (ТФС), которые являются важнейшими характеристиками. Количественные расчеты тепловых и температурных полей реальных тел возможны только тогда, когда известны конкретные значения ТФС материалов этих тел.

Так, например, для создания теплопроводящих композитов в качестве наполнителей для полимерной матрицы из полипропилена (ПП) используются многостенные углеродные нанотрубки (УНТ) и углеродные волокна. Анализ результатов исследования теплопроводности ком-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

позитов на основе ПП и углеродных наполнителей, выполненный авторами работы [1], позволяет сделать вывод, что наибольшей теплопроводностью обладают композиты на основе ПП, наполненные углеродным волокном с добавлением 10% масс углеродных нанотрубок. Степень наполнения углеродными материалами полимерных композитов должна составлять не менее 20% масс. Так как теплопроводность композиционного материала закономерно возрастает при повышении степени наполнения УНТ, то увеличение теплопроводности композита может быть также достигнуто за счет минимизации теплового сопротивления вдоль направления потока теплоты и формирования в композите теплопроводящего кластера, который реализуется при такой объемной доле наполнителя, которая выше порога перколяции [1].

В случае изготовления и применения деталей из полиолефинов, теплозащитные свойства которых не должны снижаться, применяют композиционные материалы с меньшим количеством (до 1% масс) наполнителя в виде УНТ.

Известны работы, в которых исследованы свойства и получены оптимальные составы композиционных материалов на основе полипропилена и полиэтилена (ПЭ) с 0,1 – 1 % масс УНТ в качестве наполнителя.

За счет проявления размерных эффектов, которые влияют на электронные, термические, механические, электрические и другие свойства наполнителя и сказываются на свойствах материалов, получены композиты с повышенной жесткостью, прочностью при растяжении. Заметное улучшение перечисленных свойств достигается меньшими по сравнению с другими наполнителями концентрациями вводимых УНТ. Введение малых количеств УНТ существенно влияет на степень кристалличности полимера. Этот факт связан с тем, что часть полимера, перешедшего в адсорбционный слой вблизи поверхности УНТ, участвует в кристаллизации. Очевидно, это также связано с тем, что УНТ являются центрами зародышеобразования. Можно предположить, что происходит структурообразование прилегающих к поверхности УНТ слоев полимера. Кроме того, видимо, меняется характер взаимодействия на границе раздела фаз при сохранении достаточной сегментальной подвижности молекул полимера [2].

В данной работе представлены результаты исследования температурных зависимостей теплопроводности ПП и ПЭ, содержащих 0,1 – 0,5% масс УНТ.

Теплофизические измерения проводили на измерительной системе (ИС), разработанной после существенной перестройки измерителя ИТ-400.

В состав ИС входят: измеритель теплопроводности; РСІ-совместимая плата АЦП/ЦАП; блок питания и регулирования; блок аппаратной защиты и коммутации; персональный компьютер. Измеритель

состоит из теплового блока, блока питания и регулирования. Обеспечиваются режим монотонного разогрева со средней скоростью 0,1 К/с и адиабатические условия в зоне измерений. Замена узла измерительной ячейки позволяет определять также теплоемкость материалов [1, 2].

ИС позволяет в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через программно определяемые интервалы времени или температуры. Для определения теплопроводности в измерительной системе используется метод динамического λ -калориметра. Методика эксперимента, устройство и измерительная схема измерительной системы представлены в работах [3, 4].

Использованы УНТ, полученные на катализаторе Co+Mo/MgO по методу, представленному в работе [2]. Удельная поверхность наполнителя – 1308 м²/г. Совместно с УНТ в расплав полимерной матрицы вводили модификатор – олигооксипропиленгликоль в количестве 1% масс.

Предварительное компаундирование компонентов осуществляли в смесителе с ультразвуковым диспергатором МОД МЭФ-91. Смешение компонентов производили в двухшнековом экструдере.

Для градуировки ИС при помощи программного обеспечения организованы две серии из пяти экспериментов, например, с образцом из плавленого кварца и с образцом из меди.

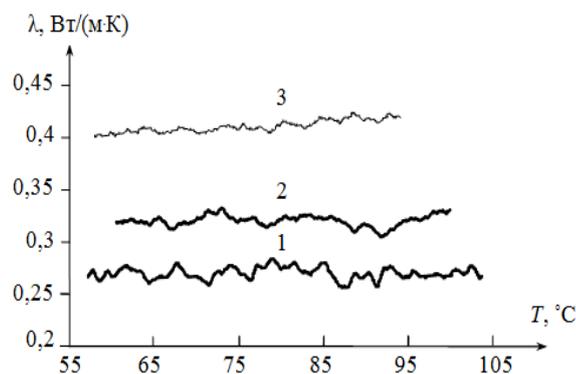
Перед началом расчета градуировочных параметров обработаны данные, убраны из них случайные погрешности путем сглаживания по методу скользящего среднего. Выведена таблица результатов расчета, а в графическом построителе получены графики зависимостей градуировочных параметров от температуры.

Примеры реализации градуировочных экспериментов при исследованиях температурных зависимостей теплофизических свойств ряда материалов представлены в работе [3].

На рисунке представлены температурные зависимости теплопроводности полипропилена (1), полиприпилена с 0,1% масс УНТ (2) и полиэтилена с 0,5% масс УНТ (3). Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение исходного полипропилена марки 01030 углеродными нанотрубками несколько повышает теплопроводность композита во всем исследуемом интервале значений температуры, фактически не меняя характера зависимости. Повышение физико-механических свойств исходного материала путем введения УНТ оказалось эффективным и для матрицы на основе ПЭ.

Теплопроводность композита на основе полиэтилена марки 158–13–020, наполненного углеродными наполнителями, повышается незначительно: с $\lambda = 0,31...0,33$ Вт/(м·К) для исходного ПЭ до $\lambda = 0,4...0,42$ Вт/(м·К) для наполненного.



Температурные зависимости теплопроводности ПП (1), ПП с 0,1% масс УНТ (2) и ПЭ с 0,5% масс УНТ (3)

Полученные данные свидетельствуют о том, что при введении указанных выше количеств УНТ в состав ПП и ПЭ теплозащитные свойства композитов не ухудшаются. Причиной этого могут быть: способность УНТ поглощать газообразные и жидкие вещества; неравномерное распределение нанотрубок в полимерной матрице. Можно также констатировать, что задача создания методов распределения углеродных нанонаполнителей в полимерных матрицах в настоящее время остается актуальной. Применение, например, ультразвуковой обработки существенно улучшает диспергирование УНТ в полимерах.

Свойства полимерных композиционных материалов, содержащих нанонаполнители, могут быть также усилены за счет применения дополнительных манипуляций с УНТ.

Список литературы

1. *Исследование* физико-механических и теплофизических свойств теплопроводящих композитов на основе полипропилена / С. Д. Калошкин, А. А. Степашкин, И. А. Ильиных, Ф. С. Сенатов, В. В. Чердынцев, Д. В. Кузнецов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6. – С. 35 – 43.
2. *Раков, Э. Г.* Углеродные трубки в новых материалах / Э. Г. Раков // *Успехи химии*. – 2013. – Т. 82, № 1. – С. 27 – 47.
3. *Температурные зависимости* теплопроводности композитов на основе полипропилена с углеродными нановолокнами / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, С. Н. Мочалин, Т. П. Кравченко, Д. Ю. Шитов //

4. *Investigation of the temperature dependences of the thermal conductivity of epoxy carbon-fibre-reinforced plastics* / N. F. Mainikova, S. S. Nikulin, V. S. Osipchik, T. P. Kravchenko, O. I. Kladovshchikova, Hoang Nguen Le, N. V. Kostromina // *International Polymer Science and Technology*. – 2015. – V. 42, № 11. – P. 35 – 38.

*Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 620.1.05

*А. Ю. Ярмизина, В. Д. Попов, О. Н. Попов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Среди известных методов теплового контроля следует выделить контактные методы неразрушающего контроля (НК), использующие модель плоского полупространства при регуляризации тепловых режимов в локальной области исследуемого объекта [1].

Получены расчетные зависимости для теплового НК покрытий на металлических основаниях при использовании измерительного зонда (ИЗ) с круглым плоским нагревателем постоянной мощности.

Тепловая схема метода представлена на рис. 1. На поверхности двухслойного тела расположен нагреватель постоянной мощности

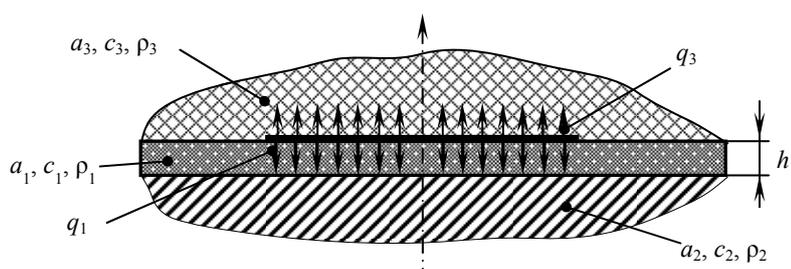


Рис. 1. Тепловая схема

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

в виде тонкого диска радиусом R_n , встроенного в подложку ИЗ с теплофизическими свойствами λ_3, c_3, ρ_3 . Через нагреватель в материал подается тепловой поток постоянной мощности q_1 . Первый слой – полимерный с теплофизическими свойствами λ_1, c_1, ρ_1 ; второй – металлический с теплофизическими свойствами λ_2, c_2, ρ_2 . Толщина первого слоя – h_1 , второго – h_2 .

Математически задача распределения тепла в рассматриваемой системе (рис. 2) может быть записана в виде прямой задачи теплопроводности [1, 2].

Решение имеет вид [1, 2]

$$T_1(0, \tau) = \frac{2q}{\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{\tau}}{\varepsilon_2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2}\right) \frac{qh_1}{\lambda_1}. \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой линейную зависимость вида:

$$T(0, \tau) = b_1 \sqrt{\tau} + b_0, \quad (2)$$

где

$$b_1 = \frac{2q}{\sqrt{\pi\varepsilon_2}}.$$

Объект исследования – двухслойное тело, первый слой которого низкотеплопроводный, а второй – высокотеплопроводный, т.е. $\lambda_1 \ll \lambda_2$, тогда $\varepsilon_1 \ll \varepsilon_2$.

Следовательно,

$$b_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2}\right) \frac{qh_1}{\lambda_1} \approx \frac{qh_1}{\lambda_1}. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что

$$\lambda_1 = \frac{h_1 b_0}{q}. \quad (4)$$

Из выражений (3 и 4), зная h_1 , можно определить λ_1 при реализации одномерного распространения тепла и режима регуляризации.

Измерительная схема метода представлена на рис. 3.

Длина и ширина изделия: L_1 и L_2 . Подложка ИЗ выполнена из Рипора – хорошего теплоизолятора, что обеспечивает реализацию адиабата-

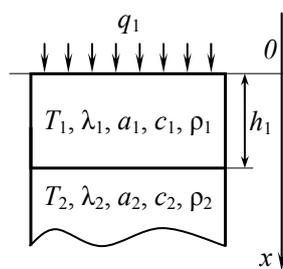


Рис. 2. Схема системы, состоящей из ограниченного и полуограниченного тел

тического режима нагрева. В месте соприкосновения поверхностей тел с нагревателем осуществляется идеальный тепловой контакт. Воздействие на исследуемое тело осуществляется с помощью нагревателя R_n . Температура в точках контроля измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей (ТП1) и (ТП2). Метод неразрушающего определения теплопроводности реализован с помощью разработанной измерительной системы на примере НК акрилатного покрытия на металлическом основании [3].

В момент времени, соответствующий началу активной стадии эксперимента, на нагреватель подают постоянную электрическую мощность, что позволяет задать постоянную во времени величину теплового потока q . В ходе эксперимента фиксируется термограмма – зависимость значений температуры (T) в точках контроля от времени.

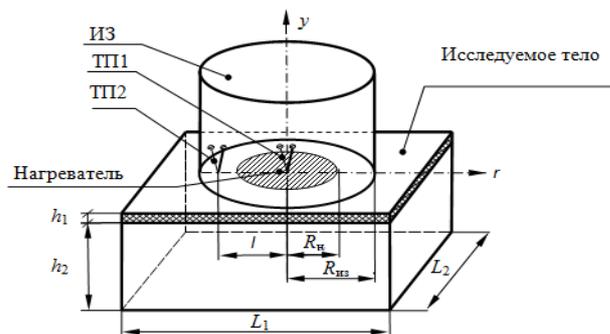


Рис. 3. Измерительная схема

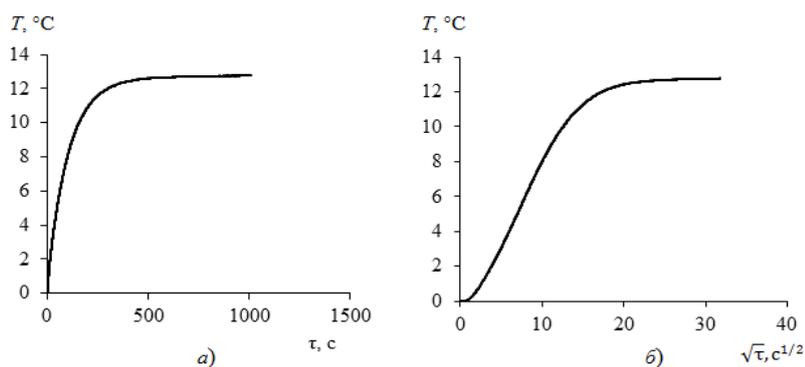


Рис. 4. Термограмма (а) и зависимость $T_1 = f(\sqrt{\tau})$ (б)

Результаты экспериментов

№ опыта	$h_{1и}, м$	$\lambda_{1и},$ Вт/(м·К)	b_0	$\lambda_1,$ Вт/(м·К)	$\delta = \left \frac{\lambda_{1и} - \lambda_1}{\lambda_{1и}} \right 100\%$
1	0,00049	0,1	49,9677	0,096	4
2	0,00005	0,1	51,0201	0,096	4
3	0,00052	0,1	53,1249	0,095	5
4	0,00054	0,1	55,2298	0,095	5

Здесь $h_{1и}$ – толщина покрытия, измеренная с помощью микрометра.

Испытаниям подвергали четыре изделия с различными толщинами покрытий (таблица), измеренными микрометром.

Режимные характеристики: теплопроводность материала покрытия – 0,1 Вт/(м·К); временной шаг измерения температуры – 0,25 с; радиус нагревателя – 0,004 м; время проведения экспериментов 900 с; мощность теплового воздействия на нагревателе – 9753 Вт/м².

На основании снятых термограмм определены коэффициенты математической модели b_0 для четырех опытов (таблица). Проведена линия тренда. По b_{0i} (где $i = 1 \dots 4$) построена зависимость $b_0 = f(h_{1и})$.

Построен график зависимости $\lambda_1 = f(b_0)$. Определены значения λ_1 по зависимости (4). Результаты экспериментов (таблица) подтверждают работоспособность метода НК теплопроводности полимерных покрытий на изделиях из металла.

Список литературы

1. *Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий* / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23). – С. 93 – 99.
2. *Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов* / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.
3. *Жуков, Н. П.* Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – М. : Издательство Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

*Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

**МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ КОЛЛОКАЦИЙ
ТЕРМОВ В ТЕКСТАХ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ
АЛГОРИТМОВ**

Анализ текстовой информации является важнейшей отраслью современной ИТ-индустрии. Выявление скрытых семантических структур позволяет не только качественнее осуществлять информационный поиск, кластеризацию и классификацию текстовых коллекций, но и более эффективно проектировать архитектуру программных компонентов искусственного интеллекта в рамках группы ИТ-технологий *Big Data*.

Подход, основанный на частотной оценке термов, на данный момент, является важнейшим атрибутом систем анализа текстовой информации. Вместе с тем, все чаще в литературе [1] встречается концепция дополнения частотной векторно-пространственной модели текстовых документов оценкой семантической значимости коллокаций – наборов термов с заданным взаимным расположением.

Одним из направлений развития исследований коллокаций стали так называемые нечеткие коллокации [2]. Они представляют собой группы термов, расстояние между которыми формализуется посредством функции принадлежности. Под расстоянием между термами в коллокации понимается число слов в тексте между ними. Классический взгляд на коллокации предполагает, что термы ее составляющие появляются непосредственно рядом друг с другом.

Вместе с тем, было отмечено [3], что наличие некоторого количества термов между формирующими коллокацию не приводит к обязательной утрате семантической значимости последней. Таким образом, возникли следующие вопросы:

- какой диапазон расстояний считать приемлемым;
- меняется ли семантическая значимость с изменением расстояния в рамках выбранного диапазона?

Ответом стал подход, формализующий расстояние с помощью функции принадлежности. Естественность этого подхода заключается в том, что, по сути, мы задаем конкретное расстояние между термами,

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, ст. преподавателя ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. В. Полякова.

но формализуем его посредством нечеткого числа. Форма нечеткого числа и определяет как диапазон допустимых значений расстояний между терминами, так и колебания семантической значимости в зависимости от изменения расстояния между терминами.

Исследование нечетких коллокаций позволило построить обобщенную векторно-пространственную модель текстовой коллекции [4]. Показано, что в рамках этой модели текстовые документы могут быть формализованы векторами, элементами которых являются как частотные характеристики термов, так и их аналоги для нечетких коллокаций. При определенных параметрах элементы, соответствующие термам, принимали классический вид *tf-idf*. Данная оценка семантической значимости является стандартной и зарекомендовала себя, как отмечается в литературе [1, 4], частотной характеристикой термов.

При *SVD*-разложении матрицы, формализующей текстовую коллекцию и состоящей из значений *tf-idf* для термов и ее аналогов для коллокаций, нормированные значения сингулярных чисел представляют собой оценку семантической значимости каждого объекта. Этот подход позволяет сравнивать семантическую значимость коллокаций и термов, что повышает адекватность предлагаемой оценки.

Был разработан метод выявления нечетких коллокаций с треугольными и трапециевидными нечеткими числами для формализации расстояния. Вследствие чего спроектирован и поставлен вычислительный эксперимент.

Для проведения эксперимента была выбрана текстовая коллекция, состоящая из подборки номеров Журнала «Радио» (Издательство журнала «Радио») за период с 1949 по 1994 года. Объем исследуемой текстовой коллекции составил 453 документа, включающих в себя 13012 термина. Важно отметить, что под терминами здесь понимаются лемманизированные, т.е. приведенные к единой форме слова.

В результате были получены коллокации, представленные в табл. 1.

Важно отметить, что выражения, представленные в столбце «Функция» данной таблицы, отражают лишь непараллельную оси абсцисс часть функции принадлежности. Так, если обозначить эту часть $f(x)$, соответствующая ей функция принадлежности будет иметь вид:

$$\mu(x) = \max\{0, \min\{1, f(x)\}\}.$$

Важно отметить, что выявленные в ходе вычислительных экспериментов семантически значимые коллокации не являются побочным эффектом семантической значимости термов. Так, выявленные в том же вычислительном эксперименте семантически значимые термы представлены в табл. 2.

1. Выявленные в ходе вычислительного эксперимента коллокации с наибольшей семантической важностью

Терм 1	Терм 2	Функция	Значение нормированного сингулярного числа ($\cdot 10^{-6}$)
Программа	Символ	$-0,167x + 1,667$	2,602
Работа	Датчик	$-0,25x + 2,25$	2,319
Программа	Системный	$-0,143x + 1,29$	2,062
Работа	Командир	$-0,143x + 1,286$	1,857
Транзистор	Испытывать	$-0,167x + 1,667$	1,455
Система	Информационный	$-0,143x + 1,429$	1,290
Связь	Документ	$-0,125x + 1,25$	1,263

2. Выявленные в ходе вычислительного эксперимента термины с наибольшей семантической важностью

Терм	Значение нормированного сингулярного числа ($\cdot 10^{-4}$)
Автоматизировать	6,238
Аппаратура	3,393
База	2,327
Блок	1,835
Бюрократ	1,333
Военный	1,252

Как видно из представленной таблицы, термины с наибольшими значениями оценок семантической значимости не входят в аналогичную группу коллокаций. Это позволяет говорить о наличии нечетких коллокаций, как семантических факторов текстового документа.

К недостаткам данного вычислительного эксперимента относится существенное ограничение на вид функций принадлежности. Они в постановке данного эксперимента могли иметь вид только линейного сплайна.

Вместе с тем, нет никаких оснований считать, что аппроксимация функции принадлежности линейным сплайном дает нечеткие коллокации с наибольшей семантической значимостью.

Таким образом, возникает важнейшая задача уточнить вид функций принадлежности и, тем самым, повысить семантическую значимость выявленных нечетких коллокаций.

Из-за крайне сложного вида функции полезности (*Fitness*) и невозможности полного перебора на множестве функций для решения поставленной задачи в качестве метода оптимизации были выбраны генетические алгоритмы.

Вместе с тем, кроме сложного вида *Fitness* в рассматриваемой задаче отличается высокой вычислительной сложностью (пройти по всем текстам и осуществить *SVD*-разложение). С другой стороны, возможно одновременное вычисление данной функции у числа нечетких коллокаций, сопоставимого с количеством документов. Это означает, что необходимо выбрать генетический алгоритм, сходящийся на рассматриваемом семействе задач за наименьшее число поколений.

Заметим, что функция, к которой стремится популяция хромосом генетического алгоритма, уже существует и чем ближе наилучшее решение некоторого поколения к оптимальной функции, тем выше значение *Fitness*.

Это означает, что если рассмотреть аналогичное семейство задач, но с простым вычислением *Fitness*, это позволит провести вычислительные эксперименты и выявить вид генетического алгоритма, решающего задачу оптимизации функции принадлежности нечеткой коллокации в среднем за наименьшее число поколений.

Список литературы

1. *Иванова, О. Г.* Кластеризация текстовых коллекций на основе нечеткого описания коллокаций / О. Г. Иванова и [др.] // Информация и безопасность. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. – 2011. – № 3. – С. 459 – 462.
2. *Поляков, Д. В.* Определение пертинентности результатов запроса с использованием нечеткой логики / Д. В. Поляков и [др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 3. – С. 29 – 33.
3. *Поляков, Д. В.* Формализация информационной потребности пользователя на основе нечеткой логики / Д. В. Поляков и [др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 3 – С. 47 – 50.
4. *Поляков, Д. В.* Оценка семантической значимости нечетких коллокаций на основе обобщенной векторно-пространственной модели текстовой коллекции / Д. В. Поляков и [др.] // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. – 2016. – № 1(33). – С. 167 – 183.

Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

**К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ТРАЕКТОРИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ОСНОВЕ
КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА**

На сегодняшний день одной из наиболее проверенных моделей развития мировой экономики является волновая теория Н. Д. Кондратьева [1]. В ее основе лежит идея смены технологических укладов и рассмотрение научно-технического прогресса как базовой составляющей экономического роста. Волновая теория экономического развития прогнозирует в ближайшем будущем формирование шестого экономического уклада и, как следствие, появление огромного числа новых профессий и исчезновения некоторого количества старых.

Вместе с тем, кризисные явления, характерные в последние годы для Российской Федерации, также сокращают горизонт планирования хозяйствующих субъектов.

Все это напрямую свидетельствует об актуальности повышения гибкости системы образования, необходимости сокращения горизонта планирования образовательного процесса, а также росте спроса на услуги повышения квалификации и профессиональную переподготовку.

Одним из решений, позволяющих ответить на вышеозначенные вызовы системе образования, являются адаптивные информационные системы сопровождения индивидуальной образовательной траектории на основе компетентностно-ориентированного подхода. Специфика данного решения (информационная система) предоставляет возможность осуществлять существенную часть профессиональной переподготовки или повышения квалификации в свободное время, т.е. без отрыва от производственной деятельности, что, безусловно, делает данные образовательные мероприятия более доступными. С другой стороны, адаптивность системы к индивидуальной образовательной траектории позволит повысить скорость освоения учебного материала каждым конкретным обучающимся независимо друг от друга.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, ст. преподавателя ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. В. Полякова.

Решение последней задачи нетривиально, так как текущее состояние освоения материала довольно сложно оценить.

В данной работе предлагается компетентностно-ориентированный подход для построения индивидуальной образовательной траектории в рамках диалога с автоматизированной информационной системой. Использование компетенций для оценки анализа освоения учебного материала является известным и хорошо зарекомендовавшим себя подходом.

Рассмотрим математическую модель, позволяющую формировать комплекты заданий на основе глубины освоения компетенций. Пусть Z – множество загруженных в информационную систему задач по некоторой учебной дисциплине, а семейство множеств $A_i, i = \overline{1, N}$ – множество задач, непосредственно связанных с освоением i -го компонента компетенции рассматриваемой дисциплины. Тогда

$$Z = \bigcup_{i=1}^N A_i, \quad (1)$$

где N – это количество всех компонентов компетенций, подлежащих освоению в рамках обучения рассматриваемой дисциплины.

Отметим, что модель строится в перспективе взаимодействия конкретного студента с информационной системой в рамках некоторой фиксированной дисциплины. Поэтому отсутствует необходимость формализовывать данные объекты в рамках разрабатываемой математической модели. Более того, так как каждая дисциплина содержит уникальный набор компетенций, которые должны быть освоены обучающимся, то вводить их в модель не представляется необходимым. Достаточно пронумеровать их компоненты и задать суммарное количество последних – N .

Примем, без ограничения общности, что обучающемуся в рамках некоторой дисциплины в определенный момент времени сопоставлено множество компонентов компетенций, которые должны быть освоены, $C = \{k \in \overline{1, N} \mid \text{компетенция } k \text{ должна быть освоена обучающимся}\}$.

Пусть R – множество задач, которые решались обучающимся, а F – те из них, который были решены верно. При этом $F \subset R \subset Z$.

Тогда степень освоения k -го компонента компетенции (S_k) естественно вычислить по формуле

$$S_k = f_k / r_k, \quad (2)$$

где $f_k = |F \cap A_k|$, $r_k = |R \cap A_k|$.

Знание текущих степеней освоения компонентов компетенций множества S позволяет информационной системе составлять новые комплекты заданий с учетом индивидуальной образовательной траектории обучающегося. Главное правило такой адаптации формулируется как: «чем меньше степень освоения k -го компонента некоторой компетенции, тем более вероятно появление задачи из A_k в новом комплекте».

Построение соответствующей вероятности не является тривиальным, так как каждый компонент компетенции может быть отражен в нескольких задачах и каждая задача связана с несколькими компонентами компетенции. Кроме того, сформулированное выше правило может быть формализовано любой монотонно убывающей на $[0, 1]$ функцией, а потому ее выбор необходимо рассмотреть отдельно.

Заметим, что предложенная математическая модель является довольно робастной. Действительно, в ней не учитывается, что для решения разных задач требуется отличная глубина освоения одного и того же компонента компетенции, а некоторые задачи могут быть решены частично, что означает невозможность построения множества F .

Указанная робастность устраняется с помощью теории нечетких множеств [2]. Так, приняв $A_i, i = \overline{1, N}$ нечеткими подмножествами Z , формализуемыми функциями принадлежности $\mu_i^A : Z \rightarrow [0, 1]$, получим учет в модели степени выраженности компонента компетенции в задаче. Отметим, что предлагаемый подход снимает необходимость во введении дополнительного критерия – сложности задачи, так как позволяет оценить последнюю по каждому компоненту каждой компетенции, освоение которой связано с данной задачей, и, при необходимости, сформировать обобщенный показатель.

Приняв множество F нечетким подмножеством Z , также получим естественную оценку полноты и правильности решения задачи в виде значения функции $\mu_F : Z \rightarrow [0, 1]$, формализующей нечеткое множество F . Более того, предложенный подход естественным образом позволяет использовать лингвистические переменные для получения μ_F [3].

Так как нечеткие множества являются обобщением классических, наличие в модели множества R является правомерным и может быть формализовано введением в рассмотрение характеристической функции $\mu_R : Z \rightarrow \{0, 1\}$ вида

$$\mu_R(z) = \begin{cases} 1, & z \in R, \\ 0, & z \notin R. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда, в силу того, что пересечение множеств обобщается T -нормой функций принадлежности, а мощность кардинальным числом, нечеткая степень освоения k -го компонента компетенции (\tilde{S}_k) принимает вид:

$$\tilde{S}_k = \sum_{z \in Z} T(\mu_F(z), \mu_k^A(z)) / \sum_{z \in Z} T(\mu_R(z), \mu_k^A(z)). \quad (4)$$

Отдельного рассмотрения заслуживает задача построения архитектуры информационной системы. Архитектура должна обеспечивать инвариантность в аспекте работы с задачами, т.е. работать с задачей независимо от того, является ли она простым тестовым заданием с автоматической проверкой или творческой задачей с последующей проверкой преподавателем. Актуальная информационная система сопровождения индивидуальной образовательной траектории обучающегося должна предусматривать добавление новых типов задач без изменения базового функционала работы с ними и их хранения. Это возможно сделать с использованием паттернов проектирования – стандартных архитектурных решений [4].

Полученная информационная система может быть востребована в образовательных учреждениях для поддержки образовательного процесса как в рамках базовой деятельности, так и для дополнительного профессионального образования.

Список литературы

1. Глазьев, С. Ю. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования / С. Ю. Глазьев, Д. С. Львов, Г. Г. Фетисов. – М. : Наука, 1992. – 207 с.
2. Батыршин, И. З. Основные операции нечеткой логики их обобщения / И. З. Батыршин. – Казань : Отечество, 2001. – 100 с.
3. Поляков, Д. В. Формализация информационной потребности пользователя на основе нечеткой логики / Д. В. Поляков, [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 3. – С. 47 – 50.
4. Гамма, Э. Приемы ООП. Паттерны проектирования / Э. Гамма, [и др.] – СПб. : Питер, 2015. – 367 с.

Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

**ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВИДЕОПОТОКА
С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

Одной из наиболее востребованных и бурно развивающихся сфер ИТ-индустрии является группа технологий под общим названием *Big Data*. Эти технологии отличаются использованием обучающихся программ для решения задач классификации, кластеризации, машинного зрения и многого другого. Предпосылками развития рассматриваемой отрасли стал экспоненциальный рост данных в современных распределенных сетевых информационных системах и развитие методов искусственного интеллекта, таких как искусственные нейронные сети, нечеткие семантические сети, генетические алгоритмы и другие [1].

Безусловно, катализатором активного развития *Big Data* стал тот факт, что результаты анализа больших объемов данных легко монетизируются. Так, невозможно себе представить современный маркетинг в рамках модели *b2c* без создания подробного портрета клиента, на основе анализа огромного количества заранее собранных о нем данных. На таких объемах обучающиеся алгоритмы существенно превосходят известные детерминированные подходы как с позиции вычислительной сложности, так по качеству построенного решения.

Наиболее распространенные подходы к созданию алгоритмов в парадигме *Big Data* связаны с предварительной настройкой его параметров на обучающей выборке. Например, самая распространенная концепция проектирования алгоритмов из рассматриваемой области – искусственные нейронные сети – предполагает предварительное обучение на некотором наборе входных данных с известным эталонным ответом. На каждом этапе сеть меняет свои внутренние параметры (веса синапсов), для того чтобы в среднем продуцировать на основе входных данных ответы более близкие к эталонным. Аналогичные задачи возникают и в других подходах парадигмы *Big Data*.

Обучающая выборка, кроме наличия эталонных ответов, должна обладать репрезентативностью. Это необходимо для того, чтобы искус-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, ст. преподавателя ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. В. Полякова.

ственная нейронная сеть или алгоритм *Big Data* другого типа смогли обучиться с учетом всех скрытых параметров, влияющих на ответ. Данное требование накладывает ограничения не только на структуру выборки, но и на ее размер, так как огромный объем исследуемых данных порождает необходимость в сопоставимом размере обучающей репрезентативной выборки.

Представленные особенности *Big Data* позволяют сформулировать некоторые ограничения, которые данной группе технологий сложно преодолеть.

Во-первых, каждый алгоритм крайне узко специализирован. То есть, если обучить программу распознавать конкретные объекты (например, лица людей), она сможет решать данную задачу на уровне сопоставимом с человеческим. И, вместе с тем, будет совершенно бесполезна для распознавания других объектов.

Второе ограничение обусловлено наличием конечной обучающей выборки, на основе которой настраивает свои параметры алгоритм. Это означает, что «знания», полученные в ходе обучения алгоритмом, при дальнейшей его работе не уточняются и алгоритм совершенно не способен приспосабливаться к изменяющимся условиям.

Третьей проблемой, которая довольно часто возникает, является построение эталонных ответов для обучающей выборки. Допустим, исследуется задача распознавания такого сложного объекта, как автомобиль. Получить большое число фотографий, на которых изображены различные автомобили, снятые с разнообразных ракурсов не составляет сложности. Вместе с тем, задача разметки каждого пикселя, принадлежащего или не принадлежащего изображению автомобиля, становится крайне трудоемкой и практически невыполнимой задачей для формирования репрезентативной обучающей выборки, например, в размере свыше миллиона фотографий.

Вместе с тем, существует класс технологий, позволяющий выявлять объекты без предварительного обучения [2]. Один из таких подходов основан на анализе оптического потока (*optical flow*) видео с целью оценки движения (*motion estimation*). Выявление на разных кадрах точек, принадлежащих одним и тем же объектам, позволяет найти и создать некоторое представление реального физического объекта, появившегося на видео, без предварительного обучения алгоритма.

Вместе с тем, современные подходы ограничены проблемой апертуры, заключающейся в том, что отображение динамически изменяющегося, физического мира в последовательность кадров не является инъективным. То есть обратное преобразование – построение физических объектов по полученным кадрам – неоднозначно.

Основным подходом к решению данной задачи, на сегодняшний день, является регуляризация, которая, по сути, представляет собой использование некоторой априорной информации о выявляемом объекте. Вместе с тем, такой подход означает, что корректно восстановлены будут только объекты, о которых алгоритм «получил» априорное представление от разработчика, что вновь снижает широту возможностей подхода.

В нашей работе предлагается подход к преодолению проблемы графической апертуры, основанный на использовании генетических алгоритмов и гипотезе о том, что верное представление физического объекта приведет к наиболее точному прогнозированию его (объекта) отображения на кадрах. Данная гипотеза позволяет предложить функцию полезности генетического алгоритма (*Fitness*), не связанную с природой объекта.

Пусть U – множество всех пикселей всех кадров видео. А T и F – множества верно и, соответственно, неверно спрогнозированных цветов пикселей для некоторой модели $m \in M$, где M – множество моделей. Отметим, что прогнозирование пикселя представляет собой прогнозирование его цвета, и модель m пытается спрогнозировать лишь часть пикселей, т.е. $T \cup F \neq U$. Определим *Fitness* модели как

$$Fitness = |T| - |F| - W_{Fitness}, \quad (1)$$

где $W_{Fitness}$ – «вес» самой модели, который должен коррелировать с размером данной модели в виртуальной памяти.

Благодаря учету «веса» самой модели, генетический алгоритм с функцией принадлежности вида (1) будет искать наиболее простой объект, правильно прогнозирующий цвет у максимального числа пикселей.

Рассмотрим еще вариацию *Fitness* при условии учета степени прогноза, т.е. пиксели с цветом, близким к заданному, будут увеличивать *Fitness* сильнее. Естественным подходом для развития модели в заявленном направлении является рассмотрение T и F как нечетких подмножеств U , формализуемых функциями принадлежности $\mu_T, \mu_F : U \rightarrow [0, 1]$. Значения этих функций в конкретном пикселе задают степень точности прогноза его цвета, сделанного моделью. Тогда, в силу того, что мощность множества обобщается кардинальным числом [3], выражение (1) принимает вид:

$$Fitness = \sum_{u \in U} (\mu_T(u) - \mu_F(u)) - W_{Fitness}. \quad (2)$$

В самом общем виде предлагаемый генетический алгоритм предполагает построение на первом шаге некоторой группы моделей физических объектов $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$. На втором шаге для каждой мо-

дели происходят операция нахождения множества пикселей, которые она прогнозирует, и вычисление функции полезности *Fitness*. Следующий шаг заключается в размножении, включающем в себя обмен моделями своими частями и мутации параметров. Вероятность размножения должна зависеть от расстояния между ближайшими пикселями спрогнозированной модели. В более строгой формулировке скрещиваться могут только те модели, у которых есть совпадающие или соседние прогнозируемые пиксели. Последующая селекция состоит из элиминации нежизнеспособных моделей ($Fitness < 0$) и вероятностного снижения численности популяции за счет рандомизированного исключения из нее моделей m с вероятностью P , вычисляющейся по формуле:

$$P = (Fitness_{\max} - Fitness_m) / (Fitness_{\max} - Fitness_{\min}), \quad (3)$$

где $Fitness_{\max}$ и $Fitness_{\min}$ – максимальное и минимальное значения функции полезности в популяции моделей соответственно.

Нормирование (3), кроме обеспечения выживания наилучшей и элиминации худшей моделей, позволяет катализировать конкуренцию за каждый пиксель в условиях высокого подобию в популяции. То есть важно не число пикселей, которые удалось спрогнозировать модели, а вес данной модели в сравнении с популяцией. Данный процесс повторяется, начиная со второго шага до достижения критерия останова, задаваемого оценкой качества прогноза лучшей модели.

Предлагаемый подход в перспективе позволит программам выявлять объекты постоянно, без предварительного обучения и, таким образом, снизит критичность сформулированных ранее ограничений *Big Data*. Результаты данной работы могут быть использованы как при решении проблем машинного зрения, анализа видеоданных, так для более тривиальных задач сжатого представления видеоинформации.

Список литературы

1. Громов, Ю. Ю. Выбор архимедовых норм и конорм на основе использования рядов Фурье / Ю. Ю. Громов и [др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 3. – С. 3–4.
2. Kaviani, H. R. Frame rate up-conversion using optical flow and patch-based reconstruction / H. R. Kaviani, S. S. Shirani // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2015. – N 4. – P. 105–106.
3. Батыршин, И. З. Основные операции нечеткой логики / И. З. Батыршин. – Казань : Отечество, 2001. – 100 с.

Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 62-523.8

*Д. А. Федотов**

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ

В настоящее время развитие дистанционного образования по инженерным направлениям встречает определенные трудности из-за отсутствия возможности полноценной организации лабораторного практикума. Это объясняется проживанием некоторых студентов в отдаленных регионах, сложным графиком их работы. Также одной из важнейших задач общества является интеграция людей с ограниченными возможностями в современную жизнь и, что особо важно, в процесс образования.

С учетом вышеуказанных проблем предлагается проект лабораторного комплекса с удаленным доступом пользователей.

Цель проекта – разработка образовательного лабораторного комплекса, обеспечивающего возможность дистанционного выполнения лабораторных работ студентами с ограниченными возможностями, студентами дистанционной и заочной форм обучения, осуществление профориентационных мероприятий на качественно новом уровне.

Задачи, решаемые проектом:

1. Социальная. Стоит отметить современное направление деятельности государства по реабилитации людей с ограниченными возможностями, их интеграцию в современную жизнь, включая и процесс образования. Для решения этого создаются такие программы, как «Доступная среда» [1, 2]. С учетом этого лабораторный комплекс с удаленным доступом решает важные социальные проблемы. Благодаря данному комплексу достойное образование смогут получить граждане с инвалидностью или люди, которые по состоянию здоровья не могут лично присутствовать в учебной аудитории.

2. Образовательная. Используется современный инженерный подход в решении педагогических задач, в частности дистанционное вы-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой КРЭМС ФГБОУ ВО «ГГТУ» Н. Г. Чернышова.

полнение лабораторных работ с полным визуальным контролем и управлением лабораторным оборудованием.

Разрабатываемый комплекс позволяет осуществлять проведение консультаций и лекций преподавателями в режиме удаленного доступа on-line и содержит программную оболочку, осуществляющую алгоритмическую и методическую функции, а также позволяющую представлять результаты работы в электронной форме и осуществлять автоматическую проверку результатов.

На лабораторном сервере комплекса размещаются электронные аналоги учебно-методических печатных изданий, необходимые для освоения лекционного курса, выполнения лабораторных и самостоятельных работ.

3. Профориентационная. Лабораторный комплекс с удаленным доступом позволяет поднять профориентационную работу на качественно иной уровень, привлекая школьников к работе с лабораторным оборудованием университета, посредством удаленного доступа с использованием сети Интернет.

4. Экономическая. Данный комплекс снижает затраты на обучение, связанные с транспортными расходами университета и студентов, а в сравнении с аналогами имеет существенно более низкую стоимость и гибкую конфигурацию.

В состав комплекса (рис. 1) входят: персональный компьютер (сервер), управляющий контроллер, подключенный к серверу через USB-порт, лабораторные установки, подключенные к контроллеру, веб-камеры, подключаемые к серверу, компьютер преподавателя, который контролирует режимы стенов и действия студентов.



Рис. 1. Структурная схема лабораторного комплекса

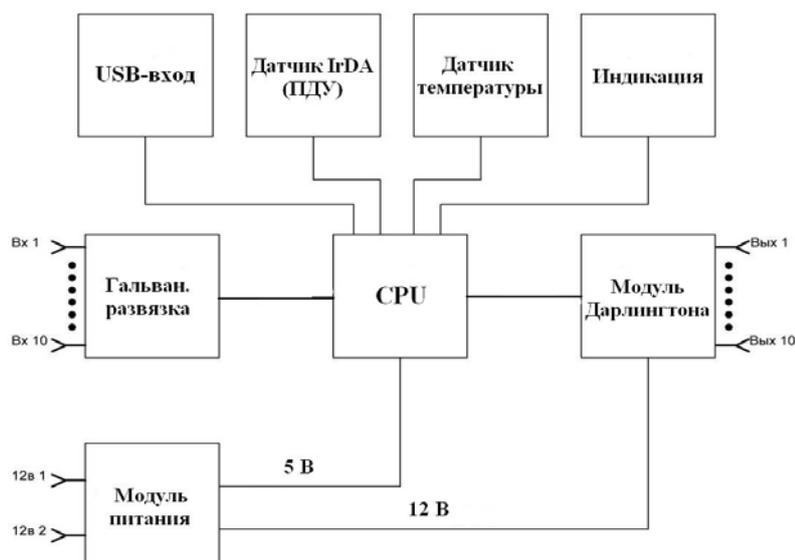


Рис. 2. Структурная схема контроллера

Контроллер (рис. 2), на котором основан комплекс (рис. 1), имеет систему резервированного питания, возможность подключения различных датчиков, а также защиту входных и выходных цепей (гальваническая развязка и модули дарлингтона) от статических разрядов, перегрузок и коротких замыканий.

Принцип действия контроллера заключается в изменении состояния выходов в зависимости от входных команд, поступающих от компьютера, сети Интернет или от пульта дистанционного управления. Программное обеспечение, устанавливаемое на сервере, совместно с контроллером обеспечивает решение задач управления лабораторным оборудованием.

Комплекс имеет возможность голосового управления лабораторным оборудованием, использует современные технологии и алгоритмы распознавания и синтеза человеческой речи, что позволяет людям с ограниченными возможностями прилагать минимум физических усилий в работе с лабораторным оборудованием. Пользователь имеет непосредственный визуальный контакт со стендом посредством web-камеры, а трансляция работы установки в режиме on-line максимально приближает студента к реальной рабочей обстановке.

На данном этапе проекта разработан прототип контроллера и программного обеспечения, а также обобщенный алгоритм работы образовательного лабораторного комплекса с удаленным доступом (рис. 2, 3).

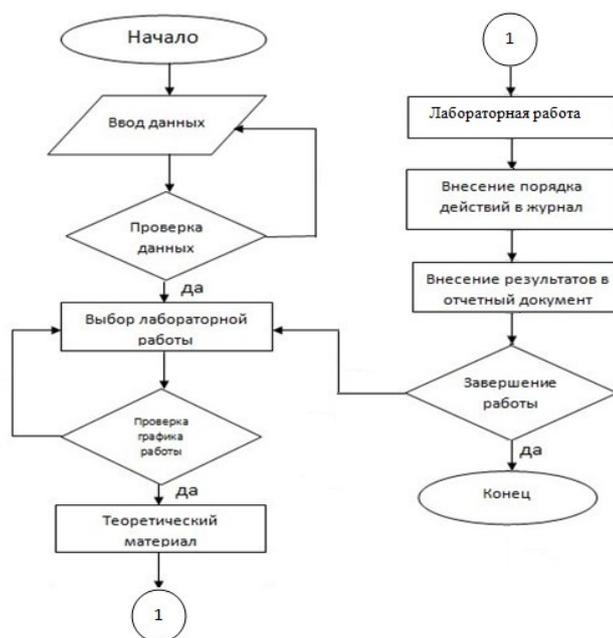


Рис. 3. Алгоритм работы лабораторного комплекса

Развивая данный проект, можно повысить качество инженерного образования для людей с ограниченными возможностями, студентов дистанционной и заочной формы обучения, снизить расходы на проведение курсов повышения квалификации. Также лабораторный комплекс может быть с успехом использован для научно-исследовательской работы магистрантов и аспирантов, так как гибкая структура комплекса позволяет с минимальными затратами интегрировать новые технические средства.

Список литературы

1. Маслов, С. И. Информатизация инженерного образования [Электронный ресурс]. – М., 2006. – URL : http://mami.ru/science/aai77/scientific/article/s14/s14_11.pdf (Дата обращения 01.10.16).
2. Государственная программа Российской Федерации «Доступная среда» на 2016 – 2020 годы. [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.rosmintrud.ru/ministry/programms/3/0> (Дата обращения 01.10.16).

Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 678

*Д. А. Родионов, П. В. Макеев, Д. В. Туляков**

**ПОЛУЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТА
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПВД И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

Полимерные материалы являются самыми популярными и универсальными материалами практически во всех сферах промышленности. Пропорционально объему их производства увеличивается и количество полимерных отходов, что создает опасность окружающей среде. Одним из решений этой проблемы с отходами является вторичная переработка, которая также решает проблему дефицита сырья [1 – 9].

Решением проблемы создания качественных полимерных материалов и изделий из вторичных термопластов является их модификация. Современные тенденции модификации полимерных материалов сводятся к введению малой доли мелкодисперсной фазы модифицирующей добавки. Для успешного протекания таких процессов наполнитель необходимо активировать. В настоящее время наиболее распространены полимеризационное наполнение и химическое аппретирование, но они требуют больших трудо- и энергозатрат, поэтому наиболее приемлемой является механическая активация.

Установленным способом механохимической активации является механическое смешивание расплава или раствора полимера с дисперсными наполнителями на специальном оборудовании. Но получение композиционного материала с хорошими механическими свойствами таким способом очень сложно из-за неравномерного распределения малой доли наполнителя в большом объеме высоковязкого полимера [3].

Для более равномерного смешения был разработан способ модификации отходов термопластов на смесительном оборудовании периодического действия с учетом заранее активированного вводимого наполнителя и без него и определены его режимные и конструктивные параметры, при которых достигаются наилучшие физико-механические показатели получаемого композиционного материала на основе вторичного полиэтилена и углерода марки К-345 [7].

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф., зав. каф. ПШиУП ФГБОУ ВО «ТГТУ» П. С. Беяева.

Модификация происходит следующим образом: очищенные и высушенные отходы с содержанием побочных примесей не более 5% подвергаются сортировке. Изготавливаются навески полимера и наполнителя.

Готовые отходы и наполнитель одновременно загружаются в рабочую камеру смесителя, где вращающиеся рабочие органы затягивают их. Далее происходит смешение и диспергирование в течение времени, заданного выбранным технологическим режимом. Затем смесь выгружается на валково-шнековый агрегат для получения на выходе гранул, которые направляются на дальнейшую переработку. Для исследования процесса была разработана экспериментальная установка на основе смесителя Брабендера (рис. 1), в качестве рабочих органов использовались овальные вальцы [3].

Графическая зависимость, позволяющая оценить воздействие, оказываемое рабочими органами различной конфигурации на получаемый композит, показана на рис. 2.

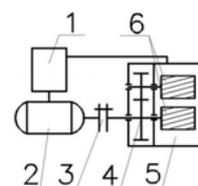


Рис. 1. Схема смесителя Брабендера:

- 1 – шкаф управления;
- 2 – электродвигатель;
- 3 – муфта; 4 – фрикционные шестерни; 5 – смесительная камера; 6 – смесительные органы

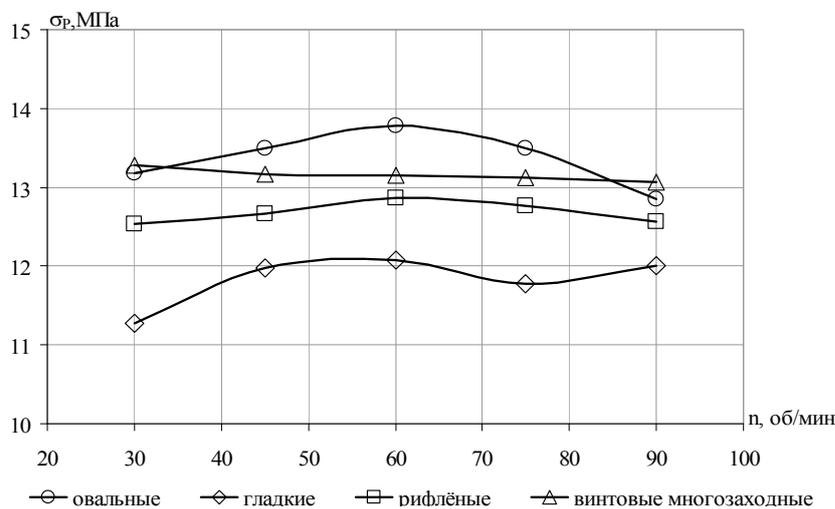


Рис. 2. Зависимость прочности при разрыве от частоты вращения рабочих органов с различной геометрией фигурной части

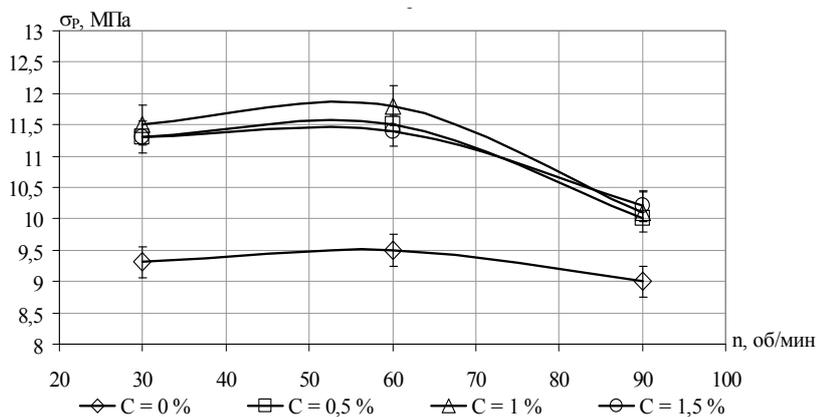


Рис. 3. Зависимость прочности при разрыве от частоты вращения рабочих органов смесителя при различных концентрациях технического углерода марки К-345

Из графических зависимостей (рис. 3, 4) видно, что с увеличением частоты вращения от 30 до 60 об/мин показатель прочности получаемого композиционного материала улучшается, достигая своего максимального значения при $n = 60$ об/мин [3].

Полученные результаты позволяют использовать данную технологию для непрерывного производства погонажных изделий, в частности, теплоизоляции из вспененного полиэтилена (рис. 5).

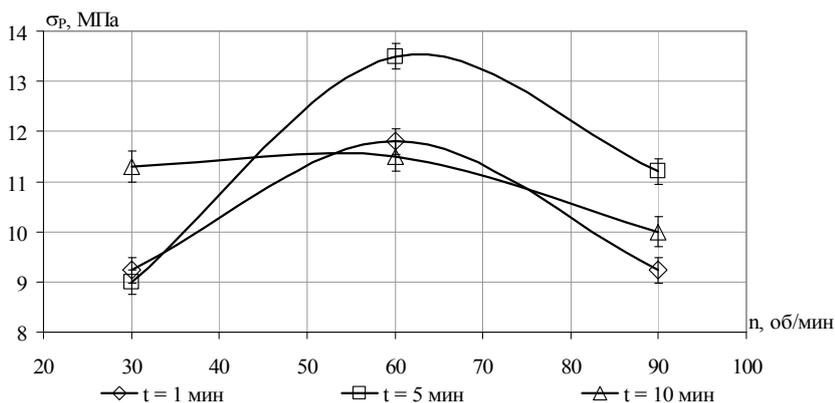


Рис. 4. Зависимость прочности при разрыве от частоты вращения рабочих органов смесителя при различном времени процесса смешения



Рис. 5. Трубы из вспененного полиэтилена

Данный материал получил широкое применение в различных сферах промышленности, особенно, в строительстве, благодаря: высоким теплозвукоизоляционным качествам, прочностным характеристикам, легкости, простоте монтажа и невысокой цене.

Список литературы

1. *Belyaev, V. P.* On the prospects of integrated solutions to problems of ecology and improving the quality of road surfacing / V. P. Belyaev, P. S. Belyaev, D. L. Polushkin // *Перспективы науки.* – 2012. – № 5(32). – С. 186 – 189.
2. *Валковое* оборудование и технология непрерывной переработки отходов пленочных термопластов / И. В. Шашков, А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – 136 с.
3. *Проектирование* смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А. С. Клинков, М. В. Соколов, В. Г. Однолько, П. С. Беляев. – Москва : Спектр, 2012. – 196 с.
4. *Утилизация* полимерной тары и упаковки / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов, И. В. Шашков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 64 с.
5. *Модификация* битума вторичными полимерными материалами / В. П. Беляев, О. Г., Маликов С. А. Меркулов, Д. Л. Полушкин, В. А. Фролов, П. С. Беляев // *Глобальный научный потенциал.* – 2013. – № 9(30). – С. 29 – 33.
6. *Повышение* энергоэффективности процесса модификации битума регенератором резиновой крошки / В. П. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин, В. А. Фролов //

ComponentsofScientificandTechnologicalProgress. – 2013. – № 1(16). – С. 75 – 77.

7. *Вторичная* переработка полимерных материалов на вальцах / И. В. Шашков, А. С. Клинков, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин // Полимеры в строительстве : тез. докл. – Казань, 2004. – С. 111.

8. *Беляев, П. С.* К вопросу получения резино-битумного концентрата для асфальтобетонных дорожных покрытий из изношенных автомобильных шин / П. С. Беляев, М. В. Забавников, О. Г. Маликов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 346 – 352.

9. *Решение* проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, Д. Л. Полушкин, В. А. Фролов // Строительные материалы. – 2013. – № 10. – С. 38 – 41.

Кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 544.65

*А. В. Щегольков**

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ МАГНИЕВЫХ И ГРАФЕНОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

В настоящее время химические источники тока (ХИТ) используются повсеместно во всех средствах связи и портативной техники. Для широкого диапазона технических приложений разработаны источники тока разной электрохимической природы и различного конструктивного исполнения. Во всем мире промышленно выпускаются ХИТ нескольких десятков электрохимических систем, которые обеспечивают большое разнообразие возможностей использования и высокую эффективность работы в широком диапазоне условий эксплуатации [1]. Но на современном этапе развития мобильных средств связи, а также другой портативной техники, связанного с ростом их производительности, требуются более компактные и энергоемкие автономные источники питания с использованием нетоксичных и безопасных материалов [2]. Данные проблемы решаются путем применения материалов нового поколения,

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Е. Н. Туголукова.

которыми являются графен и графеноподобные структуры (рис. 1), обладающие рядом уникальных особенностей.

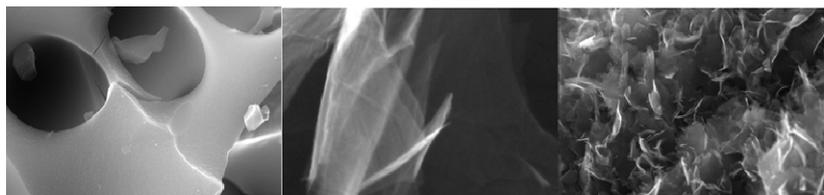


Рис. 1. Структура многослойных графеновых нанопластин (ГНП)

1. Большая удельная площадь поверхности до 2630 м²/г.
2. Высокая электропроводность более 2000 См/м.
3. Синтез в неограниченных количествах.
4. Активация поверхности различными методами, что позволяет использовать материал в различных электролитах.

Поскольку графен – самый тонкий материал в природе, обладающий, к тому же, высокой проводимостью и хорошей химической стабильностью, на его основе могут быть изготовлены электроды, накапливающие большую величину заряда при специальной обработке поверхности [3, 4]. Последние результаты исследований показывают, что при использовании графена в роли электродного материала для ХИТ увеличивается удельная плотность накопления энергии за счет увеличения удельной площади поверхности до 2630 м²/г и еще большей проводимости по сравнению с угольными материалами. Для изготовления нового типа накопителей используется технология с применением многослойного графена (рис. 1) с большим количеством пор [3]. В среднем ХИТ имеет показатель удельной энергии порядка 3,1...5 кВт·ч/кг, что на фоне быстрой зарядки делает графеновое изделие коммерчески привлекательным. Стоит отметить, что графеновый материал может выдерживать очень высокие плотности тока, превышающие 10⁸ А/см². Технические данные ГНП представлены в табл. 1.

1. Свойства ГНП

Нанокompозит	Удельное сопротивление, Ом·см		Кажущаяся плотность, г·см ⁻³	
	при сжатии 10 МПа	при сжатии 20 МПа	при сжатии 20 МПа	при сжатии 10 МПа
ГНП (производства)	0,16	0,12	0,44	0,52

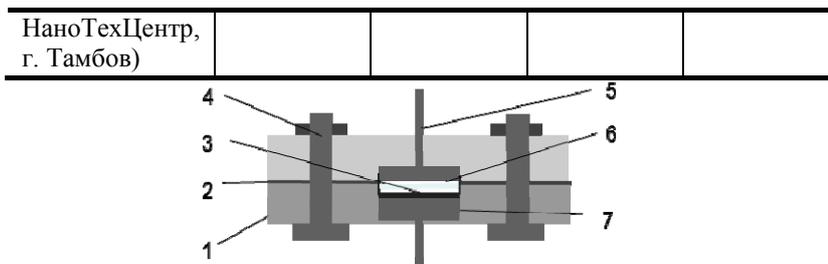


Рис. 2. Измерительная ячейка:

1 – корпус; 2 – уплотнитель; 3 – ГНП; 4 – болты; 5 – верхний токовый коллектор; 6 – пористая мембрана; 7 – нижний токовый коллектор

В данной работе была исследована возможность применения магния и ГНП (полученного путем интеркалирования природного графита раствором персульфата аммония в серной кислоте [3]) в качестве электродных материалов ХИТ высокой емкости. Для решения поставленной цели была разработана измерительная ячейка с использованием в качестве токового коллектора магниевый материал (рис. 2). На основе наноструктурных графеновых нанопластин толщиной 150 мкм были изготовлены электроды ХИТ.

Технология подготовки электродов для накопителя электрической энергии состоит из следующих этапов.

1. Очистка и обработка поверхности магниевый электрода.
2. Активации поверхности ГНП (химическая) и смешивание его с токопроводящим компонентом (сажа).
3. Нанесение активированного ГНП на магниевый токоподвод.
4. Пропитка пористой мембраны неорганическим электролитом 1 М TEABF₄ в ацетонитриле с добавлением MgSO₄ для восстановления катодного электрода.

Равномерное распределение электропроводящего наполнителя (сажа) по объему электрода обеспечивает однородность электрического сопротивления и удельной площади поверхности электродного материала. Измерение электрического сопротивления электродов с различными электропроводящими наполнителями выявило отсутствие ярко выраженного изменения проводимости, связанного с формированием проводящего кластера частиц сажи. Данный факт, вероятно, обусловлен незначительным различием проводимости ГНП и проводимости электропроводящего наполнителя. Поэтому в электродный материал ХИТ вносят электропроводящие наполнители для связывания активных цен-

тров электродного материала. При малых концентрациях электропроводящих наполнителей наблюдается резкое увеличение проводимости.

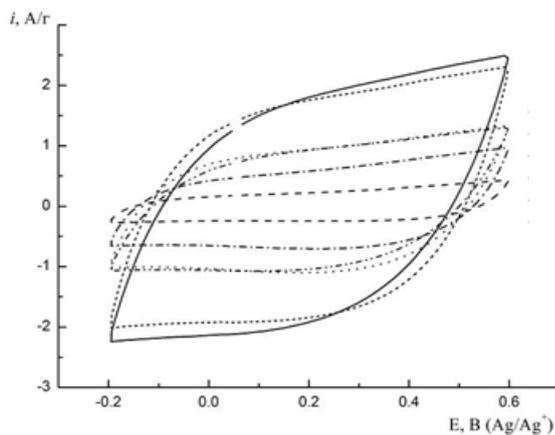


Рис. 3. ЦВА-кривые, полученные в 1 М ТЕАВF₄ в ацетонитриле при скорости развертки потенциала 20 мВ/с на электродах из ГНП

В ходе электрохимических испытаний исследовались следующие параметры электродов:

1. Форма цикл-вольтамперных (ЦВА) кривых (рис. 3).
2. Зависимости величин $U(t)$, $I(t)$.
3. Удельные энергетические характеристики аккумулятора.

Из графеновых электродов приготавливались образцы в виде дисков для выполнения электрохимических испытаний в разработанной ячейке, представленной на рис. 4. Образцы пропитывались высокоэффективным неводным электролитом 1 М ТЕАВF₄ в ацетонитриле, разделенных сепаратором из целлюлозной бумаги.



Рис. 4. Общий вид измерительной ячейки

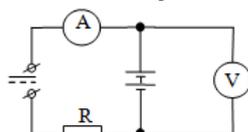


Рис. 5. Схема для измерения емкости аккумулятора

Полученные электроды исследовались по схеме, представленной на рис. 5. Исходя из основных положений метода вольтметра-амперметра, был проведен ряд измерений различных характеристик и параметров ХИТ на основе графеновых электродов. На рис. 5 представлена измерительная система, в качестве зарядного устройства был использован блок питания Б5-1820, а для измерения соответствующего уровня напряжения и тока – мультиметр UT61В, имеющий обратную связь с ПК.

Во время заряда положительный активный материал (ГНП) окислен, отдавая электроны отрицательному магниевому электроду. Эти электроны составляют электрический ток во внешней схеме. Электролит может служить простым буфером для внутреннего потока иона между электродами или может быть активным участником электрохимической реакции. В процессе заряда емкости до рабочего напряжения фиксировались значения тока I при определенном уровне напряжения U , а также времени изменения данных параметров. Для снятия рабочих характеристик к ХИТ в период разряда подключали с помощью магазина сопротивлений (марки Р33) различную по величине нагрузку R . По мере того как происходил разряд до определенной величины напряжения, снимались значения тока разряда в определенном интервале времени Δt . Исходя из исследованных величин $U(t)$, $I(t)$ в период заряд–разряд измерительной ячейки, можно построить графическую зависимость его поведения (рис. 6).

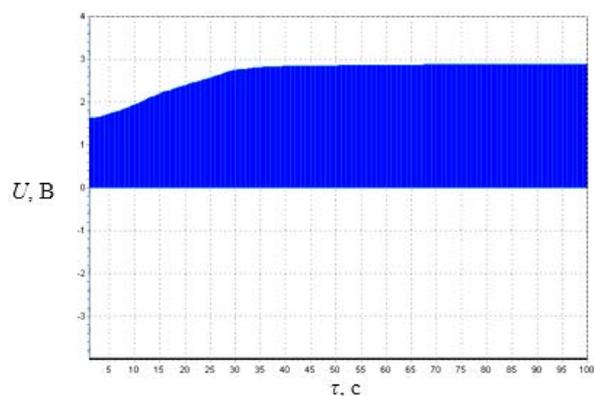


Рис. 6. Характеристика заряда магний-графенового аккумулятора
2. Сводная таблица параметров магний-графенового аккумулятора

№	Параметр	Единица измерения	Расчетная формула	ХИТ
1	Удельная емкость	мА·ч·г ⁻¹	$Q = \frac{It}{m}$	532,7
2	Удельная энергия	Вт·кг ⁻¹	$P = \frac{UI}{m}$	275
3	Время заряда	с	–	~10...15
4	Время разряда	с	$t = \frac{Q}{I}$	~4...6
5	ЭДС	В	–	2,7
6	Рабочая масса	кг	–	~1

В ходе проведенных исследований были получены рабочие параметры и характеристики во время работы ХИТ, в результате чего можно говорить о возможности применения ГНП в качестве анодного материала. Полученные параметры приведены в табл. 2.

Проведенные исследования показывают, что данная электрохимическая система при определенной доработке может использоваться в качестве автономного источника энергии. Изготовленный опытный образец магний-графенового аккумулятора имеет удельную емкость 532,7 мА·ч·г⁻¹ и рабочее напряжение 2,7 В.

Список литературы

1. Таганова, А. А. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации : справочник / А. А. Таганова, Ю. И. Бубнов, С. Б. Орлов. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2005. – 264 с.
2. Игнатов, А. Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития : учеб. пособие / А. Н. Игнатов. – М. : ФЛИНТА, 2012. – 360 с.
3. Melezhyk, A. V. Synthesis of graphene nanoplatelets from peroxosulfate graphite intercalation compounds / A. V. Melezhyk, A. G. Tkachev // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. – 2014. – V. 5, N 2. – P. 294 – 306.
4. New Methods for Creation Nanocomposites based on Carbon Nanotubes and Graphene Nanoplatelets / E. A. Burakova, A. V. Gerasimova, A. V. Melezhyk, A. G. Tkachev // NANOTECH FRANCE 2015 International Nanotechnology Conference. 15 – 17 June 2015. Pôle Universitaire Léonard de Vinci, La Défense Paris – France.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 620.2-022.532

*Н. В. Воронин, А. В. Фирсова, Д. О. Завражин**

ТВЕРДОФАЗНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВМПЭ-НАНОКОМПОЗИТОВ

В работе представлены результаты исследований физико-механических, теплофизических и триботехнических свойств нанокomпозитов и изделий на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и наноразмерных модификаторов (наногрaфита, нанофтора и глауконита) в зависимости от природы и их концентрации, полученных твердофазной технологией.

Целью работы является получение образцов композиционных материалов и изделий на основе СВМПЭ с различными наномодификаторами, изучение их физико-механических, теплофизических и других эксплуатационных свойств в зависимости от типа модификатора и его концентрации в полимерной системе с последующей обработкой в твердой фазе.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Г. С. Баронина.

Эксперименты проводились на модифицированном приборе DSC-2, реализующем метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Приведенные результаты изучения физико-механических свойств были получены на универсальной испытательной машине УТС-101-5.

Результаты исследований теплофизических свойств полимерных систем «СВМПЭ + нанографит», «СВМПЭ + глауконит» и «СВМПЭ + нанофтор» представлены на рис. 1 – 3 [1].

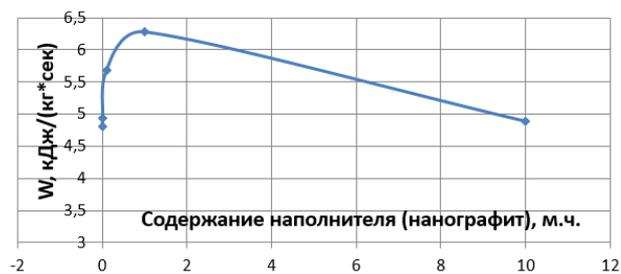


Рис. 1. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + нанографит от содержания наполнителя

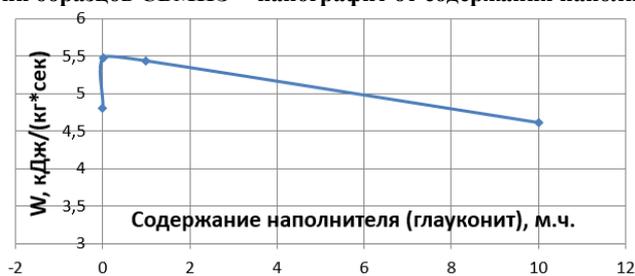


Рис. 2. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + глауконит от содержания наполнителя

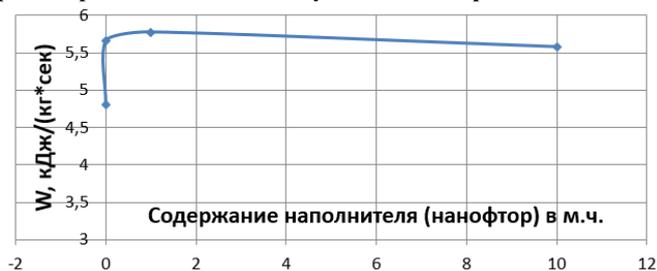


Рис. 3. Концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов СВМПЭ + нанофтор от содержания наполнителя

Максимальное значение W для полимерных систем СВМПЭ+ наносиликаты при концентрации нанонаполнителя (0,01 – 1 мас. частей на 100 мас. частей полимера) в температурном интервале плавления и сравнение площади под аномалиями в области плавления для нанокомпозитов и исходного СВМПЭ свидетельствует о том, что нанокомпозит с таким содержанием наполнителя имеет наибольшее межцепное взаимодействие в силу образования большего количества межмолекулярных связей между полимером и нанонаполнителем [2].

Наблюдаемое снижение величины W с увеличением содержания нанонаполнителя происходит из-за агрегирования наночастиц, связанного с уменьшением активности поверхностных слоев наполнителя.

Исследования показали корреляцию теплофизических свойств СВМПЭ-нанокомпозитов с проведенными измерениями физико-механических показателей данных полимерных систем. Результаты приведены в табл. 1.

1. Физико-механические показатели полимерных систем на основе СВМПЭ

Полимерная система	Предел текучести σ_p , МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Модуль упругости при растяжении E , МПа	Весовой износ I_m , г	Твердость по Шору D , ед.
СВМПЭ исходный	23,038	45	98	0,0592	61
СВМПЭ + 0,01 м.ч. НГ	23,208	52,15	145,95	0,0363	61
СВМПЭ + 0,1 м.ч. НГ	27,255	63,6	269,8	0,0368	60
СВМПЭ + 1 м.ч. НГ	21,845	26,903	254,14	0,0562	59
СВМПЭ + 10 м.ч. НГ	15,205	56,548	170,42	0,043	62
СВМПЭ + 0,01 м.ч. глауконита	28,978	45,158	107,07	0,0363	59
СВМПЭ + 0,1 м.ч. глауконита	25,552	52,11	177,71	0,0368	59
СВМПЭ + 1 м.ч. глауконита	19,417	49,682	321,13	0,0562	60

СВМПЭ + 10 м.ч. глауконита	25,892	41,78	328,39	0,043	57
СВМПЭ + 0,01 м.ч. НФ	9,59	52,525	146,12	–	62
СВМПЭ + 0,1 м.ч. НФ	–	55,62	125,11	–	66
СВМПЭ + 1 м.ч. НФ	17,965	33,69	151,86	–	63
СВМПЭ + 10 м.ч. НФ	12,095	32,647	272,32	–	64

Главным достоинством созданных нанокompозитов на основе СВМПЭ является тот факт, что наноразмерные силикаты теряют способность к агломерации, в то же время экстремально взаимодействуют с компонентами полимерной матрицы, сохраняя свой основной комплекс физических характеристик, образуют определенные управляемые микро- и макроструктуры, ответственные за изменение эксплуатационных показателей готовых изделий.



Рис. 4. Схема изготовления подковы из заготовки СВМПЭ твердофазной объемной штамповкой:

a – заготовка для объемной штамповки; *б* – пресс-форма для твердофазной штамповки изделия; *в* – готовое изделие (подкова) из СВМПЭ

Заключение

На основании теплофизических исследований, оценки физико-механических и триботехнических свойств материала показана возможность управления свойствами нанокompозита, как составом, так и параметрами технологического процесса его переработки в твердой фазе в изделия различного функционального назначения (рабочие колеса вакуумного насоса, детали механоактиватора моторного топлива, подковы рысистых лошадей и др.).

Экономическая эффективность объемной штамповки изделий в твердой фазе заключается в коротком цикле формования, в возможности получения готового продукта с повышенными эксплуатационными

характеристиками и в получении заготовки для штамповки с малыми затратами.

Список литературы

1. Баронин, Г. С. Твердофазная технология переработки полимерных нанокомпозитов / Г. С. Баронин, М. Л. Кербер, К. В. Шапкин // Вестник ТГТУ. – 2005. – Т. 11, № 2А. – С. 432 – 438.

2. *Переработка* полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы / Г. С. Баронин, М. Л. Кербер, Е. В. Минкин, Ю. М. Радько. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.

* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки РФ в рамках базовой части Госзадания №2014/219, код проекта 2079.

НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 666.653

*А. Г. Карина, Х. Х. Аль Джебур Халдун, В. П. Шелохвостов**

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОНО- И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ

Одной из главных причин, препятствующих широкому применению ферритов, особенно в случаях, когда они испытывают механические усилия, является их относительная хрупкость. Обычно ферриты способны лишь в очень малой степени испытывать пластическую деформацию и имеют низкую устойчивость к ударным нагрузкам. В то же время теоретическая прочность таких материалов весьма велика. Реальные ферритовые материалы относятся к хрупким материалам, так как их деформации при разрушении не превышают 0,1...0,2%, и ферриты характеризуются относительно низкими механическими свойствами, которые в первую очередь зависят от структурного состояния материала.

Одним из основных видов механического испытания ферритов принято испытание на твердость.

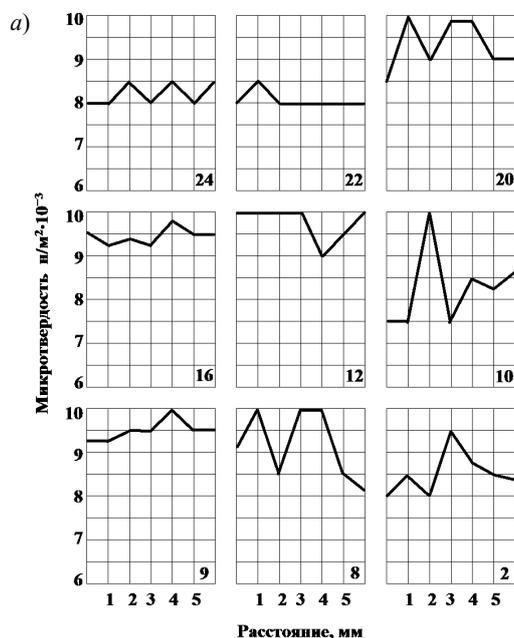
* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. П. Шелохвостова.

Испытания на микротвердость монокристаллических ферритов проводили на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой 100 г.

Результаты испытаний приведены на рис. 1. Точки на графиках представляют средние из 25 измерений. Микротвердость феррита колеблется в пределах $(8 - 10) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$. Средняя микротвердость $9 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$. В верхней и нижней частях она составляет $8 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$, в средней имеет большее значение (до $10 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$). Такой разброс значений может быть связан с тем, что у отпечатков во многих случаях были микротрещины.

Была сделана попытка оценить условия возникновения микротрещин. С этой целью испытания проводили с различной нагрузкой и строили зависимость микротвердости от нагрузки. Кроме того, такая методика, по-видимому, может дать приближенную оценку запаса упругой энергии в образцах.

Измерения проводили с нагрузками от 20 до 200 г с интервалом 25 г. При каждой нагрузке делали 25 измерений и брали среднее значение. Данные измерения показаны на рис. 2 (кривая 1). Как видно, до нагрузки 50 г микротвердость практически не меняется. Дальнейшее нагружение несколько снижает ее, что особенно заметно при нагрузке свыше 100 г.



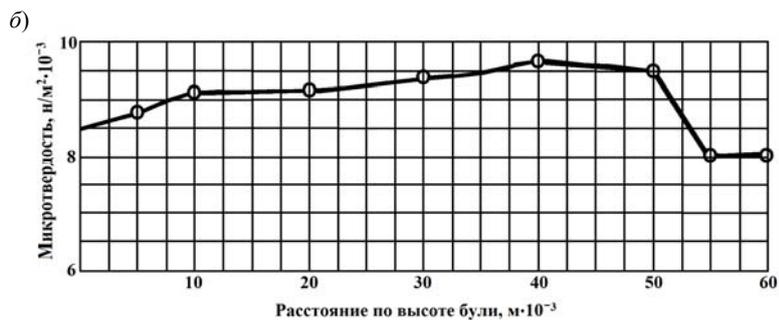


Рис. 1. Распределение микротвердости:

a – по диаметру; *б* – по высоте монокристаллической заготовки (були)

Это в первую очередь зависит от появления микротрещин у отпечатков (кривая 2) и иллюстрируется кривой 3, показывающей количество отпечатков с трещинами в процентах. До нагрузки 100 г трещины отсутствуют у всей серии в 25 отпечатков при каждой нагрузке. Свыше 125 г у всех отпечатков образуются трещины. В интервале 100 – 125 г лишь у части отпечатков наблюдаются трещины, причем количество отпечатков с трещинами увеличивается с ростом нагрузки.

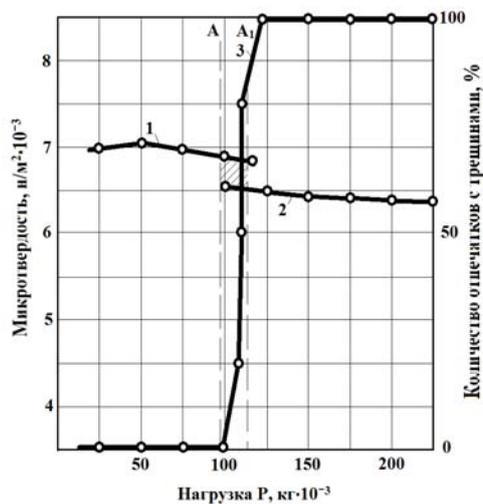


Рис. 2. Влияние нагрузки на твердость поликристаллического феррита:

1 – без трещины у отпечатков; *2* – с трещинами;
3 – зависимость трещинообразования от нагрузки

Показанный на графике интервал AA_1 , по-видимому, характеризует сопротивление деформации и разрушению с учетом воздействия на эти процессы накопленной упругой энергии (внутренних напряжений). Возможно, что положение интервала AA_1 на шкале нагрузок косвенно характеризует уровень внутренних напряжений.

Подтверждением этого могут служить результаты такого же эксперимента на образцах неотожженного и отожженного по заводскому режиму монокристаллов (рис. 3, 4).

При нагрузках до 50 г твердость в обоих случаях практически одинакова и составляет $(9 \dots 9,3) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$, не изменяясь от нагрузки. Дальнейшее нагружение приводит, в целом, к снижению микротвердости. Интервал AA_1 также характеризует область нагрузок, при которых у отпечатков наблюдается частичное образование трещин. Правее AA_1 твердость снижается в большей степени (до $7,8 \dots 8,5 \text{ Н/м}^2 \cdot 10^{-3}$ при $P = 200 \text{ г}$) из-за большего числа микротрещин и их размеров. В диапазоне от 50 г до интервала AA_1 снижение твердости возможно за счет микротрещин, не обнаруживаемых оптической микроскопией, и особенностей микропластической деформации под индентором.

Положение интервала AA_1 для неотожженного кристалла соответствует 70 – 100 г, для отожженного – 140 – 160 г, т.е. отжиг смещает критическую нагрузку появления трещин вправо. Поскольку твердость в обоих случаях при малых нагрузках одинакова, а стало быть, мало меняются прочностные характеристики, то смещение интервала AA_1 характеризует изменение уровня внутренних напряжений, повышение запаса пластичности материала.

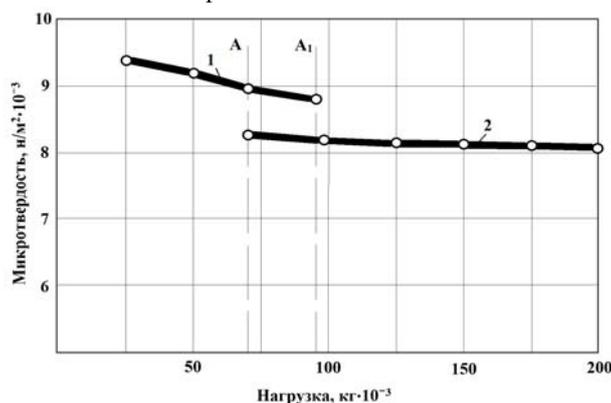


Рис. 3. Зависимость микротвердости неотожженного монокристалла феррита от величины нагрузки:
 1 – отпечатки без трещин; 2 – отпечатки с трещинами

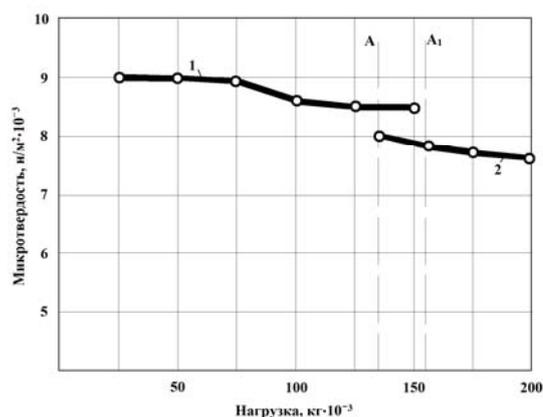


Рис. 4. Зависимость микротвердости отожженного монокристалла феррита от величины нагрузки:

1 – отпечатки без трещин; 2 – отпечатки с трещинами

Таким образом, эта характеристика отражает изменение целого комплекса свойств кристалла и может рекомендоваться для приближенной оценки качества материала (отжига).

Список литературы

1. Глазов, В. М. Микротвердость металлов / В. М. Глазов, В. Н. Вигдорович. – М. : Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1962. – 224 с.

Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВО «ГГТУ»

УДК 539.192

*А. Д. Лоскутова **

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ВОДЫ

В настоящее время для производства различных материалов все больше используют наночастицы веществ, доказывая их полезность.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ГГТУ» А. П. Королева.

Влияние этих частиц на окружающую среду и человека до конца не изучено. Но нанобъекты обладают уникальными свойствами, которые передают среде, в которой находятся, изменяя ее. Со временем эти изменения могут нанести вред окружающей природе и человеку. И возможно стоит уже сейчас начать «защищаться» от них. Для этого необходимо уметь обнаруживать наночастицы в различных средах.

В данной работе исследуется влияние нанобъектов на жидкие среды, используя теорию полупроводниковых свойств тонкого слоя воды. Для ее проверки была разработана методика проведения экспериментов и изготовлены стенды.

Целью эксперимента является обнаружение эффекта Холла в тонком слое воды и при добавлении нанобъектов изменение ее свойств.

Для изготовления экспериментального стенда использовались два стекла с размерами $88 \times 60 \times 1$ и $60 \times 40 \times 1$ мм, рамка и четыре электрических вывода.

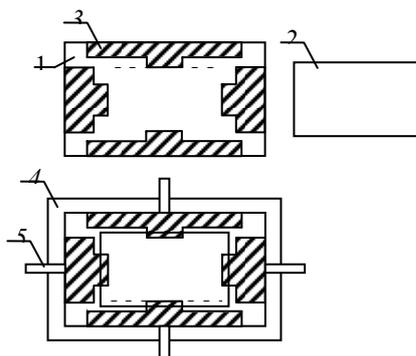


Рис. 1. Экспериментальный стенд:

1 – нижнее стекло; 2 – верхнее стекло; 3 – контактные площадки из меди;
4 – рамка; 5 – выведенные контакты

На одном стекле формировались четыре контактные площадки напылением в вакууме, стекло крепилось на рамке и выводились контакты (рис. 1).

Тонкий слой изготавливался двумя методами: напариванием и смачиванием.

Первый метод заключается в выпаривании воды из чашки Петри и последующей ее конденсации на стекле с контактными площадками. После напаривания прижимается второе стекло, и между ними формируется тонкий слой воды толщиной примерно $1 \dots 10$ мкм.

Метод смачивания заключается в нанесении небольшого количества воды с помощью шприца на стекло с контактными площадками. После чего к нему прижимается второе стекло и выдавливается лишняя вода, в результате получается также тонкий слой воды. В ходе эксперимента было выяснено, что оба метода равнозначны и разница в результатах находится в пределах погрешности. В результате основным методом создания тонкого слоя было выбрано смачивание, так как он удобнее.

Для подтверждения полупроводниковых свойств тонкого слоя воды проверяется наличие в нем эффекта Холла. Для этого стенд с тонким слоем помещается в постоянное магнитное поле и к нему подключаются два вольтметра и один амперметр. С первого вольтметра снимались значения подаваемого напряжения, со второго – ЭДС Холла.

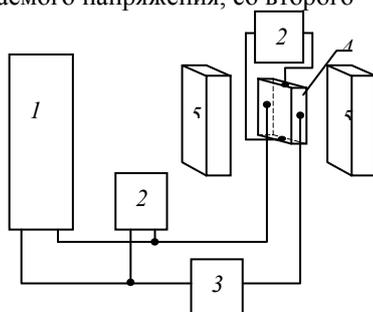


Рис. 2. Стенд для проведения эксперимента по эффекту Холла:
1 – источник питания; 2 – вольтметр; 3 – амперметр; 4 – экспериментальный стенд (повернут вертикально); 5 – постоянный магнит

По результатам экспериментальных данных построена зависимость (рис. 3) ЭДС от входного напряжения в тонком слое воды.

Из рисунка 3 видно, что при добавлении углеродных нанообъектов меняется знак функции $E_x = f(U_{пит})$. Также при добавлении в воду наночастиц наблюдается скачок тока, проходящего через тонкий слой (рис. 4).

По своей природе дистиллированная вода является диэлектриком, но в тонком слое начинают проявляться свойства проводящего кристалла. При пропускании тока в поперечном сечении на гранях происходит накопление зарядов. В результате виден рост ЭДС (рис. 3). Это подтверждает наличие эффекта Холла в тонком слое воды, помещенном в постоянное магнитное поле.

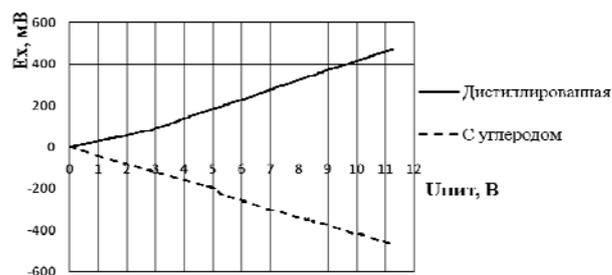


Рис. 3. Зависимость ЭДС Холла от напряжения питания

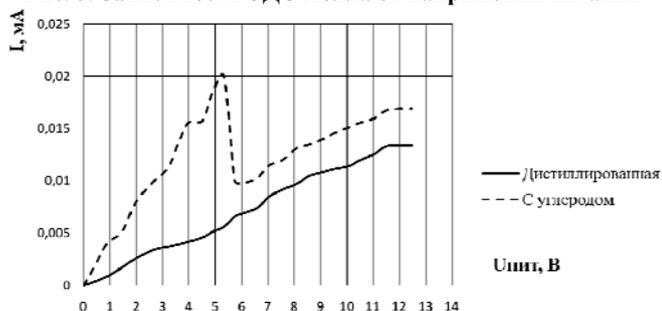


Рис. 4. Вольтамперная характеристика

Данный эксперимент показывает, что углеродные нановолокна изменяют свойства воды, в частности изменяется знак ЭДС Холла. Дальнейшее изучение выявленного эффекта позволит сделать датчик, на основе которого можно будет определять наличие и концентрацию наночастиц в окружающей среде.

Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 661.183

*Е. А. Нескоромная, А. В. Бабкин, А. Е. Бураков,
И. В. Романцова, А. Е. Кучерова**

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО НАНОСОРБЕНТА

Здоровье и продолжительность жизни человека во многом зависят от качества потребляемой им воды. Увеличение численности населения,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Е. Буракова.

развитие промышленного производства, создание огромных городских агломератов неизбежно приводят к изменениям ее солевого и микроэлементного состава [1].

В настоящее время очистка водных сред является особенно актуальной задачей. Существующие методы извлечения зачастую не позволяют получить техническую воду, отвечающую современным санитарно-химическим нормам. Некоторые из загрязняющих веществ могут быть чрезвычайно токсичны и опасны, их действие губительно для окружающей среды конкретных регионов и здоровья человека [2].

Мировая практика показывает, что наиболее актуальными и эффективными методами очистки водных сред являются адсорбционные процессы. Одним из наиболее перспективных и практически реализуемых методов активации этих процессов является модифицирование используемых образцов комплексных сорбентов слоем углеродных нанотрубок (УНТ) заданной морфологии.

Перспектива и актуальность разработок в области модифицирования поверхности пористых сорбентов слоем УНТ объясняются особенностями строения углеродных нанотрубок, определяющего их поглощающую способность и применение как сорбирующего материала в топливных и электрохимических элементах, системах для хранения веществ и т.д. [3].

Формирование слоя углеродных нанотрубок (УНТ) на поверхности материала-носителя производилось наиболее рациональным для промышленной реализации методом каталитического пиролиза углеводородов.

Морфология синтезированного слоя УНТ на пористом носителе была исследована методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Все образцы, используемые в работе, исследовались в Междисциплинарном центре «Аналитическая микроскопия» Казанского (Приволжского) Федерального Университета (под руководством директора МДЦ АМ Ю. Н. Осина) с применением автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа MERLIN (CARL ZEISS, ускоряющее напряжение 5kV, детектор InLins SE) [4].

СЭМ-изображения поверхности стандартного активированного угля (рис. 1) позволяют судить о наличии структурированного пористого пространства, отсутствии сажевых агломератов и частиц сторонних примесей.

Анализ полученных снимков исследуемого сорбента позволяет сделать вывод о наличии структурированного слоя УНТ и об отсутствии

частиц катализатора, не прореагировавших в процессе пиролитического синтеза (рис. 2).

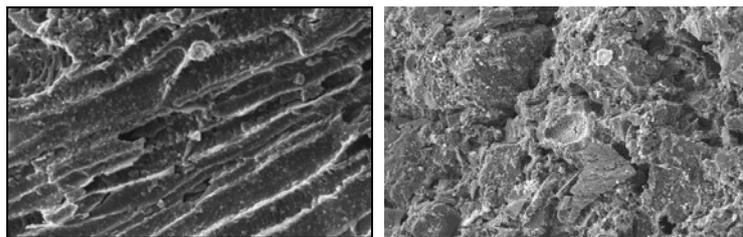


Рис. 1. СЭМ-изображение поверхности стандартного образца

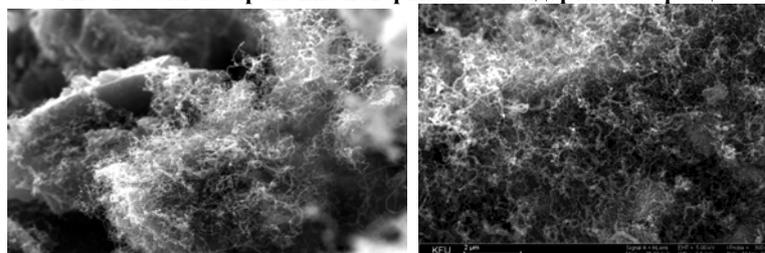


Рис. 2. СЭМ-изображение поверхности модифицированного образца

Кинетические исследования адсорбционной активности наносорбента были изучены на примере извлечения молекул органического красителя из водных растворов.

Методика проведения эксперимента. В качестве целевого поллютанта в опытах использовался раствор органического красителя гелиантина (п-диметиламиноазобензолсульфонат натрия – метилоранж).

В серию из 10 пробирок с раствором метиленового оранжевого объемом по 50 мл вносили исследуемый образец и выдерживали в течение 45 мин. В объеме раствора имеются частицы сорбента, которые препятствуют измерению истинной оптической плотности образца. Для предотвращения погрешности измерения мерные колбы помещали в центрифугу, предназначенную для разделения суспензий с нерастворимой твердой фазой, и центрифугировали в течение 10 мин при скорости вращения 10 000 об/мин. Используя спектрофотометрический метод определения оптической плотности раствора, рассчитывали остаточную концентрацию адсорбтива.

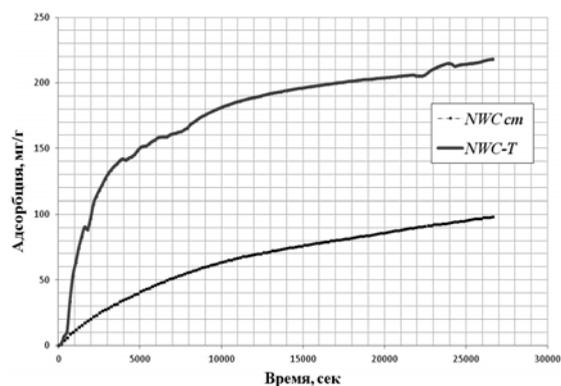


Рис. 3. График зависимости адсорбции молекул метилового оранжевого на стандартном и модифицированном образцах

Результаты кинетических исследований в динамическом режиме показывают высокую адсорбционную активность в первые 10 минут на нанопористом углероде с извлечением 65...70% от всей массы органического красителя и на углеродных нанотрубках – 25...30%. Исследуемый модифицированный образец по ключевым адсорбционным характеристикам превосходит стандартный кокосовый уголь практически в 2 раза по степени извлечения молекул МО из водных растворов.

Анализ эффективности изучаемого поглотителя наглядно показал положительное влияние наноуглеродного модифицирования на сорбционную способность активированного угля.

Список литературы

1. *Алехина, О. В.* Некоторые химические аспекты оценки качества питьевой воды / О. В. Алехина, Н. В. Вервекина, М. С. Веселова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 937 – 940.
2. *Электрокондиционирование жидких сред с применением наноструктурированных комплексных поглотителей* / А. В. Бабкин, И. В. Романцова, Е. А. Нескоромная, А. Е. Бураков, З. К. Кашевич, А. Н. Блохин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 14. – Вып. 3. – С. 496.
3. *Головин, Ю. И.* Введение в нанотехнологию / Ю. И. Головин. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 496 с.

4. Нескоромная, Е. А. Жидкофазная сорбция органических веществ углеродными наносорбентами, в том числе под влиянием электромагнитного поля : магист. дис. / Е. А. Нескоромная. – Тамбов, 2016. – 80 с.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 621.521

*П. С. Платицин**

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ВАКУУМ-ТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ СЫПУЧИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Агропромышленный комплекс (АПК) объединяет все отрасли хозяйства, которые принимают участие в производстве сельскохозяйственной продукции, ее переработке и доведении до потребителя. Значение агропромышленного комплекса заключается в обеспечении страны продовольствием и другими потребительскими товарами, поэтому сфера переработки, транспортирования, хранения и реализации сельскохозяйственных продуктов является приоритетной.

В АПК производится большое количество разнообразных сыпучих растительных материалов из зерновых культур, травы, торфа и т.д., которые необходимо транспортировать к месту переработки, фасовки и хранения.

Одним из перспективных способов перемещения растительных материалов является пневмотранспорт, который представляет собой один из наиболее прогрессивных способов внутри- и межцеховых перемещений.

По способу создания в транспортном трубопроводе разности давления эти установки могут быть всасывающего и нагнетательного действия.

В нагнетательных установках перемещение сыпучих растительных материалов осуществляется за счет избыточного давления воздуха, во всасывающих – за счет создаваемого разрежения.

Нагнетательный пневмотранспорт имеет следующие преимущества перед другими видами транспортирования:

- герметичность перемещения и отсутствие пыления;

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц., зав. каф. ТМиДМ ФГБОУ ВО «ТГТУ» Ю. В. Родионова.

- гибкость трасс;
- возможность полной автоматизации процесса;
- небольшие капитальные затраты на строительство.

Вакуумный транспорт по сравнению с нагнетательным позволяет снизить взрывоопасность перемещения растительных материалов за счет минимизации наличия кислорода в транспортном трубопроводе; транспортировать материалы из нескольких мест одновременно; снизить повреждение транспортируемого материала и сохранить товарный вид; сохранить биологически-активные вещества и качество растительного материала; повысить экологичность (снизить запыленность окружающей среды); повысить производительность труда.

В то же время недостаток вакуумного транспорта – высокие затраты энергии на перемещение единицы объема транспортируемого материала, и поэтому создание энергоэффективной вакуумной транспортной установки для перемещения различных материалов с различной влажностью и плотностью является одной из задач, стоящей перед агропромышленным комплексом.

В качестве воздушодувной машины в вакуумных транспортных установках применяют центробежные вентиляторы, воздушодувки и жидкостнокольцевые вакуум-насосы (ЖВН). Вентиляторы и воздушодувки используют в случае перемещения материала на короткие или средние расстояния. Если требуется перемещать материал на дальние расстояния, поднимать его на высоту или транспортировать из нескольких мест одновременно – применяются жидкостнокольцевые вакуумные насосы.

Промышленные жидкостнокольцевые вакуум-насосы с постоянными фазами газораспределения при достижении конечного давления разрежения имеют постоянную быстроту действия (производительность) и работают на максимальной мощности, что не позволяет максимально эффективно перемещать материал (который также различается по физико-механическим свойствам, плотности, влажности) при различных диаметрах транспортного трубопровода.

Использование в качестве всасывающей машины жидкостнокольцевого вакуум-насоса с регулируемым окном ЖВН-0,75 РО, разработанного и испытанного на кафедре ТМиДМ ТГТУ [1], позволяет не только унифицировать установку вакуумного транспорта, но и снизить на 20% энергетические затраты организации транспортирования различных сыпучих растительных материалов.

В разработанном ЖВН управление заслонкой происходит в ручном режиме. В настоящий момент на кафедре ТМиДМ ТГТУ ведутся разработки жидкостнокольцевого вакуум-насоса автоматической системой изменения размера нагнетательного окна, которая обеспечит регулиро-

вание расхода подаваемой в насос воды и размера нагнетательного окна с использованием ПИ-законов регулирования [2] (рис. 1).

В ЖВН-0,75 АРО заданное значение расхода и размер нагнетательного окна корректируются в зависимости от текущего значения достигнутой величины вакуума. Это позволяет уменьшить затраты мощности на сжатие при транспортировке другого сыпучего растительного материала, а также корректировать разрежение в системе при возникновении непредвиденных обстоятельств (например, при разгерметизации в стыках транспортного трубопровода). На основе ЖВН-0,75 АРО предлагается схема универсальной вакуум-транспортной установки (рис. 2).

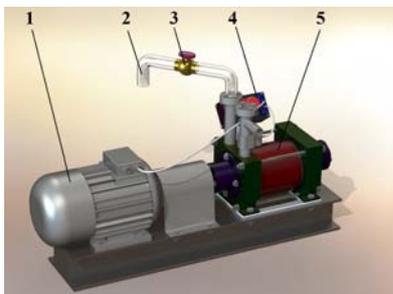


Рис. 1. 3D-модель вакуумной насосной станции на базе ЖВН-0,75 АРО:
1 – электродвигатель; 2 – воздушный трубопровод; 3 – пусковой кран; 4 – система автоматического регулирования размера нагнетательного окна; 5 – ЖВН-0,75 АРО

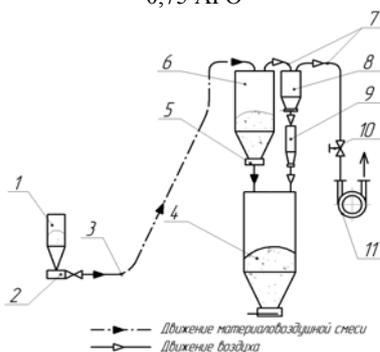


Рис. 2. Схема универсальной вакуум-транспортной установки на базе ЖВН-0,75 АРО:
1 – заборный бункер; 2 – пневмовинтовой питатель; 3 – транспортный трубопровод; 4 – сборный бункер; 5 – затвор; 6 – циклон; 7 – воздушный трубопровод; 8 – пылеуловитель; 9 – пылесборник; 10 – пусковой кран; 11 – жидкостно-кольцевой вакуумный насос с автоматическим регулируемым нагнетательным окном

Список литературы

1. *Регламентация* расхода дополнительной жидкости в ЖВН с автоматическим регулированием размера нагнетательного окна / Ю. В. Родионов [и др.] // Динамиката на съвременната наука. Т. 13. Технологии : Материали за 8-а междунар. науч. практ. конф. – София, 2012. – С. 18 – 21.

*Кафедра «Техническая механика и детали машин»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 621.319.45; 544.636

*Г. В. Соломахо**

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАСШТАБИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕЗОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Проблема перехода от лабораторных исследований к опытно-промышленному производству связана со многими нюансами – в первую очередь, масштабирование масс материалов, объемов аппаратов и температурных режимов.

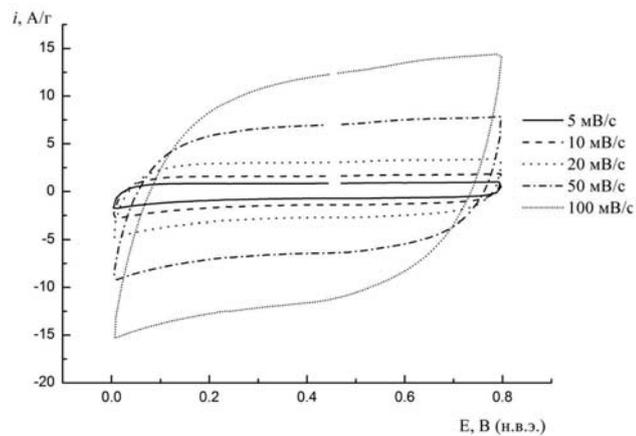
Описанная в статье [1] технология синтеза и активации мезопористых углеродных наноматериалов для электрохимических конденсаторов масштабирована для технологической линии производства в промышленных условиях. Технологическая линия зарегистрирована как заявка на патент [2].

Изначально проведено исследование в лабораторных условиях. Произведен синтез смеси фенолформальдегидной смолы, карбоксиметилцеллюлозы и графеновой пасты (в определенных соотношениях) при температурах 140, 160 и 300 °С в течение 16 часов в сумме. Полученный композит измельчен до фракции частиц менее 0,8 мм. Затем материал был подвергнут активации в среде гидроксида щелочного металла, а именно КОН. Температуры активации 400 и 750 °С, время – 3 часа в сумме. Процесс проходил в сфере аргона. Полученный продукт был отфильтрован от остатков щелочи и возможных остатков железа со сте-

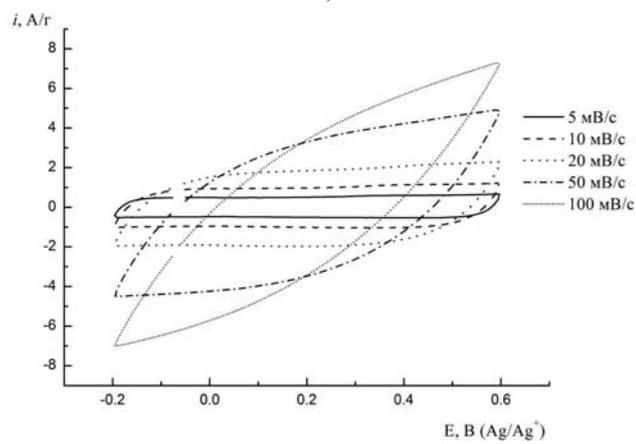
* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф., зав. каф. ТТПН ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Г. Ткачева.

нок приспособления при помощи соляной кислоты и дистиллированной воды. Конечной стадией обработки явилось удаление гидроксильных групп путем термообработки при 350 °С в потоке аргона в течение 2 часов.

Полученный продукт был исследован на базах ТГТУ, ТГУ им. Г. Р. Державина (г. Тамбов) и ВГТУ (г. Воронеж). Результаты исследований отражены на рис. 1 и в табл. 1.



a)



б)

Рис. 1. Циклические вольтамперограммы лабораторного образца:
a – в 3 М растворе H_2SO_4 ; *б* – в 1 М растворе $TEABF_4$ в AN
1. Показатели пористости лабораторного образца

Σ поверхность по БЭТ, м ² /г	Средняя ширина пор, нм	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
2817,11	3,62	2,25	1822,35

На основании положительных результатов лабораторных исследований отработанная технология применена в опытно-промышленном производстве мезопористых углеродных наноматериалов на базе ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов).

Природа исходных веществ и пропорции материалов сохранены. Объем увеличен в 25 раз по сравнению с лабораторными исследованиями. Синтез композита проведен также при температурах 140, 160 и 300 °С в течение 16 ч в сумме. Процесс щелочной активации продлен с 3 до 4 ч + время остывания реактора с печью 8 ч. Материал подвергнут фильтрованию, как и в первом случае, а также обработан в потоке аргона при 350 °С в течение 2 ч.

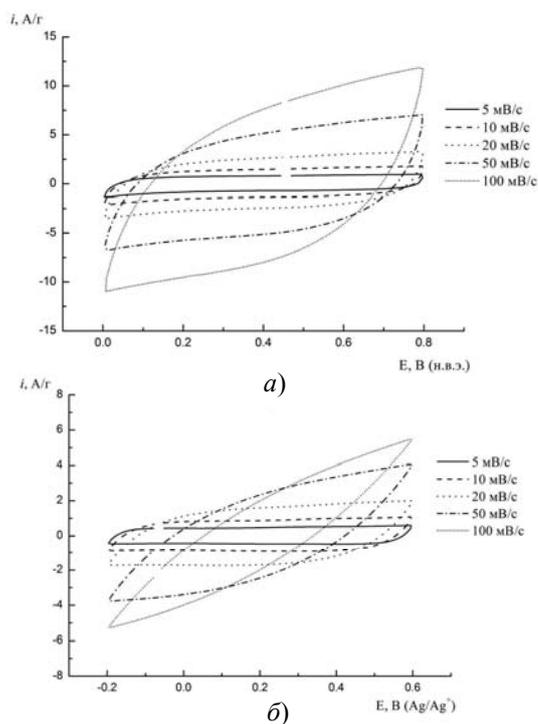
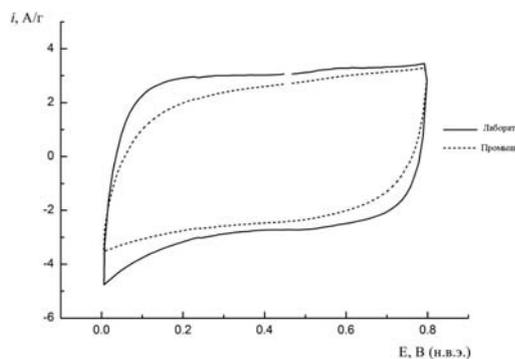


Рис. 2. Циклические вольтамперограммы промышленного образца:
a – в 3 М растворе H₂SO₄; *б* – в 1 М растворе TEABF₄ в AN
2. Показатели пористости промышленного образца

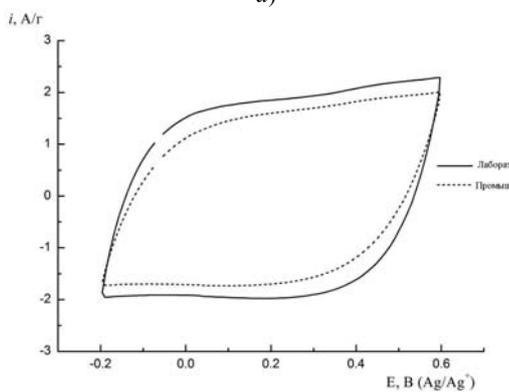
Σповерхность по БЭТ, м ² /г	Средняя ширина пор, нм	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
2644,59	3,62	1,82	1727,18

Полученный продукт также был исследован на базах ТГТУ, ТГУ им. Г. Р. Державина (г. Тамбов) и ВГТУ (г. Воронеж). Результаты исследований отражены на рис. 2 и в табл. 2.

Для наглядного сравнения полученных образцов все показатели вынесем в общие графики и таблицы:



a)



б)

Рис. 3. Сравнительное представление циклических вольтамперограмм для исследуемых образцов углеродных материалов при скорости развертки потенциала 20 мВ/с:

a – 3 М H₂SO₄; *б* – 1 М раствор TEABF₄ в AN

3. Удельная емкость исследуемых углеродных материалов

в 3 М растворе H₂SO₄

Образец	Удельная емкость C _{уд} , Ф/г при скорости развертки потенциала v, мВ/с				
	5	10	20	50	100
Лабораторный	161±8	149±7	137±7	116±8	97±8
Промышленный	140±1	127±2	111±4	83±4	60±2

4. Удельная емкость исследуемых углеродных материалов в 1 М растворе TEABF₄ в AN

Образец	Удельная емкость C _{уд} , Ф/г при скорости развертки потенциала v, мВ/с				
	5	10	20	50	100
Лабораторный	96±3	89±4	78±6	50±9	25±7
Промышленный	86±3	77±4	63±6	35±6	16±3

5. Характеристики пористости образцов

Образец	Σ поверхность по БЭТ, м ² /г	Ср. ширина пор, нм	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
Лабораторный	2817,11	3,62	2,25	1822,35
Промышленный	2644,59	3,62	1,82	1727,18

На основании сравнительных таблиц и диаграммы можно сделать следующие выводы:

- электрод на основе лабораторного образца обладает меньшим электрическим сопротивлением;
- в растворе серной кислоты для промышленного образца прослеживается вклад импеданса Варбурга [3], отражающего влияние диффузии электроактивных частиц (ионов электролита к или от поверхности электрода);
- в органической среде для электродов на основе обоих образцов характерно «чистое конденсаторное поведение»;
- оба образца по характеристикам пористости соответствуют требованиям, предъявляемым электродному материалу.

Согласно вышеуказанным выводам, масштабирование технологии при переходе на опытно-промышленное производство прошло успешно в первом приближении. Для постоянного получения образцов с неизменными характеристиками необходимо отлаживать технологическую линию производства путем многочисленных экспериментов.

Список литературы

1. *Соломахо, Г. В.* Исследование зависимости характеристик высокопористых углеродных наноматериалов для электрохимических конденсаторов от природы исходных веществ / Г. В. Соломахо // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития. Вып VII. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – С. 94 – 97.
2. *Заявка на патент № 2016102551 от 26.01.16.* Способ получения мезопористого углерода / А. Г. Ткачев, А. В. Мележик, Г. В. Соломахо. – 28 с.
3. *Концентрационные* эффекты электропроводящих наполнителей в углеродных электродах электрохимического конденсатора / М. Ю. Чайка, В. В. Агупов, В. С. Горшков, А. В. Готов, А. Н. Ермаков, Т. А. Кравченко // Электрохимическая энергетика. – Воронеж, 2012. – Т. 12, № 2. – С. 72 – 76.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 661.61

*Ю. А. Хан**

РАЗРАБОТКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают огромным потенциалом в материаловедении благодаря своим уникальным прочностным и другим механическим и электрическим свойствам. При введении их в объем модифицируемого материала свойства последнего могут изменяться в разы, а также проявляться новые свойства, ранее не характерные для этого материала. Необходимыми условиями для достижения подобных результатов являются точная дозировка УНТ в необходимой концентрации и равномерное распределение в объеме материала. Однако нанотрубки, обладая высокой удельной поверхностью, являются чрезвычайно склонными к агломерации, что значительно усложняет соблюдение режимных параметров модифицирования.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. хим. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Т. П. Дьячковой.

С целью улучшения взаимодействия УНТ с полимерными матрицами и регуляции свойств нанотрубок, а также для придания необходимых характеристик композитам используются процессы функционализации УНТ – привития на поверхности графеновых слоев нанотрубок различных функциональных групп. За счет разнообразия доступных для присоединения функциональных групп достигается создание широкого спектра модификаторов, отличающихся по свойствам.

Целью данного исследования явилась разработка методов функционализации и выбор оптимальных параметров температуры, давления, длительности обработки и реагентов для достижения необходимых эффектов.

Полифункциональные модификаторы являются продуктами химической обработки многослойных углеродных нанотрубок «Таунит-М» (ООО «НаноТехЦентр», Тамбов) со следующими характеристиками: внешний диаметр – 8...15 нм, внутренний диаметр – 4...8 нм, длина – от 2 мкм, удельная поверхность – 300...320 м²/г.

В зависимости от условий CVD-синтеза углеродные нанотрубки из разных производственных партий могут отличаться по длине, структуре поверхностных слоев и другим геометрическим характеристикам. Данные флуктуации в структуре слоев влияют и на конечные физико-механические и электрические свойства нанотрубок и композитов на их основе.

В данном исследовании степень дефектности УНТ оценивалась при помощи спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) на КР-спектрометре Thermo Scientific DXR Raman Microscope при длине волны облучающего лазера, равной 532 нм. Ключевыми при оценке дефектности являются пики D (~1350 см⁻¹, характеризует наличие углерода в состоянии sp³-гибридизации, ответственного за дефекты на поверхности УНТ) и G (~1550 см⁻¹, отражает бездефектную поверхность, представленную углеродом в состоянии sp²-гибридизации) (рис. 1). На основе анализа относительных интенсивностей данных пиков рассчитывается показатель дефектности D/G [1 – 3].

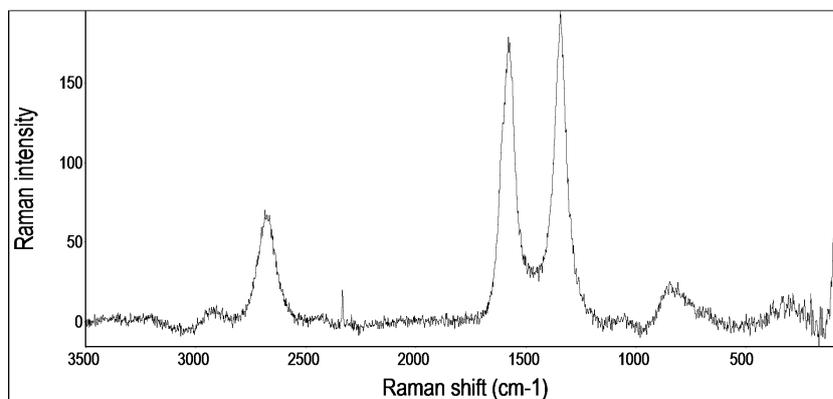
В рамках исследования были рассмотрены следующие типы функционализации:

1. Жидкофазная функционализация (ЖФ) в 65%-ном растворе азотной кислоты при 120 °С в течение 0,5 ч, 2,5 ч, 3,5 ч, 6,5 ч;
2. Газофазная функционализация (ГФ) в парах азотной кислоты при 140 °С в течение 3 ч, 4,5 ч, 6 ч;
3. Газофазная функционализация в парах перекиси водорода при 140 °С в течение 2 ч, 10 ч, 20 ч, 30 ч.

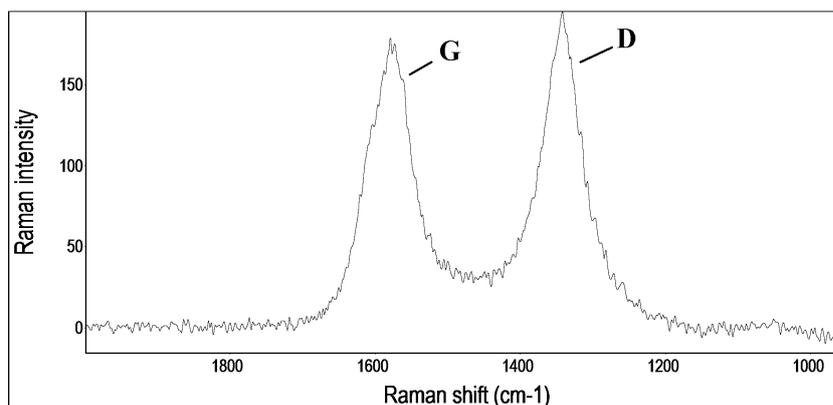
Все три типа функционализации связаны с образованием COOH-групп. Функционализированные подобными группами УНТ называют карбоксилированными.

В таблице 1 представлены показатели дефектности образцов УНТ при различных режимах функционализации.

При жидкофазной функционализации в концентрированной азотной кислоте показатель дефектности УНТ имеет минимальное значение при продолжительности процесса, равной 0,5 ч. Это связано с очисткой УНТ от аморфной фазы углерода. Далее наблюдается скачкообразный рост параметра D/G при 0,5...2,5-часовой обработке, после чего деструктивные процессы замедляются.



a)



b)

Рис. 1. Пример КР-спектра УНТ в общем виде (1) и увеличенном (2) с целью отображения ключевых пиков

Данный характер изменения показателя D/G свидетельствует об агрессивности азотной кислоты по отношению к поверхностным слоям нанотрубок с образованием новых активных центров функционализации (дефектов). Скачок значения D/G во временном интервале 0,5...2,5 ч, возможно, свидетельствует о наиболее активном продуцировании функциональных групп, связанном с деструктивными процессами.

УНТ, подвергшиеся газофазной функционализации в парах азотной кислоты, характеризуются стабильностью показателей дефектности при обработке продолжительностью до 3 ч. Возможно, это связано с одновременным протеканием примерно с равными скоростями процессов удаления аморфной фазы и формирования функциональных групп. При 3...4,5-часовой выдержке УНТ в парах азотной кислоты наблюдается скачкообразный рост дефектности, обусловленный превалированием процессов формирования функциональных групп.

При газофазной функционализации в парах перекиси водорода наблюдается снижение показателей дефектности УНТ при обработке продолжительностью до 20 ч. Это связано с более щадящим воздействием перекиси водорода. Однако и количество формирующихся функциональных групп невелико и может оказаться недостаточным для придания необходимых свойств углеродным нанотрубкам.

1. Показатели дефектности D/G при разных режимах функционализации

Тип функционализации	Длительность, ч	D/G
Исходные УНТ «Таунит-М»	–	1,043
ЖФ HNO ₃	0,5	0,939
	2,5	1,298
	3,5	1,300
	6,5	1,395
ГФ HNO ₃	3	1,071
	4,5	1,224
	6	1,269
ГФ H ₂ O ₂	2	1,011
	10	0,845
	20	0,805
	30	0,842

При варьировании режимных параметров функционализации возможно получение наноматериалов с необходимыми свойствами. Контролируя степень дефектности УНТ в процессе функционализации, можно добиться оптимального соотношения дефектность/степень функционализации для последующего масштабирования данных методов до промышленного производства с целью получения УНТ наилучшего качества.

Список литературы

1. *Исследование* влияния степени функционализации на некоторые свойства многослойных углеродных нанотрубок / Е. А. Захарычев, С. А. Рябов, Ю. Д. Семчиков и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2013. – № 1(1). – С. 100 – 104.
2. *Synthesis, characterization, and electrochemical testing of carbon nanotubes derivatized with azobenzene and anthraquinone* / K. Sadowska, K. P. Roberts, R. Wiser et al. // Carbon. – 2009. – V. 47. – P. 1501 – 1510.
3. *Окисление* многослойных углеродных нанотрубок в парах перекиси водорода: закономерности и эффекты / Т. П. Дьячкова, Ю. А. Хан, Н. В. Орлова и др. // Вестник ТГТУ. – 2016. – Т. 22 (№ 2). – С. 323 – 333.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 663.15/67.08

*А. И. Бушковская, И. Богданов, П. А. Мосеев**

**ПЕРЕРАБОТКА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Для инновационного развития современной экономики одним из ключевых направлений является биотехнология, которая имеет большое значение для экономической модернизации и развития различных отраслей промышленности. В настоящее время более 80% биотехнологической продукции, потребляемой в России, является импортной (например, кормовые белки и ферментные препараты, антибиотики, органические кислоты и другие пищевые ингредиенты). При этом объемы потребления биотехнологической продукции остаются очень низкими по сравнению с другими странами. Согласно стратегии развития до 2020 года доля биоэкономики в ВВП должна составить около 1%, к 2030 году не менее 3%, что означает увеличение биотехнологических производств в ближайшее время [1].

Биотехнологические производства отличает более низкая экологическая нагрузка в сравнении с химическими предприятиями, однако для них характерны специфические отходы в виде либо газовоздушных выбросов с биологическими частицами, либо значительных количеств биомассы. Так биотехнологические производства, использующие в качестве продуцентов микроскопические грибы, сталкиваются с проблемой утилизации мицелиальной биомассы. Например, в производстве антибиотиков тетрациклинового ряда с участием *Streptomyces aureofaciens*, при биосинтезе лимонной кислоты микомицетом *Aspergillus niger*, витамина В12, накапливаемым грибом *Nocardia rugosa*, при получении технических, очищенных ферментных препаратов.

Способы переработки мицелиальной биомассы по результатам выполненного обзора информационных источников можно разделить на три группы в зависимости от задействованных процессов – термохимический, физико-химический и биохимический.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

К термохимическим технологиям относятся коксование, газификация и сжижение. При использовании таких методов биомасса превращается в ценные энергоносители или непосредственно сжигается. Прибыль зависит от стоимости оборудования, транспортировки биомассы и энергоносителя. А затраты на получение биотоплива из биомассы зависят от местных условий. Для сельского хозяйства они будут ниже среднего уровня.

Переработка биомассы с помощью физико-химических технологий позволяет получать с помощью экстракции и химической обработки или биоконверсии продукты, которые используются в качестве биодизеля.

Биохимический метод переработки мицелиальной биомассы с использованием брожения позволяет получать вещества, которые можно использовать в качестве жидкого или газообразного топлива, удобрений [2].

Работы по решению проблемы утилизации мицелиальных отходов ведутся по нескольким основным направлениям:

1. Использование мицелиальных отходов для технических целей в качестве добавок в бетонные и гипсовые растворы или обжиговые материалы, для получения топлива, сорбентов.

2. Использование питательных веществ биомассы в сельском хозяйстве, для приготовления биоудобрений.

Биохимический способ переработки мицелиальной биомассы основан на применении биокomпостирования. Биомассу смешивают с биологически активным компонентом – носителем компостных микроорганизмов и материалом, который сорбирует избыточную влагу. Это могут быть как отходы других производств – опилки, солома и т.п., так и возобновляемые природные материалы, например, торф. Интерес представляет способ, основанный на применении вермикультивирования, в котором мицелиальную биомассу, смешанную с органическими материалами, обрабатывают с помощью навозных червей. Предусматривают дальнейшее использование переработанной смеси как удобрения [3].

Привлекательным вариантом переработки биомассы можно считать использование биомассы в качестве пенообразующей добавки для ячеистых бетонов. Биомассу предварительно гидролизуют до получения вещества – пенообразователя, который включается в технологию производства строительных материалов.

Мицелиальные отходы используют в качестве компонентов питательных сред для микроорганизмов с предварительной обработкой ферментативным гидролизом, что позволяет высвободить большее

количество используемого сырья, сократить затраты на закупку дорогостоящих и дефицитных компонентов питательных сред.

Для биотехнологических предприятий, выпускающих кормовые ферментные препараты, актуален вопрос утилизации биомассы. На текущий момент отечественные и зарубежные предприятия по производству биотехнологической продукции отправляют биомассу (как побочный продукт) на захоронение. Как правило, ее предварительно подвергают тепловой или химической обработке с целью инактивации жизнеспособных клеток. На основе анализа доступных материалов по проблеме утилизации биотехнологических отходов наиболее перспективным представляется способ переработки в биогаумус.

С целью решения одновременно двух задач: экологической – устранение загрязнений воздушной среды от территории захоронения и экономической – получение продукта, реализуемого как органическое удобрение, можно предложить схему переработки биомассы для сельского хозяйства путем биоконверсии. Предлагаемая схема представлена в виде операторной модели (рис. 1).

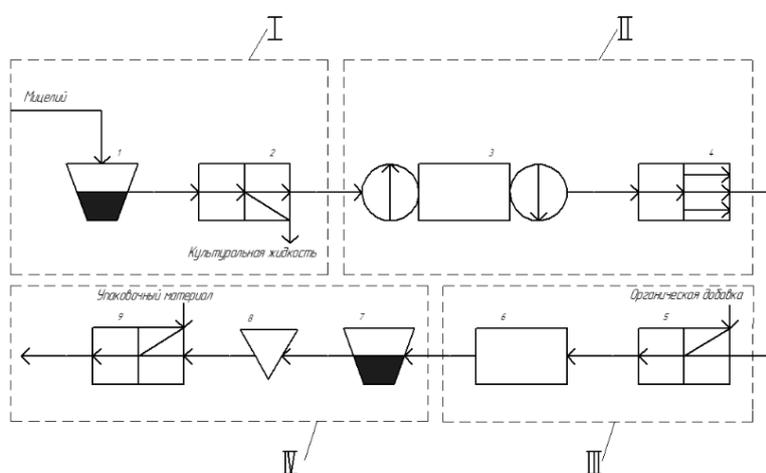


Рис. 1. Операторная модель технологии переработки мицелиальной биомассы в условиях предприятия:

- I – этап предварительной обработки мицелия, II – этап инактивации,
 III – этап биодegradации, IV – получение товарной формы;
 1 – накопление мицелия; 2 – фильтрация; 3 – термическая обработка;
 4 – дезинтеграция; 5 – смешение с органической добавкой;
 6 – биокomпостирование; 7 – накопление биопродукта;
 8 – дозирование; 9 – упаковка

Биомасса накапливается в резервуаре, а затем обезвоживается на пресс-фильтрах. Обезвоженная биомасса подвергается тепловой обработке в течение часа при температуре 135...140 °С в кислой среде. Обезвреженная биомасса подвергается дезинтеграции, после чего смешивается с органической добавкой, содержащей естественные микроорганизмы. Затем происходит биокомпостирование. Переработанный биопродукт накапливается, затем расфасовывается и складировается.

При ожесточающихся требованиях к защите окружающей среды и росте стоимости утилизации отходов актуальны разработки технологий по переработке биологических отходов производств. Данный способ позволяет получить удобрения для использования как в сельском хозяйстве, так и у частных владельцев садовых участков, так как полученная масса будет обладать полезными питательными веществами для роста растений и полезной микрофлорой за счет смешения с органическим материалом.

В соответствии с действующим законодательством в России предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют право на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т.е. должны быть малоотходными или безотходными, в связи с этим разработка технологий по переработке биологических отходов производств является актуальной.

Список литературы

1. *Стратегия* развития биотехнологии Российской Федерации до 2020 г. «Стратегия БИО-2020».
2. Ресурсосберегающие технологии – основа конкурентоспособности современной пищевой и перерабатывающей промышленности / Д. С. Дворецкий, В. Н. Долгунин, О. В. Зюзина, Е. И. Муратова, С. А. Нагорнов, Н. М. Страшнов, Е. В. Хабарова // *Вопросы современной науки и практики*. – 2013. – № 3(47). – С. 282 – 291.
3. *Пат. № 2205164 РФ МКИ С 05 F 9/ 04*. Способ утилизации мицелиальных отходов / Орлов Ю. Н., Полюдов С. А., Елисеева О. Н., Лахно Т. И.
4. *Василенко, М. И.* Отходы микробиологических производств – потенциальное сырье для получения пенообразователей, использующихся в строительной индустрии / М. И. Василенко, И. В. Старостина // *Фундаментальные исследования*. – 2004. – № 3.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ
ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ
CHLORELLA**

В настоящее время существует проблема обеспечения населения полноценным питанием, которое способствует укреплению здоровья. Решению данной проблемы посвящена «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года» от 24 апреля 2012 г. №1853п-П8. Актуальным является вопрос поиска источников сырья, обладающего биологической активностью и снижающего риск ряда заболеваний, появление которых обусловлено окислительными процессами, протекающими в клетках с образованием свободных радикалов. Ключевую роль в профилактике данных заболеваний играют антиоксиданты, которые способны останавливать процессы аэробного окисления в клетках. К их числу относится хлорофилл.

Одной из ключевых стадий в производстве хлорофилла является выделение клеток биомассы из культуральной жидкости. Цена конечного продукта во многом зависит от метода выделения биомассы. В промышленности широко распространены такие методы, как центрифугирование, ультрафильтрация, обработка ультразвуком. Стоимость указанных операций по выделению может превышать 50% от общих энергозатрат на производстве [2]. Поэтому для решения данной проблемы необходимо исследовать методы осаждения биомассы химическими реагентами. Использование этих методов позволит снизить общие энергозатраты.

В качестве химических реагентов для осаждения биомассы предлагается использовать оксид алюминия, который способен адсорбировать клетки микроводорослей на своей поверхности. В результате взаимодействия оксида алюминия и клеток микроводоросли происходит образование коагуляционного сгустка и выпадение его в осадок.

Использование ионов меди Cu^{2+} приводит к снятию отрицательного заряда с поверхности клеток микроводорослей, образованию агломератов и выпадению их в осадок.

Действие гексацианоферрата калия на осаждение клеток биомассы связано со снятием гидратной оболочки макромолекул белка микроводорослей и последующим выпадением их в виде коагуляционного осадка.

Применение катионного флокулянта Floпам SH 4550 объясняется способностью закрепляться на поверхности клеток не только с помощью водородных связей, но и благодаря химическому взаимодействию (хемосорбции) катионов с анионами белковых групп, находящимися на поверхности клеток микроводоросли, тем самым способствуя флокуляции.

Целью работы является экспериментальное исследование коагулирующих способностей оксида алюминия, сульфата меди, гексаацетиоферрата калия и флокулянта Floпам SH 4550.

Объектом исследования является суспензия микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Культивирование штамма производилось на стандартной среде ТАМИЙЯ в фотобиореакторе при круглосуточном освещении лампами дневного света и аэрации газовой смеси из окружающей среды с применением компрессора. На момент начала эксперимента оптическая плотность суспензии при длине волны 621 нм равна 0,772, что соответствует концентрации 11,2 млн. кл./мл. Пересчет от оптической плотности к концентрации клеток производился по заранее построенному градуировочному графику [1]. Измерение оптической плотности производилось на фотометре КФК 03-01.

Коагулирующие способности солей изучались добавлением различного количества реагента к суспензии. Для каждой соли было приготовлено по 4 образца суспензии объемом 10 мл. Результаты эксперимента представлены в табл. 1. Контроль осуществлялся путем измерения оптической плотности через 30, 60, 90, 180 мин и 24 ч.

При добавлении сульфата меди с увеличением концентрации изменялся цвет суспензии от светло-зеленого до светло-голубого. Образование хлопьев и выпадение водорослей в осадок не произошло. Наименьшая оптическая плотность через сутки наблюдалась в пробирке с меньшей концентрацией.

1. Экспериментальные данные зависимости оптической плотности от концентрации коагулянта

	Масса, г	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	180 мин	Сутки
Floпам FO 4550 SH		0,772					
1	0,001		0,036	0,056	0,065	0,031	0,046
2	0,003		0,490	0,103	0,063	0,059	0,038
3	0,006		0,319	0,154	0,116	0,079	0,037
4	0,009		0,301	0,065	0,060	0,039	0,053
CuSO ₄							
1	0,011		0,855	0,897	0,852	0,822	0,682
2	0,019		0,902	0,986	0,937	0,958	1,148
3	0,024	1,040	1,138	1,110	1,552	0,870	
4	0,028	1,087	1,240	1,289	1,292	1,050	

	Масса, г	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	180 мин	Сутки
Al ₂ O ₃							
1	0,001		0,252	0,263	0,228	0,196	0,108
2	0,003		0,251	0,265	0,243	0,216	0,115
3	0,006		0,246	0,265	0,267	0,220	0,116
4	0,009		0,255	0,287	0,276	0,212	0,082
K ₃ [Fe(CN) ₆]							
1	0,001		0,252	0,265	0,262	0,214	0,086
2	0,003		0,240	0,254	0,263	0,212	0,067
3	0,006		0,245	0,256	0,259	0,180	0,060
4	0,009		0,246	0,257	0,247	0,221	0,067
Контроль	0		0,772				0,708

По результатам экспериментального исследования изучения коагулирующей способности образцов солей были определены степени осаждения для различного количества реагента к суспензии.

Степень осаждения S определялась по формуле 1:

$$S = (C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{нач}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная оптическая плотность суспензии; $C_{\text{кон}}$ – оптическая плотность после осаждения.

Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации реагирующей соли представлены на рис. 1 – 4.

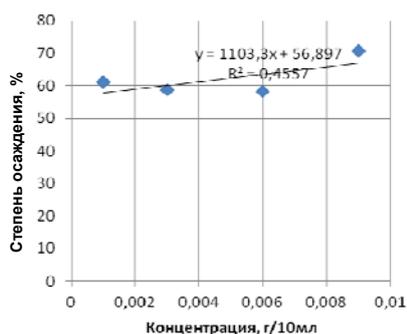


Рис. 1. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации оксида алюминия

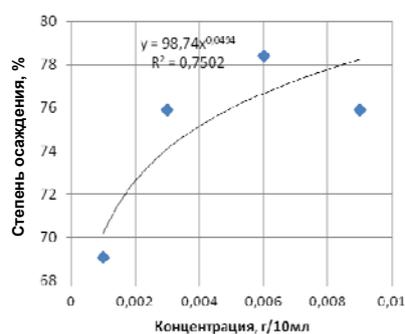


Рис. 2. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации сульфата меди

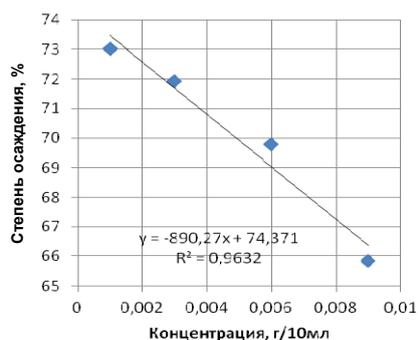


Рис. 3. Зависимость степени осаднения биомассы от концентрации гексацианноферрата калия

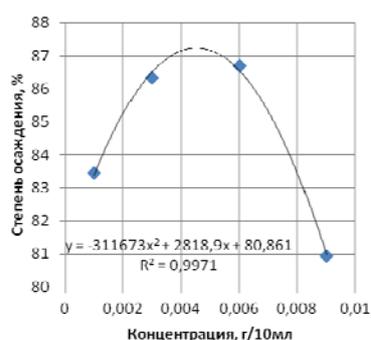


Рис. 4. Зависимость степени осаднения биомассы от концентрации Флорам FO 4550 SH

На основании экспериментальных данных было выявлено, что наилучшим химическим реагентом-коагулянтом является Floрам FO 4550 SH.

Список литературы

1. *Владимирова, М. Г.* Интенсивная культура одноклеточных водорослей / М. Г. Владимирова, В. Е. Семенов. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1962. – 44 с.
2. *Музафаров, А. М.* Культивирование и применение микроводорослей : учеб. / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев. – Ташкент : Фан, 1984. – С. 42 – 45.
3. *Брююков, В. В.* Основы промышленной биотехнологии / В. В. Брююков. – Москва : Изд-во «КолосС», «Химия», 2004. – 134 с.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

*П. Н. Черноятов**

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В различных отраслях промышленности (химическая, пищевая, металлургическая и др.) для концентрирования различных по свойствам растворов широко применяется выпаривание. Актуальность применения выпаривания – это сохранение продукции сельскохозяйственной отрасли путем концентрации, проблема защиты окружающей среды от загрязнения промышленными сточными водами, опреснение воды в районах с дефицитом пресной воды.

Выпарные установки являются важными звеньями технологических комплексов, которые определяют качество и стоимость выпускаемой продукции.

Выпарные аппараты характеризуются следующими процессами, происходящими в них: конденсацией паров в греющей камере, передачей тепла от пара через стенку поверхности нагрева к кипящей жидкости; кипением жидкости с выделением паров растворителя и увеличением концентрации раствора. Образующийся при этом вторичный пар может быть использован как горячий теплоноситель в других установках.

Наиболее простой конструкцией выпарного аппарата является устройство с паровой рубашкой при свободно неорганизованной циркуляции пара (рис. 1).

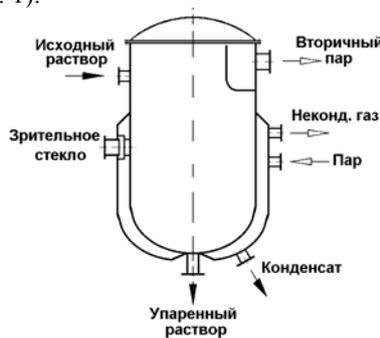


Рис. 1. Выпарной аппарат с паровой рубашкой

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. В. Никитина.

Такие аппараты нашли свое применение в небольших производствах для упаривания водных растворов, склонных к отложениям и обладающих агрессивными свойствами. Аппараты такой конструкции появились одними из первых. Они отличаются простотой изготовления, доступностью поверхности теплопередачи для коррозионной защиты и очистки от отложений. Однако аппаратам со свободной неорганизованной циркуляцией присущ низкий коэффициент теплоотдачи от стенки к раствору. Это объясняется тем, что скорость движения раствора невелика и определяется свободной конвекцией. Низкие коэффициенты теплоотдачи и соответственно теплопередачи приводят к необходимости иметь большую поверхность теплопередачи, что влечет высокие капитальные затраты. Необходимость увеличения поверхности нагрева в единице объема аппарата привела к появлению змеевиковых и трубчатых выпарных аппаратов. В них движется по трубам раствор, обеспечивая большую удельную поверхность теплопередачи, но сложность их очистки и защиты от коррозии, возможность образования паровых пробок, ремонт внутренних устройств (змеевиков, труб) значительно затрудняют их эксплуатацию.

Одним из способов снижения температуры выпаривания (кипения) является вакуумное выпаривание. К примеру, кипение воды в вакуумном выпарном аппарате происходит при температуре 45 °С.

При выпаривании под вакуумом, по сравнению с выпариванием при атмосферном давлении, наблюдаются некоторые преимущества: возможность проведения процесса выпаривания при более низких температурах (при концентрировании растворов веществ, склонных к разложению при повышенных температурах); при разрежении увеличивается полезная разность температур между греющим агентом и раствором, что позволяет уменьшить поверхность нагрева аппарата (при прочих равных условиях). Аппараты с вакуумным выпариванием экономичнее паровых в 5–10 раз.

Конструктивное оформление выпарных аппаратов непрерывно и быстро прогрессирует, при этом в настоящее время имеется чрезвычайно большое количество конструкций выпарных аппаратов, которые не всегда создаются с учетом особенностей процесса, режимных параметров и специфических свойств выпариваемых растворов. Поэтому совершенствование вакуум-выпарных установок и вспомогательного оборудования является актуальной проблемой.

На кафедре «Техническая механика и детали машин» ФГБОУ ВО «ТГТУ» спроектирована и изготовлена установка, включающая емкость 1, жидкостно-кольцевой вакуум-насос (ЖВН) 2, ТЭН 3,

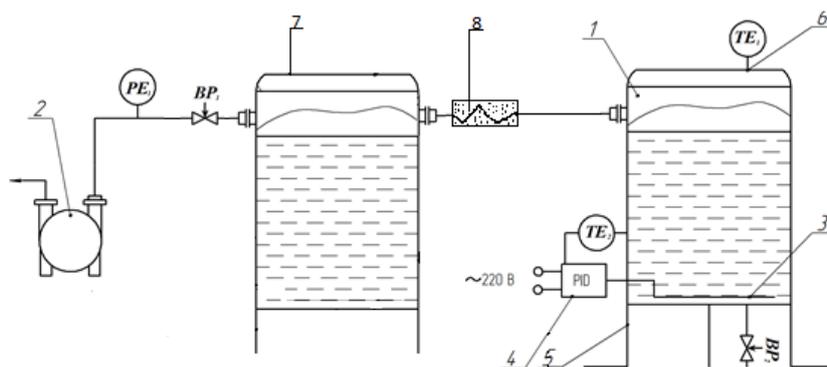


Рис. 2. Установка для вакуумного выпаривания:

- 1 – емкость; 2 – жидкостно-кольцевой вакуум-насос; 3 – ТЭН;
 4 – пид-регулятор с термопарой; 5 – стойка; 6 – термопара;
 7 – емкость для дистиллята; 8 – дистиллятор

ПИД-регулятор с термопарой 4, стойку 5, датчик температуры 6, емкость для дистиллята 7, дистиллятор 8. В верхней крышке емкости установлены штуцеры для ввода датчика температуры 6 (хромель-копель термопары – ТХК). Установка оснащена трубопроводами и соединительной арматурой. Отвод готового концентрата из емкости осуществляется через выходное отверстие с помощью вентиля BP_2 . Требуемое давление разрежения достигается регулированием вентиля BP_1 на всасывающем трубопроводе.

Экспериментальная установка позволяет получать данные, необходимые для определения интенсивности испарения в зависимости от времени выпаривания и давления разрежения.

Список литературы

1. Таубман, Е. И. Выпаривание / Е. И. Таубман. – М. : Химия, 1982. – 328 с.
2. Валентас, К. Дж. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / К. Дж. Валентас, Э. Ротштейн, Р. П. Сингх (ред.) ; пер. с англ. под общ. науч. ред. А. Л. Ишевского. – СПб. : Профессия, 2004. – 848 с.

Кафедра «Техническая механика и детали машин»
 ФГБОУ ВО «ТГТУ»

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТА ТОРФА
ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами является актуальной экологической проблемой. Очистка от этого сложного химического соединения требует значительных затрат, связанных с использованием большого арсенала физических и химических методов, которые зачастую влекут за собой возникновение новых не менее опасных источников загрязнения. Естественное восстановление плодородия почв при загрязнении нефтью происходит значительно дольше, чем при других техногенных загрязнениях. Резко изменяется водопроницаемость вследствие гидрофобизации, структурные отдельности не смачиваются, а вода как бы «проваливается» в нижние горизонты профиля почвы; влажность уменьшается. Как следствие этого – выпадение одного из главных звеньев ценоза – растительности.

Нефть и нефтепродукты вызывают практически полную депрессию функциональной активности флоры и фауны. Ингибируется жизнедеятельность большинства микроорганизмов, включая их ферментативную активность. Управление процессами биodeградации нефти должно быть направлено, прежде всего, на активизацию микробных сообществ, создание оптимальных условий их существования.

Почву принято считать загрязненной нефтью, если концентрация горючего материала достигает уровня, когда происходит:

- угнетение или деградация растительного покрова;
- снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий;
- нарушение экологического равновесия в почвенном биоценозе;
- вытеснение одним или двумя произрастающими видами растительности других, замедление деятельности микроорганизмов;
- вымывание нефти из почв в поверхностные или подземные воды.

Безопасный уровень загрязнения почв нефтепродуктами – уровень, при котором не наступает ни одно из перечисленных выше последствий вследствие нефтяного загрязнения.

Почвенный покров является важнейшим природным образованием. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой основной источник продовольствия, обеспечивающий 95...97% продовольственных ресурсов для населения планеты.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц., зав. каф. ТМиДМ ФГБОУ ВО «ТГТУ» Ю. В. Родионова.

Проблема деградации почв требует принятия незамедлительных мер, поскольку с почвами связана биологическая продуктивность всего ландшафта.

В настоящее время существует большое количество методов, с помощью которых снижают и ликвидируют загрязнения нефтью и нефтепродуктами – электрохимическая и электрокинетическая очистка, метод промывки, фитоэкстракция, рекультивация почвы.

Наиболее эффективным и доступным методом быстрого сбора нефти при аварийных разливах является сорбция – использование различных сорбентов, которые образуют за счет процессов сорбции агломераты при контакте с нефтью.

Получить сорбент торфа можно несколькими путями:

1. Модифицирование торфа при высокотемпературной сушке позволяет наиболее быстро подготовить сорбент (механический сорбент торфа).

2. Внедрение в уже существующий сорбент торфа микроорганизмов и их активация.

3. Низкотемпературная сушка фрезерного торфа и сохранение жизнеспособности микроорганизмов (биологический сорбент торфа).

Для получения сорбента торфа наиболее эффективно применять модифицирование, однако при этом уничтожаются бактерии, содержащиеся в нем, что в итоге приводит к получению механического сорбента, который поглощает нефтепродукты, но почва остается загрязнена. Другим фактором модифицирования торфа является безопасность. Торф является горючим полезным ископаемым и при воздействии высокой температуры возгорается, что влечет за собой применение дополнительных технологий при его модифицировании. На рис. 1 показана фотография торфа при сушке с температурой 105 °С.

Другой способ получения сорбента торфа (с содержанием микроорганизмов) заключается в использовании существующего сорбента торфа, как питательной среды для бактерий с последующим созданием биологического сорбента. Штаммы микроорганизмов, способные к био-



Рис. 1. Возгорание торфа

деградации нефтепродуктов, известны достаточно давно (это прежде всего представители родов *Bacillus*, *Bacterium* и *Pseudomonas*), и их число с каждым годом увеличивается. Этот способ экономически выгодно использовать при легкодоступности соответствующих микроорганизмов.

Наиболее выгодно получать сорбент торфа при низкотемпературной сушке с сохранением жизнедеятельности микроорганизмов.

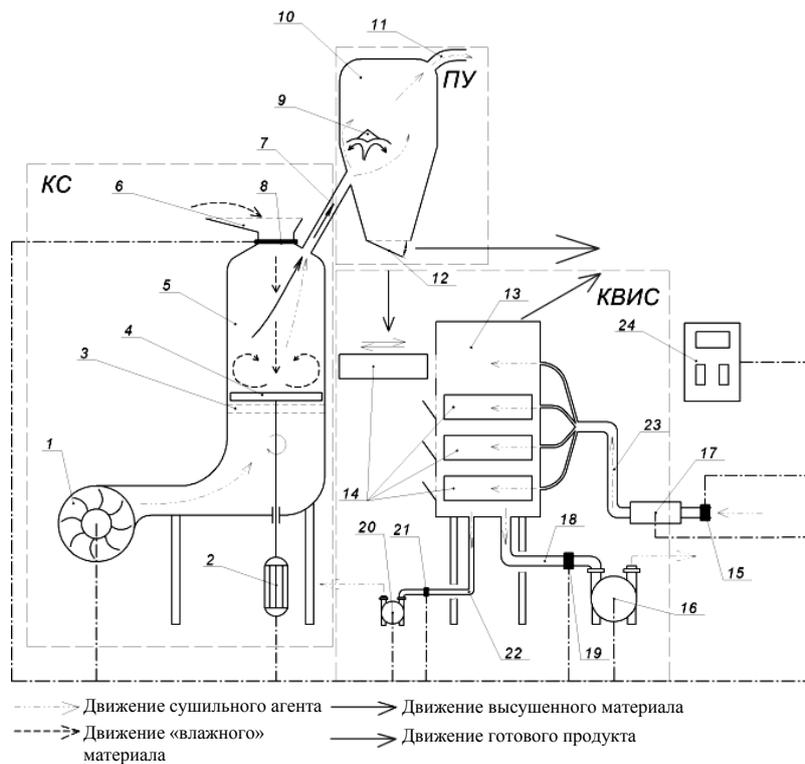


Рис. 2. Схема биотехнологической системы для производства торфа:
 1 – воздуходувка; 2 – электродвигатель; 3 – перфорированный под; 4 – лопатка;
 5 – камера первой ступени; 6 – загрузочный бункер; 7 – пневмопитатель;
 8 – автоматическая задвижка; 9 – отбойный козырек; 10 – циклон; 11 – выводной
 патрубок; 12 – шлюз; 13 – камера второй ступени; 14 – лотки; 15, 19, 21 –
 быстродействующие клапаны; 16 – двухступенчатый жидкостнокольцевой
 вакуумный насос; 17 – блок ТЭНов; 18, 22, 23 – трубопроводы;
 20 – одноступенчатый жидкостнокольцевой вакуумный насос
 с автоматическим регулированием нагнетательного окна; КС – конвективная
 сушилка с псевдооживленным слоем; ПУ – пневмотранспортная установка;
 КВИС – конвективная вакуум-импульсная сушилка

Для получения биологического сорбента одним из основных условий является режим сушки, который подбирается таким образом, чтобы обеспечить заданные усадочные свойства и гидрофильность, а также сохранить живучесть бактерий. Управление процессом сушки заключается в варьировании режима подвода тепла, температуры,

времени обработки. При повышении температуры сушки снижается поглощение влаги, что свидетельствует о протекании процессов гидрофобизации в структуре данных материалов. Поэтому необходимо создание щадящих режимов сушки торфа. Для производства сорбента торфа предлагается биотехнологическая система, включающая в себя конвективную сушилку с псевдооживленным слоем (КС), пневмотранспортную установку (ПУ) и конвективную вакуум-импульсную сушильную установку (КВИС), схема которой представлена на рис. 2 [1].

Использование вакуум-импульсной сушки позволяет сохранить жизнеспособность микроорганизмов и повысить энергоэффективность получения биологического сорбента торфа. Сушка происходит при пониженном давлении (2...5 кПа) и температуре 30...50 °С и достигается за счет применения двухступенчатого вакуум-насоса [2].

Список литературы

1. *Иванова, Э. С.* Совершенствование технологии и аппаратурного оформления для производства сорбента из фрезерного торфа Тамбовской области / Э. С. Иванова, П. С. Платицин, Ю. В. Родионов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию со дня рожд. И. В. Мичурина «Инновационные технологии продуктов здорового питания». – Мичуринск : Изд-во ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 2015. – С. 92 – 94.

2. *Родионов, Ю. В.* Сравнительный анализ эффективности сублимационной и двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки / Ю. В. Родионов., И. В. Попова, Д. А. Шацкий // Труды международного технического семинара: к 100-летию А. В. Лыкова. – Воронеж, 2010. – С. 160 – 167.

*Кафедра «Техническая механика и детали машин»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 664.149

К. С. Богданова *

ПОРОШОК БОЯРЫШНИКА КАК ОБОГАЩАЮЩАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОБАВКА

Проектирование продуктов, обладающих функциональными и лечебно-профилактическими свойствами актуально не только для регионального, но и всероссийского рынка кондитерских изделий. Внесение в классическую рецептуру компонентов, богатых по микронутриентному составу – один из способов повышения пищевой ценности изделий. К таким компонентам относятся порошки, экстракты и пасты, полученные при переработке растительного сырья [1].

Такие факторы, как усложнение технологического процесса, недостаточная изученность растительных добавок, колебание химического состава в зависимости от условий хранения и переработки, ограничивают применение ассортимента природных ингредиентов. В этих условиях возникает необходимость дополнительного изучения взаимодействия растительных добавок с традиционными рецептурными компонентами, способов внесения, позволяющих обеспечить условия для лучшего усвоения БАВ; динамики изменения качественных характеристик обогащенного продукта в течение срока годности.

Объектами исследования стали образцы зефира, изготовленные с применением порошка боярышника. Приготовление зефира осуществляли в соответствии с ГОСТ 6441–2014 «Изделия пастильные. Общие технические условия».

Выбор данного наименования кондитерских изделий обусловлен тем, что зефир относится к числу кондитерских изделий, рекомендуемых институтом питания РАМН для питания в детских садах и школах (утв. Минздравом РФ 04.04.1999 № 1100/904-99-115). Имеет в составе яблочное пюре – источник пектина, в зефире содержатся железо, фосфор. Кроме этого, обладает студнеобразной структурой и пониженной калорийностью.

Недостатками зефира, изготовленного по классической технологии, являются непродолжительный срок хранения ввиду быстрой потери качественных характеристик и высокое содержание сахара в продукте.

* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доц. Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» П. М. Смолихиной.

В работе ставится комплексная задача по использованию добавок растительного происхождения, способствующих обогащению функциональными ингредиентами и улучшению потребительских характеристик зефира.

Для обоснования использования растительных порошков в рецептурной смеси зефира исследовали их функционально-технологические свойства.

Порошок боярышника, используемый в исследовании, получен при комбинированной конвективно-вакуумно-импульсной сушке мякоти с кожицей, при которой отмечается наибольшее сохранение качественных показателей. Сушка представляет собой двухступенчатый процесс: конвективная сушка во взвешенном закрученном слое и вакуум-импульсная сушка в две стадии (температура материала 39 и 50 °С соответственно). Ведение процесса сушки в две ступени характеризуется как сушка в щадящем режиме [2].

Порошок боярышника представляет собой однородный продукт со свойственным исходному сырью вкусом и запахом. Влажность порошка не превышает 8%, массовая доля общего сахара составляет 30 – 40%. Характеризуется богатым составом минеральных солей, витаминов, углеводов, высоким содержанием пектинов (4,8% пектина, 3,5% протопектина в пересчете на сухое вещество). Установлено, что порошок обладает высокой студнеобразующей и хорошей комплексообразующей способностью, что указывает на возможность его использования в качестве гелеобразователей и детоксикантов при производстве продуктов профилактического назначения.

Технологические свойства порошка, представленные в табл. 1, позволяют использовать порошок в качестве влагоудерживающей и вкусоароматической добавки, красителя.

Благодаря высокой влагосвязывающей и влагоудерживающей способности порошка, потери массовой доли влаги в зефире, изготовленном с применением растительного компонента, в течение срока хранения сокращаются по сравнению с контрольным образцом (рис. 1).

1. Технологические свойства порошка боярышника

Наименование показателей	Порошок боярышника
Содержание сухих веществ, %	93,0
Влагосвязывающая способность, Н ₂ О/г	6,0
Влагоудерживающая способность, Н ₂ О/г	4,0
Адсорбционная способность, моль/г	1,6
Органолептические характеристики:	
Цвет	Темно-красный
Вкус	Без постороннего привкуса
Запах	Без постороннего запаха

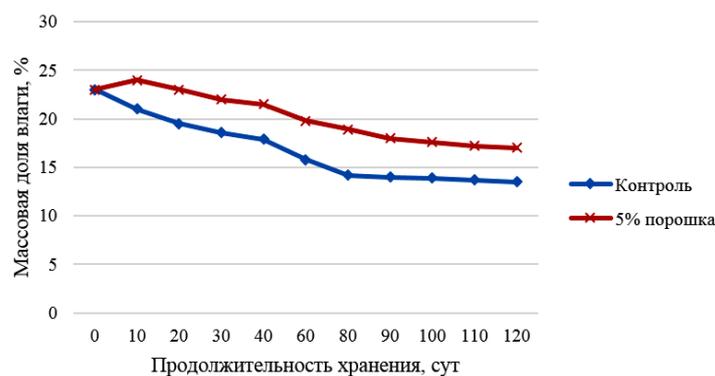


Рис. 1. Изменение массовой доли влаги зефира в процессе хранения: образца с добавлением 5% порошка боярышника и контрольного образца

Важным показателем, влияющим на стабильность физико-химических, микробиологических и органолептических характеристик продукта, является активность воды (a_w). Снижение активности воды при неизменном значении массовой доли влаги позволит увеличить срок хранения продукта (рис. 2).

Показатель изменения пластической прочности зефира в процессе студнеобразования позволяет судить о завершении процесса структурообразования и установить оптимальное время выстойки зефира (рис. 3).

Время выстойки зефира без добавок составило 4 часа, зефира с добавлением 5% порошка – 3 часа.

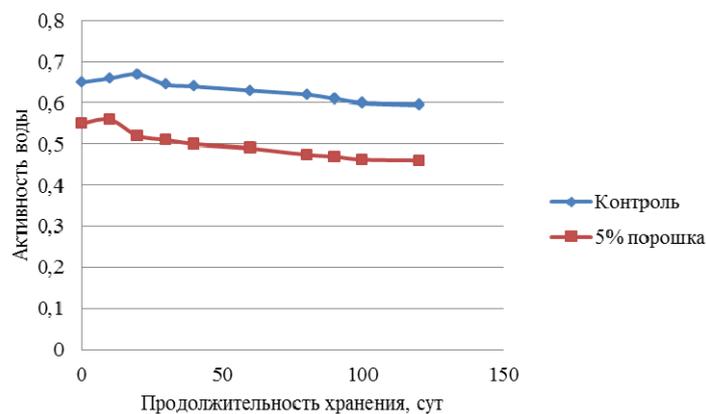


Рис. 2. Изменение активности воды в процессе хранения: образца с добавлением 5% порошка боярышника и контрольного образца

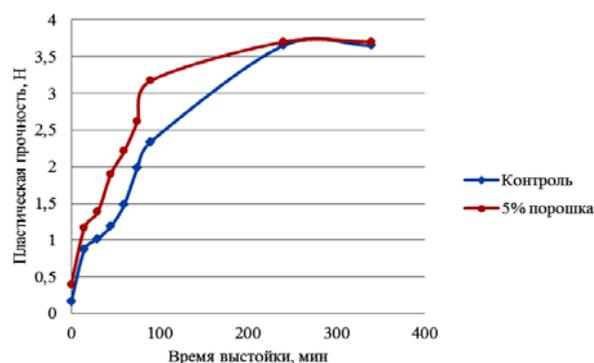


Рис. 3. Изменение пластической прочности при выстойке: образца с добавлением 5% порошка боярышника и контрольного образца

Оценка пищевой ценности зефира с порошком плодов боярышника показала превосходство контрольных образцов по содержанию клетчатки в 8,0 раз, β -каротина – в 6,6 раз; кальция и магния – на 5,9...48,5 % и 6,1...48,7 %. Массовая доля калия, фосфора и железа повышается в зефире с порошками из плодов на 7,5...14,8 %; 2,7...7,0 % и 10,0...20,0 % соответственно. Особую ценность представляет наличие в порошке боярышника полифенольных соединений, обладающих радиопротекторным эффектом и способностью снижать риск развития сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний.

Таким образом, применение порошка боярышника в технологии пастильных изделий позволяет: обогатить продукт ценными микро-нутриентами; сократить время выстойки продукта без потери качества структуры; сократить потери влаги при хранении и как следствие увеличить срок годности продукции.

Список литературы

1. Муратова, Е. И. Оптимизация состава кондитерских изделий / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина, С. И. Дворецкий // Вестник ТГТУ. – 2015. – № 1. – С. 130 – 140.
2. Смолихина, П. М. Разработка технологии желеино-сбивных конфет повышенной пищевой ценности с использованием овощных порошков : автореф. дис. ... канд. техн. наук / П. М. Смолихина. – Тамбов, 2013. – 18 с.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

*А. С. Великанова, А. И. Бушковская, У. В. Ланцова**

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НИЗКОЛАКТОЗНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Реализация приоритетных направлений государственной политики в области здорового питания предусматривает разработки новых видов пищевых продуктов с использованием достижений биотехнологии. Находят широкое применение заквасочные микроорганизмы с новыми функциональными свойствами и ферментные препараты, формирующие высокую усвояемость и биологическую ценность, разнообразие вкуса и консистенцию кисломолочной продукции [1]. Применение одновременно двух видов биопродуктов реализовано в разработке молочных продуктов для людей с лактозной инtolерантностью. Кисломолочные напитки частично соответствуют физиологии питания при вторичной непереносимости лактозы, но при первичной – требуется специальное питание с использованием продуктов, частично или полностью лишенных лактозы. Для получения таких продуктов предусматривается ферментализ лактозы.

Для изготовления безлактозного кисломолочного напитка были выполнены исследования по определению дозы фермента для получения низколактозной молочной субстанции [2] и подбора типа закваски (табл. 1).

Из изготовленных экспериментальных образцов кисломолочного напитка с использованием трех видов заквасок предпочтение было отдано продукту на закваске «Йогурт», который имел нежный кисломолочный вкус, плотный сгусток и использовался в последующих экспериментах.

При изучении влияния химического состава молока на свойства кисломолочного напитка были изготовлены образцы из нормализованного молока с жирностью 2,5, 3,0 и 3,9 % и из молока с такой же жирностью, но обработанного β -галактозидазой из расчета 7000 единиц активности на 1 дм³ молока. Скваживание проводили термостатным методом во избежание инфицирования при температуре 38 °С 8 ч

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ГГТУ» О. В. Зюзиной.

и до 24 ч напитки выдерживали при 5 °С [3]. В готовых образцах определяли физико-химические показатели, содержание лактозы, СОМО (табл. 2).

1. Характеристика заквасок

Наименование закваски	Состав и виды микроорганизмов закваски	Титр микроорганизмов
«Vivo:Йогурт»	Str. thermophilus, Lac. delbrueckii ssp. bulgaricus, Lac. acidophilus, Bb. lactis, Lac. ssp. lactis, лактоза	МКБ – 2×10^9 КОЕ/г Бифидобактерии – 2×10^9 КОЕ/г
«Бифивит»	Str. thermophilus, Lac. delbrueckii ssp. bulgaricus, Lac. acidophilus, Bb. ctis, Lac. ssp. cremoris, Lac. ssp. lactis, Lac. lactis ssp. lactis var. diacetylactis	Молочнокислые бактерии – 2×10^9 КОЕ/г Бифидобактерии – 2×10^9 КОЕ/г
«Кефир»	Кефирные грибки, Str. thermophilus, Leuc., Lac. acidophilus; Bb, Lac. delbrueckii ssp. bulgaricus	Молочнокислые бактерии – 5×10^8 КОЕ/г Дрожжи – 10^3 КОЕ/г

2. Физико-химические показатели образцов

Образец	СОМО, %	Содержание лактозы, %	Кислотность, °Т	pH	Вязкость истечением, с
Цельное молоко	7,91	4,6	19	6,58	1,82
Низколактозное молоко, обработанное ферментом					
Ж = 2,5 %	8,1	3,96	80	4,51	7,31
Ж = 3,0 %	9,3	3,44	83	4,57	8,56
Ж = 3,9 %	9,7	2,25	77	4,63	3,23
Молоко, не обработанное ферментом					
Ж = 2,5 %	8,0	4,4	80	4,61	3,15
Ж = 3,0 %	9,3	3,6	83	4,54	8,08
Ж = 3,9 %	9,5	4,2	82	4,58	4,75



Рис. 1. Диаграмма изменения кислотности образцов

Через каждые два часа от начала заквашивания в течение 8 часов измеряли активную и титруемую кислотность, состояние сгустка по времени истечения сквашиваемой массы. На диаграмме (рис. 1) отчетливо видно, что активное нарастание кислотности наблюдалось в образцах молока, обработанных ферментом, особенно у продукта из 3%-ного обработанного молока. Для образцов на основе цельного молока показания определяемых показателей были близки к данным напитка из ферментализованного молока с 2,5% жирностью. Было отмечено медленное накопление молочной кислоты в жирном молоке после обработки его β -галактозидазой. При выдержке до 24 часов сквашенных напитков в охлажденном состоянии продолжалось нарастание кислотности, особенно заметно это проявилось у образцов на обработанном ферментом молоке.

Изменения вязкости образцов в зависимости от жирности смеси, обработки ферментом и времени сквашивания представлены в виде диаграммы на рис. 2.

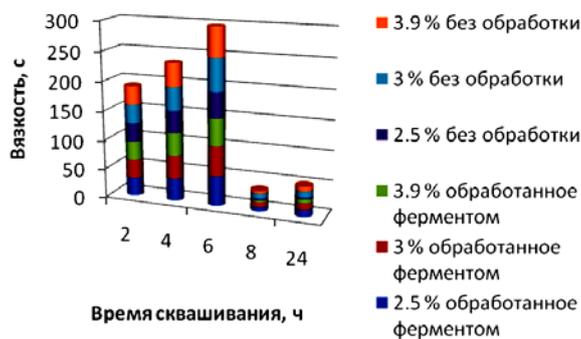


Рис. 2. Диаграмма изменения вязкости образцов

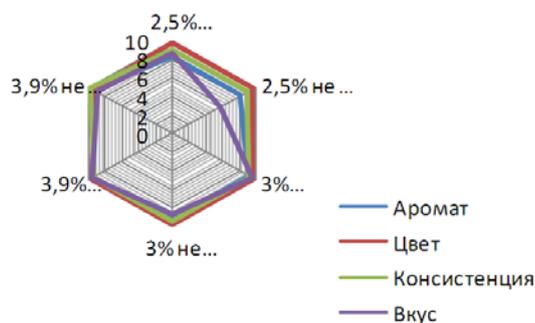


Рис. 3. Диаграмма зависимости органолептических показателей напитков

По окончании сквашивания у 6 образцов готового продукта были оценены также органолептические показатели (рис. 3) по десятибалльной шкале.

Предпочтение было отдано продуктам с жирностью 3,0 и 3,9%, обработанным ферментом. Они имели сладковатый, кисломолочный вкус, сливочный аромат и нежную консистенцию.

Список литературы

1. Зюзина, О. В. Технологические аспекты снижения экологической нагрузки в молочном производстве / О. В. Зюзина, А. С. Надеждина, Н. М. Страшнов // Международная научно-практическая конференция «В.И. Вернадский: устойчивое развитие регионов». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016.
2. Надеждина, А. С. Изучение кинетических закономерностей ферментативного гидролиза лактозы молочной сыворотки / А. С. Надеждина, О. В. Зюзина, О. Б. Шуняева // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. – М. : ВНИИПБТ, 2016. – С. 98 – 102.
3. Ланцова, У. В. Разработка кисломолочного продукта для детского питания на основе козьего молока / У. В. Ланцова // Современные предпосылки развития инновационной экономики [Электронный ресурс] : материалы III Межвузовской научно-практической конференции / под общ. ред. М. А. Истомина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – С. 32 – 33.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ

Разработка и расширение ассортимента мучных кондитерских изделий с повышенной пищевой и биологической ценностью является актуальной задачей, успешное решение которой возможно за счет использования нетрадиционного растительного сырья [1, с. 130].

Целью данной работы является создание продукта с повышенной биологической и пищевой ценностью. Для решения данной задачи предлагается вводить в качестве добавки льняную муку путем замены пшеничной в количестве 5, 10, и 15%.

Выбор данной растительной добавки обусловлен тем, что **льняная мука по своему составу значительно полезнее пшеничной**. Льняная мука богата полноценными белками, пищевыми волокнами, минеральными элементами и витаминами [2, с. 56 – 57]. Известно, что льняная мука богата клетчаткой (до 30%), полиненасыщенными жирными кислотами ($\omega - 3$ и $\omega - 6$), растительным белком (до 50%), витаминами В1, В2, В6, фолиевой кислотой, антиоксидантами, а также микроэлементами (калий, магний, цинк) [3, с. 296; 4, с. 288].

В лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» были проведены исследования по приготовлению сырцового пряничного теста с льняной мукой. Объектами исследования являлись: льняная и пшеничная мука, тесто, готовые сырцовые пряники. Методы – вязкость, влажность, кислотность, пластическая прочность.

На первом этапе были определены физико-химические и органолептические показатели льняной муки (табл. 1).

1. Органолептические и физико-химические показатели льняной муки

Наименование показателя качества	Характеристика показателя качества
Органолептические показатели качества	
Цвет	Коричневый с темными вкраплениями
Вкус и запах	Сладковатый вкус с легкой горчинкой, легкий свойственный травянистый запах

* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» Е. И. Муратовой.

Наименование показателя качества	Характеристика показателя качества
Физико-химические показатели качества	
Кислотность, град	4,08
Массовая доля влаги, %	2,58
Массовая доля клетчатки, в пересчете на сухое вещество, %	25,7
Массовая доля общего сахара, в пересчете на сухое вещество, %	5,43
Массовая доля редуцирующих веществ, в пересчете на сухое вещество, %	1,49
Массовая доля белка, %	20,29

Также был проведен сравнительный анализ химического состава пшеничной и льняной муки (табл. 2).

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, в льняной муке по сравнению с пшеничной мукой значительно более высокое содержание белка, жира, минеральных веществ, в том числе кальция и магния. Содержание пищевых волокон в льняной муке составило 33,7%, что в 7 раз превышает содержание данного компонента в муке пшеничной.

2. Сравнительная характеристика состава пшеничной и льняной муки

Пищевые вещества	Массовая доля в 100 г	
	Мука	
	льняная	пшеничная
Белки, г	40,50	12,0
Жиры, г	10,20	1,50
Сахара, г	2,10	2,0
Крахмал, г	7,80	79,60
Пищевые волокна, г	33,70	4,50
Зола, г	5,79	0,58
Ca, мг	317,0	21,0
Mg, мг	437,0	19,0

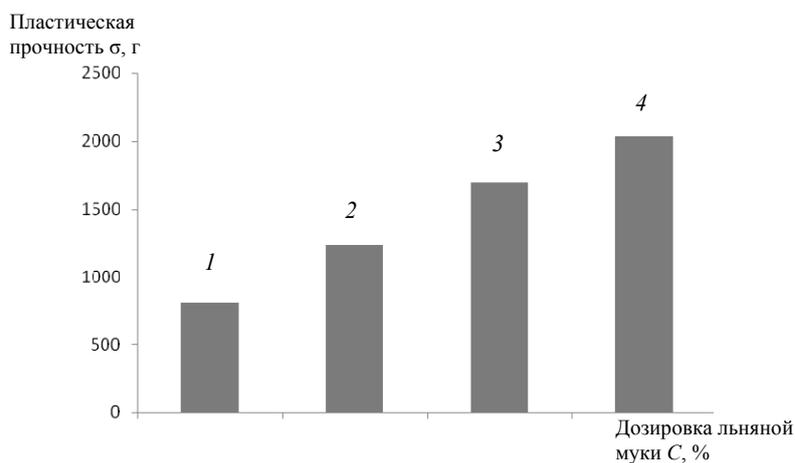


Рис. 1. Пластическая прочность пряничного теста с содержанием льняной муки:
 1 – контроль; 2 – 5%; 3 – 10%; 4 – 15%

На втором этапе исследований было определено влияние льняной муки на структурно-механические характеристики готового теста. Результаты исследований приведены на рис. 1.

Белковые вещества и клетчатка в составе льняной муки обладают высокой адсорбирующей и влагопоглощительной способностью, что способствует повышению пластической прочности теста и позволяет рекомендовать ее для регулирования технологического процесса.

По результатам проведенных исследований на прочность и эластичность теста можно сделать вывод, что при производстве пряничных изделий с дозировкой льняной муки 10% достигается обогащение продукта, в то же время тесто не является слишком затяжистым.

На третьем этапе были определены показатели щелочности пряников с добавлением льняной муки 5, 10, 15% и контрольного образца. Полученные данные соответствуют требованиям нормативной документации (табл. 3).

3. Значения показателей щелочности пряников

Рецептура	Щелочность, град
Контроль	1,8
С добавлением 5% льняной муки	1,7
С добавлением 10% льняной муки	1,8
С добавлением 15% льняной муки	1,9

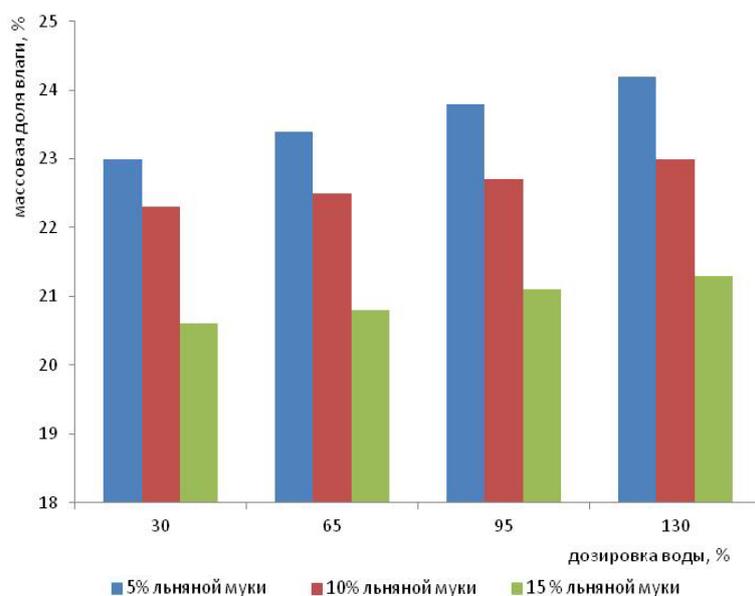


Рис. 2. Изменение массовой доли влаги тестовых заготовок пряников с добавлением льняной муки при увеличении дозировки воды:
1 – 5%; 2 – 10%; 3 – 15%

Состав льняной муки представлен в основном клетчаткой, что обосновывает высокую водопоглощительную способность и требует большей дозировки воды при замесе теста. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2.

Пластическая прочность образцов теста с большим содержанием воды показана на рис. 3.

Пластическая прочность заготовок снижается, тесто становится более пластичным, менее рассыпчатым и легче формуется.

На последнем этапе была проведена органолептическая оценка сырцовых пряников с дозировкой 10% льняной муки, осуществлялась балльным методом. Дегустация проводилась с участием преподавательского состава и студентов. Органолептическая оценка показала, что пряники, изготовленные с добавлением льняной муки, имеют приятный коричневый оттенок и привкус грецкого ореха.

Таким образом, результаты исследования качества льняной муки и ее влияния на технологические свойства сырцовых пряников указывают на возможность и целесообразность использования льняной муки в качестве добавки для повышения пищевой и биологической ценности готового продукта и возможного придания им функциональных свойств.

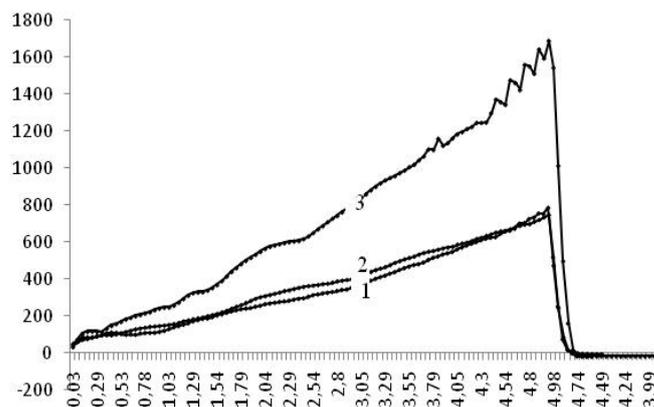


Рис. 3. Пластическая прочность пряничного теста с увеличенным содержанием воды при содержании льняной муки:
1 – 5%; 2 – 10%; 3 – 15%

Получение сырцовых пряников функционального назначения возможно не только с использованием льняной муки. Планируются исследования возможного применения овсяной и амарантовой муки, которая содержит комплекс органических соединений, являющихся незаменимыми в организме человека. Актуально создание пряников с использованием йодказеина для профилактики йододефицитных состояний у населения, распространенность йододефицита у детей и подростков в центральной части России составляет 15...25%, а в сельских районах Тамбовской и Воронежской областей достигает 40%.

Список литературы

1. Муратова, Е. И. Оптимизация состава кондитерских изделий / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина, С. И. Дворецкий // Вестник ТГТУ. – 2015. – № 1. – С. 130 – 140.
2. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания / Л. П. Пашенко, А. С. Прохорова, Я. Ю. Кобцева, И. А. Никитин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 56–57.
3. Доронин, А. Ф. Функциональное питание / А. Ф. Доронин, Б. А. Шендеров. – М. : ГРАНТЪ, 2002. – 296 с.
4. Доронин, А. Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А. Ф. Доронин, Л. Г. Ипатова и др. ; под ред. А. А. Кочетковой. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 288 с.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 546.831-36:66.074.332(047)

*В. А. Елизарова, Ю. А. Гранкина**

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ CO₂
НА ОСНОВЕ ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕНЕРАТОРАХ ГАЗОВЫХ СРЕД
ПЛОДОВООЩЕХРАНИЛИЩ**

В настоящее время поглощение диоксида углерода представляет собой одну из самых неотложных проблем химии, поскольку очистка газовоздушной среды в замкнутой атмосфере от CO₂ как основной примеси, выделяемой человеком, является важным направлением создания систем жизнеобеспечения для замкнутых обитаемых объектов. Кроме того, возрастающие выбросы CO₂ в атмосферу способствуют глобальному потеплению.

В качестве поглотителей углекислого газа как в индивидуальных, так и коллективных средствах защиты наиболее широко используются адсорбенты на основе щелочных и щелочноземельных элементов. Но, несмотря на то, что самой высокой емкостью по CO₂ на единицу веса и объема обладают поглотители на основе гидроксида лития, такие поглотители не являются регенерируемыми и могут использоваться лишь однократно [1].

При длительном нахождении человека в условиях замкнутых помещений в разнообразных областях технически целесообразным является использование регенерируемых поглотителей, позволяющих проводить глубокую очистку воздуха от CO₂ при различных условиях.

Одним из эффективных применений регенерируемых поглотителей является удаление избыточного углекислого газа из плодоовощехранилищ с контролируемой газовой средой.

Длительное и полное сохранение питательных и вкусовых качеств сельскохозяйственных продуктов достигается торможением окислительных процессов, происходящих в них при транспортировке

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф., зав. каф. ТПАиТБ ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. Ц. Гатаповой.

и в период хранения. Это обеспечивается изменением состава атмосферы в хранилищах.

Известно, что при хранении сочной растительной продукции наиболее широко распространены газовые среды, в которых смеси содержат от 2 до 4% – кислорода, от 1 до 5% – углекислого газа и от 91 до 98% азота. Температура хранения в зависимости от сорта плодов, ягод и овощей составляет от –1 до 17 °С [2].

Задача регулирования концентраций углекислого газа и кислорода в холодильной камере при естественном формировании технологического состава газовой среды решается с помощью специального оборудования, предназначенного для удаления избыточного CO₂, выделяемого плодами при дыхании. И представляет собой одну из наиболее важных задач с точки зрения технико-экономической эффективности хранения плодоовощной продукции в регулируемой газовой среде. Наиболее важным параметром, влияющим на эффективность такого оборудования, является сорбционная способность поглотителей, применяемых в данных системах удаления углекислого газа.

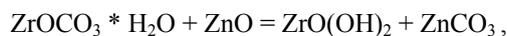
Традиционно для этих целей используют активированные угли (АУ), например марки СКТ-3, а также поглотители на основе гидратированных оксидов переходных металлов, например, поглотитель на основе гидроксида железа (ПРЖ).

Тем не менее, следует учесть, что существенным отрицательным свойством АУ марки СКТ-3 является его высокая адсорбционная емкость по кислороду, что значительно ухудшает состав газовой среды в плодоовощехранилище при его использовании.

В отличие от АУ, ПРЖ не поглощает кислород и имеет наибольшее значение сорбционной емкости по CO₂ при низких концентрациях. Однако недостатком является многостадийный процесс получения активной формы гидроксида железа путем осаждения солей хлоридов или нитратов железа щелочами, включающий необходимость тщательной отмывки осадка от анионов исходной соли и, как следствие, значительный расход дистиллированной воды и загрязнение сточных вод [3].

Для решения данной задачи предлагается в качестве регенерируемого поглотителя в генераторах газовых сред для хранения плодоовощной продукции использовать гидратированный оксид циркония, который обладает высоким значением динамической активности по диоксиду углерода, является не токсичным веществом и широко используется в технике в качестве сорбента и катализатора.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» разработана ресурсосберегающая технология изготовления поглотителя на основе гидратированного оксида циркония (ПРЦ) путем смешения основного карбоната циркония (ОКЦ) и оксида цинка [4]. В результате данного взаимодействия протекает твердофазная реакция с образованием гидратированного оксида циркония и карбоната цинка.



где гидратированный оксид циркония является основным продуктом реакции, а образующийся карбонат цинка представляет собой высокодисперсное, нерастворимое в воде вещество, которое оказывает структурирующее действие, повышающее стабильность работы поглотителя в циклических условиях.

Данная технология значительно упрощается за счет исключения таких операций, как растворение солей, осаждение и отмывка от анионов, что позволяет снизить энергозатраты и полностью исключить потребление дистиллированной воды и тем самым загрязнение сточных вод.

Также использование в качестве исходного сырья основного карбоната циркония в отличие от других солей переходных металлов (например, хлоридов и нитратов) позволяет снизить себестоимость поглотителя в 5 раз.

Были определены сорбционные характеристики при различных концентрациях CO_2 поглотителей: ПРЖ, СКТ-3 и ПРЦ. Результаты представлены на рис. 1.

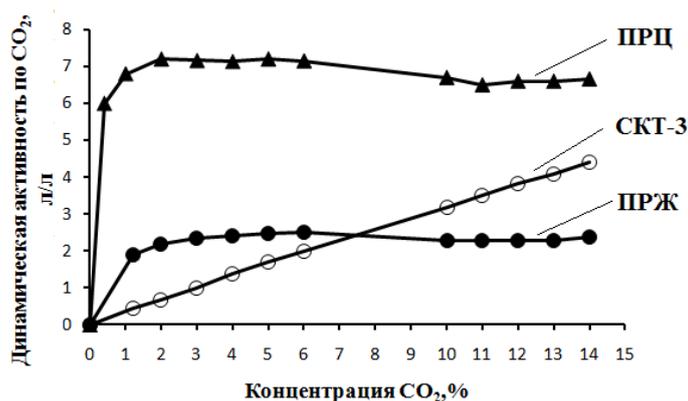


Рис. 1. Сравнительные сорбционные характеристики поглотителей диоксида углерода

Как видно из рис. 1, наибольшим значением динамической активности по диоксиду углерода обладает поглотитель на основе гидратированного оксида циркония, которая превышает динамическую активность двух других представителей более чем в 3 раза.

Кроме того, разработка поглотителя ПРЦ по новой технологии позволяет оптимизировать имеющееся производство и значительно уменьшить вред, наносимый окружающей среде.

Таким образом, возможное применение поглотителя ПРЦ для удаления углекислого газа в генераторах газовых сред для хранения плодоовощной продукции является перспективным направлением развития в этой области.

Список литературы

1. *Известковые* хемосорбенты. Получение. Свойства. Применение / Т. В. Гладышева, Н. Ф. Гладышев, С. И. Дворецкий, Ю. А. Сувова. – М. : Издательский дом «Спектр», 2015. – 184 с.
2. *Тяжкороб*, А. Ф. Генераторы газовых сред для хранения плодоовощной продукции / А. Ф. Тяжкороб, В. И. Бондарев. – Киев : Наукова думка, 1988. – 232 с.
3. А. с. 568451 СССР В 0 1 Р 53/02. Способ получения регенерируемого поглотителя двуокиси углерода / Кораблева А. А. и др. – 1997, Бюл. 30.
4. *Пат. 2359751* Российская Федерация, МПК В01J 20/06. Способ получения регенерируемого поглотителя диоксида углерода / Шубина В. Н., Симаненков С. И., Путин С. Б., Гроховская Ю. А. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2008105506/15 ; заявл. 12.02.2008 ; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18. – 7 с.

Кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 53.086

*А. А. Терехова**

**ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

Углеродные нанотрубки – это протяженные цилиндрические свернутые графитовые полоски толщиной до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, имеющие углеродистую каркасную структуру. Под данной структурой подразумевают большие молекулы, связанные между собой только атомами углерода. На концах нанотрубок обычно образуются полусферические головки (рис. 1).

Углеродные нанотрубки бывают разных форм и размеров – прямые и извилистые, однослойные и многослойные. Несмотря на то, что на первый взгляд они кажутся хрупкими, на самом деле они являются довольно прочным материалом, что было доказано путем многих исследований. Было выяснено, что углеродным нанотрубкам присущи

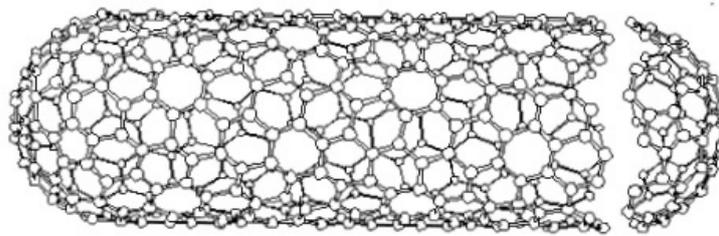


Рис. 1. Идеализированная модель однослойной углеродной нанотрубки [1]

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доц., зав. каф. АиКСУ ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. А. Дьякова.

такие свойства, как растяжение и изгиб, т.е. под действием различных механических нагрузок элементы не ломаются и не рвутся, а это говорит о том, что они могут подстраиваться под разное напряжение.

Благодаря таким характеристикам, как изгиб, прочность и проводимость углеродные нанотрубки используют во многих областях: в качестве добавок к полимерам, в качестве поглотителя электромагнитных волн, при изготовлении различных датчиков и конденсаторов, для преобразования электроэнергии, в производстве композитов с целью усиления их структуры и свойств.

Многочисленные эксперименты, проведенные разными учеными, показывают, что углеродные нанотрубки являются наиболее прочным и жестким из всех известных материалов – материалом с рекордно высокими значениями пределом прочности на растяжение (~60 ГПа) и модуля Юнга (≈ 1 ТПа). Это связано с совершенством структуры и сильной химической sp^2 -связью между атомами углерода, которые составляют нанотрубку [3].

Нанотрубки также являются хорошими теплопроводниками вдоль трубки, проявляя свойства так называемой беспрепятственной проводимости или сверхпроводимости. Однако поперек оси нанотрубки обладают высокими теплоизоляционными свойствами [3].

Интересная особенность углеродных нанотрубок заключается в том, что они могут быть металлическими или полупроводящими в зависимости от их диаметра и хиральности. В результате синтеза обычно получается смесь трубок, две трети которых имеют полупроводящие свойства и одна треть — металлические [2].

Металлические трубки обычно имеют кресельную структуру (рис. 2, а), а полупроводниковые – зигзагообразную (рис. 2, б) и спиральную (рис. 2, в).

Металлические и полупроводниковые углеродные нанотрубки, различающиеся между собой проводимостью тока – металлические могут проводить ток при температуре 0 °С, а полупроводниковые – только при повышенных температурах.

Широкое использование углеродных нанотрубок в электротехнике возможно благодаря тому, что они могут пропускать токи плотностью выше, чем наиболее проводящие металлы, такие как, например, медь. Так однослойные нанотрубки пропускают токи плотностью до 109 А/см², а многослойные – до 100 мкА/см², а медь при таких значениях плотности тока плавится. Кроме того, при сопротивлении, сопоставимом с медью, углеродные нанотрубки в четыре раза легче.

Также углеродные нанотрубки превосходят медь по такому показателю, как коэффициент теплопроводности вдоль оси. Для меди он равен $400 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, для нанотрубок $500 - 5500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

Еще одно достоинство нанотрубок связано с холодной эмиссией электронов, возникающей при приложении вдоль оси трубки электрического поля. Напряженность поля в окрестности верхней части в сотни раз превышает ту, что существует в объеме, и приводит к аномально высоким значениям тока эмиссии при сравнительно низком внешнем напряжении и позволяет использовать нанотрубные макроскопические системы в качестве холодных эмиссионных катодов. Эмиссионная способность углеродных нанотрубок может быть использована при производстве плоских дисплеев и сенсорных панелей управления [3].

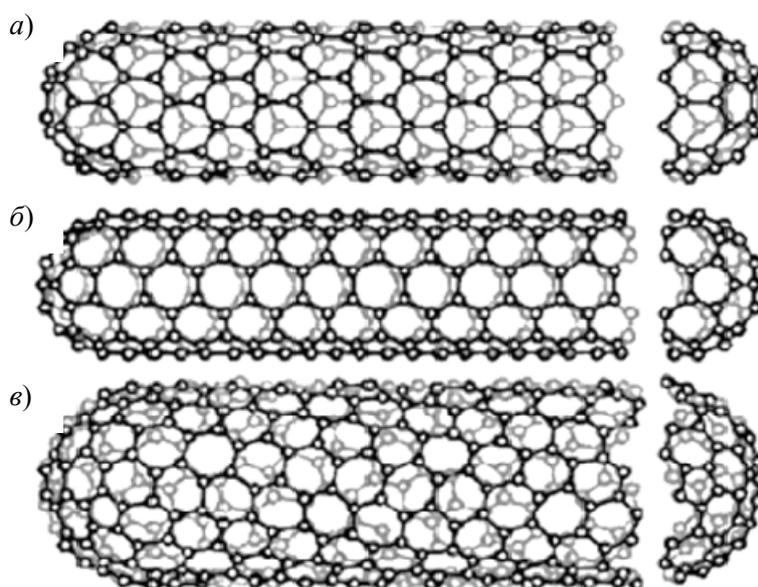


Рис. 2. Типы углеродных нанотрубок [1]:
a – кресельная структура; *b* – зигзагообразная структура;
в – спиральная структура

Применение углеродных нанотрубок в производстве различных электротехнических устройств является одним из самых перспективных направлений работы ученых всего мира. Благодаря свойствам нанотрубок, приведенным выше, их использование в производстве, например, кабелей и проводов является достаточно выгодным. За счет своей легкости и повышенной проводимости кабель, изготовленный с использованием углеродных нанотрубок, будет существенно превосходить своего медного предшественника, что делает его промышленное производство более выгодным.

Авторы статьи предлагают применять углеродные нанотрубки при изготовлении различных частей электрических машин. Так, например, щетки для электрических машин, представляющие собой специальные электропроводящие детали токосъемного устройства, которые осуществляют скользящий контакт между неподвижными и вращающимися частями машины и служат для подвода или отвода тока, при добавлении при производстве в них углеродных нанотрубок прослужат дольше, чем обычно. Или, например, наномодифицированное покрытие корпусов электродвигателей позволит улучшить их теплоотдающие свойства. Такие меры позволят увеличить срок службы электродвигателей, что существенно сократит расходы при их эксплуатации.

В настоящее время благодаря своим свойствам углеродные нанотрубки являются одним из наиболее перспективных материалов, применяемых во многих отраслях промышленности. Несмотря на их недостатки, такие, например, как токсичность, применение нанотрубок в электротехнике обусловлено необходимостью создания нового материала, благодаря свойствам которого появится возможность уменьшить затраты на производство и эксплуатацию электрооборудования.

Список литературы

1. *Елецкий, А. В.* Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства / А. В. Елецкий // Успехи физических наук. – 2002. – Т. 172, № 4. – С. 401 – 437.
2. *Пул, Ч.* Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2005. – 336 с.
3. *Полимер-наоуглеродные* композиты для космических технологий. Часть 1. Синтез и свойства наоуглеродных структур : учебное пособие / А. В. Макунин, Н. Г. Чеченин. – М. : Университетская книга, 2011. – 150 с.

*Кафедра «Автоматика и компьютерные системы управления»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Солнечная энергетика – это одно из основных и наиболее перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанное на получении энергии из солнечной радиации. Солнце излучает огромное количество энергии, это приблизительно $1,3 \times 10^{20}$ кВт·ч в секунду. И хотя на Землю попадает малая часть энергии, излучаемой Солнцем, ее объемы равны приблизительно 1600 квадрильонам ($1,5 \times 10^{18}$) кВт·ч ежегодно.

Солнечная радиация может быть преобразована в полезную энергию при помощи так называемых пассивных и активных солнечных систем. Для повышения коэффициента полезного действия пассивных систем при проектировании зданий и подборе строительных материалов используют новые технологии, чтобы максимально задействовать солнечную энергию.

В активных системах используют солнечные коллекторы.

Пассивные солнечные здания – это дома, разработанные с максимальным учетом географического расположения и климатических условий, где применяются соответствующие технологии и материалы для обогрева и освещения здания за счет энергии Солнца. К ним относятся специальные строительные материалы и изделия, такие как изоляция, массивные полы, большие окна. В остальных случаях возникшие при строительстве расходы могут быть скомпенсированы снижением энергетических затрат. Пассивные солнечные здания являются экологически чистыми и способствуют дальнейшему созданию энергетической независимости в будущем от исчерпаемых полезных ископаемых [1, 2].

Солнечная энергия может применяться:

- в промышленности (авиапромышленность, автомобилестроение, судостроение и т.п.);
- в сельском хозяйстве;
- в строительной сфере (например, экодому);
- на солнечных электростанциях;
- в автономных системах освещения.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Ушакова.

Использование этой энергии распространяется далеко за пределы электроснабжения, и к ним, прежде всего, относятся отопление и горячее водоснабжение.

Несмотря на все более широкое использование солнечной энергии, у нее есть как свои плюсы, так и минусы.

Основные недостатки солнечной энергии:

- производство чистого кремния для фотобатарей, это весьма энергозатратное производство;
- необходимость использования больших площадей;
- проведение повсеместной и дорогостоящей модернизации и переоснащения электросетей;
- зависимость от территориального размещения солнечных батарей и отрицательного влияния плохой погоды на эффективность работы солнечных батарей.

К плюсам можно отнести тот факт, что это один из самых экологически чистых видов энергии. Сырьем для изготовления солнечных батарей является один из самых часто встречающихся элементов – кремний. В земной коре кремний – второй элемент после кислорода (30,5% по массе). По мнению некоторых научных деятелей, кремний – это нефть и газ двадцать первого века: в течение тридцати лет один килограмм кремния на электростанции вырабатывает электричество, равное 75 тоннам нефти, сожженной на тепловой электростанции.

Общая мощность всех солнечных электростанций (СЭС) в России на сегодняшний день составляет чуть более 61 мегаватт. Китай же стал абсолютным мировым лидером в развитии этого направления – в конце прошлого года энергия, полученная от солнечного света, составила 44 гигаватта, что в 650 раз больше, чем в нашей стране.

В России темпы ввода в строй новых электростанций, которые работают на солнечной энергии, намного скромнее. Хотя и в нашей стране этот вид производства энергии постепенно набирает обороты и выходит из вида экзотических. Так, уже в феврале 2016 года солнечная электростанция начала свою работу в Чите, в декабре 2015 года СЭС были запущены в городах Орск и Абакан. А в октябре 2015 года Саха-энерго приступило к эксплуатации трех солнечных электростанций в селах Якутии.

Основные объемы электроэнергии на этих территориях дают традиционные источники, однако энергия Солнца уже используется для

частичного освещения улиц, так с ее помощью «запитывают» придорожные фонари.

По данным Института Энергетической стратегии и развития, потенциал развития солнечной энергетики в России теоретически составляет более 2300 млрд. тонн условного топлива. Общее количество солнечной энергии, которое поступает на территорию нашей страны в течение среднестатистических дней, превышает энергию всего годового производства электроэнергии в России за счет нефти, газа и других энергетических ресурсов. Территория России расположена между 41 и 82 градусами северной широты, поэтому уровень солнечной радиации варьируется от 810 кВт·ч/м² в год в северных районах до 1400 кВт·ч/м² в год в южных районах. Большое влияние на уровень солнечной радиации оказывают сезонные колебания: на северной широте 55 градусов солнечная радиация в январе составляет 1,69 кВт·ч/м², а в июле – 11,41 кВт·ч/м² в день.

Потенциал энергии Солнца из-за своего географического расположения велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей), в Южной Сибири и на Дальнем Востоке.

Перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики: Ростовская область, Волгоградская область, Ставропольский край, Краснодарский край, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Чита, Приморье, Алтай, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходят уровень солнечной радиации в южных регионах. Например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт·ч/м², тогда как в Республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) данный показатель равен 1290 кВт·ч/м², в Тамбове данный показатель равен 1310 кВт·ч/м².

Сейчас в России ведется строительство двух новых и продвинутых объектов: солнечные парки в Ставропольском крае (мощность – 12 МВт) и в Республике Дагестан (10 МВт). Ряд компаний реализует мелкие проекты в сфере солнечной энергетике. В Москве подъезды и дворы нескольких экспериментальных домов освещаются с помощью новейших солнечных модулей, это сократило расходы на электроэнергию на 25%. На крыше одной из автобусных остановок на Тимирязевской улице установлены солнечные батареи, обеспечивающие работу справочно-информационной системы и Wi-Fi. Самое интересное – это солнечные панели в музее Эрмитаже. Получаемая установленными

панелями солнечная энергия расходуется на частичное освещение 1-го этажа офисного корпуса. Но с экономической точки зрения такое решение будет выгодно только либо для небольших музеев, например, для питания сигнализации, либо для крупных, таких как Эрмитаж.

Для крупных промышленных предприятий, расположенных на территории Тамбовской области, нецелесообразно переходить полностью на солнечную энергию. Из-за частой плохой погоды заводу не будет хватать мощности батарей для нормальной работы. Поэтому солнечную энергию можно использовать как дополнительный источник энергообеспечения. Размещение солнечных батарей возможно на крыше. В хорошую солнечную погоду батареи могут обеспечивать освещение на всей территории предприятия, а в плохую – аварийное. Лишнюю электроэнергию можно аккумулировать и направлять на работу энергоэкономичных приборов.

Выводы:

1. Несмотря на все недостатки, солнечная энергетика активно развивается во всем мире. За счет внедрения новых технологий «лучистая энергия» будет дешеветь и составит достойную конкуренцию ископаемым запасам газа и нефти.

2. Использование солнечной энергетики на крупных предприятиях позволит в определенной степени снизить долю потребляемого электричества, достичь экономической выгоды и улучшить экологическое положение в регионе.

Список литературы

1. Стэн Гибилиско. Альтернативная энергетика : путеводитель / Стэн Гибилиско. – М. : Изд. центр «Эксмо-Пресс», 2014. – 386 с.
2. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : Изд. центр «Форум», 2014. – 352 с.
3. Энергосберегающие технологии в промышленности / А. М. Петрова, А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, С. А. Петрова. – М. : Изд. центр «Форум», 2015. – 272 с.

*Кафедра «Автоматика и компьютерные системы управления»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Жизнь современного человека очень трудно представить без электрической энергии. Потребление энергии увеличивается с каждым годом, тем самым создавая условия для ускорения научно-технического прогресса. Однако запасы традиционного углеродного сырья (уголь, нефть, газ и т.д.), требуемые для покрытия возрастающих объемов потребления, не бесконечны. Таким образом, освоение новых источников энергии, вопросы энергоэффективности и рационального природопользования становятся одними из приоритетных задач современной энергетики [1].

Каждый новый день во всем мире растут затраты на электроэнергию. Связано это с увеличением цен на традиционные энергоносители. Учитывая прогнозируемое истощение запасов углеродного сырья, использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одним из наиболее перспективных направлений мировой энергетики.

По данным на начало 2016 г., совокупная установленная мощность в России по всем видам генерации составила 225 ГВт, из них лишь 1% приходится на долю ВИЭ, в том числе 0,6% – биомасса, 0,3% – малые ГЭС, 0,1% – ветряная, солнечная электроэнергетика и геотермальные источники.

Использование возобновляемых источников энергии широко применяется для решения проблем энергоснабжения. Ветряная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений в развитии альтернативной энергетики.

Сегодня в России суммарная установленная мощность ветроэлектрических установок (ВЭУ) составляет около 16 МВт. В стране действуют 9 ветроэнергетических станций установленной мощностью от 0,2 до 5,6 МВт. Среднегодовая выработка электроэнергии всеми ВЭУ составляет 12,8 кВт·ч/год.

Распоряжением Правительства РФ № 1 от 8 января 2009 г. утвержден целевой показатель развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – 4,5% от общей выработки электроэнергии к 2020 г.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Ушакова.

Рынок ветроэнергетики в России имеет высокий потенциал развития, который характеризуется значительными ветроэнергетическими ресурсами:

- суммарный ветропотенциал страны оценивается в 2000...3000 ТВт·ч /год,
- экономический ветропотенциал оценивается в 200...300 млрд. кВт·ч/год
- для освоения экономического ветропотенциала требуется строительство ВЭС суммарной установленной мощностью 100...150 ГВт;
- для размещения ВЭС установленной мощностью до 150 ГВт требуются участки земли общей площадью около 1% территории страны.

Основные причины слабого развития ветроэнергетики в России – это экономическая неэффективность использования ВИЭ ввиду богатства страны природными энергоносителями, а также несовершенство законодательных механизмов поддержки использования возобновляемых источников энергии [2].

1. Информация о реализованных и планируемых проектах строительства ветропарков и ветродизельных комплексов в России

№	Проект	Владелец	Проектная мощность, МВт	Фактическая мощность, МВт
1	Куликовская ВЭС, Калининградская область, первая ВЭУ – 1998 г.	ОАО «Янтарь-энерго»	5,1	5,1
2	Элистинская ВЭС, Республика Калмыкия, начало проекта – 2006 г.	«Фалкон Капитал»	150	2,4
3	Дальневосточная ВЭС, г. Владивосток (о. Русский, о. Попова), ввод – 2012 г.	ОАО «РусГидро»	36	Разработка проект. и раб. документации
4	Анадырская ВЭС, строительство 2002 г.	МУП «Комун-энерго»	2,5	2,5

Преобразование энергии ветра осуществляют при помощи ветрогенератора. Мощность ветрогенератора зависит от диаметра ветроколеса и пропорциональна кубу скорости ветра:

$$P = 0,5Q Sv^3, \quad (1)$$

где P – мощность, Вт; Q – плотность воздуха $1,23 \text{ кг/м}^3$; S – площадь ометания ротора, м^2 ; v – скорость ветра, м/с.

Или, учитывая диаметр:

$$P = (Q\pi D^2)/8v^3, \quad (2)$$

где D – диаметр ветроколеса (м).

Если проанализировать статистику скорости ветра (табл. 2) в Тамбовской области за период 2014 г., то можно сделать вывод, что территория Тамбовской области имеет условия по природно-климатическим показателям для использования ветрогенераторов малой и средней мощности [1].

Ввиду того, что Тамбовская область находится в зоне централизованного электроснабжения, экономически обоснованно будет использовать сеть ветрогенераторов средней и малой мощности для резервирования сельских районов и фермерских хозяйств, где возможны перебои с электропитанием из-за удаленности потребителей от центральной сети и целесообразно использовать энергию ветра. Это приведет к улучшению качества производства электроэнергии и, в перспективе, поможет снизить себестоимость ее производства.

2. Среднегодовая скорость ветра в Тамбовской области

Расположение метеостанции	Среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м	Средняя скорость ветра, м/с				Максимальная скорость ветра, м/с
		З	В	Л	О	
Тамбов	3,4	3,7	3,5	2,9	3,4	26
Жердевка	2,8	3,1	2,9	2,3	2,8	21
Кирсанов	2,4	2,7	2,5	2,0	2,4	22
Мичуринск	2,0	2,4	2,0	1,6	1,9	26
Моршанск	2,4	2,7	2,4	2,0	2,3	23
Новопокровка	2,3	2,6	2,4	1,9	2,2	22
Уварово	3,0	3,3	2,9	2,3	3,0	26

Таким образом, используя комплексный подход к вопросам энергоэффективности и рационального природопользования в Тамбовской области можно эффективно использовать ветроэнергетику как альтернативный источник энергии.

Для промышленных предприятий, расположенных на территории Тамбовской области, из-за частой безветренной погоды не будет хватать мощности ветряков для нормальной работы. Поэтому энергию ветра можно использовать как дополнительный источник энергообеспечения. В хорошую ветреную погоду ветряки могут обеспечивать освещение на всей территории предприятия. Лишнюю электроэнергию можно аккумулировать и направлять на работу энергоэкономичных приборов.

Выводы:

Интерес к развитию ветроэнергетики в Российской Федерации объясняется следующими факторами:

- возобновляемый ресурс энергии, не зависящий от цен на топливо;
- отсутствие выбросов вредных веществ и парниковых газов;
- развитый мировой рынок ветроустановок;
- конкурентная стоимость электроэнергии, не зависящая от стоимости топлива;
- короткие сроки строительства ВЭС с адаптацией мощности ВЭС к требуемой нагрузке;
- возможность децентрализованного обеспечения электроэнергией отдаленных районов;

Список литературы

1. *Тарасов, А. С.* Возможности развития ветроэнергетики как альтернативного источника энергии в России / А. С. Тарасов // Технические науки – от теории к практике : материалы XXXII международной заочной научно-практической конференции. – Новосибирск : Изд. «СибАК», 2014. – № 3(28). – С. 35 – 41.
2. *Тарасов, А. С.* Ветроэнергетика как альтернативный источник энергии в мировом сообществе / А. С. Тарасов, В. Ф. Калинин // Технические науки – от теории к практике : материалы XLV международной научно-практической конференции. – Новосибирск : СибАК, 2015. – № 4(41). – С. 60 – 65

*Кафедра «Автоматика и компьютерные системы управления»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

**ЭНЕРГЕТИКА И ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ
ИСКОПАЕМЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА**

В настоящее время наблюдается сильная зависимость современной цивилизации от стоимости и технической возможности добычи ископаемых видов топлива. Стоит отметить, что несмотря на развитие и увеличение доли глобального производства энергии для человеческих потребностей от источников альтернативной энергии, данная зависимость не только не уменьшается, а наоборот, возрастает [1].

С каждым годом увеличивается количество прогнозов, связанных с ценами на нефть. В независимости относительно чего они сделаны, будь то цена, изменение объемов добычи или количества разведанных запасов, их точность низка. Это, в первую очередь, связано с огромным количеством факторов, которые невозможно учесть. Например, всегда существует возможность появления вооруженного конфликта с участием крупного экспортера нефти, способного повлечь за собой снижение поставок сырья из этой страны и увеличение его цены. Также в любой момент может быть открыто крупное месторождение нефти или новый способ извлекать ее из уже имеющихся источников с большей отдачей и низкими затратами, что может привести к падению ее цены.

Нередко возникают вопросы относительно правдивости прогнозов в нефтедобывающей промышленности. Причиной этому является некоторая зависимость от них цены на нефть, а соответственно и количество прибыли от экспорта в нефтедобывающих странах. Крупному экспортеру свойственно завышать или занижать данные относительно объема своих запасов с целью повышения цены на нефть. Также наблюдается заинтересованность спекулянтов во вбросе заведомо ложной информации с целью заработка.

Рассмотрим долгосрочные и краткосрочные прогнозы независимых ученых и специалистов в данной области и проведем анализ и оценку их работ.

Голоскоков А. Н. в своей статье «Пик добычи нефти и начало мирового энергетического кризиса» [2] в 2010 г. выдвигал следующие прогнозы:

1. Цена на нефть, сохраняя тенденцию последних лет, будет возрастать.
2. Количество ежегодно добываемой нефти будет снижаться.
3. Практически не будет открыто новых месторождений.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Ушакова.

Ни один из этих пунктов на данный момент не сбился. Цена на нефть с 2010 года упала, несмотря на довольно длинный (два года) период роста. Количество добываемой в год нефти пока не показывает тенденцию к снижению и держится на уровне 70 – 80 миллионов баррелей в сутки, а годовой разброс объема добычи, за последние 6 лет, не превышает 5 процентов. Последний пункт не всегда может быть корректно интерпретирован. Ежегодно анонсируется разведывание определенного количества новых месторождений. Например, объявлено об открытии в 2014 году месторождений в Астраханской области и в Карском море, хотя невозможно отрицать того, что эти месторождения были найдены раньше.

Нередко наблюдается признание некоторыми экспертами ошибок в своих прогнозах и их корректировка. Анпилогов А. Е. в своей книге «Мир на пике, мир в пике» рассуждал о том, что до 2050 года объем добычи нефти будет держаться примерно на одном уровне, а график цены будет сглажен. На данный момент этот прогноз верен наполовину. Первая его часть соответствует действительности, о чем уже упоминалось ранее. Вторая не верна, так как за последние годы наблюдаются значительные скачки в графике цены на нефть. В декабре 2015 года Анпилов признал эту ошибку и дал новый прогноз относительно цены на нефть. «В 2016 году нефть удержится в коридоре между 30 и 50 долларами. Это будет продолжаться, пока инвестиционная активность не уравнивается со спросом и предложением. При нарушении баланса он будет выравниваться уже на новом уровне. То есть через два-три года возникнут трудности для многих компаний, которые произвели большое инвестирование в очень дорогие». По истечению трех кварталов 2016 года этот прогноз полностью соответствует действительности.

Александр Григорьевич Хуршудов [3] в своем блоге за 2015–2016 года давал периодические прогнозы относительно снижения или повышения цены на нефть. Их точность составила 75%, что является великолепным показателем. Сам Александр Григорьевич связывает это с тем, что он дает относительно краткосрочные прогнозы (от одной недели до трех месяцев), что в значительной степени легче, чем прогнозировать на несколько лет вперед.

Нобуо Танака, глава Международного агентства по энергетике, в 2007 году спрогнозировал падение цены на нефть в последующие 3 года до значения в 35 долларов за баррель. Прогноз разошелся с действительностью в 2,5 раза. По словам Танаки, это было вызвано тем, что рост спроса на сырую нефть в быстро развивающихся промышленных странах вырос быстрее, чем ожидалось.

Рассмотрим [4] прогнозы крупных организаций. Возьмем их предполагаемое значение цены на нефть (марки Brent) на 2015 год и сравним с действительными показателями. Специалисты аналитической компании PIRA Energy Group предсказали существенное падение стоимости барреля нефти. Как показала практика, прогноз оказался точным. Центральный банк РФ предполагал, что цена нефти в 2015 году будет на уровне 96\$ за баррель и падение значения до отметки 60 долларов да баррель маловероятно. Крупный международный финансовый конгломерат Goldmen Sachs обозначал цену в районе 85 – 90\$ за баррель. Министерство энергетики США дало прогноз цены в 83,5\$, а также назвало предполагаемое минимальное значение в 81\$. Министерство нефти Ирана назвало цену в 70 долларов за баррель в 2015 году. Если учитывать, что средняя цена на нефть марки «Brent» за 2015 год составила 53,5\$ за баррель, то можно сделать вывод что ни один из вышеперечисленных прогнозов не был верен, а прогноз Центрального банка РФ и вовсе оказался далеким от действительности.

Ведущий эксперт «Союза нефтегазопромышленников России» Рустам Танкаев в начале 2015 года сделал прогноз относительно цены на нефть в 2015 год, а именно то, что ее значение будет держаться на отметке в 80 долларов за баррель, а количество объема добываемого в сутки сырья будет снижаться. Как оказалось, относительно цены и объемов добычи, он был неправ.

Анализ прогнозов других специалистов и организаций дает одинаковую картину: неточные прогнозы, грубые ошибки в числах и тенденциях для долгосрочных прогнозов. В свою очередь, краткосрочные прогнозы довольно точны и сбываются с большей вероятностью относительно долгосрочных.

В настоящее время человечество имеет сильную зависимость от нефти и продуктов ее переработки (различные виды топлива, пластмассы и др.)

Не за горами момент наступления истощения ее запасов, который может повлечь за собой регресс современной цивилизации. Это возможно избежать в том случае, если будет найдена сопоставимая или превосходящая замена нефти. Но для этого необходима экономическая поддержка государствами отраслей, направленных на создание и замену нефти как источника энергии. Например, можно значительно сократить использование нефти, если все автомобили, работающие на бензине, заменить автомобилями на электричестве, газе, спирте, водороде.

Выводы.

1. В настоящее время нет общепринятой действенной методологии прогнозирования и системы верификации статистических данных.

2. Проблема системных ошибок в прогнозах столь важных ресурсов как нефть (газ, уголь и пр.) может привести к серьезным проблемам в случае, если эти ресурсы исчерпаются.

Список литературы

1. *Анпилогов, А. Е.* Мир на пике – мир в пике / А. Е. Анпилогов. – М. : Изд. центр «Селадо», 2015. – 392 с.
2. *Голоскоков, А. Н.* Пик добычи нефти и начало мирового энергетического кризиса / А. Н. Голоскоков // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2010. – № 2. – URL : http://ogbus.ru/authors/Goloskokov/Goloskokov_4.pdf
3. *Хуршудов, А. Г.* Анализ котировок нефти Brent [Электронный ресурс] / А. Г. Хуршудов. – URL : http://worldcrisis.ru/crisis/wc_2327568
4. *Хуршудов, А. Г.* Технический анализ котировок нефти Brent [Электронный ресурс] / А. Г. Хуршудов. – URL : http://worldcrisis.ru/crisis/wc_2159731

*Кафедра «Автоматика и компьютерные системы управления»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 621.165.438

*И. Р. Габидуллин**

СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕПРИЯТИЯХ

В настоящее время все чаще используются альтернативные источники энергии, такие как солнечная энергетика, ветроэнергетика, геотермальная энергетика, волновая энергетика, приливная энергетика и пр. Развитие и исследования в области альтернативной энергетике актуально в связи неизбежным истощением невозобновляемых источников энергии [1 – 3]. Кроме того, использование традиционных источников энергии для обеспечения возрастающих потребностей человечества в энергии имеет негативное влияние на экологию.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Ушакова.

Геотермальная энергия

В наши дни одним из самых эффективных (для определенных регионов) альтернативных источников энергии являются геотермальные источники. Геотермальная энергия – это тепловая энергия недр земли.

Главными источниками тепла Земли, как правило, являются распад радиоактивных элементов, энергия сейсмических волн, тепло, выделяющееся под действием гравитационных сил, т.е. сжатием вышележащими слоями нижележащих.

Увеличение температуры с глубиной в среднем происходит на 1 К каждые 30 м. Таким образом, пробуравив скважину на глубину от 3 км, мы можем получать горячий пар для практического использования.

До поверхности земли доходит очень малое количество тепла, так как земная кора выступает хорошим теплоизолятором. Однако на краях тектонических плит тепло земных недр выходит наружу в виде вулканов, лавовых потоков, гейзеров и пр. Как раз такие районы наиболее благоприятны для добычи геотермальной энергии. В нашей стране такие места встречаются на Камчатке, Курильских островах, Кавказе.

В то же время добыча геотермальной энергии, теоретически, возможна везде, так как рост температуры с глубиной характерен для всей поверхности Земли. В среднем каждые сто метров температура увеличивается на 2,5 – 3 °С.

Методы получения энергии с помощью геотермальных технологий

На настоящий момент существует несколько способов получения электроэнергии с помощью геотермальных источников: прямая схема при использовании сухого пара; непрямая схема с использованием водяного насыщенного пара и смешанная схема или бинарный цикл.

Применение конкретной схемы обусловлено местом бурения скважины, температурой и агрегатным состоянием воды.

Согласно прямой схеме энергоноситель – водяной пар, поступающий из скважины, пропускается непосредственно через турбину. Это самый простой способ, но не самый лучший в связи с тем, что пар содержит различные примеси, разрушающие оборудование, в частности, турбину.

В настоящее время наибольшее распространение получили геотермальные электростанции (ГеоЭС), работающие по непрямой схеме.

В такой схеме энергоноситель, через систему фильтров, под давлением нагнетается в испаритель, где ее часть испаряется, а полученный пар вращает турбину.

В смешанной схеме энергоноситель из скважины подается в специальный теплообменник, в котором образуется пар, вращающий турбину. Это наиболее технологичная схема в виду изоляции первичного энергоносителя – воды из скважины, содержащей, как правило, агрессивные и вредные соединения.

Все три технологических решения основаны на использовании источников, содержащих воду в том или ином состоянии, однако для получения электричества возможно использование петротермальной энергии.

Схема получения электроэнергии посредством петротермального источника так же проста. Необходимо пробурить две скважины и соединить их (обычно гидроразрывом). В одну из них закачивается энергоноситель – вода (такую скважину называют нагнетательной), а из другой мы получаем горячий пар, который можно использовать в наших целях: отопление, получение электричества и т.д.

У такой системы есть один большой недостаток: для получения перегретого пара необходимо бурить скважины большей глубины. Бурение – самый дорогостоящий и технологически сложный процесс. Кроме того, гидроудар в сейсмонеустойчивом районе может спровоцировать локальное землетрясение. В связи с этим петротермальная энергетика уступает в развитии гидротермальной.

Практический опыт использования геотермальной энергии

Осваивание геотермальной энергии началось достаточно давно. Одним из первых мест, где впервые использовали термальные воды, был небольшой город Лардерелло в Италии. Уже в начале XIX века здесь успешно использовали источники для получения электричества. Далее многие стали следовать примеру Италии и уже в 1892 году в Соединенных Штатах термальные воды впервые в истории были использованы в качестве отопления, в 1919-м – в Японии, в 1928-м – в Исландии.

Исландия – уникальное место в контексте геотермальной энергетики. Территория Исландии – по сути, вулканическое плато. Остров возник благодаря наслоению лавы друг на друга и расположен на Средне-Атлантическом хребте – границе двух крупнейших тектониче-

ских плит. Это место наиболее благоприятно для развития геотермальной энергетики. На острове существует около 20 геотермальных полей, содержащих пар с температурой от 250 до 600 °С. Первый трубопровод, с помощью которого в Рейкьявике успешно стали обогревать дома, был построен только в ноябре 1930 года. В настоящее время около 90% жилых помещений отапливаются термальными водами, что составляет 50% от общей добытой геотермальной энергии.

История развития геотермальной энергетики в России имеет глубокие корни, однако в энергобалансе страны доля, приходящаяся на ГеоЭС, очень мала. Отечественная геотермальная энергетика зародилась на Камчатке и Кавказе. Причем в первом случае упор делался на отопление и горячее водоснабжение, а во втором – на выработку электричества.

Первые ГеоЭС Паратунская и Паужетская были построены еще в 1965 – 1967 годах и до сих пор эксплуатируются.

У подножия горы Мунт, на Камчатке, были построены Верхне-Мутновская ГеоЭС общей мощностью 12 МВт (1999) и Мутновская ГеоЭС мощностью 50 МВт, введенная в эксплуатацию в 2002 году.

Отечественные разработки петротермальной энергетики

В нашей стране никогда не занимались разработкой петротермальной энергии ввиду большого количества ископаемых видов топлива. Однако нашими учеными разработаны уникальные технологии бурения на сверхглубины (порядка 10 км). Такими разработками занимаются Геологический институт РАН, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, специалисты Калужского турбинного завода. В перспективе разработки наших ученых могут помочь в освоении технологий петротермальной энергетики, однако на сегодняшний день нет никаких предпосылок развития этой области.

Выводы

1. Потенциально использование геотермальной энергетики возможно на территории всей нашей страны. Развитие технологий бурения сверхглубоких скважин откроет возможность добычи петротермальной энергии. Однако перспективы в этой области сравнительно отдаленные. В настоящее время наша страна активно использует ископаемые виды топлив и нет экономически обоснованных причин отказываться от традиционной энергетики.

2. В нашей стране существуют регионы, в которых использование Геотермальной энергетики предпочтительнее традиционных электростанций в силу специфичности местоположения. Это территории, находящиеся в горных областях с высокой тектонической активностью (Северный Кавказ, Камчатка, Чукотка) и одновременно удаленные и отрезанные от централизованного энергоснабжения. Здесь электроснабжение промышленных комплексов не только возможно, но необходимо производить с помощью геотермальной энергетики.

3. Эффективность использования геотермальной энергетики можно повысить, если комбинировать ее использование с традиционной энергетикой. Возможно использование термальных вод для обогрева жилых помещений, а также для специфических технологических процессов на различных производствах. В этом случае мы получаем большую экономическую эффективность.

Список литературы

1. *Алхасов, А. Б.* Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии / А. Б. Алхасов. – М. : Физматлит, 2008. – 376 с.
2. *Дегтярев, К.* Тепло Земли / К. Дегтярев // Наука и жизнь. – 2013. – № 9. – С. 65 – 68.
3. *Дворов, И. М.* Геотермальная энергетика / И. М. Дворов. – М. : Наука, 1976. – 192 с.

*Кафедра «Автоматика и компьютерные системы управления»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 691

*А. В. Сапов, А. Н. Зимнухов**

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ
ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА.
СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ**

Асфальтобетон является ярким представителем всех строительных материалов, обладающим конгломератным типом структуры. Как и в других подобных материалах (щебеночно-мастичный асфальтобетон и др.), его структура характеризуется наличием грубозернистой смеси, сцементированной в искусственный конгломерат специально подобранным вяжущим веществом. Способность асфальтобетона разделяться на составные компоненты, которые в последующем образуют монолит с сохранением первоначальных свойств, показывает, что твердые и жидкие компоненты в асфальтобетоне контактируют, в основном, на поверхности раздела битум-минеральный материал [1].

В настоящее время в условиях постоянно растущего потока автотранспорта появление все более тяжелых и грузоподъемных видов машин приводит к увеличению нагрузки на дорожное полотно. Эти и многие другие проблемы заставляют обратить внимание на повышение качества автомобильных дорог. Во многих странах Европы, Америки данные проблемы успешно решаются с помощью применения асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием прочного щебня и вяжущего – щебеночно-мастичные асфальтобетоны (ЩМА).

ЩМАС – рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня, песка из отсевов дробления и минерального порошка), дорожного битума (с полимерными или другими добавками или без них) и стабилизирующей добавки, взятых в определенных пропорциях и перемешанных в нагретом состоянии, разработанная для укладки верхнего слоя покрытия толщиной 30...60 мм на дорогах с высокой интенсивностью движения и грузонапряженностью [2, 3].

За счет высокого содержания кубовидного щебня высоких фракции (70...80%), которые в полотне плотно прилегают друг к другу, песка, вяжущего и волокнистой стабилизирующей добавки при уст-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф., зав. каф. КЗиС ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. П. Ярцева.

ройстве дорожного покрытия формируется устойчивый и прочный каркас. Высокое сопротивление деформации возникает благодаря трению щебеночной основы. Для получения качественной асфальтобетонной смеси щебень нужно брать из прочных, трудно шлифуемых горных пород и песка из отсевов дробления. Высокое содержание битума, по сравнению с традиционными горячими смесями (5,5...7,5%), обеспечивает полное обволакивание основы из щебня и сводит к минимуму пустоты, что препятствует проникновению влаги внутрь. В результате повышаются устойчивость покрытия к старению и растрескиванию, а также водо- и морозостойкость.

Принципиальная разница между ЩМА и обычным асфальтобетонном заключается в его жесткой каркасной структуре, которая передает нагрузку с поверхности в нижележащие слои через непосредственно контактирующие между собой частицы каменного материала, тем самым снижая деформацию как в поперечном, так и в продольном направлении. Отсутствие зерен природного песка приводит к тому, что под действием внешних нагрузок минеральные зерна не перемещаются, заполняя поровое пространство, как это происходит в слое из высокоплотного асфальтобетона с высоким содержанием щебня (50...60%) типа А (ГОСТ 9128–2009), и разрушаются.

Обозначенные в спецификациях различных стран отличия в компонентном составе и показателях свойств ЩМА обусловлены главным образом их национальными особенностями, такими как различия в погодных-климатических условиях, максимально разрешенные осевые нагрузки, вязкость применяемого вяжущего и т.д. В России оптимальные составы ЩМА регламентированы государственным составом ГОСТ 31015–2002, разработчиком которого является ФГУП «Союздорнии». Согласно ГОСТ, в зависимости от крупности щебня, ЩМА подразделяют на ЩМА-10 (с размером зерен до 10 мм), ЩМА-15 (до 15 мм), ЩМА-20 (до 20 мм); указанные смеси рекомендуются для устройства дорог любых технических категорий в I – V дорожно-климатических зонах с толщиной покрытия для ЩМА-10 от 10 до 40 мм, ЩМА-15 от 30 до 50 мм, ЩМА-20 от 40 до 60 мм. При этом зерновой состав ЩМА согласуется с Европейскими нормами prEN 13108-6.

Экономический эффект от применения ЩМА достигается прежде всего в сфере эксплуатации за счет увеличения срока службы покрытия и улучшения транспортно-эксплуатационных показателей. Единовременный экономический эффект при строительстве может быть получен за счет уменьшения толщины поверхностного слоя на 30%.

Стабилизирующие добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона

В качестве стабилизирующей добавки применяют целлюлозное волокно или специальные гранулы на его основе, которые должны иметь ленточную структуру нитей длиной 0,1 – 2,0 мм. Волокно должно быть однородным и не содержать пучков, сложенных нераздробленного материала или посторонних включений. По физико-химическим свойствам целлюлозное волокно должно соответствовать значениям, указанным в табл. 1.

Также помимо натуральных целлюлозных волокон допустимо и применение синтетических (акриловых, минеральных, стеклянных и пр.) и различных других добавок (резинового порошка, полимеров и пр.), отвечающих требованиям ГОСТ на ЩМАС [4].

Фирмой «ГБЦ» была получена добавка на основе волокон целлюлозы (70...95%) с содержанием окисленного атактического полипропилена (5...30%). Эти волокна помимо структурирующего действия обеспечивают улучшение адгезионных свойств, повышают водостойкость без предварительной модификации битума. Этой же фирмой был разработан состав добавки из сульфатной целлюлозы и адгезионной присадки для дорожных битумов БАП-ДС-3, которая представляет собой смесь алкиламидополиаминов и алкилимидазалинполиаминов, полученных на основе высокомолекулярных кислот растительного или животного происхождения или дистиллированного талового масла.

Компанией *Interchimica* представлена добавка «*ITERFIBRA*», представляющая собой гранулы натурального волокна (20%), ненатурального (75%) и органической связки (5%).

Фирмой *Antrocelas* также представлены добавки трех марок: «*Antrocel-P*» – свободные целлюлозные волокна без добавок, продукт переработки бумажного вторсырья, «*Antrocel-G*» – гранулированное целлюлозное волокно, связанное с битумом, взятым в количестве 20% мас., «*Antrocel-GA*» – гранулы целлюлозных волокон в связке с ПАВ, взятым в количестве 20% мас.

1. Требования к целлюлозному волокну

Наименование показателя	Значения
Влажность, % по массе, не более	8,0
Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %, не более	7,0
Содержание волокон длиной 0,1...2,0 мм, %, не менее	80

Стабилизирующие добавки компании CFF «*Topcel*» представляют собой гранулы целлюлозных волокон. «*Genicel*» – гранулы целлюлозных волокон в связке с ПАВ в соотношении 59/41 масс., снижают показатель пенетрации, повышают температуру размягчения и улучшают адгезию битума. ЩМА модифицированный «*GENICEL*» характеризуется уменьшенной глубиной колееобразования и существенно более высокой устойчивостью в диапазоне рабочих температур.

Добавка «*Viator Premium*» имеет наименьшее содержание битума в семействе добавок Viator, как следствие, является наиболее экономичным вариантом при приготовлении ЩМАС. Увеличение количества связующего в добавке приводит к уменьшению ключевого компонента – целлюлозы и к увеличению расхода добавки при дозировке в ЩМАС, что показывает неэкономичность применения стабилизирующих добавок с высоким содержанием связующего компонента [5, 6].

Список литературы

1. *Котлярский, Э. В.* Научно-методические основы оценки структурно-механических свойств композиционных материалов на основе органических вяжущих / Э. В. Котлярский. – М. : Строительные материалы, 2011. – С. 36 – 41.
2. *Стебаков, А. П.* Щебеночно-мастичный асфальтобетон – будущее дорожных покрытий / А. П. Стебаков, Г. И. Кирюхин, О. Б. Гонин // Строительная техника и технологии. – 2002. – № 3. – С. 25 – 29.
3. *Смирнов, В. Е.* Щебеночно-мастичный асфальтобетон, три года в России. Итоги / В. Е. Смирнов // Автомобильные дороги. – 2003. – № 1. – С. 13.
4. *Пат. 2541975 РФ*, МПК С 04 В 26/26, С 04 В 111/27. Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь / Васильевская Г. В., Шевченко В. А., Назиров Р. А. – Заявл. 5.03.2014 ; опубл. 20.02.2015.
5. *Ярцев, В. П.* Повышение технологических и эксплуатационных характеристик строительного битума / В. П. Ярцев, Е. С. Полежаева // Кровельные и изоляционные материалы. – 2014. – № 6. – С. 14–15.
6. *Райнхольд, Д.* Щебеночно-мастичный асфальт / Д. Райнхольд // Автомобильные дороги. – 2002. – № 3. – С. 80.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 332.8

С. Л. Полуэктова*

**МЕХАНИЗМЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
РЕСУРСОВ В ЖИЛИЩНУЮ СФЕРУ**

Одна из актуальных проблем России – это несоответствие между объемами сбережения и инвестирования, неэффективность имеющихся механизмов трансформации сбережений граждан в инвестиции. Ключевая задача инвестиционной политики состоит в том, чтобы максимально адаптировать современную модель инвестиционного процесса к конкретно существующим условиям, в которых внутренние принципы самоорганизации рыночной экономики неспособны решить возникающие перед ней проблемы. К числу которых относится мобилизация внебюджетных источников инвестиционного финансирования, требующая решения двух основных задач – поиска источников денежных средств и выбора оптимальной формы их аккумуляции.

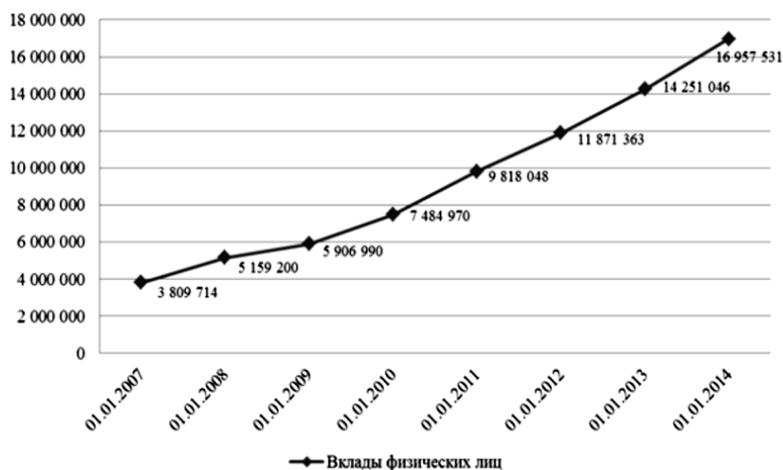


Рис. 1. Динамика вкладов населения, привлеченных коммерческими банками (2007 – 2014 гг.), млн. р.

* Работа выполнена под руководством д-ра экон. наук, проф. ФГБОУ ВПО ТГУ им. Г. Р. Державина И. Н. Якуниной.

Одним из таких источников являются личные сбережения населения, аккумулированные в банковской системе. Их объем достаточно быстро увеличивается [1].

Помимо представленных официальных накоплений населения, существуют еще и значительные неучтенные. По данным Центрального Банка России на конец текущего года объем наличной валюты у граждан составляет около 21 миллиарда долларов. И только при построении целостной системы регулирования инвестиционными интересами возможно вовлечение средств подобного масштаба в активный инвестиционный оборот. Совершенно очевидно, что при этом необходимо одновременно использовать как государственные, так и рыночные механизмы регулирования.

Эффективным механизмом подобного регулирования инвестиционного процесса на региональном уровне может стать управление инвестиционными интересами, т.е. выбором субъектами инвестирования направлений расходования ресурсов. Инвестиционные интересы определяются в первую очередь спросом и предложением. Но они должны формироваться в соответствии с общими целями экономической политики.

Инвестиционная сфера в условиях рынка, прежде всего, должна гарантировать возвратность и окупаемость ресурсов, а также получение прибыли. Это следует отнести к основным требованиям при определении границ инвестиционных интересов. Однако, при этом не стоит забывать и о не менее важных социальных аспектах осуществляемых действий. То есть при наращивании хозяйственного потенциала требует выделить такие точки экономического роста, которые позволят осуществлять одновременно с наращиванием реализацию социальных программ, в том числе и при развитии массового жилищного строительства. Но ведь и само по себе строительство жилья есть гарантированный источник создания инвестиционного спроса, позволяющий за счет использования средств предприятий и населения поддерживать и расширять воспроизводственный процесс в реальном секторе, обеспечивая тем самым экономический рост и сокращая диспропорции межрегионального развития.

В настоящее время одним из направлений механизма реализации инвестиционной политики является стимулирование мероприятий по инвестированию в жилищное строительство. Система инвестирования жилищного сектора претерпела весомые изменения в последние десятилетия. Если до 1990-х годов в ней существовало централизованное распределение ресурсов, направленных на строительство государственного жилья и его бесплатное предоставление гражданам, то сейчас

государственные средства перестали быть основным источником инвестиций в сфере жилищного строительства. Значительно возросла доля частного сектора (56%). При этом ограниченность ресурсов стала основным фактором, лимитирующим жилищное строительство [2].

Строительство жилья способствует широкому развитию всех секторов экономики и обуславливает направления инвестиционного спроса. Вместе с тем должны приниматься в расчет изменяющиеся условия в целом. Глобальные тенденции повышения в стоимости продукции доли интеллектуальных затрат, снижения энергоемкости и материалоёмкости производства определяют несколько иную структуру инвестиционного спроса.

За последние пять лет инвестиции в жилища постоянно увеличиваются, и это происходит на фоне постоянного уменьшения капитальных вложений во всех остальных сферах экономики [4]. Это свидетельствует об относительно стабильном платежеспособном спросе части населения. При этом население, обеспечивающее спрос на строительство жилья, условно можно поделить на три группы.

Первая группа – небольшая его часть, которая способна временно произвести затраты на покупку жилья.

Вторая – так называемый средний класс, который предъявляет спрос на жилье, но нуждается при этом в особых механизмах его приобретения – кредите, ипотеке, плате в рассрочку. Подобные механизмы отлаживаются рынком. Однако действительная работоспособность системы возможна только при непосредственном государственном участии – в виде мер координирующего, косвенного характера.

Российская Федерация)

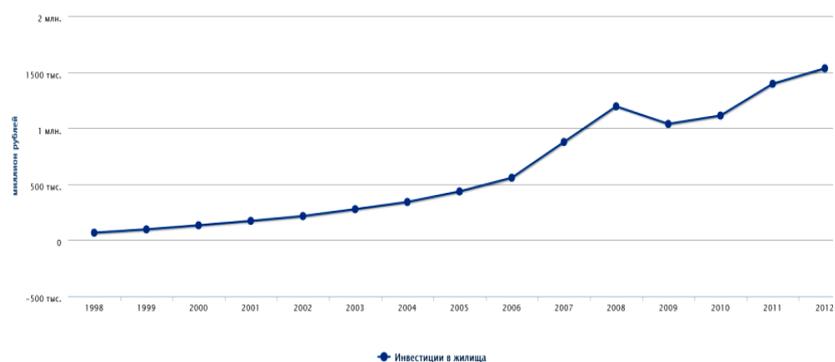


Рис. 2. Инвестиции в жилища

И, наконец, к третьей группе относится население, не обладающее возможностью самостоятельно или с помощью кредитов приобрести жилье. В данном случае необходимы механизмы государственного воздействия – прямая финансовая поддержка, рыночные механизмы регулирования использоваться не могут.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод об объективной необходимости проведения двух видов регулирования инвестиционных интересов на региональном уровне.

1. Институциональные механизмы, включающие комплекс рыночных структур (правовые, финансовые, налоговые), учитывающие специфику региона и осуществляющие рыночное регулирование с помощью косвенного государственного воздействия и воздействия соответствующих институтов.

2. Административные механизмы, включающие в себя непосредственное регулирование инвестиционным процессом государством через прямую финансовую поддержку, предоставление льготных кредитов, создание резервного фонда жилья для переселения в некоторых предусмотренных законом случаях лиц, потерявших право на свое прежнее жилье, законодательное гарантирование сохранности вкладов населения [3].

Причем на региональном уровне государственное воздействие должно активно проявляться в обоих видах регулирования. Поскольку жилье – это социальная отрасль и в ней негативные последствия рыночных преобразований проявляются наиболее остро, то роль такого регулирования будет со временем возрастать.

Список литературы

1. *Гитман, В. С.* Основы инвестирования / В. С. Гитман. – М. : Финансы и статистика, 1999.
2. *Бардасова, Э. В.* Исследование основных форм и методов инвестирования в жилищное строительство / Э. В. Бардасова // Вестник Чувашского университета. – 2008. – № 3.
3. *Сусорова, Н. И.* Экономический анализ регионального рынка жилья / Н. И. Сусорова, Б. И. Герасимов, О. А. Корчагина ; под науч. ред. д-ра экон. наук проф. Б. И. Герасимова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 104 с.
4. *Сайт* Федеральной службы государственной статистики. Интерактивная витрина. – URL : [//cbsd.gks.ru/](http://cbsd.gks.ru/)

Кафедра «Политическая экономия и современные бизнес-процессы» ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»

УДК 614.894.7

*И. С. Козадаев**

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) с химически связанным кислородом предназначены для защиты человека в чрезвычайных ситуациях от недостатка кислорода в воздухе, вредных веществ и различных загрязнений.

Основой для улучшения характеристик самоспасателей с химически связанным кислородом по данным патентных исследований является: снижение массы и габаритных размеров, повышение уровня физиологически важных параметров дыхательного газа, улучшение эргономических показателей, повышение надежности.

Главной целью данной работы являлось разработка самоспасателя со сниженными массогабаритными характеристиками и повышенным комфортом для дыхания при использовании.

Для решения поставленной задачи отказались от использования металла как основного конструкционного материала в пользу использования материалов на основе термостойких полимеров. Несмотря на многообразие современных полимеров с уникальными свойствами, основным материал для средства защиты органов дыхания должен соответствовать требованиям: термостойкость выше 250 °С; щелочестойкость; нетоксичность, негорючесть и т.д.

В связи с этим, проведены сравнительные испытания различных полимеров, в результате которых был выбран в качестве основного конструкционного материала фторопласт Ф-4МБ в виде пленки толщиной 50 мкм. Особенностью данного материала является высокая химическая стойкость и возможность соединения деталей методом термокомпрессионной сварки.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2016 г. в рамках Одиннадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством научного сотрудника ОАО «Корпорация «Росхимзащита» М. Ю. Плотникова.

Также был проработан ряд конструктивных исполнений самоспасателя с целью выбора наиболее оптимальной конструкции, сочетающей удобство эксплуатации и массогабаритные характеристики.

В результате было решено отказаться от использования присоединительных шлангов, маски или загубника, дыхательного мешка. Поэтому разработан опытный образец малогабаритного самоспасателя в виде колпака из фторопластовой пленки.

Размещение основных элементов конструкции внутри колпака позволяет человеку дышать свободно в объеме колпака, не испытывая трудностей. Использование фторопласта в качестве основного материала колпака обеспечивает лучший угол обзора, а также позволяет человеку вести переговоры.

Внутри колпака размещены узлы регенерации воздуха и пускового устройства подачи кислорода с применением автоматического запуска пускового устройства подачи кислорода (рис. 1).

Автоматический запуск пускового устройства подачи кислорода срабатывает в момент надевания колпака самоспасателя на пользователя. При этом побудители расхода ГВС, работающие от химического источника тока (ХИТ), нагнетают выдыхаемый человеком воздух в корпус с регенеративным продуктом, где происходит поглощение диоксида углерода и выделение кислорода в объем колпака. Тепло, образующееся при работе продукта, рассеивается через стенку колпака в окружающую среду.



Рис. 1. Принципиальная конструкция самоспасателя:

- 1 – колпак; 2 – смотровое окно; 3 – обтюратор; 4 – пакет пластин регенеративного продукта; 5 – пористая оболочка; 6 – обечайка;
7 – побудитель расхода ГВС; 8 – ХИТ; 9 – выключатель; 10 – карман;
11 – пусковой состав; 12 – пусковое устройство

В качестве химического источника кислорода и поглотителя диоксида углерода был выбран регенеративный продукт РПК-П в форме пластины. Данный продукт имеет ряд преимуществ в сравнении с блочным и гранулированным регенеративными продуктами, например: низкое гидравлическое сопротивление потоку, высокая химическая активность в диоксиде углерода и т.д.

С целью определения характеристик разрабатываемого самоспасателя (масса и габариты самоспасателя, сопротивление дыханию, содержание кислорода и диоксида углерода во вдыхаемом воздухе, температура вдыхаемого воздуха) были изготовлены экспериментальные образцы (рис. 1) и проведены их испытания на установке «искусственные легкие» («ИЛ»).

Испытания изготовленных экспериментальных образцов самоспасателя экстренной защиты проводили при следующих условиях:

- легочная вентиляция 34 дм³/мин, температура окружающего воздуха 25 °С, при этом фактическое время защитного действия составило 16 мин 58 с (рис. 2).

Во время испытаний было зафиксировано:

- максимальное сопротивление дыханию (вдох/выдох) – 2/0 мм вод.ст. (ГОСТ Р 53260–2009 – не более 80 мм вод.ст.) [2];
- объемная доля диоксида углерода во вдыхаемой газовой смеси ГДС – не превышала 3% (ГОСТ Р 53260–2009 – не более 3%);
- объемная доля кислорода во вдыхаемой газовой смеси ГДС – от 21 до 69% (ГОСТ Р 53260–2009 – не менее 20%);
- температура на входе – до 44,8 °С (ГОСТ Р 53260–2009 – не более 50 °С).

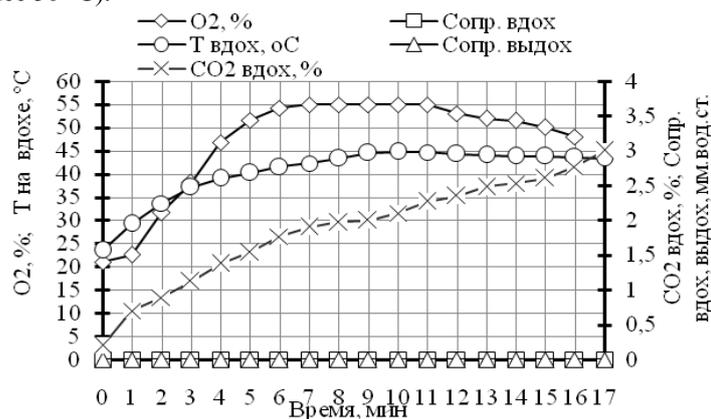


Рис. 2. Результаты испытания экспериментального образца самоспасателя

1. Технические характеристики разрабатываемого самоспасателя в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами

Характеристика	Наименование дыхательных аппаратов			
	Разраб. самоспасатель	ОХУcrew Германия	Chemres Япония	СПИ-20 Россия
Масса, кг	0,95	4	1,8	1,5
ВЗД, мин	16,58	20,0	10,0	20,0
Сопротивление дых. (вд/выд), Па, не более	0/10	–	250/350	600
$T_{\text{вдох}}$, °С, не более	44,8	–	–	60
Возможность ведения переговоров	есть	есть	нет	нет

В таблице 1 приведены технические характеристики разработанного изолирующего средства в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами.

Как видно из табл. 1, разработанный самоспасатель имеет меньшую массу и сопротивление дыханию, чем аналоги, и обеспечивает температуру вдыхаемой ГДС около 44,8 °С. Снижение массогабаритных характеристик и повышение комфортности дыхания позволит использовать его для защиты людей с ограниченными возможностями, а также детей и пожилых людей.

Таким образом, по основным техническим характеристикам разработанный самоспасатель, предназначенный для защиты органов дыхания и зрения человека от газообразных токсичных продуктов и аэрозолей, образующихся при чрезвычайных ситуациях [3], полностью отвечает требованиям государственного стандарта РФ ГОСТ Р 53260–2009 и обладает лучшими характеристиками по сравнению с серийно выпускаемыми на сегодняшний день аналогами.

Список литературы

1. Пат. 2225241 РФ, МПК А 62 D 9/00. Регенеративный продукт и способ его получения / Т. В. Гладышева, Н. Ф. Гладышев, О. Н. Глебова, Б. В. Путин, В. П. Андреев. – 2002 (<http://www.fips.ru>).
2. ГОСТ Р 53260–2009. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных поме-

щений по время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний. – М. : Стандартиформ, 2009.

3. Немтинов, В. А. Информационная поддержка принятия решений по обеспечению экологической безопасности промышленного предприятия / А. М. Манаенков, Ю. В. Немтинова, В. А. Немтинов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 174 – 179.

*ОАО «Корпорация «Росхимзащита»,
кафедра «Компьютерно-интегрированные
системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Е. Д. Вишнякова, В. В. Мачкасова, К. А. Кузьмин**

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНА РЕКИ КАРАЙ

Среди морфометрических характеристик строения водосборных бассейнов основными являются длина реки и площадь водосбора [1].

Вопросы хозяйственной деятельности человека, безопасности строительства водозависимых объектов требуют знания не только водности прилегающего водотока, но и источников поступления воды в него, качества воды, текущей в конкретном водотоке [2] и ее гидрохимических показателей [3].

Река Карай – левый приток реки Вороны (бассейн Дона). Протекает в Саратовской (Ртищевский район), Пензенской (на границе с Саратовской областью) и Тамбовской областях. Длина реки 86 км, площадь бассейна 2680 км² [4].

В ходе нашего исследования мы изучили распределение притоков реки Карай до третьего порядка включительно по таким параметрам, как длина водотока и площадь водосбора.

Результаты изучения распределения притоков реки Карай по длине водотока представлены на рис. 1.

Из рисунка 1, а видно, что порядка половины, а именно 52% всех притоков реки Карай, имеют длину водотока от 1 до 5 км. Длину водотока менее 1 км имеют 19% притоков. 16% от всех притоков в бассейне реки Карай имеют длину 5 – 10 км и 11% притоков – длину от 10 до 50 км. И лишь 2% притоков имеют длину водотока более 50 км.

* Работа выполнена под научным руководством канд. геогр. наук, доц. ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина» М. Е. Буковского.

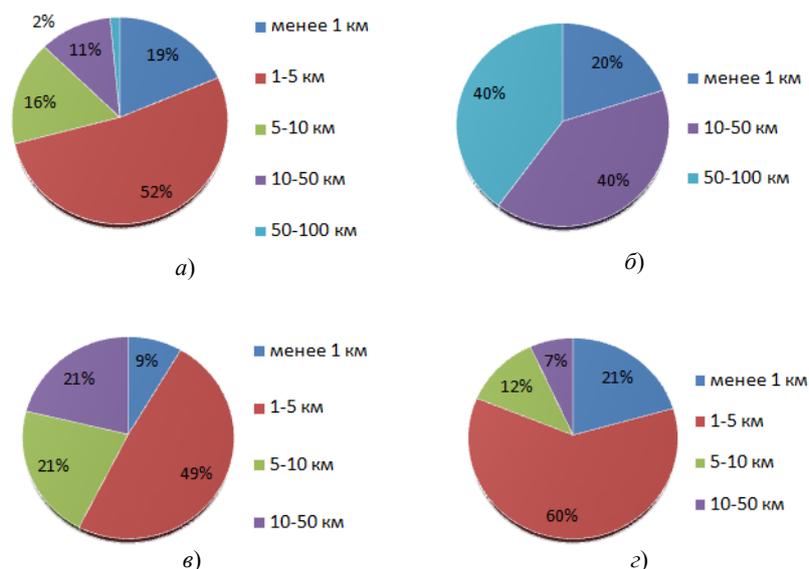


Рис. 1. Распределение притоков реки Карай по длине водотока:
 а – в целом до третьего порядка включительно; б – первого порядка;
 в – второго порядка; г – третьего порядка

Анализируя рис. 1, б, в и г, можно увидеть, что значительная часть притоков второго и третьего порядка имеют длину водотока от 1 до 5 км. Это 49% притоков второго порядка и 60% притоков третьего порядка. Порядка 20% занимают притоки первого и второго порядков длиной от 5 до 10 км, притоки второго порядка длиной от 10 до 50 км и притоки третьего порядка длиной менее 1 км. Притоков второго порядка такой длины 9%. Притоки третьего порядка длиной 5 – 10 км заняли 12%. 7% притоков третьего порядка имеют длину от 10 до 50 км. Притоки длиной от 50 до 100 км оказались только в группе притоков первого порядка и заняли 40%, как и притоков длиной от 10 до 50 км. В то же время в группе притоков первого порядка отсутствуют притоки длиной 1 – 5 км и 5 – 10 км.

Из рисунка 2, а видно, что больше половины, а это 58% притоков реки Карай, имеют площадь бассейна менее 10 км². 28% притоков имеют площадь водосборного бассейна от 10 до 50 км². Площадь бассейнов в диапазоне 50 – 100 км² и 100 – 250 км² имеют по 5% от общего соотношения всех водотоков. И по 2% приходится на притоки с площадью водосборного бассейна от 250 до 500 км² и на притоки с площадью бассейна более 500 км².

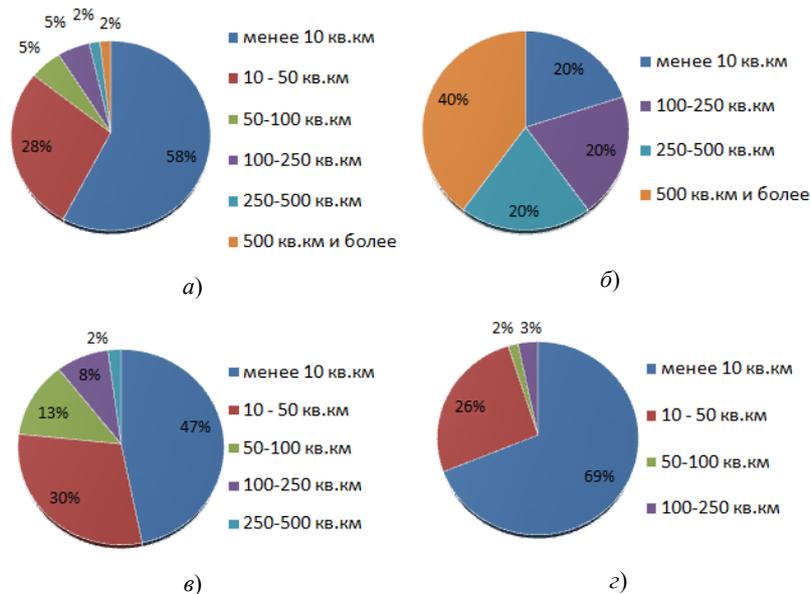


Рис. 2. Распределение притоков реки Карай по площади водосборного бассейна:

а – в целом до третьего порядка включительно; *б* – первого порядка;
в – второго порядка; *г* – третьего порядка

Анализ рисунков 2, б, в и г показывает, что подавляющее большинство притоков второго и третьего порядка имеют площадь водосборного бассейна менее 10 км², это 47 и 69% соответственно.

В категории притоков первого порядка больше притоков площадью бассейна более 500 км², их 40%, тогда как среди притоков второго порядка можно выделить лишь один, а именно река Студеновка, а среди притоков третьего порядка реки с такой площадью бассейна отсутствуют. Притоков первого порядка с площадью водосборного бассейна 50 – 100 км², 100 – 250 км², 250 – 500 км² ровно по 20%. Притоков второго и третьего порядков с площадью водосбора от 10 до 50 км² 30% и 26% соответственно, притоков же первого порядка с такой площадью водосбора нет. Притоков второго порядка реки Карай с водосборной площадью 50 – 100 км² и 100 – 250 км² 13% и 8% соответственно, а притоков третьего порядка с такими водосборными площадями – 2% и 3% соответственно.

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы. Притоки реки Карай преимущественно имеют небольшую длину водотока, лишь в редких случаях превышающую 50 км. Большая часть притоков имеет длину менее 5 км. Площади бассейнов притоков реки Карай имеют преимущественно небольшой водосбор, но иногда все же превышают 250 км². Наиболее крупными являются такие притоки первого порядка как Мокрый Карай, Сухой Карай и Щебредина, приток второго порядка, относящийся к бассейну Мокрого Карая – Студеновка.

Список литературы

1. *Чеботарев, А. И.* Общая гидрология (воды суши) : учебное пособие / А. И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 530 с.
2. *Оценка качества воды поверхностных водотоков бассейна реки Цны с применением методов биоиндикации / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева, А. Ю. Клоков, А. А. Олейников // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2011. – Т. 16, № 2. – С. 638 – 642.*
3. *Буковский, М. Е.* Геоэкологическая оценка состояния реки Вороны в среднем течении / М. Е. Буковский, Н.Н. Коломейцева, И. С. Решетов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – С. 440 – 444.
4. *Буковский, М. Е.* Естественные условия протекания и таксономический состав донных беспозвоночных реки Вороны / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – Т. 19, № 9. – С. 82 – 89.

Институт математики, естествознания и информационных технологий ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»

*С. Ю. Щербаков, И. П. Криволапов**

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМА НА ПРОИЗВОДСТВЕ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

Производственным травматизмом называют явление, которое охватывает перечень определенных травм. Как правило, повреждения и травмы сотрудники получают на производстве, они вызваны нарушением и пренебрежительным отношением к требованиям безопасности. Причины производственного травматизма будут рассмотрены ниже, так как они классифицируются в зависимости от создаваемых ситуаций на производстве.

Производственный травматизм приносит вред здоровью работника, может привести за собой перевод его на другую работу, утрату работоспособности (на короткое или продолжительное время), а также летальный исход.

Переход от административно-командной к рыночной системе управления на государственном уровне породил массу проблем, связанных с производственным травматизмом, профессиональными заболеваниями и загрязнением окружающей среды. Руководители вновь создаваемых предприятий и организаций оказались мало подготовленными или не придают значения мерам обеспечения безопасности на производстве.

Несмотря на то, что в 2015 году существенно улучшилась ситуация с безопасностью труда на производстве: количество несчастных случаев на производстве снизилось на 9%, а тяжелые несчастные случаи уменьшились на 25%, сократив число погибших на 27% ситуация все еще остается напряженной [1].

В целом можно выделить ряд основных причин такой ситуации:

- высокий износ оборудования и применения устаревших энергоемких технологий проведения различных работ (износ оборудования по ряду отраслей достигает 70...90%);
- высокий моральный и физический износ средств индивидуальной и коллективной защиты (применение низкокачественных материалов, приборов и элементов, не прошедших необходимую процедуру проверки и сертификации);
- отсутствие необходимой нормативной, осведомляющей и регулирующей информации, а в некоторых случаях ее избыточность

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц., зав. каф. ТПиТБ ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» С. Ю. Щербакова.

(значительный объем документации не обновлялся на протяжении 25 – 30 лет);

– нарушения трудового распорядка и дисциплины (на долю «алкогольных» травм и происшествий приходится от 8 до 15% несчастных случаев с тяжелыми травмами и смертельным исходом);

– снижение уровня культуры производства, а также социальной активности и профессиональной подготовки работников (результат значительного снижения соответствующих обеспечивающих и контролирующих служб);

– несоблюдение режимов труда и отдыха, резкое сокращение медицинских осмотров (также обусловлено направленностью работодателя на получение и извлечение прибыли, максимальная загрузка работников при минимальном времени отдыха).

Одной из проблем также является различие полученных данных о состоянии производственного травматизма в различных статистических структурах (Пенсионного фонда, Росстата, Роструда и т.д.).

Значительные проблемы с организацией безопасного труда связаны с высокой долей первичной обработки материалов, добычи и транспортировки полезных ископаемых (рис. 1).

События последних лет, связанные с трагедиями на угольных шахтах и карьерах, в строительной отрасли (рис. 2) подтверждают сложность сложившейся ситуации. Кроме того, все вышеуказанное наносит значительный материальный ущерб, так по данным Минтруда и соцзащиты РФ экономические потери, связанные с состоянием условий труда в Российской Федерации, только в 2014 г. составили около 1,29 трлн. р. или почти 2% ВВП.

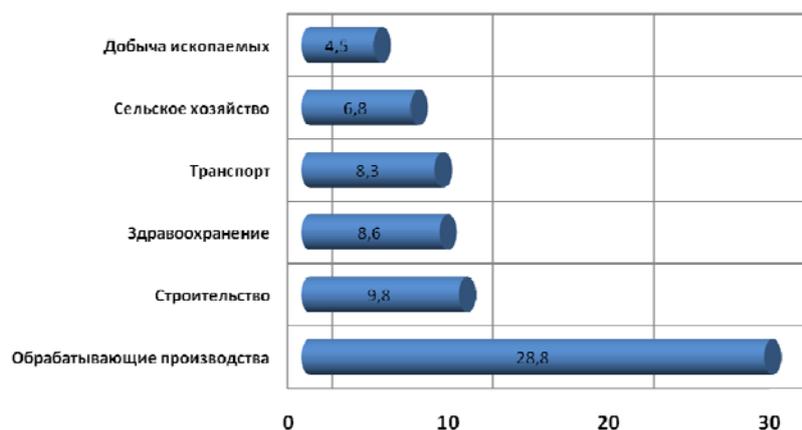


Рис. 1. Анализ состояния производственного травматизма в разрезе основных видов экономической деятельности (%)

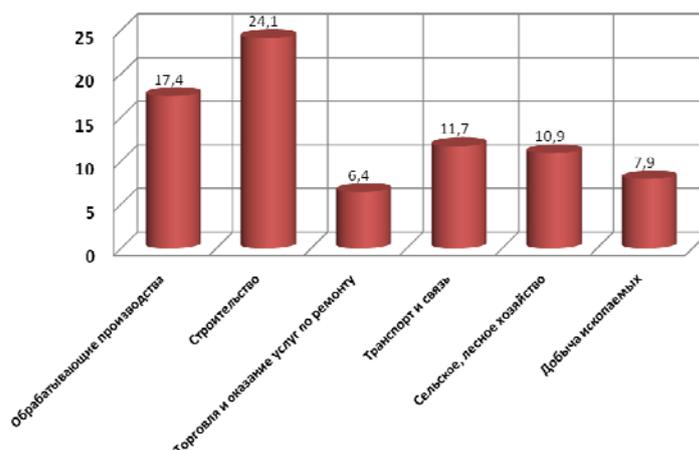


Рис. 2. Анализ случаев со смертельным исходом в разрезе основных видов экономической деятельности (%)

Для снижения производственного травматизма и профзаболеваний необходимо комплексно решать данную проблему, воздействуя на все вышеуказанные причины.

На наш взгляд необходимо выполнить следующее:

- обеспечить нормативно-правовое сопровождение производственных процессов с учетом их сложности и современного уровня оснащения;
- использовать «неформальный» подход при организации процессов обучения и повышения квалификации специалистов по охране труда, а также инструктажей и медосмотров;
- повысить контроль качества за средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также повысить уровень их обеспеченности;
- реализовать направления по обеспечению налоговых льгот для предприятий, эффективно реализующих направления по обеспечению безопасных условий труда (повышающих безопасность технологических процессов, использующих современные средства индивидуальной и коллективной защиты и т.д.);
- стимулировать работников на соблюдение требований охраны труда по принципу «нет нарушений техники безопасности – нет проблем с работой» (увеличенный отпуск, стимулирующие выплаты и т.д.);
- совершенствовать систему учета и отчетности по основным показателям, характеризующим травматизм и профзаболевания.

Таким образом, необходимо на практике реализовать риск-ориентированный подход, основанный на предупреждении производственного травматизма и профзаболеваний еще на этапе зарождения, а не выплачивать компенсации за вредные и опасные условия труда. С этой целью Минтруда и соцзащиты предлагается внести соответствующие изменения в ФЗ №125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Немаловажным моментом является сокращение смертности в результате несчастных случаев, это направление является одним из приоритетных при создании и реализации программы «Безопасный труд» на 2018 – 2025 годы в рамках плана мероприятий по реализации Концепции демографической политики. Программа будет направлена на формирование культуры безопасного труда, сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

В системе управления охраной труда необходимо также предусмотреть направление актуализации нормативно-правовой базы, данная система должна предусматривать быструю и эффективную адаптацию к условиям в сфере охраны труда, сохранения жизни и здоровья работников.

Список литературы

1. Об итогах работы Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации в 2015 году и задачах на 2016 год : расширенное заседание Коллегии Минтруда России 8 апреля 2016 г.

2. Доклад от 3 ноября 2015 г. «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/24>

3. Министр Максим Топилин. Необходимо стремиться к нулевому травматизму : стенограмма выступления Министра труда и социальной защиты РФ Максима Топилина на совещании об охране труда и трудовых отношений у Председателя Правительства РФ Дмитрия Медведева [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : <http://www.rosmintrud.ru/labour/safety/227/>

Кафедра «Технологические процессы и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

1. *Алтунин К. А.* ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ 3
2. *Гришин А. В., Медведева О. А., Попов О. Н.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ 7
3. *Гришин А. В., Медведева О. А., Попов О. Н.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИОЛЕФИНОВ 10
4. *Ярмизина А. Ю., Попов В. Д., Попов О. Н.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ 14
5. *Алферов Ю. В., Бородин С. А.* МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ КОЛЛОКАЦИЙ ТЕРМОВ В ТЕКСТАХ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ 18
6. *Дузьякряченко С. А.* К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА 22
7. *Климов А. А., Лимонов Д. С., Топильский И. А.* ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВИДЕОПОТОКА С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ 26

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ

8. *Федотов Д. А.* ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ 30

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ,
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

9. *Родионов Д. А., Макеев П. В., Туляков Д. В.* ПОЛУЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПВД И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА 34
10. *Щегольков А. В.* ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ МАГНИЕВЫХ И ГРАФЕНОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ 38
11. *Воронин Н. В., Фирсова А. В., Завражин Д. О.* ТВЕРДО-ФАЗНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВМПЭ-НАНОКОМПОЗИТОВ 44
12. *Карина А. Г., Х. Х. Аль Джебур Халдун, Шелохвостов В. П.* ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОНО- И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ 48
13. *Лоскутова А. Д.* ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ВОДЫ 52
14. *Нескоромная Е. А., Бабкин А. В., Бураков А. Е., Романцова И. В., Кучерова А. Е.* АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО НАНОСОРБЕНТА ... 55
15. *Платицин П. С.* РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ВАКУУМ-ТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ СЫПУЧИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 59
16. *Соломахо Г. В.* ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАСШТАБИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕЗОПРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ 62
17. *Хан Ю. А.* РАЗРАБОТКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК 67

**БИОТЕХНОЛОГИЯ,
БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

18. *Бушковская А. И., Богданов И., Мосеев П. А.* ПЕРЕРАБОТКА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА 72

19. Санталов Р. Д., Михалев Н. С., Андросова А. А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA 76
20. Чернопятов П. Н. РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ 80
21. Иванова Э. С. РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТА ТОРФА ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ 83

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

22. Богданова К. С. ПОРОШОК БОЯРЫШНИКА КАК ОБОГАЩАЮЩАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОБАВКА 87
23. Великанова А. С., Бушковская А. И., Ланцова У. В. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НИЗКОЛАКТОЗНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА 91
24. Долгова К. И., Богданова К. С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ 95

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

25. Елизарова В. А., Гранкина Ю. А. РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ CO₂ НА ОСНОВЕ ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕНЕРАТОРАХ ГАЗОВЫХ СРЕД ПЛОДООВОЩЕХРАНИЛИЩ 100

ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

26. Терехова А. А. ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ 104
27. Попов А. В. ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 108

28.	<i>Серов И. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	112
29.	<i>Бухтияров Е. С.</i> ЭНЕРГЕТИКА И ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ ИСКОПАЕМЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА	116
30.	<i>Габидуллин И. Р.</i> СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	119
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ		
31.	<i>Сапов А. В., Зимнухов А. Н.</i> ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА. СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ	124
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ		
32.	<i>Полуэктова С. Л.</i> МЕХАНИЗМЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В ЖИЛИЩНУЮ СФЕРУ	128
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ		
33.	<i>Козадаев И. С.</i> РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	132
34.	<i>Вишнякова Е. Д., Мачкасова В. В., Кузьмин К. А.</i> МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАСЕЙНА РЕКИ КАРАЙ	136
35.	<i>Щербаков С. Ю., Криволапов И. П.</i> АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМА НА ПРОИЗВОДСТВЕ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ	140

Научное электронное издание

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных статей
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск VIII

Редактор Т. М. Г л и н к и н а
Инженер по компьютерному макетированию И. В. Е в с е в а

ISBN 978-5-8265-1644-7



Подписано к изданию 11.11.2016.
Тираж 100 шт. Заказ № 459

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14.
Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru