



*70-летию Победы
в Великой
Отечественной войне
посвящается*

*50-летию
ТИХМ-ТГТУ
посвящается*



В рамках
Фестиваля науки
в Тамбовской области

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК VII

**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 ВПО «ТГТУ»
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Управление образования и науки Тамбовской области

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

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

Выпуск VII

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 ВПО «ТГТУ»
2015

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. С. И. Дворецкий (ответственный редактор);
д-р техн. наук, проф. Д. Ю. Муромцев (зам. ответственного редактора);
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 хим. наук, проф. А. Б. Килимник;
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. Гатапова;
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 ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-1480-1.

Вып. VII : Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития. – 1 электрон. опт. диск ; 00,0 Mb RAM.

ISBN 978-5-8265-1483-2.

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой 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 опубликован при финансовой поддержке
Управления образования и науки Тамбовской области
за счет средств Гранта для выполнения проекта научного мероприятия № 23-04/5НМ-15.*

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 978-5-8265-1483-2 (вып. VII)

ISBN 978-5-8265-1480-1

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2015

УДК 004.087.5

*Е. О. Васюкова**

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ КРАЖ ВЕЛОСИПЕДОВ
И РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСА ПРОКАТА
НА ОСНОВЕ RFID-МЕТОК**

В наше время кражи велосипедов – очень часто встречающееся явление. Это одно из самых распространенных преступлений не только в России, но и в Европейских странах со спокойной криминогенной обстановкой. Не отстают от других и такие самые велосипедные страны, как Голландия, Дания, Швейцария и Швеция. По статистике очень мало велосипедов возвращаются к своим владельцам. Что необходимо делать, чтобы избежать кражи велосипеда?

В основном велосипеды крадут с велостоянок в общественных местах либо пристегнутые замком, либо оставленные на время без средств защиты. Второе самое популярное место, где могут увести велосипед, – это место его хранения: лестничная площадка, гараж, сарай и др. И совсем крайний вариант – это когда грабят велосипедиста, завладев его имуществом при помощи силы.

К сожалению, кража велосипеда является серьезным препятствием его популяризации. Современные противоугонные устройства для велосипеда только частично помогают бороться с воровством.

Условия содержания «железного коня» в безопасности от краж ничтожна, а именно этому способствуют плохо оборудованные и небезопасные места парковки. Недаром вопросом устройства безопасных велопарковок заинтересовалась заместитель председателя правительства Ольга Голодец после обращения представителей «Молодой гвардии Единой России».

Программно-аппаратный комплекс по предупреждению краж велосипедов и реализации сервиса проката предназначен для снижения количества краж велосипедов, а также обеспечения возможности поиска украденных велосипедов по БД на основе применения RFID-меток.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. В. Яковлева.

Существует несколько способов систематизации RFID-меток: по типу питания, по видам памяти, по исполнению, по рабочей частоте.

По типу питания метки подразделяются на активные, которые обладают собственным источником питания и не зависят от энергии считывателя, и пассивные, которые не имеют встроенного источника энергии.

По видам памяти транспондеры делятся на RO (Read Only), WORM (Write Once Read Many) и RW (Read and Write).

По исполнению различают стандартные пластиковые карты, дисковые метки, различные виды брелоков, самоклеящиеся бумажные и лавсановые метки и метки специального исполнения для жестких условий эксплуатации.

И, наконец, по рабочей частоте выделяют метки диапазона LF 125...134 кГц, метки диапазона HF 13,56 МГц, метки диапазона UHF 860...960 МГц и радиочастотные UHF-метки ближнего поля.

Для программно-аппаратного комплекса подходят RFID-метки, относящиеся к следующим классам: пассивные, WORM, стандартные пластиковые карты и специальные исполнения для жестких условий эксплуатации и с рабочей частотой в диапазоне HF 13,56 МГц.

На сегодняшний день известно большое количество средств идентификации и аутентификации, но не все они одинаково пригодны для реализации проекта. RFID-метки обладают следующими преимуществами, которые важны для реализации программно-аппаратного комплекса [1]:

- запись большого объема информации на метку;
- шифрование и защита данных: возможна установка пароля на операции чтения и записи, вследствие чего защита от краж и подделок;
- защита меток от вредных факторов и более долгий срок службы (RFID-метка может быть использована до 100 000 раз);
- распознавание движущихся объектов.

Принцип функционирования RFID-меток основан на использовании электромагнитной индукции, наводимой в антенне RFID-метки, в качестве источника питания внедренной в нее микросхемы. Попадая в электромагнитное поле считывателя, антенна RFID-метки обеспечивает питание микросхемы, которая, в свою очередь, выполняет операции чтения записанных в нее данных и их криптографического преобразования [2, 3].

Использование RFID-технологии в проекте возможно в трех случаях:

- оборудование велопаркомата;
- поиск угнанных велосипедов;
- реализация сервиса проката.

Рассмотрим применение RFID-метки на примере оборудования велопаркомата. Владелец велосипеда обладает RFID-картой, подтверждающей его право собственности. Для осуществления парковки



Рис. 1. Формализованный протокол оборудования велопаркомата

владелец устанавливает свой велосипед в блокирующее устройство и осуществляет его фиксацию. Для разблокировки велосипеда владельцу необходимо приложить RFID-карту к считывателю паркомата, при этом будет вычислена хэш-функция карты, значение которой будет сравнено со значением хэш-функции, полученной от RFID-метки, внедренной в велосипед (рис. 1).

Протокол обмена между считывателем RFID-карты программно-аппаратного комплекса и считывателем RFID-метки велосипеда при операции аутентификации формально может быть представлен следующим образом:

- 1) $T \rightarrow R_r : XYZ | H_r(XYZ + SALT)$;
- 2) $T \rightarrow R_l : XYZ | H_l(XYZ + SALT)$;
- 3) если $H_r(XYZ + SALT) = H_l(XYZ + SALT)$, то разблокировка.

Следующее применение – это поиск угнанных велосипедов. Владелец украденного велосипеда предоставляет в органы полиции RFID-карту, подтверждающую право собственности и заявление о краже. Полученная информация заносится в БД угнанных велосипедов. Полицейский с портативным считывателем осуществляет бесконтактную проверку велосипедов и в автоматическом режиме производится анализ, находится ли в розыске данный велосипед (рис. 2).

Возможно еще применение данной технологии при реализации сервиса проката велосипеда, который полностью аналогичен рассмотренному ранее механизму велопарковки, с тем лишь отличием, что RFID-карта владельца приобретается за определенную плату в специальных торговых точках (рис. 3).

Таким образом, данный программно-аппаратный комплекс позволит значительно снизить количество краж велосипедов, а также облегчит работу сотрудников полиции в мониторинге и поиске украденных велосипедов. Он будет полезен для бизнеса – в реализации сервиса

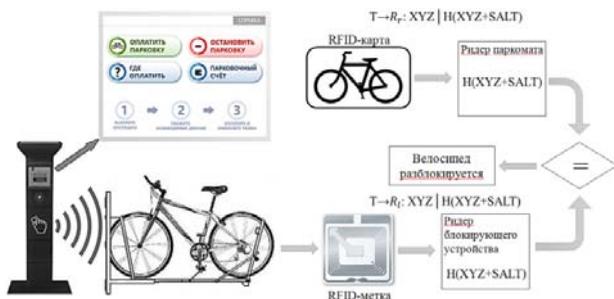


Рис. 2. Протокол обработки информации по угнанным велосипедам

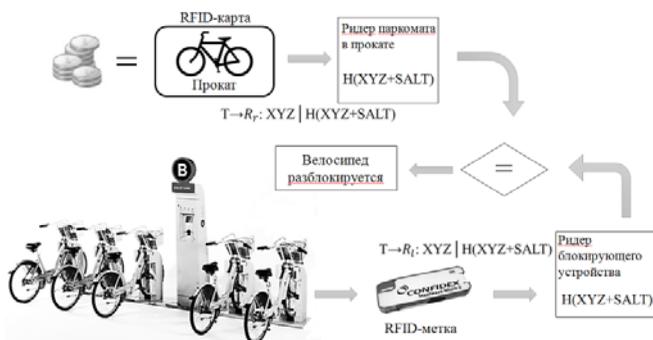


Рис. 3. Формализованный протокол реализации сервиса проката

проката, для полиции – в поиске украденных велосипедов по БД и для городского коммунального хозяйства – в обеспечении безопасных велопарковок.

Список литературы

1. Яковлев, А. В. Двумерные коды как источник носителя идентификационного признака в системах контроля и управления доступом / А. В. Яковлев, А. А. Тихомирова // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XIII Международ. науч.-метод. конф., 7–8 февраля 2013 г. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2013. – Т. 3. – С. 34 – 41.
2. Щеглов, А. Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа / А. Ю. Щеглов. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 384 с.
3. Finkenzeller, K. RFID handbook / K. Finkenzeller. – UK : Wiley, 2010. – 462 с.

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

*П. И. Карасев**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА МАММОЛОГА

Рассматривается построение программного комплекса, предназначенного для распознавания патологии молочной железы на рентгеновском снимке пациента и позволяющего повысить качество медицинского обслуживания населения. Процесс распознавания патологии и принятия решений основан на разработанном подходе, который основан на применении методов контурного анализа, нечетной кластеризации и нейронных сетей.

Ежегодно в мире регистрируется более 1 млн. новых случаев рака молочной железы. В структуре онкологической заболеваемости женщин он стоит на первом месте и на втором месте по смертности от рака женщин. По наблюдению специалистов, предрасположенность к раку молочной железы обусловлена не только проживанием в определенных природно-климатических зонах, но и проживанием в определенных странах, а именно – высокоцивилизованных, индустриально развитых государствах. Главным оружием в борьбе против рака груди служит диагностика болезни на ранней стадии с помощью обследования женщин на рентгеновском аппарате маммографе.

Программный комплекс поддержки принятия решения врача-маммолога основан на нейросетевых технологиях, которые используют методы контурного анализа и нечеткой кластеризации. Так же используется технология параллельных вычислений для ускорения процесса обучения и распознавания. При помощи данного программного комплекса можно производить распознавание объектов на изображении, в данном случае распознавание патологии молочной железы на рентгеновском снимке. Имеется возможность производить распознавание как одного снимка, так и массового распознавания множества снимков. Изображения сортируются на три группы, а именно, имеющие подозрение на злокачественные новообразования, доброкачественные новообразования и изображения, на которых патологий не замечено.

Предложен новый подход, который является комбинацией сразу нескольких существующих решений.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития».

Теория распознавания образов – раздел информатики и смежных дисциплин, развивающий основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций и тому подобных объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Такие задачи решаются довольно часто, например, при переходе или проезде улицы по сигналам светофора. Распознавание цвета загоревшейся лампы светофора и знание правил дорожного движения позволяет принять правильное решение о том, можно или нельзя переходить улицу [1].

Интегральное представление изображения – это матрица, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Использование интегрального представления является возможностью очень быстро вычислить сумму пикселей произвольного прямоугольника [2].

Кластеризация (или кластерный анализ) – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться похожие объекты, а объекты разных групп должны быть как можно более отличны. Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма. Используется для разбиения цифрового изображения на отдельные области с целью их распознавания.

Параллельные вычисления – способ организации компьютерных вычислений, при котором программы разрабатываются как набор взаимодействующих вычислительных процессов, работающих параллельно (одновременно). Используется для ускорения обучения нейронной сети [3].

Предлагается подход к сегментации изображений, основанный на модификации алгоритма нечеткой классификации за счет использования информации о пространственном расположении, которая задается с помощью априорной вероятности. Вероятность определяет пространственное влияние соседних пикселей на пиксель в центре, что возможно смоделировать с помощью механизма нечеткой принадлежности. Новая нечеткая принадлежность текущего центрального пикселя пересчитывается в отношении вероятности, полученной ранее. Алгоритм основан на гистограмме, полученной с помощью алгоритма нечеткой классификации, что способствует ускорению сходимости метода. Основная идея предложенного подхода заключается в том, что нормаль сначала вычисляется с помощью метода главных компонент, а затем точки используются, или не используются в соответствии с результатом, полученным с помощью нечеткой лингвистической модели.

Программный комплекс будет развернут в мобильной лаборатории, что позволит использовать его прямо на месте и это даст возможность направлять пациентов на дальнейшие обследования, если это необходимо. Он позволяет распознавать новообразования на рентгеновских снимках женских молочных желез.

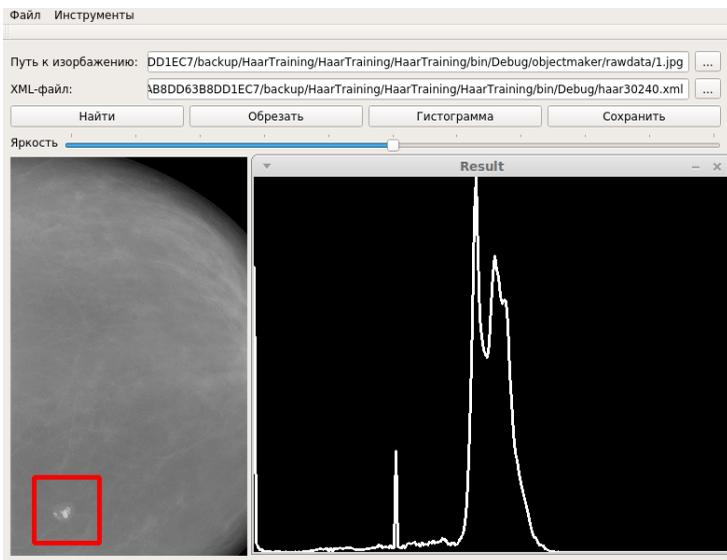


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса

На данном изображении показан результат детектирования объекта на изображении. А также показан процесс обрезки изображения, и гистограмма этого изображения, по которой можно вычислить плотность яркости изображения, что позволит врачу поставить верный диагноз.

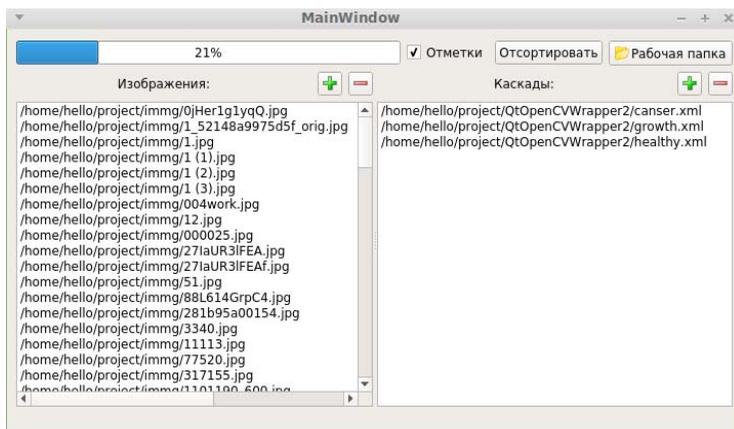


Рис. 2. Распознавание образов и анализ множества снимков

На данном изображении показана функция массовой обработки множества снимков и разделения их на три группы, а именно, изображения, имеющие подозрение на рак; изображения, имеющие подозрение на доброкачественное новообразование и изображения, не имеющие патологий.

Данный программный комплекс позволит повысить качество диспансеризации пациентов, а также снизить время на обследование каждого из них, что позволит обслужить большее количество пациентов.

В ближайшем времени будет реализована кроссплатформенная база данных пациентов для этого приложения.

Список литературы

1. *Теория* распознавания образов. – URL : [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Теория_распознавания_образов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_распознавания_образов) (дата обращения: 14.09.2015).
2. *Численные* методы в информационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 136 с.
3. *Системный анализ* в информационных технологиях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 176 с.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 004.855.5

*А. В. Ковальчук**

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕКЛАМНЫМИ ПЛОЩАДЯМИ В СООБЩЕСТВАХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

С ростом популярности социальных сетей возрос и интерес маркетологов к ним как к месту размещения рекламы и новому источнику целевой аудитории для продвижения своих товаров и услуг. Очень быстро маркетинг в социальных сетях – *Social Media Marketing (SMM)* стал одним из элементов комплекса интернет-маркетинга. Он исполь-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента В. А. Гриднева.

зуется для привлечения на сайт компании посетителей, а значит, и возможных новых клиентов из среды пользователей социальных сетей.

Очевидно, что в социальных сетях в данный момент наиболее эффективной рекламной площадью по критерию величины охватываемой аудитории являются сообщества. Сообщества в социальных сетях можно разделить на два типа:

- узкоспециализированные сообщества;
- сообщества общей направленности.

К первым относятся сообщества, охватывающие, как правило, небольшую аудиторию, поскольку в них собираются люди, обладающие какими-либо общими узконаправленными интересами, либо связанные общим географическим положением или социальным статусом.

Ко вторым – сообщества, в которых нет какой-либо узкой специализации, а потому желающие вступить в него люди не ограничены какими-либо критериями.

В данный момент наиболее распространенным случаем использования сообщества в социальной сети как рекламной площади является следующий вариант. Определенным человеком создается сообщество и начинается процесс его «раскрутки». Под раскруткой сообщества понимается расширение в нем аудитории путем привлечения новых пользователей. С увеличением аудитории появляется возможность использования сообщества в качестве рекламной площади с целью получения прибыли. Вместе с предоставляемым сообществом контентом начинает публиковаться реклама.

Поскольку в среднем случае, из-за отсутствия ограничений, сообщества общей направленности обладают более широкой аудиторией, предлагаемая модель будет работать именно с ними.

Суть предлагаемой модели заключается в применении алгоритмов машинного обучения для создания управляющего сообществами бота (в данной работе под ботом понимается программная реализация алгоритма), который в процессе администрирования сообществ будет повышать свою эффективность по двум показателям:

- величина конверсии;
- коэффициент расширения аудитории.

Конверсию будем вычислять как отношение количества участников сообщества, перешедших на сайт рекламодателя, к общему числу участников сообщества. Данная величина принимает значение от 0 до 1, и соответственно, чем ближе к 1, тем эффективность выше. Коэффициент расширения аудитории – это отношение количества участников сообщества в определенный момент времени к количеству участников сообщества, которое было зафиксировано на более ранний момент времени. При увеличении эффективности будут увеличиваться как значения первого, так и значения второго показателя.

Использование алгоритмов машинного обучения позволяет наделять боты «мягкой» логикой, т.е. логикой, способной изменяться в зависимости от результатов анализа собираемых ботом определенных данных. Машинное обучение – это подраздел искусственного интеллекта, находящегося на стыке математической статистики, численных методов оптимизации, теории вероятностей, дискретного анализа, выделяющего знания из данных; изучающий алгоритмы, способные к обобщению и обучению. Обучение строится на прецедентах.

При анализе существующих в данный момент похожих решений удалось обнаружить, что существует бот для сообществ в социальных сетях с названием *ZennoPoster*, но он имеет «жесткую» логику, а потому может служить лишь для упрощения работы администратора сообщества, например, при наполнении сообщества определенным контентом, но каким-либо образом улучшаться без помощи человека он не способен [1].

Предлагаемая модель является актуальной в связи с ростом количества пользователей многих социальных сетей, а, следовательно, и ростом аудитории в различных сообществах. Например, согласно анализу аналитической компании *TNS Global* [2] среднеемесячное количество посещений у крупнейшей российской социальной сети «В контакте» увеличилось на 7 миллионов за последние 3 года, а «*Instagram*» улучшил свои результаты на 500%. Визуализация этих данных представлена на рис. 1.

Так же следует отметить и общую тенденцию к увеличению объема рынка рекламы в социальных сетях, например, согласно анализу аналитической компании *Marketer* с 2006 по 2011 гг. объем рынка



Рис. 1. Среднемесячное количество посещений социальных сетей в России в 2012 – 2015 годах

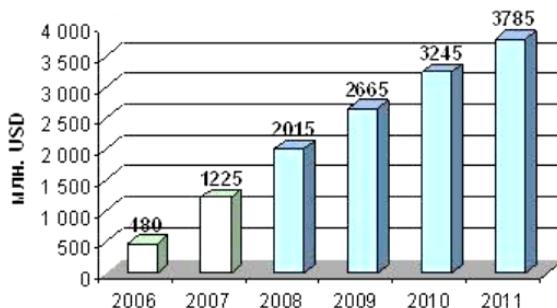


Рис. 2. Объем рынка рекламы в социальных сетях к 2011 году

рекламы в социальных сетях увеличился примерно в 9 раз [3]. Данные об этом показаны на рис. 2. До настоящего времени тенденция к увеличению объема сохраняется.

Следует отметить так же то, что при использовании предлагаемой модели из-за автоматизации процесса обслуживания сообществ происходит небольшая потеря его качества (совершенно очевидно, что одним сообществом в данный момент человек сможет управлять лучше, чем бот). Однако небольшая потеря качества обслуживания компенсируется его удешевлением, а также увеличением максимально возможного количества обслуживаемых сообществ.

С точки зрения пользователя, обращение с реализацией предлагаемой модели выглядит следующим образом. После оплаты по выбранному тарифу пользователю предоставляется доступ к серверу с настроенной программной реализацией. Оплата взимается ежемесячно. Далее пользователь привязывает существующие страницы сообществ к системе, подтверждая владение выбранными сообществами. В начале работы пользователь задает первичную конфигурацию, определяющую стратегию управления и выбирает несколько из предложенных фильтров для наполнения своих сообществ контентом в автоматическом режиме по расписанию.

Научная составляющая проекта обусловлена разработкой аналитической и процедурной моделей сбора анонимной статистики и выработкой оптимальных стратегий управления сообществами в социальных сетях с применением алгоритмов машинного обучения.

Поиск новых клиентов обеспечивается третьими лицами, предоставляющими услуги по поиску рекламодателей.

Коммерческая эффективность проекта достигается за счет автоматизации рутинных действий и выработки стратегий управления в автоматизированном режиме.

Список литературы

1. *Описание* возможностей | ZennoLab [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.zennolab.com/ru/products/zennoposter/features/> (дата обращения: 01.10.2015).
2. *TNS* опубликовала данные по росту социальных сетей в России [Электронный ресурс]. – URL : <http://digitalid.ru/post/TNS-opublikovala-dannie-po-rostu-socialjnih-setei-v-Rossii.aspx> (дата обращения: 01.10.2015).
3. *Сервисы* Интернет [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.studfiles.ru/preview/2576974/page:1> (дата обращения: 01.10.2015).

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 004.492.3

*М. А. Ляшков**

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ И НЕБЕЗОПАСНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

Предлагаемая система базируется на *OSINT*-методологии. *OSINT* (англ. *Open source intelligence*) – разведка на основе открытых источников. Под термином «конкурентная разведка» в этой работе следует понимать сбор и обработку данных из разных источников для выработки управленческих решений с целью повышения конкурентоспособности коммерческой организации, проводимые в рамках закона и с соблюдением этических норм. Дорками называют специальные запросы в поисковые системы для облегчения нахождения того или иного контента в Интернете. Так же при разработке используется *Shodan* [1]. *Shodan* – поисковый движок, собирающий метаинформацию о службах, запущенных на портах 21 (*FTP*), 22 (*SSH*), 23 (*Telnet*), 25 (*SMTP*), 53 (*DNS*), 80 (*HTTP*), 81 (*HTTP*), 110 (*POP3*), 37 (*NetBIOS*), 143 (*IMAP*), 161 (*SNMP*), 443 (*HTTPS*), 445 (*SMB*), 993 (*IMAP + SSL*), 995 (*POP3 + SSL*), 1023 (*Telnet*), 1434 (*MS-SQL*), 2323 (*Telnet*), 3306 (*MySQL*), 3389 (*RDP*), 5432 (*PostgreSQL*), 5560 (*Oracle*), 5900 (*VNC*), 6379 (*Redis*), 8080 (*HTTP*), 8443 (*HTTPS*) и др. Полный список таких портов содержит

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента В. А. Гриднева.

40 наименований. Для более детального анализа конфигурации веб-сервера используется *GHDB* [2] (*GoogleHackingDatabase*). *GHDB* – это открытая база, содержащая дорки, помогающие найти заведомо уязвимые веб-серверы или проверить веб-сервер на наличие известных уязвимостей. Так же составляется база дорков, позволяющая отслеживать утечки конфиденциальной служебной информации и персональных данных (ПДн). Сбор информации бывает пассивным (без прямого контакта с исследуемым объектом) и активным (подразумевающим прямой контакт с исследуемым объектом).

С точки зрения пользователя, предлагаемая система выглядит следующим образом. После регистрации и оплаты выбранного тарифа пользователь задает адреса ресурсов, заказывая их мониторинг. Не все тарифы обязывают пользователя доказывать владение ресурсом, мониторинг которого он заказал. Кроме того, создается список адресов, которые система не мониторит в независимости от тарифа (это, например, ресурсы спецслужб и государственных органов власти). Периодичность мониторинга того или иного ресурса зависит от тарифа. По результатам мониторинга системой составляется отчет и отправляется на почту пользователя. Предполагается бесплатный тариф с сильно урезанными возможностями и несколько платных тарифов.

Бизнес-модели продажи и использования – программное обеспечение, как услуга (*SaaS*). Выбор этой бизнес-модели обусловлен необходимостью поддержки базы знаний (*GHDB* + база дорков для поиска конфиденциальной, служебной информации и ПДн), необходимостью периодического мониторинга и существенным упрощением сопровождения программной реализации. К целевой аудитории данного проекта можно отнести системных администраторов, веб-мастеров, специалистов по информационной безопасности. Основные виды услуг: мониторинг заведомо слабых конфигураций; мониторинг утечек в открытый доступ конфиденциальной служебной информации и ПДн; услуги конкурентной разведки.

Актуальность проекта обусловлена выводами статистических исследований. Например, по данным Аналитического Центра компании *InfoWatch* [3] статистика по утечкам информации за I-е полугодие 2015 г. такова:

- в I полугодии 2015 г. в мире обнаружено 723 случая утечки конфиденциальной информации, что на 10% превышает количество утечек, зарегистрированных за аналогичный период 2014 г.;

- 90% утечек связано с компрометацией персональных данных (за исследуемый период скомпрометированы более 262 млн записей, в том числе платежная информация);

– Россия заняла второе место по числу утечек, ставших достоянием общественности (в исследуемый период зарегистрировано 59 случаев утечки конфиденциальной информации из российских компаний и государственных организаций; число «российских» утечек по сравнению с аналогичным периодом 2014 г. сократилось на 39%);

– транспортные компании, наряду с интернет-сервисами и медицинскими учреждениями, являются основным источником утечек ПДн;

– внешние атаки стали причиной 32% утечек данных (доля таких утечек выросла на 9% по сравнению с показателем I полугодия 2014 г.).

Распределение утечек по вектору воздействия и распределение утечек по источнику представлено на рис. 1 и 2.

Предлагаемая система занимается пассивным сбором информации, комбинируя поисковую выдачу (при запросе с использованием дорков) и метаинформацию о состоянии портов и службах, запущенных на них. Под заведомо уязвимыми конфигурациями понимаются либо службы, имеющие версию ниже оговоренной, с уже опубликованными в открытом доступе эксплоитами, либо отсутствие парольной аутентификации, либо иные варианты (например, определение по отпечаткам заведомо слабых ключей *SSH*). В зависимости от условий конкретного тарифа, система должна будет периодически собирать информацию и



Рис. 1. Распределение утечек по вектору воздействия



Рис. 2. Распределение утечек по источнику

высылать автоматически сгенерированный отчет на почту, высылать отчет после первой проверки, а следующий только при изменении результатов мониторинга.

Приток новых клиентов обеспечивается по технологии «холодных продаж». Система также собирает информацию о ресурсах сети Интернета, на которые не заказывали услуги мониторинга. При обнаружении ресурсов с небезопасной конфигурацией в автоматическом режиме отправляется отчет, содержащий краткий перечень найденных уязвимостей и установленных утечек (без советов по устранению и пояснений технической сути уязвимостей) и предложение к сотрудничеству с перечнем предлагаемых услуг.

Научная составляющая проекта обусловлена объединением существующих баз знаний, комбинированием различных существующих методик (с последующей оценкой их эффективности как по отдельности, так и в совокупности), доработкой базы дорков путем добавления дорков, позволяющих обнаружить утечки информации, сбором и анализом статистики в обезличенном виде в контексте пассивного сбора информации в Интернете.

Коммерческая эффективность проекта определяется наличием ниши в рынке услуг пассивного сбора информации с целью обнаружения утечек в поисковые выдачи и наличием небезопасных конфигураций. Проект ориентирован на малый и средний бизнес, в отличие от существующих решений, ориентированных преимущественно на крупный бизнес. Большинство работ в настоящий момент проводится вручную, что приводит к высокой стоимости услуг. Удешевление в предлагаемом решении происходит за счет автоматизации. При этом ожидается несущественное снижение качества отчетов и объема проводимых исследований. При запросах малого и среднего бизнеса и учета среднестатистических объемов выделяемых бюджетов, предлагаемый вариант является наиболее приемлемым для небольших фирм.

Список литературы

1. *Shodan*. Поисковый движок [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.shodan.io/> (дата обращения: 30.09.2015).
2. *GHDB* (GoogleHackingDatabase) [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.exploit-db.com/google-hacking-database/> (дата обращения: 30.09.2015).
3. *Статистика по утечкам информации за I полугодие 2015 года Аналитического Центра компании InfoWatch* [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.infowatch.ru/analytics/reports/16340/> (дата обращения: 30.09.2015).

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

В связи с ростом объемов автоматизированной обработки информации повышается количество информационных систем, работающих с конфиденциальной информацией, а также с появлением новых категорий конфиденциальной информации, повышается спрос на услуги аттестации объектов информатизации. Использование автоматизированной системы поддержки проведения аттестационных испытаний объектов информатизации (АСППАИОИ) может значительно облегчить работу по ведению отчетных документов при оценке степени защищенности объектов информатизации.

Целью создания АСППАИОИ является снижение субъективности оценки степени защищенности объектов информатизации, а также снижение временных затрат на создание отчетной документации.

АСППАИОИ может использоваться любыми органами по аттестации объектов информатизации федерального и регионального уровней, позволяя автоматизированно производить подготовку отчетных документов при проведении аттестации защищаемых помещений, сбор и обработку исходных данных об объекте информатизации и СВТ, подготовку документации при проведении аттестации объектов информатизации и подготовку документации при проведении специальных исследований СВТ [1].

Методы и порядок выполнения работ по выявлению технических каналов утечки информации при проведении аттестационных испытаний объектов информатизации регламентированы нормативно-методическими документами. В перечень документов, определяющих весь спектр работ, входят специальные исследования побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН), специальные исследования линий электропередач, а также специальные исследования акустических и виброакустических каналов.

Под специальными исследованиями понимают выявление с помощью контрольно-измерительной аппаратуры возможных технических

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. В. Яковлева.

каналов утечки конфиденциальной информации от основных и вспомогательных технических систем и средств и оценку соответствия защиты информации необходимым требованиям нормативных документов.

Специальные исследования ПЭМИН электрических и телефонных линий проводятся для оценивания и выявления естественных технических каналов утечки информации в технических системах и средствах, токопроводящих и соединительных линиях.

Специальные исследования акустических и виброакустических каналов применяются для выявления и оценки каналов утечки речевой и акустической информации за счет слабой акустической и виброакустической изоляции помещений, в которых она циркулирует [3].

Задача специальных исследований состоит в том, чтобы установить, возможна ли утечка конфиденциальной информации в данном канале и сводится к процессу измерения сигналов передающего устройства и пересчета измеренных значений к величине, которая имеет возможность поступить на вход адаптированного под определенный вид информации приемника потенциального злоумышленника.

После идентификации и анализа найденных опасных сигналов необходимо измерение их величины. Измеренные величины опасных сигналов должны быть отражены в протоколе, обычно в форме набора подробных таблиц. Таблицы должны сопровождаться описаниями

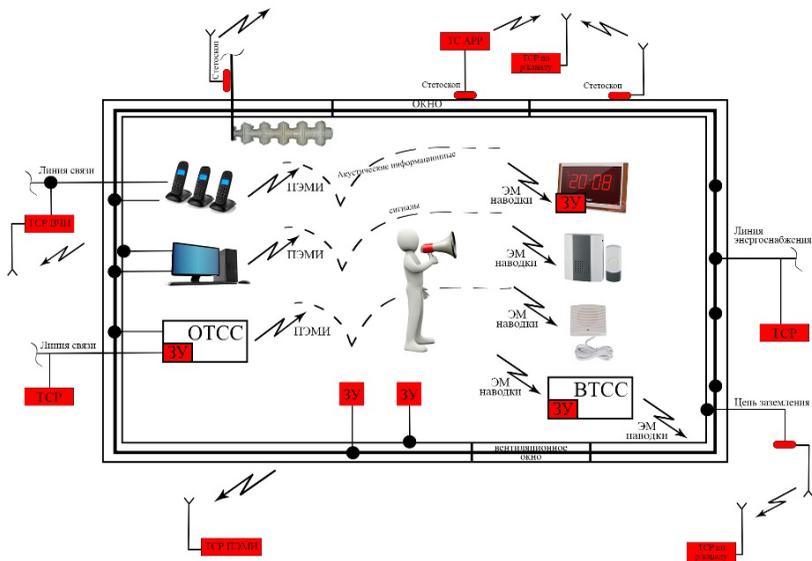


Рис. 1. Возможные каналы утечки информации

условий проводимых измерений, схемами, возможно, фотографиями, наглядно показывающими взаимное расположение элементов измерительной системы и исследуемого объекта. Отражаемая в протоколе информация должна быть достаточно полной, для полного восстановления всех условий проведения контрольных измерений.

Следующим шагом после измерения величин опасных сигналов идут расчеты, производимые в соответствии с действующими методиками и позволяющие перевести измеренные значения к требуемым величинам и в удобную форму для дальнейшего сравнения с прописанными нормами. Все расчеты, также включающие промежуточные значения, должны быть отражены в протоколе с подробным описанием всех упрощений, допущений и т.п.

Под нормами будем понимать некоторое численное значение измеренных параметров, иногда выражающихся в графической форме, устанавливаемое соответствующей регламентирующей документацией, при превышении которого данный канал утечки конфиденциальной информации считается существенным.

Последним шагом специальных исследований является сравнение рассчитанных на предыдущем этапе значений опасных сигналов с нормами и формирование вывода. Зачастую, вывод носит краткий, однозначный, единый по форме и содержанию характер. При необходимости возможно указать допуски на параметры внешней среды или технических средств [2, 3].

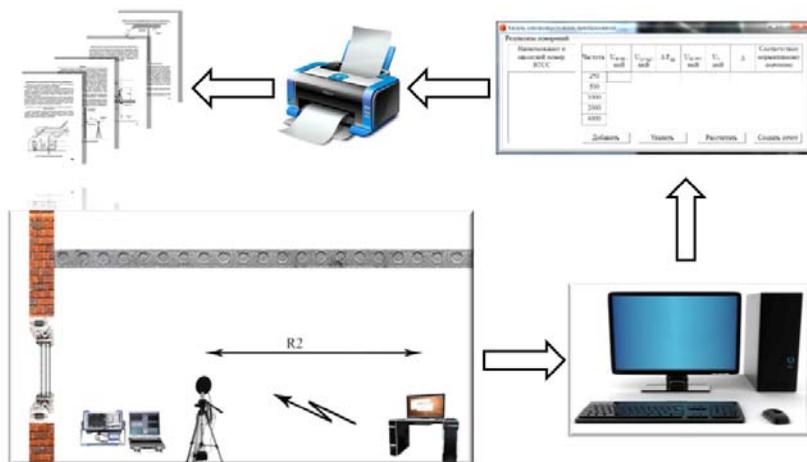


Рис. 2. Методика проведения измерений утечки по виброакустическому каналу

Заполнение протокола измеренными величинами, расчет и преобразование к требуемым величинам, а также вынесение вывода о защищенности объектов информатизации подвержены появлению ошибок и субъективных мнений, также данные процессы требуют значительных временных затрат. Данные отрицательные аспекты аттестационных испытаний объектов информатизации призвана разрешить разрабатываемая система поддержки проведения аттестационных испытаний объектов информатизации, позволяющая производить заполнение протокола в автоматизированном, удобном для человека виде, в автоматическом режиме производить необходимые расчеты, а также выносить объективные выводы, руководствуясь только полученными значениями.

Таким образом, разрабатываемая автоматизированная система поддержки проведения аттестационных испытаний объектов информатизации является неотъемлемой частью современных аттестационных испытаний, значительно облегчая обработку полученных результатов, оформление отчетной документации, а также значительно уменьшая временные затраты всех органов по аттестации объектов информатизации федерального и регионального уровней.

Список литературы

1. *Формальное* описание метода построения последовательности оценивания свойств сложных технических систем / Ю. Ю. Громов, А. В. Яковлев, Е. О. Васюкова, М. А. Пеливан // Приборы и системы. Управление, контроль и диагностика»: ежемесячный научно-технический журнал. – М. : Научтехлитиздат, 2015. – № 8.
2. *Яковлев, А. В.* Показатели защищенности информации от утечки по каналу электромагнитного излучения и наводок / А. В. Яковлев, В. А. Гриднев, М. А. Ивановский // Информация и безопасность. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2015. – Т. 18, № 1.
3. *К вопросу* об обобщенном критерии принятия решения в системе установления причин компьютерных инцидентов / А. В. Яковлев, А. С. Моисеев, Ю. В. Минин, П. И. Карасев // Информация и безопасность. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2014. – Т. 17, № 2.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 378.147:004

*А. И. Азбиль**

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧНОСТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ УСПЕШНОГО СПЕЦИАЛИСТА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена разработке модели профессиональных и личностных компетенций успешного специалиста в области информационных технологий. Рассмотрены результаты, приоритеты и пути ее достижения.

Специалист по информационным технологиям – это специалист, принимающий участие в создании и эксплуатации информационных систем, автоматизирующих задачи организационного управления коммерческих предприятий и бюджетных учреждений.

Без компьютера в наше время просто не обойтись. Сегодня миру требуется огромное количество IT-специалистов. Компьютер и Интернет прочно вошли в жизнь современных людей. Сфера информационных технологий (ИТ) стала передовой и продолжает кардинально менять общество. Специалисты, разбирающиеся в компьютерах, знающие языки программирования, нарахват во всех странах мира.

Работа в сфере информационных технологий предполагает огромные перспективы в будущем. На данный момент структура отрасли информационных технологий включает в себя: программирование (собственно, создание программного обеспечения, а также web-разработка), управление данными, информационную безопасность, системную интеграцию и искусственный интеллект. Под информационными технологиями мы обычно понимаем способы и механизмы оперирования информацией (способы создания, фиксации, переработки и распространения информации, ее защиту, хранение и отображение и использование).

Поговорим теперь о понятии информации. Несмотря на то, что человеку постоянно приходится иметь дело с информацией (он получает ее с помощью органов чувств), строгого научного определения –

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ГОУ ВПО «Университет "Дубна"» А. С. Минзова.

что же такое информация – не существует. В тех случаях, когда наука не может дать четкого определения какому-то предмету или явлению, люди пользуются понятиями.

Понятия отличаются от определений тем, что разные люди при разных обстоятельствах могут вкладывать в них разный смысл. В бытовом смысле под информацией обычно понимают те сведения, которые человек получает от окружающей природы и общества с помощью органов чувств. Наблюдая за природой, общаясь с другими людьми, читая книги и газеты, просматривая телевизионные передачи, мы получаем информацию.

Современные информационные технологии внедряются в сферу интеллектуального труда и обеспечивают не только потребности общества в сфере материального труда, но и оказывают влияние на развитие общества в целом и в частности на каждого конкретного человека, используя механизмы массовой коммуникации в сферах образования и воспитания. Современные информационные технологии в некоторых случаях используются для осуществления операций, влияющих на прирост новых знаний. Таким образом, роль современных информационных технологий состоит в радикальном изменении всей системы духовной и культурной деятельности человечества.

Можно выделить основные преимущества ИТ-специализации:

- возможность самореализации;
- востребованность во всех развитых странах мира;
- большой заработок.

При таком количестве положительных аспектов у многих возникнет вопрос: «Как же стать этим ИТ-специалистом?». Основное требование – это умение пользоваться компьютером на высоком уровне. Так же нужно иметь высокую математическую подготовку, знать английский на должном уровне и логическое мышление. В настоящее время в каждой семье есть компьютер и ребенок, используя эту возможность, может осваивать его, еще обучаясь в школе. Возможность получения высшего образования в сфере информационных технологий существует во многих странах мира.

Занятость в области информационных технологий требует постоянного приобретения дополнительных знаний и умений. Ведь эта одна из наиболее динамично развивающихся сфер в мире.

Автор статьи провела интервью с шестью выпускниками факультета информационных технологий. Один из них работает программистом в фирме, которая занимается разработкой и производством спектрометрической, радиометрической и дозиметрической аппаратуры. Второй – программистом на научно-производственном предприятии, занимающемся разработкой и производством геофизической аппара-

туры. Остальные четверо углубились в сферу образования, науки, торговли и искусств (см. табл. 1, знаком «+» отмечены выбранные сферы деятельности). У всех у них красные дипломы, у двоих грамоты за участие в конкурсе «Лучший по профессии программист».

Все они утверждают, что специалист в области информационных технологий, как и специалист другой области, должен обладать широким кругозором, поскольку он помогает развиваться и профессионально расти.

Главными качествами специалиста по информационным технологиям являются умение системно мыслить, видеть стадии разработки IT-проекта, отслеживать тенденции современного рынка и уметь применять самые перспективные и современные информационные технологии.

Для успешного освоения профессии специалиста по информационным технологиям необходимы базовые знания по математике, физике, информатике.

Специалист по информационным технологиям должен знать современные языки программирования, современные средства моделирования бизнес-процессов, устройство и функционирование современных информационных систем, программные и сетевые средства и платформы инфраструктуры информационных технологий предприятий, технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии, основы трудового законодательства. Специалист информационных систем должен уметь осваивать и применять средства автоматизированного проектирования, моделировать бизнес-процессы, взаимодействовать с заказчиком в процессе выполнения программного проекта, оценивать экономическую эффективность и качество проектов; планировать и координировать работы по управлению IT-проектами.

Для достижения успеха в своей деятельности специалист информационных технологий должен обладать креативностью, творческим

Таблица 1

№	Сфера информационных технологий	Сфера образования	Сфера науки	Сфера искусств	Сфера торговли
1	+				
2	+				
3		+			
4			+		
5				+	
6					+

мышлением, хорошей памятью, высокой самомотивацией на освоение новых знаний, организованностью, стрессоустойчивостью, коммуникабельностью и управленческими навыками.

Успешный начинающий специалист по информационным технологиям в будущем может претендовать на должности бизнес-аналитика, бизнес-архитектора, руководителя проектов.

Для того чтобы к моменту окончания вуза получить несколько предложений высокооплачиваемых позиций в известных компаниях, молодому специалисту необходимо позаботиться о приобретении некоторого опыта работы еще во время учебы на старших курсах. Многие компании в сфере информационных технологий заранее «отбирают» своих будущих сотрудников, устраивая стажировки для студентов. Это очень хороший шанс познакомиться с профессией поближе, показать работодателю свой потенциал, приобрести навыки работы в команде. Многие компании практикуют предоставление работы с гибким графиком (например, у сотрудников технической поддержки, менеджеров по работе с клиентами, помощников системных администраторов и т.д.), что дает возможность совмещать ее с учебным процессом. Начав выстраивать карьеру на таких позициях, очень многие вырастают до руководителей групп, отделов либо находят работу в родственных специальностях – становятся системными администраторами, программистами, менеджерами проектов.

Теперь сделаем вывод, что профессия специалиста по информационным технологиям престижна, постоянно растет спрос на таких специалистов, так как объективно происходит укрупнение проектов, связанное с распределенной структурой бизнеса. Сфера информационных технологий предоставляет широкие возможности для самореализации, хорошего заработка, отсутствие безработицы в данной сфере, возможность работать практически в любой стране.

Список литературы

1. *Симонович, С. В.* Общая информатика : учебное пособие для средней школы / С. В. Симонович. – М. : АСТ-ПРЕСС КНИГА: Инфорком-Пресс, 2014. – С. 22.
2. *Титоренко, Г. А.* Информационные технологии управления : учебное пособие для вузов / Г. А. Титоренко. – 2-е изд., доп. – М. : Юнити-Дана, 2014. – С. 204.
3. *Карминский, А. М.* Информационные системы в экономике : учебное пособие для вузов / А. М. Карминский. – М. : Финансы и статистика, 2014. – С. 112.

*Институт Системного анализа и управления
ГОУ ВПО «Университет "Дубна"»*

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ

Современная высшая школа предлагает будущим студентам разнообразные формы получения знаний: очное и заочное обучение, дистанционное и ускоренное образование, программы повышения квалификации и переподготовки специалистов.

Дистанционную форму обучения специалисты по стратегическим проблемам образования называют образовательной системой XXI в. [1]. 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. Так же одна 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.* Особо 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» [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

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой Н. Г. Чернышова.

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

На лабораторном сервере комплекса размещаются электронные аналоги учебно-методических печатных изданий, необходимые для освоения лекционного курса, выполнения лабораторных и самостоятельных работ. Разрабатываемый комплекс позволяет осуществлять проведение консультаций и лекций преподавателями в режиме удаленного доступа on-line.

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, web-камеры, подключаемые к серверу, компьютер преподавателя, который может контролировать режимы стендов и действия студентов. 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.



Рис. 1. Структурная схема лабораторного комплекса

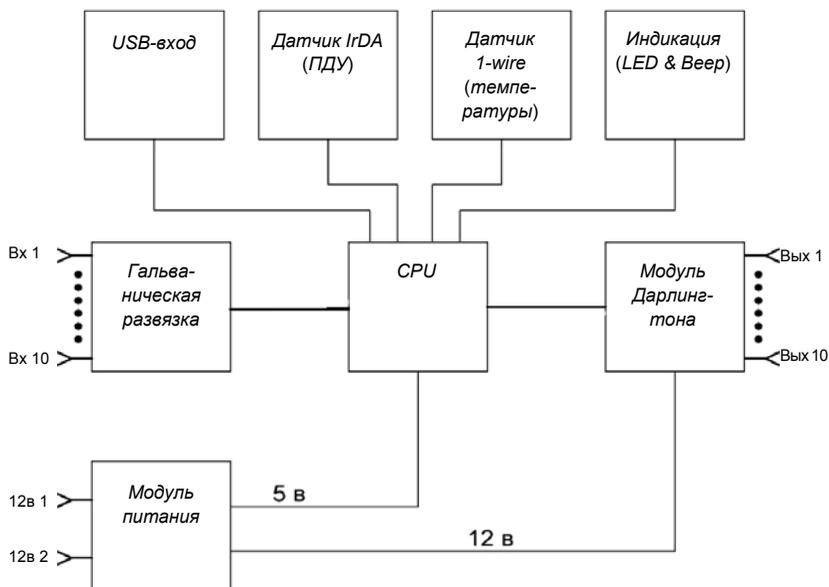


Рис. 2. Структурная схема контроллера

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.

Возможность интеграции на сервере функций управления лабораторным оборудованием, учебно-методического материала, возможностей проведения консультаций и лекций преподавателем в режиме on-line, создание наглядного цифрового отчета о выполненной работе, наличие подсистемы контроля знаний делает этот лабораторный комплекс полезным как для студентов, так и для преподавателей.

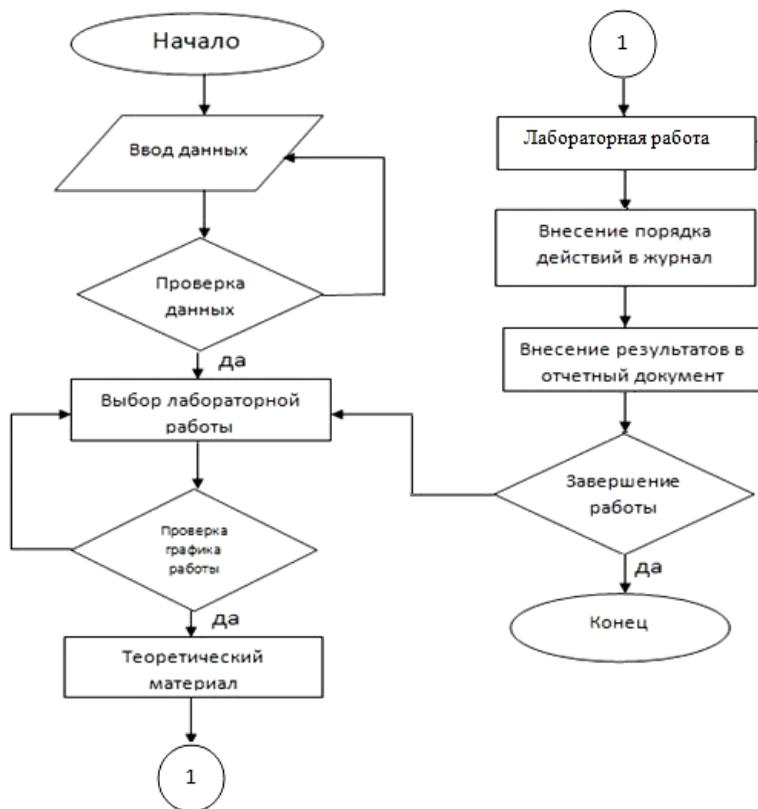


Рис. 3. Алгоритм работы лабораторного комплекса

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

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, проводить профориентационные мероприятия в интересной и познавательной форме для школьников. Так же 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] / С. И. Маслов. – М., 2006. – URL : http://mami.ru/science/aa177/scientific/article/s14/s14_11.pdf (дата обращения: 07.10.2015).
2. Государственная программа Российской Федерации «Доступная среда на 2011 – 2015 годы» [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.rosmintrud.ru/ministry/programms/3/0> (дата обращения: 07.10.2015).

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

УДК 519.812.4

*А. Ю. Гайдуков**

МОДЕЛЬ СИСТЕМНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Под эффективностью системы будем понимать степень достижения ею своих максимальных возможностей в решении какой-либо задачи по предназначению.

Актуальность предлагаемой модели заключается в том, что практически всегда, при защите любых проектов, возникает необходимость показать, чем одно проектное решение лучше другого и насколько оно лучше. При этом часто не учитывается взаимосвязь показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости системы. Кроме того, часто не учитываются индивидуальные предпочтения лица принимающего решение (ЛПР). В результате, оценка эффективности проектных решений получается «однобокой», и по этой причине, неубедительной. Например, утверждение о том, что предлагаемая система эффективнее существующей, потому что она решает ту же задачу за меньшее время, на самом деле, не говорит о ее превосходстве, так как не учитываются качество решения задачи и затрачиваемые при этом ресурсы, а сравниваются только показатели оперативности. А для ЛПР могут оказаться важнее именно показатели ресурсоемкости и результативности, а не оперативность решения задачи. Кроме того, повышение оперативности может повлечь за собой такое ухудшение показателей результативности и повышение ресурсоемкости, которое не устро-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента В. А. Гриднева.

ит вообще никого, даже самого автора проекта. Но при оценке эффективности автором это не было учтено.

Суть предлагаемой модели оценки эффективности проектных решений сводится к применению системного подхода, основанного на учете взаимосвязи показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости, а также предпочтений лица принимающего решение.

Рассмотрим предлагаемую модель подробнее. По сути, она сводится к построению дерева показателей качества функционирования системы [1], пример которого приведен на рис. 1. Пусть будет n показателей, характеризующих результативность системы, m показателей оперативности и p показателей ресурсоемкости. Для каждого показателя и групп показателей вводятся весовые коэффициенты k_i , характеризующие их относительную важность для ЛПР.

Все показатели качества должны быть пронормированы относительно максимального значения показателя, имеющего ту же размерность. Например, все показатели, измеряемые в рублях, нормируются относительно максимального значения показателя с размерностью «рубли». Таким образом, после нормирования все показатели должны быть безразмерными и находиться в пределах $[0; 1]$. Показатели, имеющие смысл вероятности, уже не имеют размерности, и их значения находятся в указанных пределах. Но для повышения чувствительности обобщенного показателя качества к изменению значений частных показателей их тоже целесообразно пронормировать относительно максимального значения вероятности. Кроме того, все показатели, значения которых для повышения эффективности системы надо уменьшать (например, стоимость), должны быть отрицательными, а показатели, значения которых для повышения эффективности системы надо увеличивать (например, объем памяти ЭВМ), должны быть положительными. Таким образом, все показатели будут находиться в пределах $[-1; 1]$.

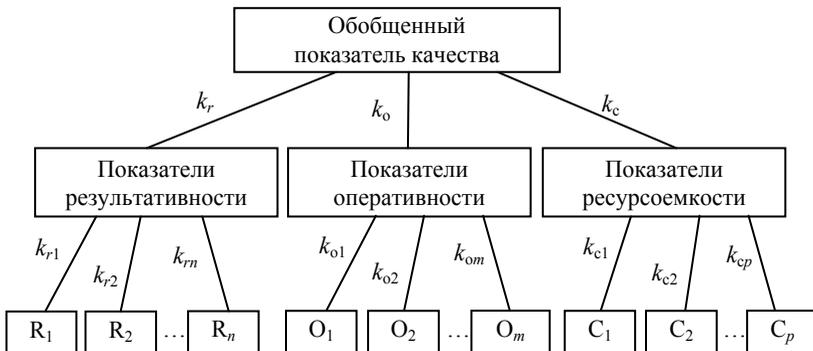


Рис. 1. Дерево показателей качества системы

Чем большее значение ЛПР придает некоторому показателю, тем больший вклад в обобщенный показатель он должен давать и тем большее значение соответствующего весового коэффициента должно быть выбрано. Весовые коэффициенты, учитывающие относительную важность показателей для ЛПР, также должны находиться в пределах $[0; 1]$, кроме того, сумма весовых коэффициентов для показателей каждой группы должна быть равна 1. Для обозначений, введенных на рис. 1, получим

$$\sum_{i=1}^n k_{ri} = \sum_{o=1}^m k_{oi} = \sum_{i=1}^p k_{ci} = 1.$$

Для весовых коэффициентов, характеризующих относительную важность для ЛПР групп показателей, должно выполняться такое же требование

$$k_r + k_o + k_n = 1.$$

Применив свертку показателей качества с учетом весовых коэффициентов [2], можно найти значение обобщенного показателя качества системы. Например, для аддитивной свертки этот показатель будет определяться следующим выражением:

$$\eta = k_r \sum_{i=1}^n k_{ri} R_i + k_o \sum_{i=1}^m k_{oi} O_i + k_c \sum_{i=1}^p k_{ci} C_i.$$

Но значение обобщенного показателя качества ничего не говорит об эффективности системы в том понимании, которое приведено в первом абзаце данной работы. В системном анализе это обычно решается путем выбора шкал или метрик эффективности [3].

Предлагается подход к формированию шкалы эффективности, который можно представить в виде следующих этапов:

- построить дерево показателей качества исследуемой системы (все частные показатели пронормированы, весовые коэффициенты определены) и вычислить значение обобщенного показателя η ;

- присвоить частным показателям качества их наихудшие возможные значения (например, наихудшим значением ресурсоемкости будет максимальная цена, тогда нормированное значение этого показателя будет -1) и вычислить значение η при этих (наихудших) значениях частных показателей;

- присвоить частным показателям качества их наилучшие возможные значения (например, наилучшим значением ресурсоемкости будет минимальная цена, тогда нормированное значение этого показателя будет, допустим, $-0,1$) и вычислить значение η при этих (наилучших) значениях частных показателей;

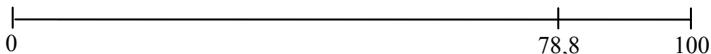


Рис. 2. Пример шкалы эффективности

– сместить все вычисленные значения на величину, в которой η принимает минимальное значение для того, чтобы начальной точкой отсчета был 0.

Получится шкала эффективности, представленная на рис. 2.

Таким образом, реальная эффективность системы по данной шкале может быть определена как процент от своего максимально возможного значения, принятого за 100%.

Проведенные исследования показали, что аддитивная свертка и свертка с применением ветвящихся цепных дробей дают приблизительно равные оценки эффективности системы. Однако у них разная чувствительность к показателям. Например, результат свертки с применением цепных дробей сильнее зависит от показателей более низкого порядка, например, вероятностей. Аддитивная свертка предпочтительнее при свертке дерева показателей с большим числом уровней, так как она более удобна для разбиения по шагам и в ней выполняются более простые операции.

Предложенная модель оценки эффективности проектных решений легко реализуется в таблице *Excel*, а также может быть реализована в виде сетевого сервиса.

Список литературы

1. *Елисеев, А. И.* Графовая модель показателей частных характеристик живучести сетевых информационных структур / А. И. Елисеев, Ю. В. Минин, Г. Г. Ягудаев // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – № 1. – С. 73 – 78.
2. *Алгоритм* оценки живучести сетевых информационных систем / Ю. Ю. Громов, Ю. В. Минин, М. А. Хорохорин, А. А. Долгов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 4. – С. 40 – 46.
3. *Аналитические* и процедурные модели анализа функционирования сетевой информационной системы при удовлетворении внешних требований / Ю. Ю. Громов, В. Н. Осин, Ю. В. Минин и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2011. – № 10. – С. 15 – 19.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВПО «ГГТУ»*

УДК 66. 067

*Д. О. Абоносимов**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАН
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Для решения ряда теоретических и практических вопросов при разработке мембранных аппаратов с использованием мембран на основе аморфно-кристаллического полимера, необходимы знания соотношения в нем кристаллической и аморфной фаз, а также не менее важно иметь сведения по изменению этого соотношения в процессе эксплуатации.

В данном сообщении приводятся результаты исследования рентгеновской степени кристалличности гетерофазной мембраны МГА-95, на основе ацетат-целлюлозы, с целью определения влияния адсорбированной воды на структуру мембраны.

Рентгенодифрактометрические измерения осуществляли в области углов от $2...40^\circ$ на дифрактометре Дрон-3 с автоматической записью результатов на ПК.

На рисунке 1 представлены полученные дифрактограммы, которые содержат размытые малоинтенсивные пики с максимумами при углах, примерно равных $8, 16, 22, 25^\circ$, при этом легко заметить, что происходит перераспределение интенсивности и увеличение диффузной составляющей рассеяния в образце мембраны, насыщенной водой (рис. 1, В). Однако, положение максимумов при углах $16, 22, 25^\circ$ для образцов мембраны в различных состояниях почти не меняется. В то же время максимум при угле 8° не только сильно расширяется, но и наблюдается его смещение в область больших углов у образца мембраны, насыщенного водой.

Наблюдаемые закономерности указывают на то, что в процессе насыщения образца водой происходит увеличение внутренней поверхности капиллярно-пористой среды, приводящее к перестройке гетероструктуры мембраны. Именно это уменьшает интенсивность рассеяния и уширение максимумов, соответствующих кристаллической фазе и возрастанию рассеяния от аморфной составляющей.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой С. И. Лазарева.

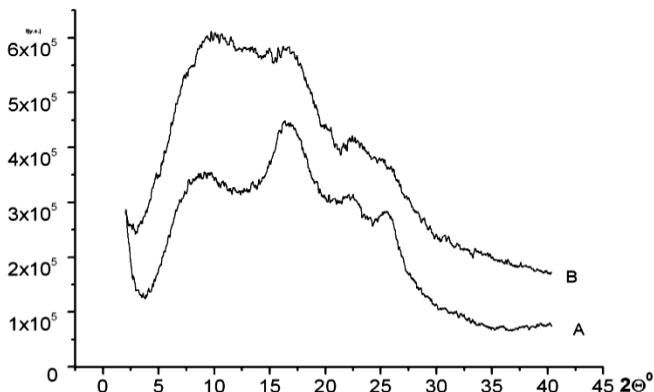


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы от образцов полимерной мембраны МГА-95:
А – сухой; В – набухшей водой

Чтобы получить объяснение этим экспериментальным данным в мембранах на основе аморфно-кристаллических полимеров, были выполнены расчеты рентгеновской степени кристалличности. Известно, что формирование мезофазы при увеличении концентрации полимера вызывает рост интенсивности рентгеновского рефлекса в области углов примерно $7...8^\circ$ и уменьшение интенсивности рефлексов в интервале углов $20...21^\circ$, отвечающих за кристаллизацию полимера [1].

Поэтому рефлекс при угле 8° следует соотносить с дифракцией от аморфной мезофазы особого вида структурного упорядочения надмолекулярной спирали определенной ориентацией. Кристаллографические расчеты для рефлексов при углах $16, 22, 25^\circ$, выполненные по уравнению Брэгга

$$d = \lambda (2 \sin \vartheta)^{-1}, \quad (1)$$

дают следующие величины межплоскостных расстояний: $d_{16,5} = 0,597$ нм; $d_{22,5} = 0,439$ нм; $d_{25,5} = 0,387$ нм, что согласуется в пределах 10% ошибки с параметрами кристаллической решетки целлюлозы 1 фазы при радиальной дифракции от атомов, находящихся в кристаллографических плоскостях: (100); (010); (110) [2]. Таким образом, рефлексы в области этих углов дифракции следует, очевидно, идентифицировать как структурное состояние кристаллической части ацетата-целлюлозы. Для расчета рентгеновской степени кристалличности применялась методика Аггарвала-Тия, сущность которой заключается в том, что на дифрактограмме

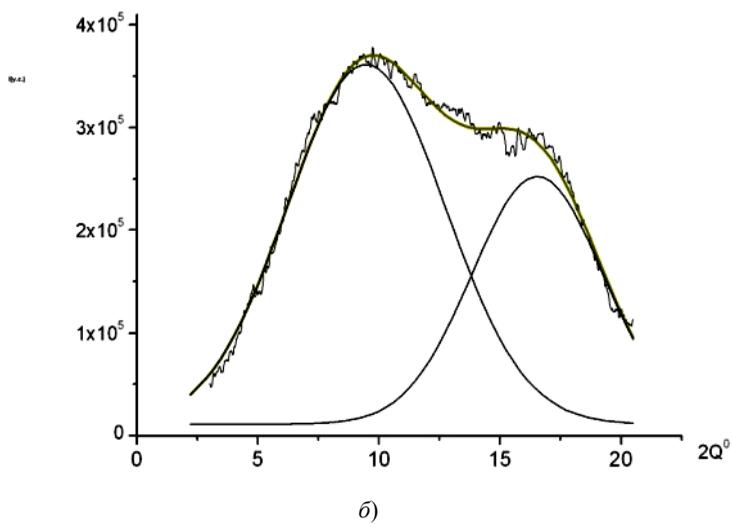
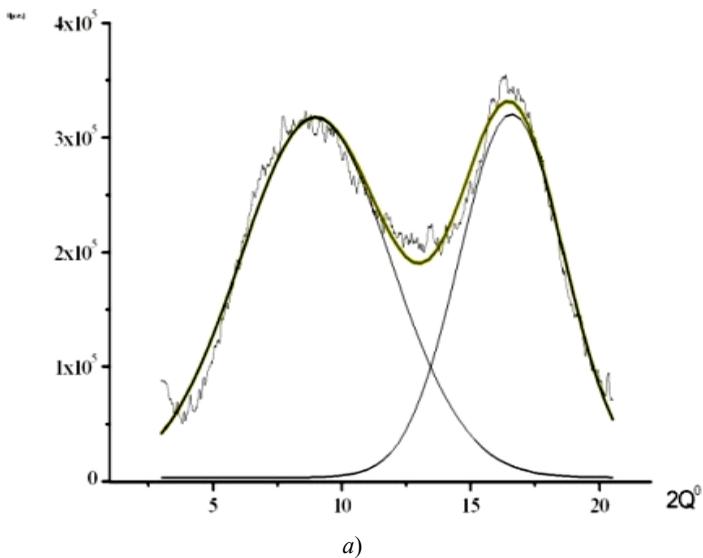


Рис. 2. Дифракционные максимумы при углах рассеяния $2Q$ $8,4^\circ$ и $16,5^\circ$:
a – сухой мембраны; *б* – набухшей водой;
 сплошные тонкие линии – бимодальный Гауссиан

полимерного материала разделяют отражения, связанные с кристаллической и аморфной фазами, а расчет производится по соотношению

$$СК = \frac{I_k}{I_k + I_a} 100\%. \quad (2)$$

Расчет степени кристалличности для образца сухой мембраны составил 57%, а для набухшей водой – 27%. Такие величины представляются нам заниженными при сравнении с литературными данными, очевидно, это связано с достаточно произвольным выделением аморфной и кристаллической частей на слишком размытой дифрактограмме (рис. 1). Если рассмотреть область на рис. 2 дифракции в интервале углов от 3 до 20°, то можно заметить наложение друг на друга пика с индексом (100) при угле, равном 16° и пика от мезофазы при угле 8°, которые разделяются бимодальной функцией Гаусса. Следовательно, можно воспользоваться наиболее адекватным методом нахождения степени кристалличности по формуле

$$СК = \frac{I_{16,5^\circ} - I_x}{I_{16,5^\circ}} 100\%. \quad (3)$$

Полученные значения степени кристалличности по данной методике оказались равными 70% – для сухой и 40% – для набухшей мембраны.

Результаты расчетов СК указывают на то, что доля аморфности в набухшем образце мембраны увеличилась почти в два раза. Подобное изменение СК, скорее всего, можно объяснить адсорбционными свойствами молекул воды, которые обладают малым молекулярным объемом и сильной тенденцией к донорно-акцепторным взаимодействиям с ионами потенциал-образующих поверхностей капиллярно-пористого пространства мембраны, нарушая межмолекулярные взаимодействия ацетата-целлюлозы, тем самым увеличивая долю аморфности.

Список литературы

1. *Шиповская, А. Б.* Фазовый анализ систем «Эфир целлюлозы– мезофазогенный растворитель»: автореф. дис. ... д-ра хим. наук / Шиповская А. Б. – Саратов, 2009. – 41 с.
2. *Алешина, Л. А.* Современные представления о строении целлюлоз / Л. А. Алешина и др. // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 5 – 36.

*Кафедра «Прикладная геометрия и компьютерная графика»
ФГБОУ ВПО «ГГТУ»*

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Производительность технологического процесса зависит от того, насколько верно будут соблюдаться требования по качеству и точности выпускаемых изделий. Решить данную проблему может создание системы автоматизированного проектирования (САПР) для технологического процесса лезвийной обработки металлов. Применение различных методов искусственного интеллекта при разработке САПР процессов механической обработки материалов позволит повысить точность вычислений и производительность данных систем.

В работах [1, 2] рассматриваются вопросы разработки алгоритма оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем. На рисунке 1 представлена укрупненная блок-схема проектирования процессов механической обработки материалов, созданного на основе алгоритма оптимизации лезвийной обработки материалов. Данная схема показывает этапы проектирования процессов резания с учетом его динамической составляющей. При этом задаются оптимальные конструктивные и режимные параметры. Система будет строиться по блочно-модульному принципу. Опишем назначение и принцип работы каждого из блоков.

Первый блок отвечает за ввод исходных данных (таких как марка обрабатываемого материала, обозначение режущего инструмента и условия обработки). Затем производится обработка полученной информации и сопоставление ее с базами данных. После чего данные передаются в блок, осуществляющий расчет параметров математической модели. Здесь рассчитываются составляющие силы резания, сечение стружки, длина контакта стружки с передней поверхностью режущего инструмента, температуры в зоне резания, а также тепловые потоки в системе «заготовка–режущий инструмент–стружка».

Затем информация передается в блок оценка погрешности обработки. Здесь учитываются данные, полученные при моделировании нагрузок, действующих на режущий инструмент, в программах твердотельного моделирования, способ закрепления заготовки и данные о жесткости станка. Делается вывод о допустимости принятых режимов резания в зависимости от требований к точности изготовления детали.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора М. В. Соколова.

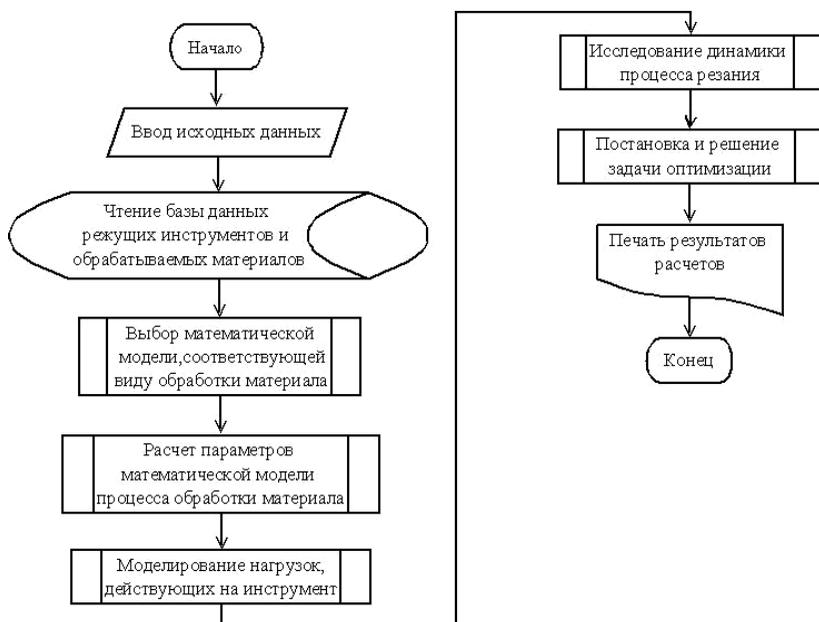


Рис. 1. Обобщенная блок-схема проектирования процессов механической обработки материалов

Далее исследуется динамика процесса резания на основе анализа передаточных функций, частотных характеристик (амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ), амплитудной частотной характеристики (АЧХ) и т.д.), характеристических уравнений системы СПИД и производится оценка устойчивости процесса по различным критериям устойчивости (критерии Раussa, Гурвица, Найквиста, Михайлова) в зависимости от конкретного процесса резания. В частности, исследование динамики процесса резания может быть осуществлено на основе построения АФЧХ процесса резания и АФЧХ упругой системы «заготовка–режущий инструмент». По форме первой АФЧХ делается вывод о необходимости нахождения оптимальных геометрических параметров режущего инструмента с точки зрения обеспечения устойчивости процесса резания, а по форме второй АФЧХ (при использовании известных критериев устойчивости систем) – о необходимости повышения виброустойчивости системы.

В следующих блоках системы проводится выбор диапазона варьирования конструктивных и режимных параметров процесса резания и осуществляется постановка и решение задачи оптимизации этих параметров.

Предложенный алгоритм требует сложных вычислений и обработки большого количества информации. Применение искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей и методов нечеткой логики позволит повысить производительность и точность вычислений.

Разработана структурная схема интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов (рис. 2). В отличие от алгоритма, представленного выше, здесь имеется: база знаний, модуль ввода исходных данных и модуль нейросетевого моделирования.

База знаний интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов содержит информацию о: технологическом оборудовании (станках), используемом при механической обработке детали; условиях обработки (жесткость системы станок–приспособление–инструмент–деталь, непрерывность резания и т.д.); режущем инструменте (его вид, тип, материал); режимных параметрах, таких как скорость резания, подача, глубина резания, сила резания; параметрах детали; способе получения заготовки; способе закрепления заготовки в приспособлении; физико-механических и теплофизических свойствах обрабатываемого материала [3].

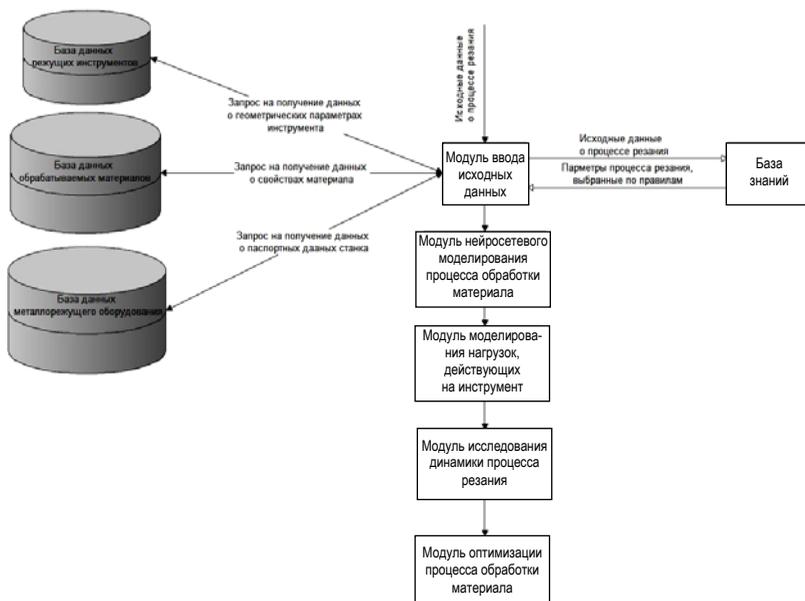


Рис. 2. Структурная схема интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов

Были рассмотрены возможности использования нейронных сетей в моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров [4]. Так, с помощью пакета Matlab была смоделирована нейронная сеть, определяющая толщину резания при токарной обработке. Была принята архитектура сети с 3 нейронами на входном слое (входы сети: подача при резании, отношение радиуса при вершине резца к глубине резания, главный угол в плане резца), с одним скрытым слоем с 20 нейронами и 1 нейроном в выходном слое (выход сети – толщина среза).

Таким образом, проектируемая интеллектуальная САПР позволит с учетом исходных данных подбирать оптимальные параметры (конструктивные – геометрию инструмента, режимные – режимы резания) для осуществления конкретного процесса резания с максимальной эффективностью, т.е. с минимальными денежными затратами и максимальной производительностью.

Список литературы

1. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

2. *Алтунин, К. А.* Разработка схемы базы данных спиральных сверл и основных типов фрез / К. А. Алтунин, С. И. Пестрецов, М. В. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 1. – С. 166 – 173.

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.

4. *Алтунин, К. А.* Разработка нейронной сети для определения толщины среза при несвободном резании / К. А. Алтунин // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – Вып. V. – С. 19 – 23.

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

**РАЗРАБОТКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ
НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

Благодаря выдающимся механическим и электрофизическим свойствам углеродные нанотрубки (УНТ) входят в число самых перспективных и востребованных в технике материалов. Однако ожидаемый эффект от их применения зачастую оказывается на порядки ниже реально наблюдаемого. Основной причиной является их склонность агломерации в полимерных матрицах из-за высокой поверхностной энергии и малого взаимодействия с модифицируемыми материалами.

Самым распространенным подходом к решению данной проблемы является химическое модифицирование поверхности УНТ путем формирования различных функциональных групп, обеспечивающих взаимодействие с различными типами полимерных матриц и придающих те или иные необходимые свойства композитам. Именно на основе функционализированных форм УНТ возможно создание целого ассортимента модификаторов полимерных материалов полифункционального назначения.

В настоящем проекте разрабатываются подходы к функционализации УНТ, которые должны обеспечить упрочняющее действие на полимеры, увеличение проводящих свойств, а также увеличение активной поверхности. В каждом случае применения необходим выбор своих условий функционализации. Помимо этого, существует большое многообразие морфологических форм УНТ, также обладающих различными свойствами. Учет качественных показателей УНТ также является важным фактором при разработке модификаторов на их основе.

Многослойные УНТ реализуются в качестве товарных продуктов, однако даже небольшие изменения условий их CVD-синтеза могут вызвать значительные изменения таких параметров, как диаметр, длина нанотрубок, форма графеновых слоев (или угол хиральности), степень дефектности.

В настоящей работе исследовалась возможность разработки полифункциональных модификаторов полимерных материалов на основе многослойных УНТ «Таунит-М» (ООО «Нанотехцентр», Тамбов) различных производственных партий.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. хим. наук, доцента Т. П. Дьячковой.

Все проанализированные партии УНТ «Таунит-М», согласно данным сканирующей электронной микроскопии, соответствуют заявляемым параметрам: диаметр – 8...15 нм, длина – около 2 мкм. Однако существуют отличия по степени дефектности, которая оценивалась на основании анализа спектров комбинационного (КР) рассеяния этих материалов, снятых на КР-спектрометре Thermo Scientific DXR Raman Microscope с длиной волны лазера 532 нм [1].

В качестве простейшего способа функционализации выбрано жидкофазное окисление УНТ концентрированной азотной кислотой [2]. После данного вида обработки на поверхности УНТ формируются главным образом СООН-группы, поэтому часто функционализированные таким методом УНТ называют карбоксилированными.

Спектры КР исходных УНТ «Таунит-М» двух производственных партий представлены на рис. 1. Различия в высоте линий могут быть обусловлены разной интенсивностью сигнала. Однако различия в величинах соотношений пиков D/G и D'/G не столь значительны (табл. 1).

После обработки концентрированной азотной кислотой увеличивается выраженность пиков D и D' (рис. 2), характеризующих наличие атомов углерода в состоянии sp^3 -гибридизации, т.е. дефектных участков графеновых слоев.

Основной рост дефектности связан с разрушением поверхности УНТ и образованием разрывов. Изначально более дефектные трубки больше подвержены функционализации и меньше – разрушениям под воздействием кислоты, так как прививка функциональных групп идет по местам дефектов. Менее дефектные УНТ наоборот, из-за малого количества

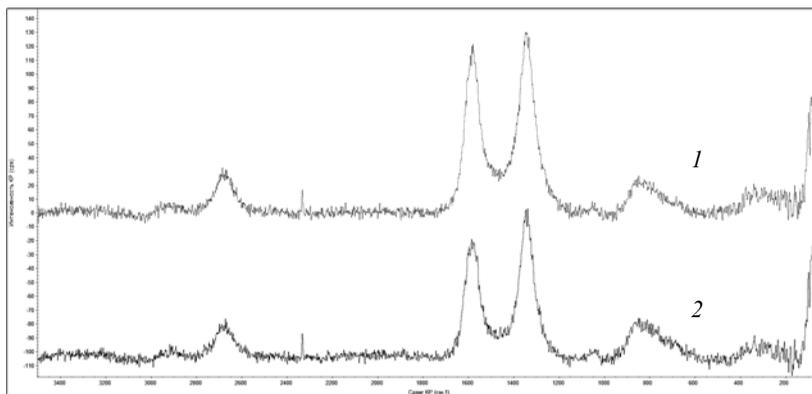


Рис. 1. Спектры КР исходных УНТ «Таунит-М» двух производственных партий

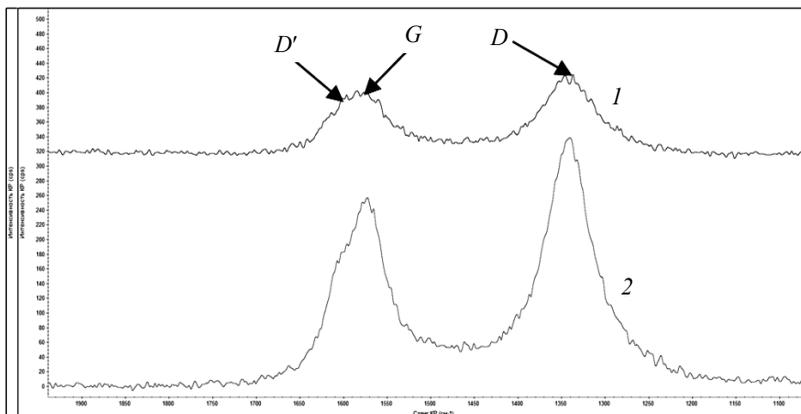


Рис. 2. Спектры КР первого порядка исходных (1) и карбоксилированных (2) УНТ «Таунит-М» (партия № 2)

дефектов больше разрушаются при функционализации. Это объясняет разницу в величине изменения показателя D/G и различное поведение показателя D'/G .

Однако для обеих партий карбоксилированных УНТ «Таунит-М» различия по степени дефектности незначительны (табл. 1).

Таким образом, при окислительной функционализации УНТ возможно получение материалов с воспроизводимыми свойствами. Следовательно, предлагаемый способ можно рекомендовать для масштабирования. В ходе дальнейших исследований планируется исследовать поведение при функционализации УНТ морфологических типов с более выраженными различиями по геометрическим параметрам и степени дефектности. Это позволит выбирать типы УНТ и способы их функционализации для каждого конкретного применения в составе полимерных композитов полифункционального назначения.

1. Анализ спектров КР первого порядка

Производственная партия УНТ	Вид УНТ	D/G	D'/G
№ 1	Исходные	1,1	0,83
	Карбоксилированные	1,32	0,95
№ 2	Исходные	1,19	0,84
	Карбоксилированные	1,33	0,82

Список литературы

1. *Characterisation of Carbon Nanotube Materials by Raman Spectroscopy and Microscopy – A Case Study of Multiwalled and Singlewalled Samples* / A. M. Keszler, L. Nemes, S. R. Ahmad, X. Fang // *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. – 2004. – V. 6, N 4. – P. 1269 – 1274.
2. *Oxidation of Multiwalled Carbon Nanotubes by Nitric Acid* / I. D. Rosca, F. Watari, M. Uo, T. Akasaka // *Carbon*. – 2005. – V. 43. – P. 3124 – 3131.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ГГТУ»*

УДК 608.4

*Г. С. Бесперстова**

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ

Для контроля структуры вещества на различных стадиях производства, необходимо измерение такого параметра, как истинная плотность, являющимся индивидуальным значением для каждого вещества и зависит от молекулярной структуры и химического состава.

Анализ научно-технической литературы показал, что контроль истинной плотности можно осуществлять методами жидкофазной и газофазной пикнометрии, ртутной порозиметрии.

Жидкофазная пикнометрия и ртутная порозиметрия являются трудоемкими и времязатратными. При определении истинной плотности данными методами происходит разрушение образца, что не всегда допустимо. Ртуть же является ядовитым веществом. Иногда для материала невозможно подобрать жидкость для проведения эксперимента.

Газовая пикнометрия не вызывает разрушение образца и является простым и быстрым. Полностью автоматические приборы, обладающие высокой точностью, обеспечивающие быстрое измерение и вычисление истинной плотности сыпучего материала, в России представлены преимущественно иностранными компаниями. Стоимость таких приборов составляет 1500...2500 тыс. руб., российских аналогов – 700...750 тыс. руб. Цена обусловлена высокой точностью измерения этих приборов.

Следует заметить, что высокая точность измерений не всегда является обязательной, существуют некоторые области, в которых это не требуется. Например, процесс получения катализатора синтеза угле-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук Е. А. Бураковой.

родных нанотрубок (УНТ). В процессе синтеза методом газофазного химического осаждения за качество (морфология, структура, диаметр) продукта отвечает катализатор. Очень важно уметь синтезировать УНТ с заданными характеристиками, для этого необходимо получать стабильную каталитическую систему. Добиться стабильности можно путем осуществления контроля ее характеристик на всех стадиях получения. Известно, что истинная плотность – это показатель качества каталитической системы.

Целью работы являлись разработка и сборка прибора для определения истинной плотности, создание методики его градуировки, позволяющей снизить стоимость конструкции.

Конструктивно прибор собран в корпусе системного блока компьютера. Электрическая схема прибора приведена на рис. 1. Корпус делится на две части металлической перегородкой. Одна половина корпуса обшита теплоизоляционным материалом, и, по сути, представляет собой воздушный термостат, в котором располагается «механическая» часть прибора. Для поддержания стабильной температуры нагреватель (Н) контролирует ПИД-регулятор «Овен» ТРМ-101 с точностью $\pm 0,25\%$, конвективные потоки побуждает вентилятор (В). Медные трубки соединяют измерительную и эталонную камеры между собой, со штуцером подачи газа и штуцером «атмосфера». Тремя электромагнитными клапанами ВРСЕТ-98. (1 – 3) контролируется поток

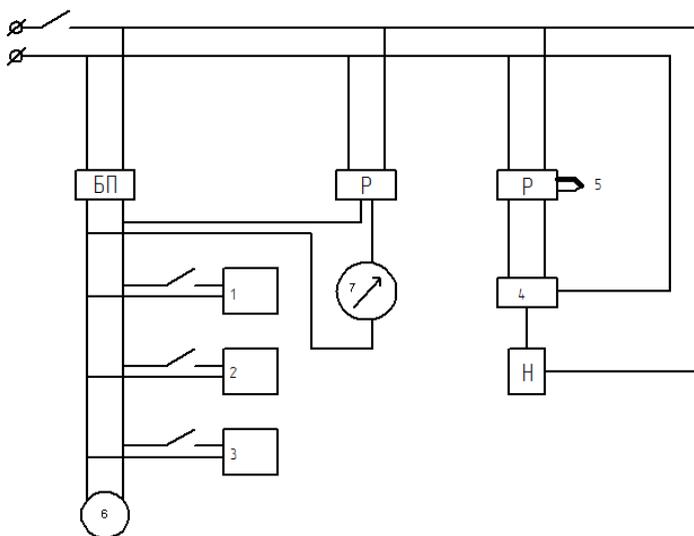


Рис. 1. Электрическая схема прибора

газа. Манометром «Овен» ПД-100 (7) определяется давление в камерах, он подключен к ПИД-регулятору «Овен» ТРМ-101 (Р), с цифрового табло которого считываются значения давления. С целью предохранения от перегрева предусмотрена термopара (5).

Во второй половине корпуса находится «электрическая» часть прибора: ПИД – регуляторы «Овен» ТРМ-101 (Р), тумблеры, блок питания АС/DC 100-240VАС (БП), твердотельное реле HD-2544.ZD3 (4). К блоку питания (БП) подключены регулятор, считывающий показания с манометра, сам манометр, электромагнитные клапаны и вентиляторы. Нагреватель к регулятору подключается через твердотельное реле.

С фронтальной стороны прибора (рис. 2, а) находятся три тумблера для открытия и закрытия электромагнитных клапанов, кнопка включения питания, два цифровых табло ПИД-регуляторов. Сверху корпуса находится загрузочное отверстие измерительной камеры, крышка которой закрывается закручиванием болтов. Для предотвращения теплоотдачи через верхнюю часть измерительной камеры изготовлен теплоизолирующий кожух.



а)



б)

Рис. 2. Экспериментальная установка:

а – вид спереди; *б* – вид сбоку

Измерение истинной плотности предлагаемым прибором заключается в использовании закона Бойля–Мариотта, на основе которого составлено уравнение материального баланса. Принцип калибровки заключается в следующем: эталонная камера заполняется газом до определенного давления, которое фиксируется. В качестве газа используется аргон. После перемещения газа в измерительную камеру происходит понижение давления. Затем проводится ряд экспериментов с эталоном известного объема в измерительной камере. По полученным значениям давления вычисляются объемы камер. Следует заметить, что температура должна быть постоянной. Эксперимент проходит по тому же принципу, что и калибровка, но для его проведения необходимо знать массу исследуемого образца. По объему камер и массе образца рассчитывается его истинный объем.

Разработка проекта предусматривает наукоемкую составляющую, которой является методика градуировки, позволяющая иметь прибор с низкой стоимостью 235 тыс. р. Исследования снизят требования к изготовлению рабочей и эталонной камеры, а это именно то, что и обуславливает высокую стоимость у заграничных приборов.

Маркетинговые исследования рынка выявили следующих потенциальных потребителей данной продукции: ПРУП «Молодечненский завод порошковой металлургии» (Беларусь); ОК «РУСАЛ» (Московская обл.); ОАО «СТРОЙФАРФОР» (Ростовская обл.); ОАО «Кварцит» Бытошевский стекольный завод (Брянская обл.); ОАО «Саратовстройстекло» (Саратовская обл.); ОАО «Волгоградский керамический завод» (Волгоградская обл.); ФКП «Котовский пороховой завод» (Тамбовская обл.).

Уже на данном этапе имеется организация, заинтересованная в приобретении предлагаемого прибора в количестве двух штук. Так же ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов) предложило софинансирование проекта по разработке прибора для измерения истинной плотности в размере 110 тыс. руб.

Предварительные расчеты показали, что по экономическим показателям проект является рентабельным, так как индекс доходности больше единицы, при объеме продаж 15 штук в год, себестоимости 235 тыс. руб. Чистая прибыль в год составит 308,259 тыс. руб. Срок окупаемости составляет 12 месяцев.

Метод, реализуемый с помощью предлагаемой конструкции прибора, является быстрым, нетоксичным, не разрушающим образец и востребованным на российском рынке.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОЙКОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Развитие машиностроения как отрасли невозможно без применения качественного режущего инструмента, обладающего такими свойствами, как экономичность, прочность, жесткость, стойкость и быстросменность. Современный режущий инструмент является основным элементом механической системы, которая осуществляет формообразование без участия физического труда человека и приводящая этот труд к минимуму. Различные способы обработки металлов резанием основаны на применении режущего инструмента. В основе обработки резцом лежит работа режущего клин. Основные части резца, режущие кромки и поверхности резца показаны на рис. 1. Передней поверхностью 1 резца называется поверхность, по которой сходит стружка. Главная задняя поверхность 3 обращена к обрабатываемой детали в направлении подачи. Задняя поверхность резца делится на главную и вспомогательную. Вспомогательная задняя поверхность 5 направлена к обрабатываемой детали в противоположном направлении подачи.

Главная режущая кромка 2 образуется пересечением передней и главной задней поверхностей и выполняет основную работу резания. Вспомогательная режущая кромка б – это пересечение передней и вспо-

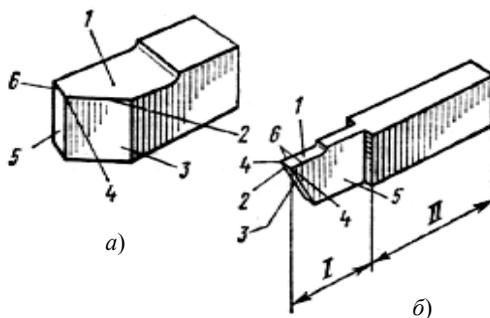


Рис. 1. Конструктивные параметры резцов:
а – проходной прямой; б – отрезной

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора М. В. Соколова.

могательной задней поверхности, которая осуществляет вспомогательное резание.

Вершиной резца 4 является место сопряжения главной и вспомогательной режущей кромки. Вершина резца может быть острой, но обычно ее закругляют для большей стойкости резца и для повышения чистоты обработанной поверхности.

К основным факторам, влияющим на стойкость режущего инструмента, относятся: скорость резания, свойства обрабатываемого материала, геометрические параметры режущей части, материал режущей части, глубина резания, подача, применение системы охлаждения (СОЖ или др.), а также жесткость станка, режущего инструмента и заготовки. Выделяют следующие виды износа режущего инструмента:

- абразивное действие, оказываемое обрабатываемым материалом (абразивный износ);
- адгезионное взаимодействие между инструментальным и обрабатываемым материалом (адгезионный износ);
- химические процессы, происходящие на передней и задней поверхности режущего инструмента (окислительный износ);
- диффузионное растворение инструментального материала в обрабатываемом материале (диффузионный износ);

Износ резцов из твердого сплава и быстрорежущей стали происходит только по передней или задней поверхностям или по обоим одновременно, что зависит от условий обработки. У спиральных сверл изнашивается передняя и задняя поверхности, ленточка и поперечная кромка.

За время работы инструмента возрастание износа происходит неравномерно. Характерная зависимость изменения износа во времени приведена на рис. 2. Для рассмотренной зависимости характерны три периода: I – период приработки; II – период нормального изнашивания; III – период катастрофического изнашивания. В течение всего времени происходит возрастание площадки износа. Это сопровождается ростом температуры и механическим напряжением на контактных поверхностях [1].

В период III значения температуры и напряжений превышают критические значения для определенного инструментального материала. Продолжение работы инструмента в период III может привести к разрушению инструмента.

Изменением основных факторов, влияющих на стойкость режущего инструмента, можно повлиять на уменьшение его износа во времени. Рассмотрим изменение геометрических параметров режущего инструмента как одного из основных факторов.

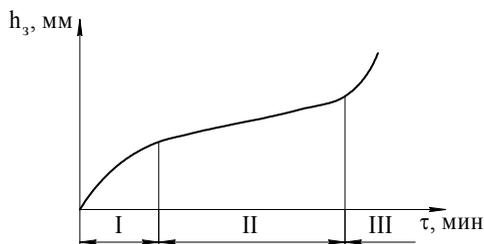


Рис. 2. Зависимость износа по времени от времени его работы

Передний угол γ резцов обеспечивает оптимальное стружкообразование в процессе резания, передний угол изменяется от -20 до $+25^\circ$. Изменение переднего угла до $+25^\circ$ при обработке металлов, дающих сливную стружку, приводит к тому, что стружка легко завивается и отводится из зоны резания. Изменение значения переднего угла $+8...-15^\circ$ необходимо при обработке бронзы. При обработке сталей угол γ изменяется до -20° . Уменьшение значений переднего угла γ способствует упрочнению и уменьшению износа режущей кромки.

При изменении главного заднего угла α резцов обеспечивается свободное взаимное перемещение резца и обрабатываемой детали в процессе обработки. Угол α принимается равным $6...12^\circ$. Изменение угла α от $6...12^\circ$ приводит к увеличению срока службы резца за счет снижения сил трения задней поверхности и способствует снижению силы резания P_z . Высокая прочность материала режущей части резца позволяет изменять задний угол до максимальных значений. Задний угол оказывает влияние на величину и форму участков износа задней поверхности токарных резцов. С уменьшением заднего угла до 6° площадка износа задней поверхности увеличивается, а при увеличении до 12° она уменьшается. При увеличении заднего угла уменьшается угол заострения и снижается прочность лезвия резца, ухудшается теплоотвод в тело резца. При уменьшении заднего угла увеличивается трение об обрабатываемую поверхность, что приводит к увеличению силы резания, и увеличивается износ резца.

Изменение главного угла в плане ϕ . Уменьшение угла ϕ повышает прочность вершины резца, что приводит к улучшению теплоотвода, повышению стойкости и увеличению силы резания и трения об обрабатываемую поверхность. При увеличении угла ϕ стружка становится толще и лучше ломается. Главный угол в плане следует изменять до 90° .

Изменение угла наклона режущей кромки. Резцы, у которых вершина является низшей точкой режущей кромки, т.е. угол λ положительный, получают более прочными и стойкими. Такие резцы хорошо обрабатывают твердые металлы и прерывистые поверхности, создающие ударную нагрузку. При обработке таких поверхностей твердосплавными резцами угол наклона главной режущей кромки доводят до 20...30°. Резцы, у которых вершина – высшая точка режущей кромки, т.е. угол λ отрицательный, рекомендуется применять для обработки мягких металлов. Меняя величину и знак угла наклона режущей кромки λ , можно управлять направлением схода стружки с передней поверхности резца и условиями контакта резца и заготовки. Поэтому увеличение или уменьшение углов токарных резцов значительно влияет на точность обработки, качество обработанной поверхности, силу резания и величину износа.

Поочередная замена резцов Р6М5К5 на резцы ВК8 при обработке материала на станке. Быстрорежущие стали отличаются тем, что в их составе присутствует значительное количество вольфрама, молибдена и ванадия. Такой состав сталей обеспечивает повышение их теплостойкости. Промышленное применение быстрорежущих сталей определено высокими характеристиками прочности, износостойкости и теплостойкости. Быстрорежущие инструментальные стали применяют для широкого спектра обрабатываемых материалов.

Твердые сплавы. Твердые сплавы являются тугоплавкими металлическими соединениями, которые сохраняют режущие свойства при температуре до 900...1000 °С.

Сплавы имеют в рабочем состоянии твердость более высокую, чем инструментальные стали. Твердые сплавы характеризуются очень высокой твердостью и хорошей износостойкостью. Основой твердых сплавов являются карбиды тантала, титана, вольфрама. Наряду с ними, в состав входят бориды, нитриды, карбиды металлов IV, V и VI групп периодической системы элементов. Твердые сплавы делят на три подгруппы:

- 1) вольфрамкобальтовую ВК;
- 2) титановольфрамкобальтовую ТК;
- 3) титанотанталокобальтовую ТТК.

Обозначение ВК8 показывает, что в нем 8% кобальта и 92% карбидов вольфрама. Сплавы группы ВК при одинаковом содержании кобальта обладают более высоким показателем ударной вязкости и пределом прочности при изгибе и лучшей тепло- и электропроводностью. Стойкость резца зависит в первую очередь от качеств материала, из которого он изготовлен. Наиболее стойкими являются резцы, которые изготовлены из материала, допускающего наиболее высокую температуру нагрева без значительной потери твердости.

Наибольшей стойкостью обладают резцы твердого сплава (BK8), а значительно меньшей стойкостью резцы из быстрорежущей стали (P6M5K5).

Влияние применяемого материала при обработке и поочередная замена материала заготовки стали 40X на БрАЖ9-4 на работу резцов. Твердость материала БрАЖ9-4, сплав мягкий НВ 10–1 = 100 – 120 МПа. Твердость материала сталь 40X НВ 10–1 = 179 МПа. Так как сталь 40X – более твердый обрабатываемый материал, то стойкость резцов будет уменьшаться, а при обработке БрАЖ9-4 более мягкого материала, чем сталь 40X, стойкость резцов будет увеличиваться.

Замена СОЖ масла И-20 на масло марки МР-7 оказывает влияние на стойкость резцов. Применение СОЖ благоприятно воздействует на процесс резания металлов:

1) в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала образуется смазочная пленка, что уменьшает силы трения, тепловыделения, повышается стойкость режущего инструмента;

2) происходит отвод теплоты от нагретых контактных площадок режущего инструмента и стружки;

3) уменьшается наростообразование у режущей кромки инструмента, что улучшает отвод стружки и абразивных частиц из зоны резания.

Масло И-20А обладает высокой стойкостью окисления и сохраняет работоспособность при температуре от –5 до 70 °С. Масло И-20А изготовлено на основе остаточных масел из малосернистой нефти при помощи селективной очистки и оно не содержит присадок.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) МР-7 активного типа содержит жировые добавки, противоизносные и антикоррозионные присадки. Применение МР-7 позволяет, по сравнению с промышленным маслом (И-20 А), увеличить на 15...30% скорость резания, повысить стойкость режущего инструмента, снизить шероховатость обработанных поверхностей. Данная марка масла подходит для обработки широкого спектра материалов и более экономична по цене, чем другие. Замена масла И-20 на масло марки МР-7 увеличивает стойкость токарных резцов и улучшает качество изготавливаемых деталей.

Изменение значений скорости, глубины резания и подачи оказывает влияние на стойкость резцов. Между скоростью резания v и стойкостью T (периодом стойкости) существует прямая зависимость, заключающаяся в том, что с повышением скорости резания стойкость снижается, которая наглядно изображена на рис. 3.

Увеличение глубины резания и подачи приводит к увеличению выделяемого тепла, что приводит к снижению стойкости токарных резцов.

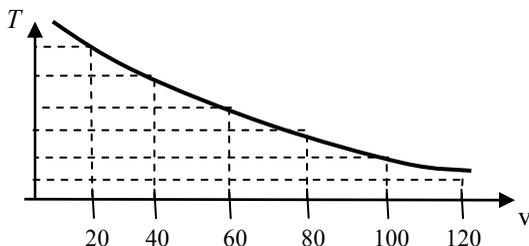


Рис. 3. Зависимость скорости резания и периода стойкости

Изменение значений переднего угла, заднего угла и угла наклона винтовой канавки сверл также оказывает влияние на стойкость инструмента. Передний угол γ изменяется от $+15$ до -30° . Задний угол α задается в зависимости от размеров сверла и условий обработки. Задний угол α равен $14 \pm 3^\circ$. Угол наклона винтовых канавок сверла ω оказывает влияние на прочность, жесткость и стружкоотвод сверл. Для обработки бронзы необходимо изменять данный угол от 10 до 16° , а для обработки стали – от 25 до 35° .

Поочередная замена сверл из быстрорежущей стали марки Р6М5 на сверла марки ВК8 при обработке материалов способствует увеличению стойкости инструмента. В Советское время сталь Р18 использовали очень широко для изготовления металлорежущего инструмента, однако после 1970-х годов запасы вольфрама истощились, и она была заменена на сталь с более низким содержанием вольфрама Р6М5. Обозначение Р6М5 показывает, что Р – это быстрорежущая сталь, 6 – это 6% вольфрама и 5 – это 5% молибдена. Обозначение ВК8 показывает, что в нем 8% кобальта и 92% карбидов вольфрама. Наиболее стойким будет сверло, которое изготовлено из материала, допускающего наиболее высокую температуру нагрева без значительной потери твердости. Наибольшей стойкостью обладают сверла твердого сплава (ВК8), а значительно меньшей стойкостью – сверла из быстрорежущей стали (Р6М5).

Влияние применяемого материала при обработке и поочередная замена материала заготовки стали 40Х на БрАЖ9-4 на работу сверл. Твердость материала БрАЖ9-4, сплав мягкий НВ $10-1 = 100 - 120$ МПа. Твердость материала сталь 40Х НВ $10-1 = 179$ МПа. Так как сталь 40Х – более твердый обрабатываемый материал, то стойкость сверл будет уменьшаться, а при обработке БрАЖ9-4 – более мягкого материала, чем сталь 40Х, стойкость сверл будет увеличиваться.

Замена СОЖ масла И-20 на масло марки МР-7 оказывает влияние на стойкость сверл. Применение МР-7 позволяет, по сравнению с индустриальным маслом (И-20 А), увеличить на $15 \dots 30\%$ скорость резания, повысить стойкость режущего инструмента, снизить шероховатость

обработанных поверхностей. Данная марка масла подходит для обработки широкого спектра материалов и более экономична по цене, чем другие. Замена масла И-20 на масло марки МР-7 увеличивает стойкость токарных сверл и улучшает качество изготавливаемых деталей.

Изменение значений скорости, глубины резания и подачи оказывает влияние на стойкость сверл аналогично резцам.

Таким образом, эффективное и правильное изменение основных факторов, влияющих на увеличение стойкости режущего инструмента, приводит к увеличению его работоспособности и надежности. При грамотном изменении одного или всех факторов можно добиться увеличения стойкости режущего инструмента, что положительно скажется на сокращении затрат при производстве.

Повышение стойкости режущего инструмента – это одна из главных задач, решение которых необходимо для развития машиностроения как отрасли. Современный режущий инструмент, способный долго сохранять свою стойкость при различных воздействиях, является главным элементом металлообработки в будущем.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки [3], [4].

Список литературы

1. *Режущий инструмент* : учебное пособие / А. А. Рыжкин и др. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009. – 405 с.
2. *Фельдштейн, Е. Э.* Режущий инструмент. Эксплуатация : учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. *Пестрецов, С. И.* Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Вып. 1(50). – С. 146 – 152.
4. *Алтунин, К. А.* Концепция создания информационной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения : монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2015. – 112 с.

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

*А. В. Гришин, О. А. Медведева, Е. С. Селянина, Д. В. Трофимов**

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИОЛЕФИНОВ

За последние 15 – 20 лет в различных лабораториях были получены нанокompозиты на основе десятков полимеров и углеродных наполнителей: нанотрубок (УНТ), нановолокон, частиц графена. Наибольшее число публикаций, посвященных созданию и свойствам таких материалов, относится к композитам на основе полиолефинов, типичными примерами которых являются нанокompозиты на основе полиэтилена (ПЭ) или полипропилена (ПП) и УНТ.

Значительный интерес к подобным композитам вызван стремлением получить материалы, которые сочетали бы низкую себестоимость и комплекс свойств, превосходящих свойства исходных полиолефиновых полимеров. Следует отметить, что наиболее важными для композитов на основе крупнотоннажных полимеров являются механические свойства, обеспечивающие их работоспособность в условиях эксплуатации изделий.

Углеродные нанонаполнители предоставляют широкие возможности регулирования свойств веществ без существенного изменения их состава за счет проявления размерных эффектов, которые влияют на электронные, термические, механические, электрические и другие свойства наполнителя и сказываются на свойствах материалов [1].

Так, УНТ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. Они придают полимерам жесткость и повышают удельные характеристики значений прочности и жесткости композитов. Заметное улучшение свойств достигается меньшим по сравнению с другими наполнителями количеством вводимых веществ. Введение малых количеств УНТ существенно влияет на степень кристалличности, что связано 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 под действием π -электронов, облако которых существует над поверхностью углерод-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Н. Ф. Майниковой.

ных нанотрубок. Кроме того, видимо, меняется характер взаимодействия на границе раздела фаз при сохранении достаточной сегментальной подвижности молекул полипропилена. При этом температура плавления композиций практически не меняется [2].

Известны работы, где детально исследуются свойства композитов, представляющих собой полиолефины с добавлением УНТ [1, 2].

Оптимальные составы композитов на основе ПП и ПЭ с углеродным наполнителем в виде нанотрубок (многослойных и с малым количеством слоев) определены в работе [2].

Целью данной работы являлось исследование температурных зависимостей теплопроводности композиционных материалов на основе полипропилена и полиэтилена, наполненных УНТ.

Использовали полипропилен марки 01030, применяемый для литьевых и экструзионных изделий, и полиэтилен высокого давления марки 158-13-020.

Углеродные нанотрубки (УНТ) получены на катализаторе $\text{Co} + \text{Mo/MgO}$. Удельная поверхность наполнителя – $1308 \text{ м}^2/\text{г}$ [2].

Для регулирования взаимодействия и улучшения совместимости ПЭ и ПП с УНТ применяли олигооксипропиленгликоль [2].

Предварительное компаундирование компонентов осуществляли в смесителе с ультразвуковым диспергатором МОД МЭФ 91 [2].

Смешение компонентов осуществляли в двухшнековом экструдере.

Температурные зависимости теплопроводности ПП и ПЭ, содержащих УНТ, получены с помощью измерительной системы (ИС), позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через программно определяемые интервалы времени. Для определения теплопроводности в измерительной системе используется метод динамического λ -калориметра [3, 4].

Измерительная система построена в результате существенной модернизации измерителя теплопроводности ИТ-400.

Сигналы с термопар подаются на входы аналого-цифровой платы, которая имеет программно-управляемый усилитель сигналов, что позволяет изменять диапазон подаваемого напряжения. Термостатирование адиабатической оболочки реализуется программным обеспечением измерительной системы через выходные сигналы ЦАП платы. Напряжение питания основного электрического нагревателя измерительной ячейки ИС обеспечивает соблюдение условий установившегося теплового режима второго рода при разогреве образца. Программное управление ИС при реализации эксперимента осуществляется программным обеспечением на языке Delphi.

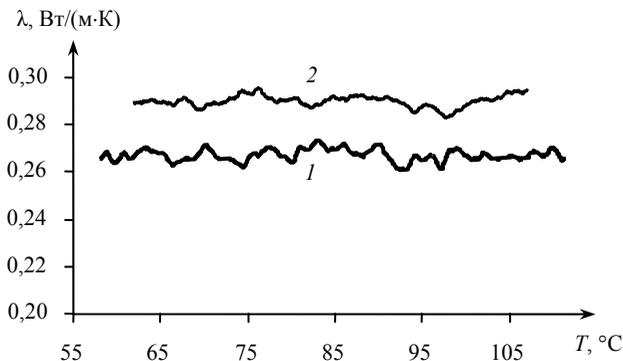


Рис. 1. Температурные зависимости теплопроводности ПП (1) и композита на основе ПП, содержащего 0,1% масс. УНТ (2)

Зависимости теплопроводности исходного полипропилена марки 1030, применяемого для литьевых и экструзионных изделий, и композиционного материала на его основе с наполнителем УНТ (в количестве 0,1% масс.) от температуры представлены на рис. 1.

Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение полипропилена углеродными нанотрубками (в количестве 0,1% масс.) несколько повышает теплопроводность композиционного материала во всем исследуемом интервале значений температуры (55...110 °С), фактически не меняя характера зависимости.

Предложенные методы повышения физико-механических свойств полипропилена (указанной выше марки) путем введения углеродных нанотрубок оказались эффективными и для матрицы на основе полиэтилена высокого давления [2].

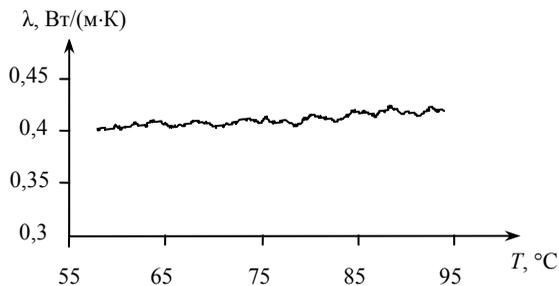


Рис. 2. Температурная зависимость теплопроводности полиэтилена высокого давления с углеродными нанотрубками (0,5% масс)

Температурная зависимость теплопроводности композиционного материала на основе ПЭ, наполненного углеродными нанотрубками, представлена на рис. 2. Концентрация углеродного нанонаполнителя (УНТ) – 0,5% масс.

Учитывая высокую теплопроводность отдельных углеродных нанотрубок, входящих в состав композиционного материала, теплопроводность композита на основе ПЭ высокого давления, полученного с их помощью, повышается с величины $\lambda = 0,31 \dots 0,33$ Вт/(м·К) до $\lambda = 0,4 \dots 0,42$ Вт/(м·К).

Список литературы

1. Раков, Э. Г. Углеродные нанотрубки в новых материалах / Э. Г. Раков // Успехи химии. – 2013. – Т. 82, № 1. – С. 27 – 47.
2. Композиционные материалы на основе полипропилена с углеродными наполнителями / Д. Ю. Шитов, Т. П. Кравченко, В. С. Осипчик, Э. Г. Раков // Пластические массы. – 2013. – № 3. – С. 29 – 32.
3. 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.
4. 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. – 2001. – Т. 67, № 8. – С. 35 – 37.

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

УДК 536.21

*А. В. Гришин, О. И. Кладовщикова, О. А. Медведева, Д. В. Трофимов**

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЭПОКСИНОВОЛАЧНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Технология полимеров идет по пути создания композиционных материалов, в которых путем направленного сочетания компонентов достигается требуемый комплекс эксплуатационных свойств [1].

В данной работе рассматриваются эпоксидные материалы, которые нашли широкое применение в различных сферах. Это объясняется

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Н. Ф. Майниковой.

уникальным комплексом свойств, присущих данным материалам: высоким механическим и электрическим свойствам, отличной адгезией к различным субстратам, низкой линейной усадкой и отсутствием летучих продуктов при отверждении. В последнее десятилетие эпоксидные олигомеры и полимеры широко используют в качестве матриц для получения углепластиков, характеризующихся сочетанием высокой прочности и жесткости с малой плотностью, низким температурным коэффициентом трения, высокими тепло- и электропроводностью, износостойкостью, устойчивостью к термическому и радиационному воздействиям [2].

Известна работа, где детально исследуются свойства эпоксидно-волачного композита, представляющего собой полимер с добавлением 1% масс. и 2% масс. многослойных углеродных нанотрубок (УНТ) [3]. УНТ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. УНТ придают полимерам жесткость и повышают удельные характеристики значений прочности композитов. При хаотичном расположении УНТ модуль упругости композитов мало возрастает по сравнению модулем упругости исходных полимеров, а функционализация и ориентированная укладка УНТ приводят к лучшим результатам.

В данной работе экспериментальные исследования температурных зависимостей теплопроводности проводились на образцах полимерных композиционных материалов.

В качестве матриц исследуемых композитов использована эпоксидно-волачная смола DEN 425, отвержденная метилэндиковым ангидридом дикарбоновой кислоты (МЭА).

В качестве ускорителя в композите использован 2,4,6-три(диметиламинометил)фенол (УП 606/2), в качестве наполнителей применены многослойные УНТ в растворе Лапролат-301 (олигоэфирциклокарбонат) в концентрациях до 1%.

Известно, что для приготовления нанокompозитов необходимо создание устойчивых смесей, в которых неорганические наночастицы хорошо диспергированы в объеме полимерной матрицы. Следует отметить, что прямое структурирование нанодисперсий допускает создание практически любого распределения наполнителя, но реальные процессы переработки лимитируются временем структурирования в высоковязких полимерных средах. Для этой цели используют различные методы модифицирования наночастиц и способы приготовления нанокompозитов [1, 2].

В данной работе технология приготовления образцов из композитов для испытаний заключалась в следующем. В емкость для смешения к эпоксидно-волачной смоле первоначально добавлялась паста на-

ночастиц в активном разбавителе, затем отвердитель и в последнюю очередь – ускоритель. Смесь оставляли отстояться при комнатной температуре около одного часа, для того чтобы вышли пузырьки воздуха. Далее в предварительно разогретую форму (около 100 °С) заливались композиционные составы. Форма помещалась в термощкаф, разогретый до значений температуры 160...180 °С. Время выдержки при температуре – 2 часа.

Температурные зависимости теплопроводности полимерных композиционных материалов, содержащих углеродные нанотрубки, получены с помощью информационно-измерительной системы, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы времени. Информационно-измерительная система (ИИС) построена в результате существенной модернизации измерителя теплопроводности ИТ-400 [3, 4].

При определении температурной зависимости теплопроводности материалов с помощью разработанной ИИС сигналы с термопар подаются на входы платы, которая имеет программно-управляемый усилитель сигналов, что позволяет изменять диапазон подаваемого напряжения.

Термостатирование адиабатической оболочки измерительной ячейки реализуется программным обеспечением информационно-измерительной системы через выходные сигналы цифроаналогового преобразователя платы. Напряжение питания основного электрического нагревателя измерительной ячейки ИИС обеспечивает соблюдение условий установившегося теплового режима второго рода при разогреве образца из исследуемого материала. Управление нагревом измерительной ячейки информационно-измерительной системы при реализации эксперимента осуществляется программным обеспечением на языке Delphi [3, 4].

Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе эпоксиноволачной смолы с наполнителем УНТ от температуры представлены на рисунке. Каждая из зависимостей 1 – 3 представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение эпоксиноволачной смолы DEN 425 углеродными нанотрубками в количестве до 1% (0,3 и 0,7%) несколько снижает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры (70...145 °С), фактически не меняя характера зависимости.

Применялись многослойные углеродные нанотрубки с удельной поверхностью, равной 200...500 м²/г.

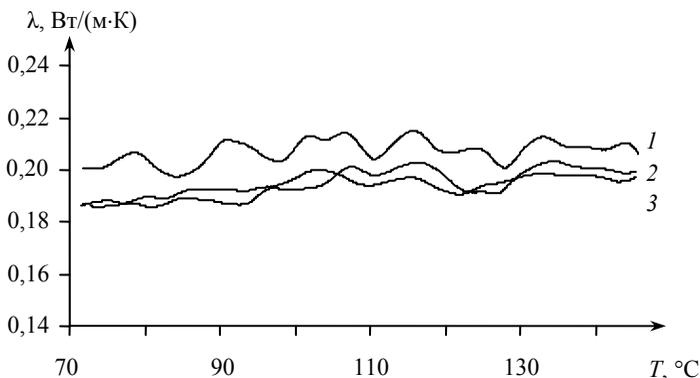


Рис. Зависимости теплопроводности материалов на основе эпоксидноволокнистой смолы с наполнителем УНТ от температуры.

Количество УНТ:

1 – исходный материал; 2 – 0,3% УНТ; 3 – 0,7% УНТ

Известно, что при модифицировании полимерного материала углеродными нанотрубками важным аспектом является равномерное распределение нанотрубок, что оказывает значительное влияние на свойства получаемого изделия.

Вследствие высокого поверхностного натяжения углеродные нанотрубки склонны к агрегированию, что затрудняет их распределение в материале. Агрегированные частицы препятствуют образованию монолитного слоя матрицы, тем самым создавая дефекты структуры.

Для дезагрегирования УНТ следует применять различные химические и физические методы, позволяющие добиваться индивидуализации трубок [2].

Данные, представленные на рисунке, свидетельствуют о том, что несмотря на высокую теплопроводность отдельных углеродных нанотрубок, входящих в состав исследуемого нами материала, теплопроводность композиционных материалов, полученных с их помощью, снижается. Причиной этого могут быть: способность наполнителя (многослойные углеродные нанотрубки) поглощать газообразные и жидкие вещества (воздух, олигоэфирциклокарбонат), а также – неравномерное распределение углеродных нанотрубок в полимерной матрице.

Список литературы

1. Кочнова, З. А. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты / З. А. Кочнова, Е. С. Жаворонок, А. Е. Чалых. – М. : ООО «Пейнт-Медиа», 2006. – 200 с.

2. *Влияние наномодифицирующих добавок на свойства полимерных композиционных материалов* / Ю. Ф. Гортышов, В. М. Гуреев, М. М. Галлеев и др. // Образование. Наука, Научные кадры. – 2012. – С. 190 – 192.

3. *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.

4. *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. – 2001. – Т. 67, № 8. – С. 35 – 37.

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

УДК 544.63

*Д. В. Давыдова**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ «УМНОЕ СТЕКЛО» НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОВЫШАЮЩИХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Окна обычно являются наиболее уязвимой частью здания с точки зрения потерь тепловой энергии. Так, потери тепла через оконные конструкции достигают 25% от общей потери тепла. Теплоизоляция светопрозрачных конструкций может быть улучшена путем увеличения количества стекол и камер стеклопакета, но это приводит к удорожанию конструкции и снижению коэффициента светопропускания.

Альтернативой является использование низкоэмиссионного стекла, которое по светопропусканию аналогично обычному, но отражает тепловое излучение обратно в помещение. Не следует также забывать о том, что в летний период стекло должно отражать избыток внешней тепловой энергии, обеспечивая эффективное кондиционирование.

Развитие технологии производства стекла привело к появлению нового термина – «Умное стекло» (Smart Glass, Smartglass), называемого также «переключаемым» стеклом. «Умное стекло» относится к группе светопрозрачных изделий, способных изменять свои свойства под воздействием электрического тока.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента И. А. Дьякова.

Различают три принципиальные технологии смарт-стекла:

- полимерные рассеянные жидкокристаллические частицы (PDLC, Polymer Dispersed Liquid Crystals, LC Glass);
- взвешенные частицы (SPD, Suspended Particle Devices);
- электрохромные частицы (ECD, ElectroChromatic Devices, EC Glass).

Технология SPD запатентована американской компанией Research Frontier. Производителем стекол является американская компания AGP, торговое название – Vario Plus (Варио Плюс).

В качестве одного из основных свойств Vario Plus разработчики отмечают препятствование попаданию в автомобиль инфракрасного (ИК) и ультрафиолетового (УФ) излучений, повышающих комфорт пассажиров и уменьшая нагрев салона солнечными лучами.

Однако подобное свойство важно для сохранения тепла, например, в помещении в зимний период.

Разработчики отмечают высокую прочность стекла Vario Plus, что улучшает сохранность при эксплуатации, а также защищает от ударов и вандализма. Регулировка степени прозрачности дискретная: прозрачная, средняя и максимально затемненная.

Важной особенностью, с точки зрения потребительских свойств, является то, что стекло выполняется на заказ индивидуально для каждого автомобиля.

Технические характеристики Vario Plus Sky: светопропускание – 50, 40 или 10%; ИК-пропускание – <50%, <35% или <23%; потери звука на 4000 Гц – 44,2 dB; максимальный размер стекла – 1,2×2,0 м; рабочее напряжение переменного тока – 30...120 В; скорость переключения при +25 °С менее 80 мс; потребление энергии 5...16 Вт/м²; диапазон рабочих температур от –16 до +55 °С.

Технология PDLC была разработана, запатентована и внедрена корейской компанией DM DISPLAY. Компания выпускает монохромную пленку двух видов Smart и Smart Glass (на клеевой основе) и уже в России из нее производится триплекс-стекло.

Пленка состоит из двух слоев, между которыми находится жидкокристаллический слой. В состоянии покоя молекулы кристаллов хаотично расположены относительно друг к другу и свет не может пройти через пленку, и стекло выглядит матовым.

При подаче напряжения на пленку создается электрическое поле, которое выстраивает кристаллы вдоль линий напряженности, и свет начинает проходить через пленку или стекло, сделанное с использованием этой пленки. Пленка поставляется в листах длиной 3 м, шириной 0,98 и 1,2 м.

Технические характеристики PDLC-пленки: светопропускание – 75% (выключено), 82% (включено); рассеивание – 90% (выключено), 5% (включено); напряжение питания 75...110 В, 50/60 Гц; энергопотребление менее 10 Вт/м²; диапазон рабочих температур от 0 до +40 °С.

Принципиальное отличие ECD-технологии заключается в том, что в отличие от смарт-стекла PDLC и SPD, рабочий слой формируется многослойным напылением на пленку или стекло и в выключенном состоянии прозрачен.

Изменение состояния происходит за счет миграции ионов под действием тока. Контроль затемнения осуществляется изменением полярности и величины подаваемого напряжения. Данная технология весьма перспективна, однако коммерческого применения пока не получила.

Некоторые технические характеристики экспериментальных ECD-стекел: цвет – три оттенка синего и зеленого цветов; светопропускание – 34% (включено); напряжение питания постоянного тока – 2 В; габаритные размеры – не более 2×1 м; время полного затемнения – от 2 до 10 минут; время полного осветления – от 4 до 15 минут; удельный вес электрохромного стекла – 20 кг/м².

Структура стекла, производимого по технологии PDLC и SPD, а также принцип действия показаны на рис. 1. Стекло представляет собой пакет из двух стекол, на внутреннюю сторону которых наносятся электропроводный и жидкокристаллические слои. Отличия технологий заключаются в применяемом жидкокристаллическом слое. При отключенном питании и отсутствии поля частицы жидких кристаллов расположены хаотично и прозрачность стекла низкая (рис. 2, а). Подача

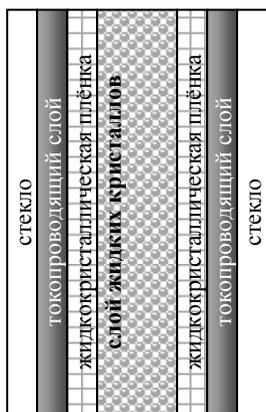


Рис. 1. Структура стекла

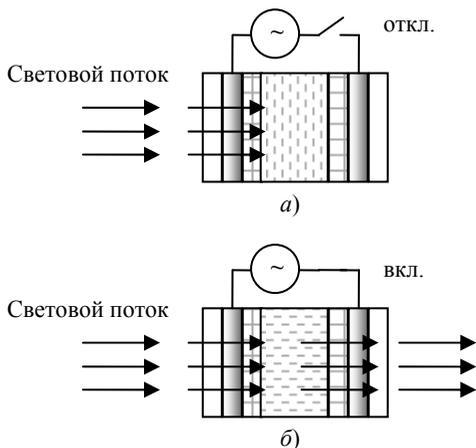


Рис. 2. Принцип работы

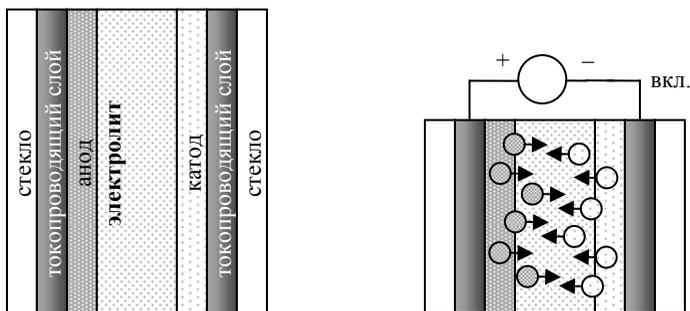


Рис. 3. Структура и принцип работы электрохромного стекла

напряжения на электропроводный слой ориентирует частицы и прозрачность стекла увеличивается (рис. 2, а).

Технология ECD предполагает изменение прозрачности вследствие изменения интенсивности движения ионов или обратимой электрохимической реакции (рис. 3).

В состоянии покоя слой абсолютно прозрачен, стекло ничем не отличается от обыкновенного полированного стекла. При подаче напряжения в 2 В анодная и катодная составляющие в процессе электролиза окрашиваются в синий или зеленый цвет. При выключении питания все возвращается в исходное положение.

Авторы статьи предлагают применить углеродные нанотрубки «Таунит» в качестве элементов замены жидких кристаллов технологии PDLC и SPD и уменьшить напряжение питания со 100 до 12 В за счет применения электролита, как в технологии ECD.

Очевидно, что в исходном состоянии углеродные нанотрубки не способны ориентироваться под действием электрического поля, однако функционализированные нанотрубки могут играть роль диполей.

В исследованиях [2, 4] доказано влияние углеродных нанотрубок на оптические свойства жидкостей, что может быть основанием для разработки технологии «Умное стекло» на основе электрохромных наномодифицированных покрытий, повышающих энергосбережение.

Список литературы

1. *Техническая* и справочная информация предприятия «ШТИВЕР». – URL : <http://www.shtiever.com/library.html>.
2. *Оптические* методы измерения концентрации углеродного наноматериала «Таунит» в растворах электролитов / И. А. Дьяков, Ю. В. Литовка, О. А. Кузнецова, А. Г. Ткачев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2013. – Т. 79, № 2. – С. 35 – 38.

3. Давыдова, Д. В. Математическая модель изменения оптических свойств электролита оловянирования от времени эксплуатации / Д. В. Давыдова, И. А. Дьяков // Математические методы в технике и технологиях : XXVII Междунар. конф. – Саратов, 2014. – Т. 8. – С. 76–77.

4. Дьяков, И. А. Проверка условий применимости закона Бугера–Ламберта–Бера в водных растворах электролитов с углеродными нанотрубками «ТАУНИТ» / И. А. Дьяков, Д. В. Давыдова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 521 – 527.

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

УДК 620.1

*А. А. Дуйшенбиев**

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Вопрос обеспечения надежной и безопасной работы металлических конструкций (МК) в последнее время становится все более важным, так как старение и разрушение металлов существенно опережает темпы технологического перевооружения.

Анализ демонстрирует, что уязвимой зоной разрушения сварных конструкций считается область сварного шва и зоны термического воздействия. Существует два вида дефектов сварных соединений по месту положения: наружные и внутренние дефекты.

Причины возникновения наружных дефектов. Причиной появления трещин можно считать напряжение, которое появляется из-за неравномерного охлаждения и нагрева, усадки, изменения размера и местоположения зерен металла под воздействием нагрева и охлаждения при сварке, увеличения содержания серы и фосфора и иных причин.

Причины возникновения внутренних дефектов. Шлаковые включения появляются в процессе сварки длинной дуги окислительным пламенем. Появление пор проходит из-за поглощения расплавленным металлом водорода, окиси углерода и иных элементов, не успевающих выделиться вследствие застывания металла и остающихся в нем в форме газовых пузырьков.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора М. В. Соколова.

Во время охлаждения при сварке прослеживается резкий скачок температур, который является следствием изменения микроструктуры в районе сварного шва и околошовной зоны, образования всевозможных включений, термических напряжений и трещин.

Можно выделить одну из значимых характеристик низколегированных и малоуглеродистых сталей, которые работают при низких температурах: температура перехода из вязкого в хрупкое состояние, зависящее от структуры металла (чем меньше величина зерен, тем выше ударная вязкость и пластичность стали при низких температурах) [1]. Накопленный опыт показывает, что в отдельных случаях сталь, которая выбрана в соответствии с условиями нормативных документов, руководящих документов, не может дать гарантию надежности работы МК с точки зрения хрупких разрушений. К примеру, 1 января 2003 г. в здании электросталеплавильного цеха ОМЗ «Спецсталь» в г. Колпино при температуре наружного воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел обвал тридцатиметровой подстропильной фермы и опирающихся на нее восемь стропильных ферм шихтового и печного пролетов.

Эксплуатируемые МК могут обладать различной микроструктурой как в разных частях конструкции, так и в отдельных ее составляющих, например, в сварных соединениях. При оценке технического состояния объекта МК необходимо учитывать структуру, так как она определяет механические свойства сталей.

Металлические сооружения в реальных условиях эксплуатации подвергаются влиянию как различных нагрузок (статических, динамических, циклических) и перепаду внешних температур, так и различных по агрессивности коррозионных сред (при высокой влажности воздуха), приводящих к изменению их метрических показателей конструкций и физико-механических особенностей металла. При длительной эксплуатации конструкций в них происходят процессы старения стали, которые приводят к внушительному изменению механических свойств металлов. Так же, в элементах и узлах конструкций могут быть дефекты, которые были получены при изготовлении, монтаже, транспортировке, сборке и эксплуатации. Дефекты способствуют появлению локальных зон концентрации напряжений, которые могут привести к разрушению конструкции [3].

По этой причине понижение надежности и безопасности МК считается одной из главных причин появления предаварийных и аварийных состояний самих конструкций. Разрушение конструкций и отказы промышленного оснащения могут стать причиной экономических потерь, сопоставимых со стоимостью основных фондов, человеческих жертв и необратимых экологических последствий.

Верная оценка напряженно-деформированного состояния металлических конструкций должна быть проведена только при наличии определенных важных факторов:

- начальная микроструктура металлоконструкций;
- области концентрации напряжений;
- структурные особенности сварного шва и ЗТВ;
- кинетика развития коррозионных повреждений;
- используемые способы оценки функционирующих внутренних напряжений.

Взять во внимание все данные факторы с помощью расчетных методов не всегда представляется реальным, так как итоги оценок напряжений в работающих МК с помощью расчетов в большинстве случаев расходятся из-за неопределенностей в первоначальной информации, упрощения расчетных схем конструкций, подбора способов расчета и меняющихся условий эксплуатации.

По этой причине нужно разрабатывать экспериментальные методы оценки НДС МК, в данном случае, особое значение приобретают косвенные методы определения внутренних напряжений, которые основаны на использовании разных физических эффектов, в том числе эффекта магнитоупругости. Использование данного эффекта важно тем, что могут возникнуть новые возможности изучения магнитомеханических явлений (эффекта магнитоупругости и магнитомеханического гистерезиса) при нагружении и разгрузении МК, что дает возможность проводить контроль и оценку НДС металла конструкций для дальнейшего прогнозирования надежной эксплуатации данной конструкции также в условиях влияния коррозионных сред с учетом структурной неоднородности сварных швов и соединений.

Можно сделать вывод, что исследования являются весьма актуальными, так как они посвящены оценке действительного напряженно-деформированного состояния МК на базе увеличения возможностей применения приборов и методов контроля, обнаружению закономерностей изменения обратимых и необратимых магнитомеханических явлений в малоуглеродистых и низколегированных сталях, разработке новых способов и методик, способствующих повышению степени достоверности результатов измерений и исследований в целом.

Методы исследования. Задачи работы решены с использованием апробированных и корректных разрушающих и неразрушающих методов контроля (механических испытаний, металлографического анализа, термической обработки сталей, магнитного контроля, численных методов расчета, математического моделирования и прикладной статистики и интерпретации статистических данных). При оценке работы реальных конструкций использовались экспериментальные данные,

полученные на лабораторных образцах и крупномасштабных моделях металлических конструкций [2].

Научная новизна работы заключается в том, что:

– разработаны теоретические и практические положения по оценке фактического напряженно-деформированного состояния металлических конструкций, включающие предварительное выявление зон концентрации напряжений и дана оценка степени их опасности и определение в наиболее опасных из них действующих внутренних напряжений с применением феррозондового (в пассивном варианте) и других разрушающих и неразрушающих методов контроля;

– разработаны и использованы, экспериментально проверены способы магнитного контроля формирования микроструктур с заданной степенью дисперсности, характерных для поставляемого заводского проката, в малоуглеродистых и низколегированных сталях с различной исходной микроструктурой в процессе деформационного, деформационно-термического и термического воздействий по остаточной намагниченности в магнитном поле Земли;

– разработаны способы усиления сварных соединений и элементов эксплуатируемых металлических конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей, основанные на проведении контролируемой термической обработки в опасных зонах концентрации напряжений по разработанным режимам с их поэтапным магнитным контролем, с целью повышения прочностных свойств металла и предотвращения аварийных ситуаций.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки [3, 4].

Список литературы

1. *Салтыков, А. А.* Стереометрическая металлография / А. А. Салтыков. – М. : Металлургия, 1970.
2. *Смирнов, А. И.* Влияние макро-, мезо- и микродефектов структуры на конструктивную прочность углеродистых сталей при циклическом нагружении / А. И. Смирнов. – Новосибирск, 2003. – 18 с.
3. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки / С. И. Пестрецов, М. В. Соколов, А. Н. Колодин, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.

4. Пестрецов, С. И. Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Вып. 1(50). – С. 146 – 152.

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

УДК.621.9-529.001.2

*А. Н. Колодин, А. А. Родина**

ЗУБОСТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ

Гидравлический шаговый привод составляет новый класс объемных гидроприводов, функциональные свойства которых состоят в способности устойчиво обрабатывать релейные и импульсные управляющие сигналы, с высокой точностью при практически любой встречающейся нагрузке.

Главной особенностью данного класса приводов является то, что в качестве силового исполнительного органа в них используется гидравлический шаговый двигатель (ГШД), в качестве управляющего устройства используется генератор гидравлических импульсов, который преобразует энергию рабочей жидкости в гидравлические импульсы и распределяет их в определенной последовательности по рабочим камерам ГШД, а выходной вал шагового гидродвигателя обрабатывает управляющие дискретные сигналы с высокой точностью и большим усилием по мощности.

Объемные шаговые гидродвигатели с механической редукцией шага отличаются большим разнообразием конструкций. По конструкции рабочих камер известны поршневые, мембранные, шиберные, шестеренные, планетарно-роторные ГШД.

Работа ГШД зависит от числа и последовательности управляющих импульсов, распределение которых по силовым рабочим камерам шагового гидродвигателя осуществляется с помощью различного рода коммутирующих устройств, причем каждому управляющему импульсу соответствует определенный фиксированный угол поворота входного

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора В. А. Ванина.

звена ГШД. Скорость вращения и суммарный угол поворота выходного вала пропорциональны, соответственно, частоте и количеству поданных управляющих импульсов [1 – 3].

При использовании во внутренних кинематических цепях в качестве силового органа шаговых гидродвигателей связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости посредством рабочих щелей распределительного устройства преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые распределяются по силовым камерам шагового гидродвигателя.

Передаточное отношение между исполнительными органами гидравлической связи – заготовкой и инструментом – зависит от соотношения частот управляющих гидравлических импульсов, подаваемых к шаговому гидродвигателям, осуществляющим вращение заготовки и инструмента.

Используя свойства частотного регулирования скорости исполнительных органов гидравлического шагового привода, представляется возможным гидравлические связи на базе шагового гидравлического привода применять в кинематических внутренних цепях металлорежущих станков, имеющих сложные разветвленные многозвенные переналаживаемые механические цепи значительной протяженности, которые должны обеспечить жесткую связь для создания взаимосвязанных формообразующих движений заготовки и инструмента, где наличие тяжело нагруженных длинных силовых кинематических цепей, подверженных значительным механическим и температурным деформациям и износу, требует громоздких, имеющих низкий КПД, механических устройств [4].

На рисунке 1 представлена структурная схема зубострогального станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания цилиндрических некруглых колес зуборезной гребенкой с модифицированной системой управления.

Станок включает в себя инструмент *11* (зуборезная гребенка), который совершает главное возвратно-поступательное движение от электродвигателя *Д* через звено настройки *i_v*, заготовку *12*, которая получает вращение от шагового гидродвигателя *9* посредством червячной передачи *16*, связанной с круглым столом, на котором устанавливается заготовка и управляемая генератором гидравлических импульсов *8*, золотниковая втулка получает вращение от гидромотора *7*.

Сложное формообразующее движение из элементарных прямолинейных перемещений осуществляется внутренней (формообразующей) связью между продольным перемещением продольного стола *20* и поперечными салазками *10* с круглым столом, на котором установ-

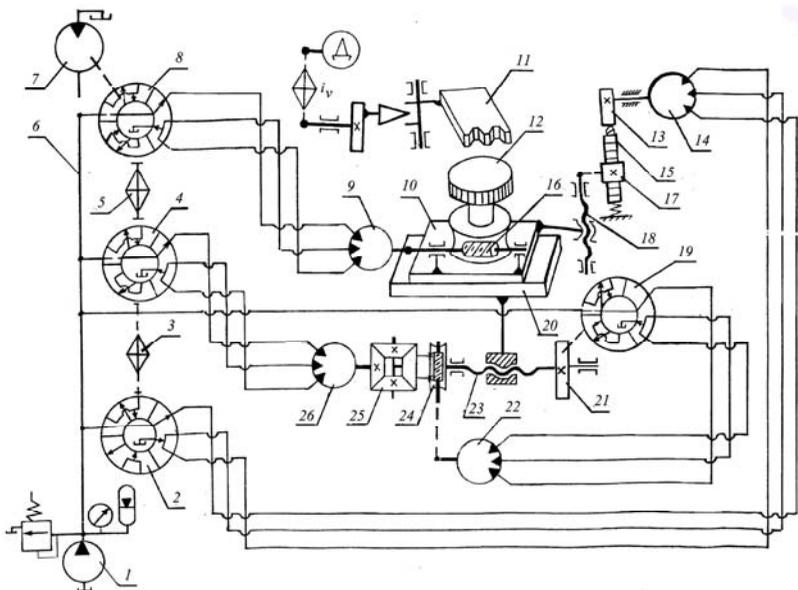


Рис. 1. Структурная схема зубострогального станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания цилиндрических некруглых колес зуборезной гребенкой с модифицированной системой управления

лена заготовка. Формообразующие связи выполнены в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода. Каждый из шаговых гидроприводов состоит из силового гидравлического шагового двигателя и генератора гидравлических импульсов, формирующего управляющие импульсы давления и распределяющего их в определенной последовательности по рабочим камерам шагового гидродвигателя.

Продольные перемещения продольного стола 20 осуществляются от шагового гидродвигателя 26, кинематически связанного с продольным столом 20 посредством ходового винта 23 через суммирующий механизм 25, выполненный в виде дифференциала из конических колес.

Поперечное перемещение поперечных салазок 10 с круглым столом, с закрепленной на нем заготовкой 12, осуществляется от шагового гидродвигателя 14, на выходном валу которого закреплен сменный копир 13, преобразующий равномерное дискретное вращение шагового гидродвигателя в неравномерное перемещение верхних салазок с заготовкой посредством зубчатой рейки 15, зубчатого реечного колеса 17, жестко закрепленного на ходовом винте 18 поперечной подачи верхних салазок 10 с круглым столом, на котором установлена заготовка 12.

Управление шаговым гидродвигателем 14 привода поперечной подачи поперечных салазок осуществляется генератором гидравлических импульсов 2, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей, которая получает вращение через несилую гитару сменных зубчатых колес 3 от вращающейся золотниковой втулки генератора гидравлических импульсов 4 привода продольного перемещения продольного суппорта.

Для осуществления движения круглого стола с заготовкой сложного движения формообразования, вызванное тем, что движение обката составлено из разнородных движений – поступательного перемещения прямоугольного стола и вращательного движения круглого стола, и учитывая, что стол является общим исполнительным звеном, одновременно принадлежащим группам деления и обката, соединение групп осуществляется с помощью суммирующего механизма 25, выполненного в виде дифференциала с коническими колесами.

Дополнительно движение сообщается от шагового гидродвигателя 22, кинематически связанного с ходовым винтом 23 продольной подачи прямоугольного стола 20 посредством червячной передачи 24 и управляемого генератором гидравлических импульсов 19, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от продольного зубчатого колеса 21, жестко закрепленного на ходовом винте 23 продольного перемещения прямоугольного стола 20.

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подается от насосной установки 1 по трубопроводу 6.

Список литературы

1. *Vanin, V. A.* Modular Design Based on Hydraulic Step Drives for Internal Kinematic Chains in Metal-cutting Machines / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (12). – 2010. – P. 1248 – 1251.

2. *Vanin, V. A.* Kinematic Structure of Metal-cutting Machines with Hydraulic Couplings / V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. A. Rodina // Russian Engineering Research 34 (12). – 2015. – P. 763 – 768.

3. *Ванин, В. А.* Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.

4. *Ванин, В. А.* Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 37 – 45.

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

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ РЕЕК НА ЗУБОДОЛБЕЖНОМ СТАНКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ СВЯЗЕЙ

Структура кинематических цепей в значительной мере определяет конструктивную сложность станка, методы его настройки, оказывает существенное влияние на жесткость, точность и виброустойчивость станка, его металлоемкость.

Для осуществления в станке формообразующего исполнительного движения между заготовкой и инструментом необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка и кинематическую связь этих звеньев с источником движения, которые в большинстве своем осуществляются с помощью механических элементов, как в цепях главного движения, так и во внутренних (формообразующих) цепях станков, построенных как индивидуальная конструкция для станков как разного технологического назначения, так и одного типа, но разного типоразмера.

Основным достоинством кинематических цепей, построенных из механических звеньев, является то, что они обеспечивают весьма точное передаточное отношение и не требуют дополнительных поднастроек в процессе работы.

Использование механических связей во внутренних кинематических цепях металлорежущих станков не удовлетворяет возрастающим требованиям повышения точности, жесткости, снижения металлоемкости, построению их в станках различного технологического назначения и разного типоразмера по агрегатно-модульному принципу, при внедрении которого при проектировании и построении внутренних цепей станков обеспечиваются:

- унификация элементов привода;
- максимальное исключение до возможного минимума из кинематических цепей всех промежуточных зубчатых передач.

Одним из возможных практически реализуемых направлений повышения точности внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженности кинематических цепей за счет сокращения протяженности кинематических формообразующих цепей путем исключения из их состава промежуточных звеньев (зубчатые и иные пе-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора кафедры В. А. Ванина.

редачи, валы, муфты и т.п.) создания и применения высокочастотных приводов, обеспечивающих возможность прямого непосредственного соединения двигателя с нагрузкой, исключая при этом коробки передач, редукторы, промежуточные передачи [1 – 3].

На рисунке 1 приведена структурная схема зубодолбежного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания зубчатых реек [4] и системой управления от блоков гидрораспределителей, построенная на базе двухкромочного золотника с торцовым распределением рабочей жидкости.

Станок включает в себя инструмент 12, совершающий главное вращательно-поступательное движение от электродвигателя Д через звено настройки i_v посредством кривошипно-шатунного механизма 11. Вращение долбяка 12, связанное с прямолинейным движением стола 17 с заготовкой 13 цепью деления осуществляется от шагового гидродвигателя 9, кинематически связанного с долбяком червячной передачей 10. Прямолинейное перемещение стола 17 с заготовкой 13, связанное с вращением долбяка 12 цепью деления, осуществляется от шагового гидродвигателя 15, кинематически связанного со столом посредством ходового винта 14 продольного перемещения стола. Управление шаговыми гидродвигателями 9 и 15 приводов вращения долбяка 12 и продольного перемещения стола 17 с заготовкой осуществляется от блоков гидрораспределителей 8 и 16 с торцовым распределением рабочей жидкости, выполненных на базе двухкромочного золотника.

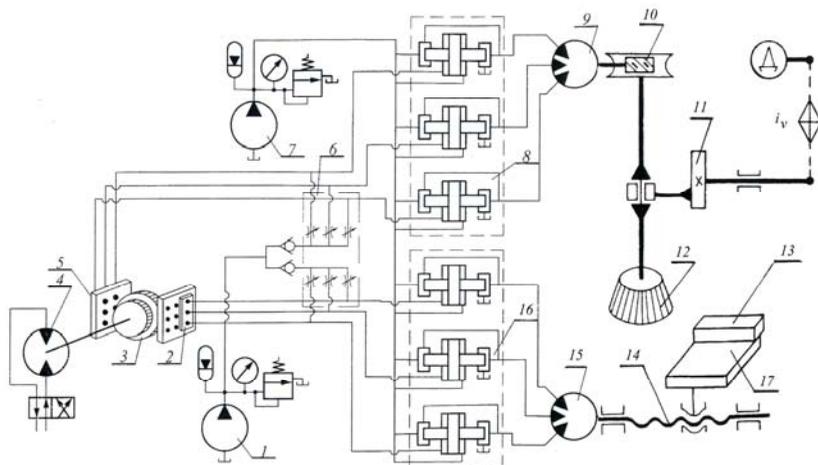


Рис. 1. Структурная схема зубодолбежного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания зубчатых реек и системой управления от блоков гидрораспределителей

Количество таких гидрораспределителей в каждом блоке определяется числом рабочих камер каждого из шаговых гидродвигателей.

Настройка внутренней гидравлической цепи на требуемое передаточное отношение осуществляется с помощью генератора гидравлических импульсов 3.

Механический генератор гидравлических импульсов (ГГИ) представляет собой устройство, конструктивно выполненное в виде набора кодирующих дисков, закрепленных на общей оси и получающее вращение от отдельного гидромотора 4. Количество таких кодирующих дисков в генераторе определяет число передаточных отношений цепи.

Генератор гидравлических импульсов формирует гидравлические импульсы давления и распределяет их по рабочим камерам шаговых гидродвигателей за счет периодического в определенной последовательности открытия и закрытия рабочих щелей.

Наружная поверхность каждого из кодирующих дисков выполнена таким образом, что один выступ может перекрывать только лишь одну щель.

Поверхность кодирующего диска и сопло образуют управляемый дроссель, а пространство между соплом и постоянным дросселем образуют междроссельную камеру, давление в которой зависит от величины зазора между соплом и поверхностью кодирующего диска.

В момент, когда выступ вращающегося диска генератора гидравлических импульсов находится напротив рабочей щели, происходит скачкообразное повышение управляющего давления, в результате чего происходит переключение гидрораспределителя. В момент, когда управляющее давление одного из каналов увеличивается до максимального, в двух других каналах, оставшихся не перекрытыми, рабочая жидкость поступает на слив.

Генератор гидравлических импульсов обеспечивает постоянное для данной настройки отношение частот гидравлических импульсов давлений, а, следовательно, частот вращения выходных валов гидравлических шаговых двигателей приводов заготовки и инструмента.

Коммутация потоков рабочей жидкости по силовым каналам и рабочим камерам шаговых гидродвигателей зависит от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося кодирующего диска генератора гидравлических импульсов.

Передаточное отношение между исполнительными органами гидравлической внутренней цепи зависит от соотношения частот гидравлических импульсов, формируемых генератором гидравлических импульсов и подаваемых к исполнительным силовым шаговым гидродвигателям, которые приводят во вращение исполнительные органы

станка для обеспечения жесткой кинематической связи между заготовкой и инструментом, и определяется количеством гидравлических импульсов, подаваемых на один оборот блока кодирующих дисков генератора импульсов.

Изменение передаточного отношения цепи обката производится перемещением ползушек 2 на корпусе генератора гидравлических импульсов относительно периферии кодирующего диска с разным числом выступов, осуществляя при этом коммутацию потоков рабочей жидкости по силовым каналам в зависимости от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося диска генератора импульсов.

Рабочая жидкость для получения управляющих импульсов для гидрораспределителей с торцовым распределением рабочей жидкости поступает от насосной установки 1 через блок постоянных дросселей 6 по трубопроводу.

Рабочая жидкость от силовой насосной станции 1 поступает на вход блоков дискретных гидрораспределителей 8 и 16, а затем в зависимости от их положения по одному из силовых каналов подается на рабочие камеры шаговых гидродвигателей 9 и 15 приводов вращения инструмента и продольного перемещения стола.

Список литературы

1. *Vanin, V. A.* Kinematic Structure of Metal-cutting Machines with Hydraulic Couplings / V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. A. Rodina // Russian Engineering Research 34 (12). – 2015. – P. 763 – 768.

2. *Ванин, В. А.* Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.

3. *Ванин, В. А.* Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 37 – 45.

4. Пат. 2091197 Российская Федерация, МПК 6В23F5/16. Гидравлическая цепь деления зубодолбежного станка для нарезания реек / Ванин В. А., Трифонов О. Н., Коптев А. А. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 95105041/02 ; заявл. 04.04.95 ; опубл. 1997; Бюл. № 27.

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

*А. Н. Колодин, А. А. Родина**

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ШАГОВОГО ПРИВОДА В ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ЦЕПИ ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНОГО СТАНКА

Разработка кинематических цепей, составляющих общую кинематическую схему станка, является одним из важнейших факторов в создании новой конструкции современного станка, рациональной по металлоемкости, функциональной точности и другим показателям. Структура кинематических цепей в значительной степени определяет конструктивную сложность станка, методы его настройки, оказывает существенное влияние на жесткость, точность, компоновку.

Совершенствование механической системы внутренних цепей станка возможно осуществить за счет устранения коробок скоростей, коробок подач, вариаторов, механических передач, благодаря чему упрощается конструкция механических систем, повышается кинематическая точность механической цепи, уменьшается масса узлов, что способствует улучшению динамических характеристик [1 – 3]

На рисунке 1 приведена структурная схема токарно-затыловочного станка с гидравлическими формообразующими связями для затылования конических резьбовых гребенчатых фрез с винтовыми стружечными канавками и системой управления от блоков гидрораспределителей, построенная на базе двухкромочного золотника с торцовым распределением рабочей жидкости [4].

Станок включает в себя заготовку 19, которая совершает вращательное движение от электродвигателя Д через звено настройки i_v , инструмент 16, взаимодействующий с заготовкой по цепи затылования (деления).

Движение деления (затылования), связывающее между собою вращение заготовки 19 и вращение кулачка затылования 15, от которого получает возвратно-поступательное движение верхняя каретка 23 с инструментом 16, осуществляется от шагового гидродвигателя 14, управляемого генератором гидравлических импульсов 17, золотниковая втулка которого получает вращение от зубчатого колеса 18, жестко закрепленного на шпинделе изделия.

Продольное перемещение инструмента 16 связано с вращением заготовки 19 винторезной цепью и осуществляется от шагового гидро-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора В. А. Ванина.

двигателя 25, кинематически связанного с продольным суппортом 28 посредством ходового винта 11 продольной подачи.

Поперечное перемещение верхней каретки 23 суппорта с инструментом 16, необходимое для воспроизведения наклонной образующей конической поверхности, осуществляется гидравлической связью,

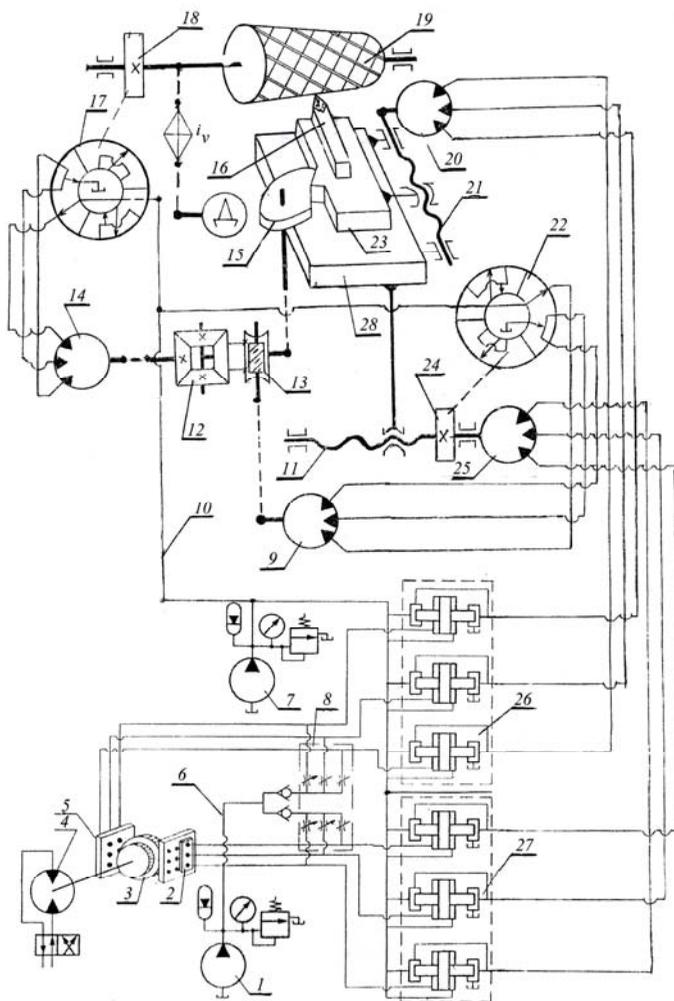


Рис. 1. Структурная схема токарно-затыловочного станка с гидравлическими формообразующими связями для затылования конических резьбовых гребенчатых фрез с винтовыми стружечными канавками

включающей в себя шаговый гидродвигатель 20, кинематически связанный посредством ходового винта 21 поперечной подачи верхних салазок 23 с инструментом.

Дифференциальное движение, необходимое при затыловании конических резьбовых изделий с винтовыми стружечными канавками и обеспечивающее добавочный поворот кулачку затылования 15, от которого совершается возвратно-поступательное движение инструмента при продольном перемещении продольного суппорта 28, осуществляется шаговым гидродвигателем 9, кинематически связанного с кулачком затылования через суммирующий механизм 12 в виде дифференциала с коническими колесами посредством червячной передачи 13.

Управление шаговыми гидродвигателями 20 и 25 приводов продольного перемещения продольного суппорта 28 и поперечного перемещения верхних салазок 23 с инструментом осуществляется от блоков гидрораспределителей 26 и 27 с торцовым распределением рабочей жидкости, выполненных на базе двухкромочного золотника. Наличие таких гидрораспределителей в каждом блоке определяется числом рабочих камер каждого из шаговых гидродвигателей. Настройка гидравлической связи на требуемое передаточное отношение производится генератором гидравлических импульсов 3, который представляет собой устройство, выполненное в виде набора кодирующих дисков, закрепленных на общей оси и получающее вращение от отдельного гидромотора 4. Количество таких кодирующих дисков в генераторе определяет общее число передаточных отношений гидравлической формирующей связи.

Генератор гидравлических импульсов формирует гидравлические импульсы давления и распределяет их по рабочим камерам шаговых гидродвигателей путем периодического в определенной последовательности открытия и закрытия рабочих щелей. Наружная поверхность каждого из кодирующих дисков выполнена таким образом, что его выступы либо перекрывают сопло, либо оставляют его открытым, при этом один выступ диска может перекрывать только лишь одну щель.

При таком расположении щелей относительно выступов вращающегося кодирующего диска через две оставшиеся не закрытыми щели рабочая жидкость поступает на слив, а одна щель всегда перекрывается выступом диска. Поверхность кодирующего диска и рабочая щель (сопло) образуют управляемый дроссель, а пространство между соплом и постоянным дросселем образует междроссельную камеру, давление в которой зависит от величины зазора между соплом и поверхностью выступов кодирующего диска.

В момент, когда выступ вращающегося диска генератора 3 гидравлических импульсов находится напротив рабочей щели и перекрывает ее, происходит скачкообразное повышение управляющего давления в междроссельной камере, в результате чего происходит переключение гидрораспределителя. При отсутствии управляющего сигнала (импульса давления) распределитель находится в левом положении под действием давления питания. Рабочая жидкость для получения управляющих импульсов для гидрораспределителей с торцовым распределением рабочей жидкости поступает от насосной установки 1 через блок управляемых дросселей 8. Генератор гидравлических импульсов обеспечивает постоянное для данной настройки отношение частот гидравлических импульсов давления, а, следовательно, частот вращения выходных валов гидравлических шаговых двигателей заготовки и инструмента.

Коммутация потоков рабочей жидкости по силовым каналам и рабочим камерам шаговых гидродвигателей зависит от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося кодирующегося диска генератора гидравлических импульсов.

Передаточное отношение между исполнительными органами гидравлической связи – шаговыми гидродвигателями 20 и 25 приводов продольного перемещения продольного суппорта 28 и поперечного перемещения верхней каретки суппорта 23 зависит от соотношения частот гидравлических импульсов, формируемых генератором гидравлических импульсов и распределяемых по рабочим камерам исполнительных шаговых гидродвигателей, и определяется количеством гидравлических импульсов, подаваемых за один оборот блока кодирующих дисков генератора гидравлических импульсов.

Изменение передаточного отношения цепи обката (деления) производится перемещением ползушек 2 на корпусе генератора гидравлических импульсов относительно периферии кодирующегося диска с различным числом выступов, осуществляя при этом коммутацию потоков рабочей жидкости по силовым каналам в зависимости от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент времени выступом вращающегося диска генератора импульсов.

Давление питания на вход каждого из гидрораспределителей подается через регулируемый дроссель блока дросселей 6 от насосной установки 7, а затем, в зависимости от положения торцовых гидрораспределителей по одному из каналов поступает в рабочие камеры шаговых гидродвигателей 20 и 25 приводов продольного перемещения продольного суппорта 28 и поперечного перемещения верхней каретки суппорта 23.

Список литературы

1. *Vanin, V. A.* Kinematic Structure of Metal-cutting Machines with Hydraulic Couplings / V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. A. Rodina // Russian Engineering Research 34 (12). – 2015. – P. 763 – 768.

2. *Ванин, В. А.* Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.

3. *Ванин, В. А.* Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 37 – 45.

4. *Колодин, А. Н.* Затыловочные станки с гидравлическими формообразующими связями : монография / А. Н. Колодин, В. А. Ванин, А. А. Родина. – Deutschland : LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 169 с.

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

УДК 661.183

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

СОЗДАНИЕ ГИБРИДНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСОРБЕНТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД

На сегодняшний день в мире очень остро проявляются глобальные экологические и техносферные проблемы, связанные с последствиями безответственного и недобросовестного отношения человека к окружающей среде, что, в частности, влечет за собой появление в ней вредных веществ – ксенобиотиков.

Актуальность очистки воды не вызывает сомнений, но существующие методы не позволяют получить техническую воду без примесей вредных веществ, отвечающую современным санитарно-химическим нормам. Некоторые из этих веществ чрезвычайно токсичны и опасны, их действие может быть губительно для окружающей среды конкретных регионов и здоровья человека [1].

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. Е. Буракова.

Известно, что адсорбционный метод очистки водных ресурсов является комплексным и эффективным. Поэтому усовершенствование способов очистки водных сред ведется в направлении исследования именно этого подхода к удалению вредных примесей.

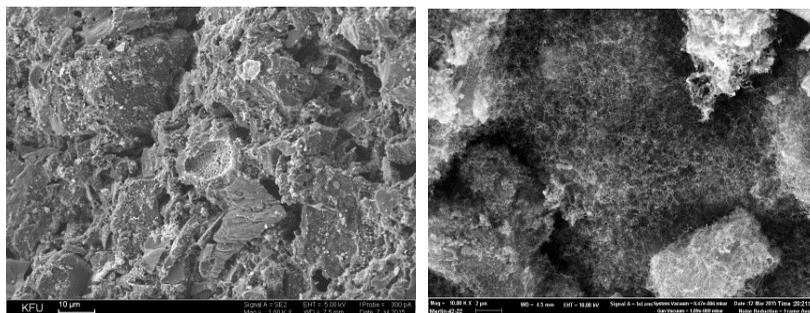
Опубликован ряд работ, которые направлены на изучение технологий получения поглотителей, модифицированных углеродными наноструктурами [1, 2]. Благодаря необычным физико-химическим свойствам, данные структуры позволяют обеспечить эффективное проникновение, диффузию и последующее улавливание молекул загрязняющего вещества.

В качестве эффективного способа формирования слоя углеродных нанотрубок (УНТ) на поверхности сорбента предложено использовать каталитический пиролиз углеводородов.

Для изучения эффекта наноуглеродного модифицирования материалов-носителей использовались наиболее широко применимые промышленные адсорбенты: алюмосиликаты со строго регулярной структурой пор (NaX, CaX), пористый активный уголь (NWC) [2].

С помощью методов сканирующей электронной микроскопии была исследована морфология синтезированного слоя нанотрубок на поверхности пористых сорбентов.

Исходя из анализа микроснимков образцов наномодифицированных сорбентов, можно сделать вывод о том, что материал, синтезированный в пористом пространстве носителей, представляет собой УНТ диаметром порядка 15...30 нм, а также содержит частицы катализатора. Обнаружено, что структура поверхности различного вида сорбентов мало влияет на морфологию выращенного слоя нанотрубок.



a)

б)

Рис. 1. Структура поверхности активированного угля NWC:

a – стандартного; *б* – модифицированного

Сравнительные адсорбционные характеристики кокосового угля марки NWC были изучены в процессах поглощения органических загрязнителей из водных сред.

Методика проведения эксперимента: в качестве целевого поллютанта в опытах использовался раствор органического красителя гелиантина (*n*-диметиламиноазобензолсульфонат натрия – метилоранж). В серию из 10 пробирок с раствором метиленового оранжевого объемом по 50 мл вносили исследуемый образец и выдерживали в течение 45 минут. 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 минут при скорости вращения 10 000 об/мин. Используя спектрофотометрический метод определения оптической плотности раствора, рассчитывали остаточную концентрацию адсорбтива.

Величину адсорбции рассчитывали по Гиббсу как количество адсорбтива, поглощаемое единицей массы сорбента. Затем строили изотермы адсорбции – графическая зависимость сорбции от равновесной концентрации адсорбтива при постоянной температуре.

Учитывая возможность поглощать молекулы не только органических загрязнителей, но и веществ неорганической природы, таких как ионы тяжелых металлов из растворов, экспериментальная составляющая

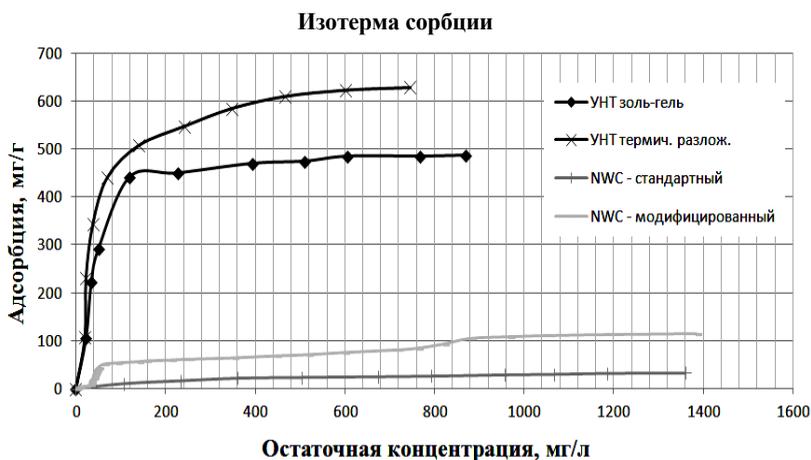


Рис. 2. Сравнительные изотермы сорбции по органическим загрязнителям

последующей работы основана на исследовании адсорбционной способности стандартных и модифицированных поглотителей по отношению к ионам Co^{2+} .

Рабочей средой являлись водные растворы нитрата кобальта ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Начальная концентрация ионов Co^{2+} составляла $0,172 \dots 1,856 \text{ M}$.

Изучение адсорбции ионов тяжелых металлов проводили в статических условиях описанным выше способом. Концентрация определялась спектрофотометрически при длине волны 590 nm .

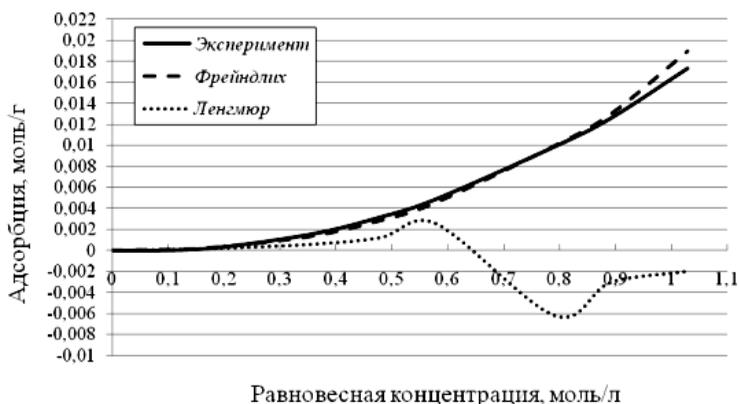


Рис. 3. Экспериментальная и теоретические изотермы сорбции ионов Co^{2+} на стандартном кокосовом угле

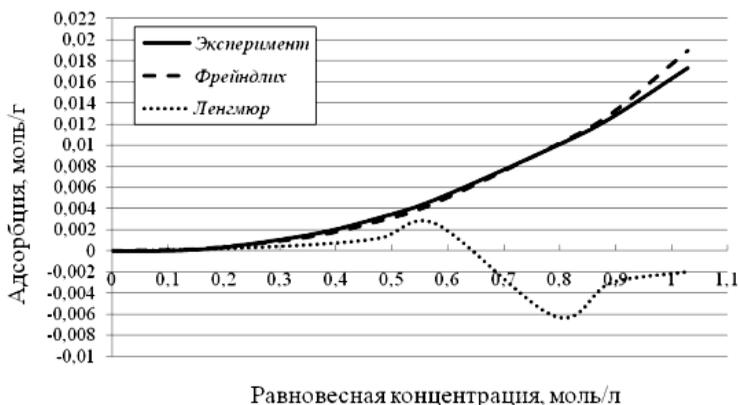


Рис. 4. Экспериментальная и теоретические изотермы сорбции ионов на модифицированном кокосовом угле

Анализ эффективности исследуемых поглотителей наглядно показал положительное влияние наноуглеродного модифицирования на сорбционную способность активированного угля. Наномодифицированные образцы обладают в два раза большей сорбционной емкостью по органическим соединениям, а по ионам Co^{2+} – наблюдаем увеличение активности на 30% по сравнению со стандартными материалами.

Список литературы

1. *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.
2. *Физико-химические основы пиролитического синтеза комплексных сорбентов, модифицированных наноуглеродом* / А. Е. Бураков, И. В. Романцова, А. Е. Кучерова, А. В. Бабкин, Е. А. Нескоромная, З. К. Кашевич // Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности. – 2015. – С. 45.
3. *Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники* / Н. В. Кельцев. – М. : Химия, 1976. – 511 с.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ГТТУ»*

УДК 66-963:67.02

*В. Л. Полуэктов**

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ТВЕРДОФАЗНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ

Необходимым критерием для развития современного материаловедения является создание новых материалов, в нашем случае это системы на основе полимеров, которые позволят получать полуфабрикаты и готовые изделия требуемого качества в соответствии с международными стандартами. В связи с чем, целью данного проекта является разработка технологии получения нового класса композиционных полимерных материалов конструкционного и функционального назначения и изделий на их основе в условиях комбинированной твердофазной экструзии.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой 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, профессора Г. С. Баронина.

В общеизвестных методах переработки полимерных материалов используется энергоемкая стадия расплава материала и весьма длительная операция охлаждения в форме, что серьезно снижает производительность и увеличивает энергоемкость производства, ведущее к завышению себестоимости конечных изделий. Твердофазные технологии переработки полимеров, основанные на развитии направленной пластической деформации материала под действием высокого гидростатического давления, являются технологиями будущего, так как относятся к энерго- и ресурсосберегающим методам производства [1].

В рамках настоящей работы приведены результаты исследований реализации комбинированной твердофазной экструзии фторполимерных молекулярных композитов. Процесс твердофазной обработки полимерных композитов осуществлялся на специально изготовленной экспериментальной ячейке, с загрузочной камерой диаметром 5 мм и набором сменных фильер с различной степенью деформации материала при температуре ниже температуры плавления. Ячейка представлена на рис. 1 и состоит из пуансона (1), матрицы (2), заготовки полимерного материала (3), фильеры (4).

В качестве объекта исследования использовали политетрафторэтилен (ПТФЭ, ГОСТ 10007–08) в виде порошка. Модифицирующей добавкой служил продукт, полученный перегонкой шихты ПТФЭ 97% масс и $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ 63% масс при температуре 575 °С с последующей десублимацией раствором аммиака – композит ПТФЭ с TiO_2 (ТФП) и продукт, полученный путем посадки на микрочастицы фторполимерных порошков наноразмерных кобальтсодержащих кластеров (КоФП) [2].

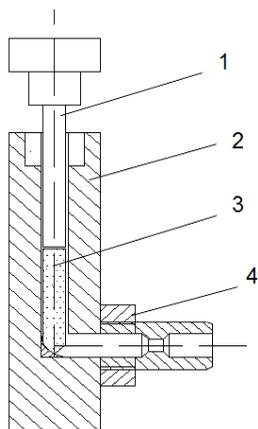


Рис. 1. Схема экспериментальной ячейки для комбинированной экструзии полимерных материалов:

1 – пуансон; 2 – матрица;
3 – заготовка полимерного материала; 4 – фильера [2]

Образцами послужили полученные монолитные прутки цилиндрического сечения диаметром 5 мм и длиной 20 мм. Системы (ПТФЭ + ТФП) были получены в результате смешения порошкообразного ПТФЭ с наноразмерным наполнителем с последующим таблетированием и спеканием полученных заготовок.

**1. Величины разрушающего напряжения
в условиях среза полимерного композита ПТФЭ + ТФП
в зависимости от содержания наполнителя переработанных
комбинированной экструзией и жидкофазной технологией**

Содержание масс. части (ТФП, КоФП)	Прочность на срез $\sigma_{ср}$, МПа			
	Жидкофазная технология		Комбинированная твердофазная экструзия	
	ПТФЭ + ТФП	ПТФЭ + + КоФП	ПТФЭ + ТФП	ПТФЭ + + КоФП
0	16,4	16,4	21,1	21,1
0,05	12,7	14,1	22,8	46
0,1	10,8	14,5	24,9	40
0,5	11,3	14,6	20,3	46
1	12,5	14,9	20,1	39
5	11,6	14,5	19,5	35

Работа по оценке прочностных показателей в условиях срезающих напряжений сравниваемых модифицированных и исходных образцов политетрафторэтилена, обработанных комбинированной экструзией, была проведена на машине УТС 101-5 (ГОСТ 17302–71).

В таблице 1 представлены данные изменения величины разрушающего напряжения в условиях поперечного среза исходных и модифицированных образцов на основе политетрафторэтилена. По полученным экспериментальным данным отмечена степень влияния вносимой добавки и предлагаемой обработки на прочность заготовок в условиях срезающих напряжений. К примеру, у композита ПТФЭ + 0,1 м. ч. ТФП $\sigma_{ср}$ превышает более чем в 2 раза характеристики образцов, переработанных жидкофазной технологией или твердофазной плунжерной экструзией. Для композита ПТФЭ + 0,05 м. ч. КоФП отмечена та же тенденция, где аналогичные характеристики $\sigma_{ср}$ повышаются в 3 раза в сравнении с исходным материалом и образцами, полученными в режиме жидкофазной технологии [3].

Экспериментально установлено, что образцы после комбинированной твердофазной экструзии, обладают более высокими значениями твердости, деформационной теплостойкости, прочности в условиях срезающих напряжений, снижения уровня остаточных напряжений по сравнению с аналогичными образцами, переработанными по жидкофазной технологии [3]. При разработке новых методов твердофазной технологии в дальнейшем планируется адаптировать комбинированный способ и устройство переработки полимерных материалов при

получении заготовок и изделий к условиям современного производства с целью уменьшения общей трудоемкости изготовления и повышения эксплуатационных показателей [1].

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

Список литературы

1. *Полуэктов, В. Л.* Разработка технологии переработки полимеров и композитов в условиях комбинированной твердофазной экструзии / В. Л. Полуэктов // Современные предпосылки развития инновационной экономики : II-я Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В. – 2014. – С. 12 – 14.

2. *Полуэктов, В. Л.* Особенности комбинированной твердофазной экструзии фторполимерных молекулярных композитов / В. Л. Полуэктов Г. С. Баронин // Вестник Тамбовского государственного университета им. Г. Р. Державина. – 2013. – Т. 18. – Вып. 4. – С. 1978 – 1980.

3. *Особенности* технологии комбинированной твердофазной экструзии, формирования структуры и свойств нанокompозитов на основе фторполимеров / В. Л. Полуэктов, В. М. Бузник, Г. С. Баронин, В. В. Худяков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 564 – 572.

*Научно-образовательный центр «Твердофазные технологии»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 691.175.579.222.2(075)

*О. С. Примеров, Я. Н. Татарникова**

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ ИЗ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ТБО

В наши дни существует тенденция развития и совершенствования технологий. Некоторое время назад традиционные материалы практически заполняли рынок, но время не стоит на месте. На смену традиционным материалам пришли более совершенные материалы, которые проложили путь во все отрасли промышленности.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы технологической безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора П. С. Беляева.

Перспективы развития композитных материалов весьма велики и вызваны они, в первую очередь, необходимостью совершенствования традиционных материалов для строительства. Использование полимерных отходов в качестве сырья позволяет значительно снизить себестоимость продукта, а также частично решает проблему утилизации отходов полимеров, которые наносят вред окружающей среде [1 – 3].

В связи с развитием города, для его благоустройства стали широко применять тротуарную плитку, которая имеет эстетический вид и отвечает всем эксплуатационным свойствам. В настоящее время тротуарную плитку производят вибропрессованием и вибролитьем из бетона. Данные технологии имеют ряд недостатков: так, плитка, полученная такими методами, подвергается выкрашиванию, растрескиванию, имеет высокие показатели истираемости и влагопоглощения (табл. 1).

Применение композитных материалов сегодня – хорошая возможность сократить расходы на текущее обслуживание тротуаров, дорожек и прогулочных зон в местах общественного пользования.

1. Сравнительная характеристика тротуарной плитки из различных материалов

Свойства	Сравнительные характеристики		
	Бетонная вибролитая плитка	Бетонная вибропрессованная плитка	Композиционная плитка
Средняя плотность, кг/м ³	2350...2400	2200...2400	1501
Массовое водопоглощение	4...4,5	5,5...6,5	0,54
Прочность при сжатии, МПа	40...50	40	19,5
Прочность при изгибе, МПа	6,0...7,0	5,0...5,5	23,8
Морозостойкость, циклы	300...400	200...300	Более 100
Истираемость, г/см ²	0,3...0,4	0,5...0,7	0,1
Цена, руб. /1 м ²	320...520	370...545	390

Однако люди, заблуждаясь о ценовой категории композиционной плитки, ошибочно полагают, что она более дорогая по сравнению с цементно-песчаной плиткой. Так же стоит отметить немаловажные качества композитной плитки – надежность, практичность, долговечность и прочность. Композиционная тротуарная плитка может полностью заменить цементно-песчаную в силу своих уникальных качеств:

1. Более длительный срок годности изделия. Как правило, средний срок эксплуатации плитки может составлять около 25 лет.

2. Композитная плитка имеет более высокие свойства водопоглощения и морозостойчивости. Если строительное изделие впитывает воду, то в результате температурных перепадов образуются микротрещины, которые будут способствовать деформации плитки. Особенности композитной плитки позволяют избежать подобного разрушения, поскольку водопоглощение составляет не более 0,8%.

3. Более высокие показатели прочности и пластичности композитного изделия. Подобный строительный материал не трескается и не колется, что уменьшает количество отходов при укладке изделия, его транспортировке и эксплуатации.

4. Изделие обладает небольшим весом, что позволяет ее транспортировать без дополнительных финансовых затрат и легко осуществлять монтаж. Плитка может использоваться для укладки кровли или в междуэтажном перекрытии.

5. Имеет более низкие показатели теплопроводности, что делает композит гидрофобным – не удерживает на поверхности плитки лед и снег. Уменьшает необходимость применения химических реагентов, вследствие чего увеличивается срок службы обуви и автопокрышек.

6. Материалы, используемые при изготовлении плитки, обеспечивают высокие показатели сцепления обуви и автопокрышек с поверхностью изделия.

7. Композитная плитка обладает кислотостойкостью и маслостойкостью. В таком изделии присутствует минимальный риск появления грибка или плесени.

8. Более технологична. Укладку композитной плитки можно делать разными вариантами. При выполнении работ применяют ручной метод укладки или специалисты используют плитокладочную машину. Наличие иных приспособлений в работе позволяет быстро обработать элементы плитки, а именно, обрезать, просверлить или фрезеровать изделие и тому подобное.

9. Композитная плитка является экологически чистым материалом. Например, асфальтовое покрытие при высоком нагревании начинает выделять канцерогенные вещества, которые наносят вред внешней среде. Данная плитка может только образовывать цементную

пыль. Изделие при высокой температуре не перегревается и не смягчается, что позволяет сохранить первоначальные свойства изделия [4].

10. Подобное изделие легко ремонтировать – образует меньший процент отходов при демонтаже. Плитку можно временно демонтировать для укладки разных коммуникаций.

11. Изделие имеет красивый и эстетичный вид, что определяется широкой цветовой гаммой материала. Со временем оттенок плитки не теряется, а само изделие имеет разные формы и геометрию, что позволяет создавать разные вариации дорожек, оформления площадок и т.д.

Факты, приведенные выше, позволяют сделать вывод, что композиционная тротуарная плитка – отличный материал для городского благоустройства.

Композитная тротуарная плитка хорошо сопротивляется воздействию кислот и щелочей, сохраняет свой цвет на солнце и позволяет сконструировать систему водоотвода. Она более экологична и обладает сравнительно высоким запасом прочности. Цементно-песчаная декоративная тротуарная плитка выходит из строя в среднем через 7 лет активной эксплуатации, композитная плитка может без замены пролежать более длительный срок – около 25 лет, при подготовке соответствующего основания.

Стоимость композиционной плитки не превышает стоимость цементно-песчаной за счет меньшего расхода материалов и повышенной прочности.

Очевидно, что использование композитной плитки в городском благоустройстве существенно повысит эстетичность и безопасность тротуаров и аллей, а также сократит расходы на их содержание.

Таким образом, перспективность замены стандартных материалов композитами в некоторых областях очевидна и необходима.

Уже сейчас маленькие фирмы и физические лица, проведя анализ рынка и сопоставив технические характеристики, делают выбор в пользу композитных материалов при обустройстве территории, теперь дело за городскими службами и промышленными организациями.

Список литературы

1. *Проектирование* смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А. С. Клинков, М. В. Соколов, В. Г. Однолько, П. С. Беляев. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 196 с.

2. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев,

В. К. Скуратова, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2010. – 100 с.

3. *Валковое* оборудование и технология непрерывной переработки отходов : монография / И. В. Шашков, А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 136 с.

4. <http://strport.ru/plitka/polimerpeschanaya-trotuarnaya-plitka-osobenosti-montazha>.

*Кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК.621.319.45; 544.636

*Г. В. Соломахо**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ ОТ ПРИРОДЫ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Высокопористые углеродные наноматериалы находят применение в качестве адсорбентов и электродных материалов химических источников тока. Последние должны обладать рядом характеристик для качественной работы. К таковым относят: удельную поверхность, ширину рабочих и транспортных пор, объем пор, удельную электрическую емкость и др.

В ходе научно-исследовательской работы были изготовлены высокопористые углеродные наноматериалы следующим образом:

1) смешивались фенолформальдегидная смола (далее ФФС) и углеводосодержащее вещество (использовались сахар, карбоксиметилцеллюлоза (далее КМЦ) и декстрин картофельный желтый);

2) производился 16-часовой синтез (карбонизация) смеси при температурах 140, 160 и 300 °С;

3) синтезированный продукт активировался в присутствии гидроксида калия при температуре 750 °С в течение 4...8 часов в сфере инертного газа;

4) активированный материал подвергался постобработке для удаления вредных примесей.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Н. Р. Меметова.

Характеристики каждого приготовленного высокопористого углеродного наноматериала были исследованы благодаря сотрудничеству со сторонними ВУЗами. Результаты исследований приведены в табл. 1 и 2.

Учитывая, что необходимые для качественной работы показатели пористости имеют следующие параметры (удельная поверхность 2000...3500 м²/г, размер активных пор 0,7...2 нм и 3...7 нм для водных и органических электролитов, соответственно [1]), можно сделать вывод, что все приведенные экземпляры отвечают требованиям. Но наилучшими

1. Характеристики «пористости» материалов

№	Состав	Суммарная поверхность по БЭТ, м ² /г	Средняя ширина пор, нм	Объем пор, см ³ /г	Удельная поверхность, м ² /г
S_009	(ФФС + сахар) + КОН	2692,357	1,126	2,24	1776,542
S_014	(ФФС + КМЦ) + КОН	2479,282	4,543	2,486	1609,915
S_016	(ФФС) + КОН	3240,75	1,126	1,771	2023,491
S_018	(ФФС + сахар) + КОН + H ₂ O	2470,954	3,099	1,812	1851,729
S_020	(ФФС + Декстрин) + КОН + H ₂ O	2517,465	4,152	3,069	1590,017

2. Электрохимические показатели образцов в водной среде

Образец	Удельная емкость C _{уд} , Ф/г при скорости развертки потенциала v, мВ/с				
	5	10	20	50	100
S_009	99±23	76±10	70±17	46±11	28±7
S_014	132±17	112±20	90±23	56±22	32±15
S_016	102±22	86±21	68±19	41±16	24±12
S_018	141±6	118±8	93±10	54±11	28±9
S_020	191±4	173±4	154±5	122±7	93±7

оказались образцы, приготовленные из смеси ФФС и КМЦ и смеси ФФС и декстрина (табл. 1). Данные характеристики были получены на аппарате типа «Сорбтометр» промышленного типа «Quantachrome 4200».

Дальнейшие исследования электрохимических свойств на предприятии ОАО ВСКБ «Рикон» принесли результаты, сведенные в табл. 2 и 3. В качестве электролитов использовались 3 М раствор серной кислоты H_2SO_4 и 1 М раствор тетраэтиламмония тетрафторбората в ацетонитриле (содержание воды < 10 ppm).

Исходя из известных теоретически-возможных показателей удельной емкости (до 250 Ф/г в водном электролите и до 130 Ф/г – в органическом [2]), можно сказать, что в кислой среде все углеродные материалы демонстрируют большие значения удельной емкости. При увеличении скорости развертки потенциала от 5 до 100 мВ/с материал S_020 теряет всего 40% емкости, в то время как остальные углеродные материалы теряют 60...80% емкости. Так же образец S_020 имеет минимальное электрическое сопротивление, а образец S_018 – максимальное.

Для показателей удельной емкости, полученных в органическом электролите, наблюдается более сильное искажение при увеличении скорости развертки потенциала, что может быть связано с большими транспортными ограничениями для крупных органических ионов. Образец S_009 демонстрирует худшие результаты по удельной емкости (что, возможно, связано с микро- и ультрамикropористой структурой углеродного материала).

Напротив, образцы S_014 и S_020 показывают довольно высокие значения удельной емкости, что, возможно, может быть связано с упорядоченной мезопористой структурой.

3. Электрохимические показатели образцов в органической среде

Образец	Удельная емкость $C_{уд}$, Ф/г при скорости развертки потенциала v , мВ/с				
	5	10	20	50	100
S_009	15±0	12±1	10±1	7±1	5±1
S_014	51±4	45±4	37±4	20±4	9±2
S_016	36±1	31±2	25±2	14±3	7±2
S_018	54±2	47±3	37±4	18±4	8±2
S_020	95±3	86±4	64±16	38±9	18±4

Из всего вышесказанного следует, что на данном этапе исследований наилучшими углеводсодержащими материалами для карбонизации и активации являются декстрин картофельный желтый и карбоксиметилцеллюлоза.

Для подтверждения этих результатов и перехода на промышленное производство высокопористых углеродных материалов для электрохимических конденсаторов необходимо провести больше лабораторных исследований, а главное – проверить технологию в опытно-промышленных масштабах.

Список литературы

1. *Концентрационные* эффекты электропроводящих наполнителей в углеродных электродах электрохимического конденсатора / М. Ю. Чайка, В. В. Агупов, В. С. Горшков и др. // Электрохимическая энергетика. – Воронеж, 2012. – Т. 12, № 2. – С. 72 – 76.
2. *Шорникова, О. Н.* Связующие для полимерных композиционных материалов : учебное пособие / О. Н. Шорникова, Н. В. Максимова, В. В. Авдеев. – М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010. – С. 9 – 12.

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

УДК 66-963:67.02

*А. В. Фирсова, Н. В. Воронин**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ

В настоящее время имеется необходимость в новых надежных и долговечных кровельных материалах.

Полимерная черепица – достаточно новый и пока малораспространенный материал. Но его популярность растет с каждым годом благодаря замечательным эксплуатационным качествам. Главные среди них – ударопрочность, низкая теплопроводность, хорошие звукоизолирующие свойства, минимальное водопоглощение, высокая морозостойкость, антистатичность, химическая и биологическая стойкость. По некоторым из них она даже превосходит натуральную черепицу, керамическую и бетонную.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Д. О. Завражина.

Целью работы является разработка технологии производства полимерной черепицы.

В качестве сырья для производства полимерной черепицы используются полимеры, красители, а также специальные добавки, повышающие стойкость к воздействию огня и ультрафиолета или готовые полимерные листы с нужными свойствами. Уникальная особенность материала – возможность его производства из вторичного сырья, т.е. бывшего в употреблении пластика (полиэтиленовая пленка, пластиковые бутылки и пр.). Это позволяет решать не только задачи наполнения рынка качественными и недорогими строительными материалами, но и проблемы утилизации отходов и улучшения экологической ситуации.

Еще одна особенность рынка – отсутствие импортной продукции (возить черепицу из стран СНГ невыгодно, а в Европе материал вообще практически не известен).

Предлагаемая технология пластического деформирования обеспечивает производство более прочных и износостойких элементов кровли (черепица). Технологический процесс выглядит следующим образом: готовые полимерные листы с заданными свойствами помещаются в пресс-формы.

Как известно, при вторичной переработке полимерных материалов наблюдается разрушение молекулярной структуры полимеров, что ведет к снижению ряда эксплуатационных характеристик конечного изделия, в том числе, прочностных. Новая технология позволяет повысить качество готовой продукции, брак составляет 2...3%, что намного ниже, чем при применении традиционных методов.

Предложенный технологический процесс относится к ресурсосберегающим методам, так как сокращаются отходы производства.

Предварительные исследования указывают на повышение физико-механических характеристик перерабатываемых материалов, что позволяет использовать вторичные полимеры в более агрессивных условиях [2, 3].

В качестве объекта исследования использовали полиэтилен высокой плотности низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338–85).

В качестве модифицирующей добавки используется технический углерод (сажа) марки К-354 (ГОСТ 7885–86).

В качестве заготовок использовали прутки диаметром 0,005 м и длиной 0,015 м, полученные жидкофазным формованием (ЖФ).

Опыты по твердофазной экструзии (ТФЭ) проводили на экспериментальной установке типа капиллярного вискозиметра с загрузочной камерой диаметром 0,005 м и экструзионным отношением $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$.

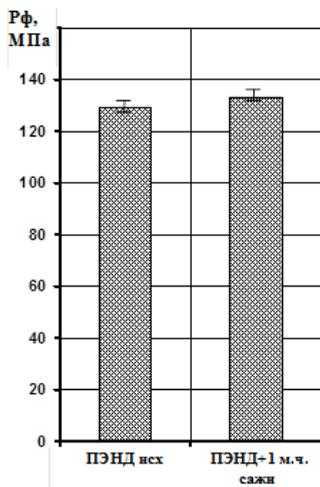


Рис. 1. Сравнительная диаграмма необходимого давления формирования P_f модифицированных материалов на основе ПЭНД.
 $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$, $T_{\text{экс}} = 298$ К

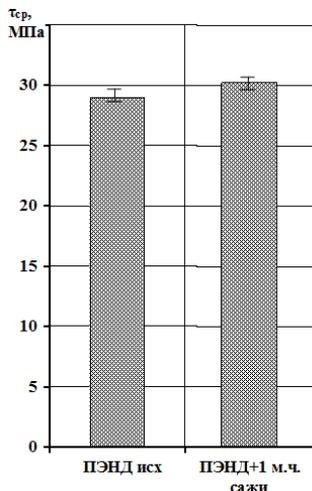


Рис. 2. Диаграмма изменения прочностных характеристик модифицированных материалов на основе ПЭНД в условиях срезающих напряжений $\tau_{\text{ср}}$ в зависимости от времени СВЧ-обработки композиций, полученных жидкофазной экструзией и прошедших твердофазное формование при $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$, $T_{\text{экс}} = 298$ К

При оценке прочностных показателей в условиях срезающих напряжений после обработки по заданной методике показано повышение прочностных характеристик материала до 30% в направлении, перпендикулярном ориентации в режиме ТФЭ (рис. 2).

Для полимер-углеродных нанокомпозитов на основе ПЭНД, прошедших твердофазное формование, отмечено резкое снижение относительного удлинения при разрыве. Внесение углеродных модификаторов, вероятно, приводит к разрыхлению структуры полимерной матрицы с одновременным снижением эластичности материала. Однако, в результате модификации материала значительно повышаются его прочностные характеристики (табл. 1).

Для осуществления процесса листовой штамповки можно использовать различные прессы. Для листовой штамповки термопластов подходят не только механические или гидравлические прессы, но и специальные машины-автоматы, которые применяются для штамповки алюминиевой тары. При этом используются формы с несколько измененной конструкцией, чем формы для металла.

1. Сравнительные механические характеристики исходного и модифицированного ПЭНД

	Предел текучести σ_t , МПа	Предел прочности при разрыве σ_p , МПа	Относительное удлинение при разрыве ϵ_p , %	Модуль упругости E , МПа
ПЭНД исх., ЖФ	23,122	14,722	3385,7	4,934
ПЭНД исх., ТФ	33,09	25,195	4935,6	5,968
ПЭНД + 1 масс. част. сажи, ТФ	37,87	37,87	2763,1	5,237

Экономическая эффективность листовой штамповки термопластов в твердой фазе заключается в коротком цикле формования, в малой разнотолщинности штампуемых изделий и в возможности получать заготовки для штамповки с малыми затратами.

Работа выполнена при поддержке ведущей научной школы РФ (НШ-2411.2014.3).

Список литературы

1. *Завражин, Д. О.* Экономические преимущества использования твердофазной технологии при производстве изделий из полимеров и композитов / Д. О. Завражин, Г. С. Баронин, К. В. Завражина // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В. И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 345–346.
2. *Твердофазная обработка давлением полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена* / К. В. Шапкин, С. А. Иванов, Д. О. Завражин и др. // Перспективные материалы. – 2011. – № 11. – С. 455 – 461.
3. *Сравнительные молекулярно-релаксационные и структурно-механические характеристики композитов на основе СВМПЭ* / Г. С. Баронин, А. М. Столин, Д. О. Завражин и др. // Химическая технология. – 2009. – Т. 10, № 1. – С. 16 – 21.
4. *Влияние СВЧ-излучения на формирование структурно-механических свойств модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной экструзии* / Г. С. Баронин, Д. О. Завражин, А. Г. Попов, М. С. Толстых // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия. Математика. Физика. – 2011. – Т. 23, № 11. – С. 123 – 128.

Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

Ю. В. Чернопятова, И. В. Аносова

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИАНИЛИНОМ

В последнее время интенсивно растет спрос на портативные источники тока. В связи с этим увеличивается необходимость получения новых электропроводящих материалов. Активно ведутся разработки таких материалов на основе углеродных нанотрубок (УНТ), модифицированных проводящим полимером, например, полианилином (ПАНИ). Перспективно использование таких материалов в суперконденсаторах и псевдоконденсаторах, сенсорах и солнечных батареях, топливных и энергосберегающих элементах [1, 2]. Сочетание УНТ с полианилином ПАНИ позволяет получать композиты с высокими физико-механическими характеристиками и уникальными электропроводящими свойствами, которые достигаются за счет окислительно-восстановительных превращений полимера.

Главной задачей проведенного исследования было изучение влияния способа предварительной функционализации УНТ на кинетику процесса синтеза композита ПАНИ/УНТ и свойства получаемого материала.

В работе использованы нативные и функционализированные углеродные нанотрубки серии «Таунит-М» производства «Нанотех-центр» (г. Тамбов, Россия). Функционализацию УНТ осуществляли окислением в парах перекиси водорода и в парах азотной кислоты, жидкофазным окислением концентрированной азотной кислотой, газофазным амидированием.

Нанесение полианилинового покрытия на поверхность УНТ осуществляли методом окислительной полимеризации анилина в кислой среде под действием окислителя. Для этого углеродные нанотрубки ультразвуком распределяли в дистиллированной воде с применением установки «IL-10», затем добавляли концентрированную соляную кислоту (х.ч.) в количестве, необходимом для начального уровня pH, равном 1, и анилин (ч.д.а). Реакция проводилась в криотермостате (температура термостагирования – 18,5 °С). Затем к смеси добавляли концентрированный раствор персульфата аммония. Перемешивание осуществляли в течение 2 часов. С момента подачи окислителя с помощью иономера И-500 фиксировали изменения температуры и кислотности среды. Полученный композит ПАНИ/УНТ отфильтровыва-

ли, промывали последовательно дистиллированной водой до исчезновения окраски фильтрата и изопропиловым спиртом для удаления олигомерных продуктов реакции. Готовый материал высушивали при температуре 80 °С до постоянной массы.

Были рассчитаны содержание полианилина в композите ПАНИ/УНТ и его выход от теоретически возможного. Для образцов была определена удельная поверхность по адсорбции азота методом БЭТ. Удельное электрическое сопротивление измерялось для порошка ПАНИ/УНТ, сжатого в стеклянной трубке между стальными пуансонами, под давлением 10 и 20 МПа.

На рисунке 1 представлены температурные профили реакции окислительной полимеризации анилина на поверхности УНТ. Наименьшая температура в точке максимума наблюдается в случае использования исходных УНТ (рис. 1, кривая 1). Наибольший тепловой эффект наблюдается при осаждении ПАНИ на УНТ, окисленные концентрированной азотной кислотой (рис. 1, кривая 4).

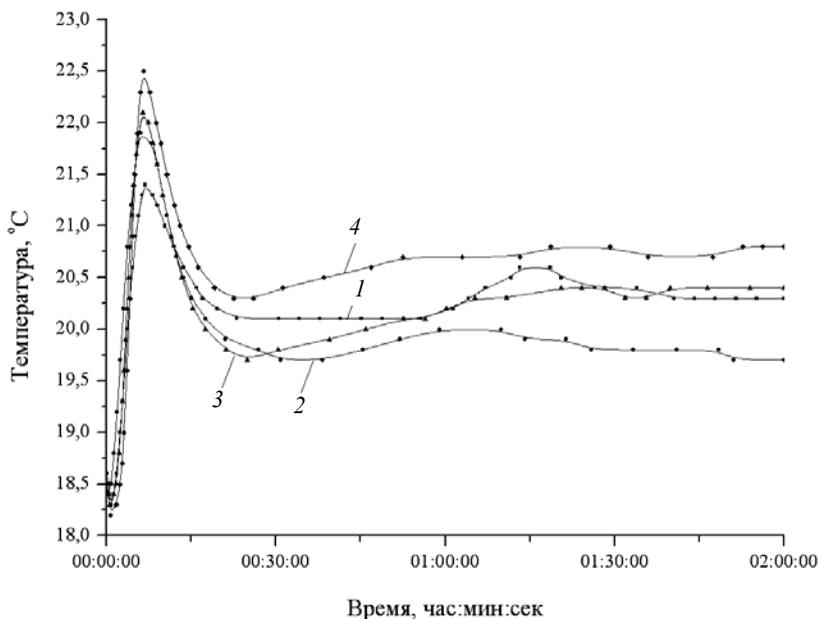


Рис. 1. Температурные профили реакции окислительной полимеризации анилина в присутствии нативных (1), предварительно окисленных в парах перекиси водорода (2), в парах азотной кислоты (3), окисленных концентрированной азотной кислотой (4) УНТ «Таунит-М»

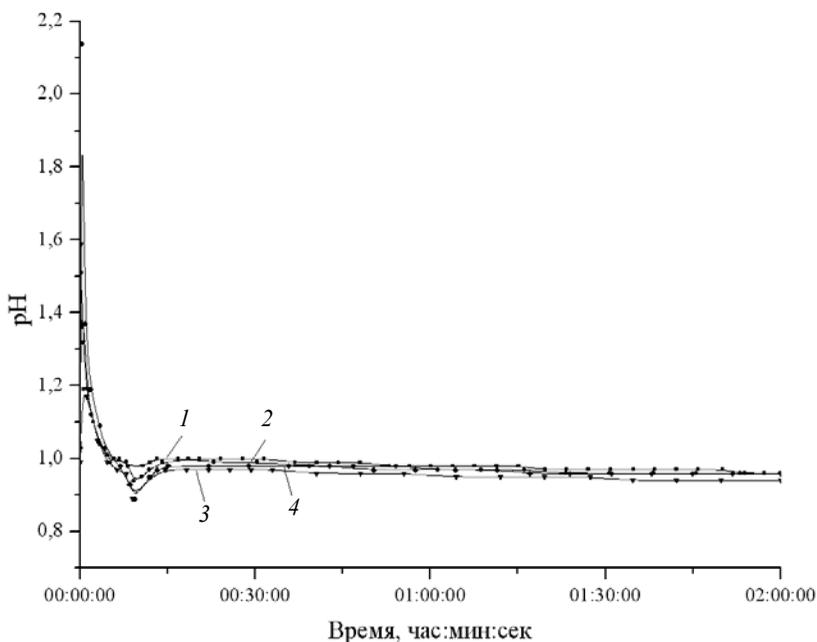


Рис. 2. Изменение pH в ходе реакции окислительной полимеризации анилина в присутствии нативных (1) и предварительно окисленных в парах перекиси водорода (2), в парах азотной кислоты (3), окисленных концентрированной азотной кислотой (4) УНТ «Таунит-М»

На рисунке 2 приведены кривые изменения pH в ходе процесса синтеза композитов ПАНИ/УНТ. Реакция идет в направлении снижения pH, так как продуктами реакции являются сильные кислоты. Стоит отметить, что между скоростями достижения максимальной температуры и минимального pH наблюдается корреляция (рис. 1 и 2).

Для полученных композитов были рассчитаны выход и содержание полианилина. Наибольший выход наблюдается при осаждении полимера на поверхность исходных нефункционализированных УНТ. Минимальный выход ПАНИ зафиксирован при использовании УНТ, окисленных концентрированных азотной кислотой (табл. 1).

Данные о величине удельного электрического сопротивления в зависимости от компактирующего давления приведены в табл. 1. Лучшими электропроводящими свойствами обладают композиты на основе углеродных нанотрубок, окисленных в парах перекиси водорода.

**1. Выход и содержание полианилина
в композитах ПАНИ/УНТ «Таунит-М», %**

Способ функционализации УНТ	Выход ПАНИ, %	Содержание ПАНИ, %	Компактирующее давление, МПа	
			10	20
			Удельное электрическое сопротивление, Ом·см	
–	93,35	83,55	5,14	2,95
Окисление в парах перекиси водорода	89,75	83	2,8	1,89
Окисление в парах азотной кислоты	82,88	81,85	5,7	4,3
Окисление концентрированной азотной кислотой	91,81	83,32	3,57	2,57

Сведения о морфологии полученных материалов дает изучение их удельной поверхности $S_{уд}$ (табл. 2). Полианилин обладает довольно высокой удельной поверхностью (47,923...47,925 м²/г). Максимальную удельную поверхность показывают образцы композитов с нативными углеродными нанотрубками (256,324...255,271 м²/г). Для углеродных нанотрубок, окисленных в парах азотной кислоты, выявлено минимальное увеличение $S_{уд}$ (90,997...96,480 м²/г).

2. Удельная поверхность ПАНИ и композитов ПАНИ/УНТ

Материал	Одноточечный метод БЭТ, м ² /г	Многоточечный метод БЭТ, м ² /г
ПАНИ	47,923	47,925
ПАНИ/исходные УНТ	256,324	255,271
ПАНИ/УНТ, окисленные в парах перекиси водорода	121,701	122,547
ПАНИ/УНТ, окисленные в парах азотной кислоты	90,997	96,480
ПАНИ/УНТ, окисленные концентрированной азотной кислотой	172,332	170,453

Список литературы

1. Kim, K.-S. Synthesis of Microporous Carbon Nanotubes by Templating Method and their High Electrochemical Performance / K.-S. Kim, S.-J. Park // *Electrochimica Acta*. – 2012. – V. 78. – P. 147 – 153.
2. Carbon Nanotube (CNT)-based Composites as Electrode Material for Rechargeable Li-ion Batteries: A review / X.-M. Liu, Zh. Huang, S. Oh, B. Zhang, P.-Ch. Ma, M.M.F. Yuen, J.-K. Kim // *Composites Science and Technology*. – 2012. – V. 72. – P. 121 – 144.

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

УДК 699.231.3

А. В. Щегольков, А. А. Попова*

СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯЦИИ ДЛЯ ТЕПЛИЦ НА ОСНОВЕ АЦЕТАТА НАТРИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО ГРАФЕНОМ

Тепловые аккумуляторы (ТА) находят широкое применение в системах энергосбережения, особенно в технологических процессах, использующих большое количество тепла [1]. К таким технологиям относится выращивание различной растительной продукции в теплицах. В этом случае тепловые аккумуляторы могут быть использованы в качестве устройств накопления тепловой энергии от солнечных коллекторов, тепловых насосов и вспомогательных отопительных устройств, а также регулирования температурных режимов в теплицах.

Особенностью создания тепловых аккумуляторов для теплиц является необходимость накопления большого количества тепловой энергии с последующей контролируемой отдачей для обеспечения требуемых температурных режимов.

В этом отношении актуальна разработка таких тепловых аккумуляторов, позволяющих накапливать и хранить энергию без существенных потерь в окружающую среду в течение длительного времени [2].

Долговременное хранение тепловой энергии возможно в водно-солевых смесях, к примеру, в ацетате натрия (АН), который при кристаллизации выделяет теплоту и имеет два устойчивых состояния:

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. В. Щеголькова.

жидкое и твердое. В жидком состоянии ацетат натрия, модифицированный графеном, обеспечивает возможность длительного хранения энергии при температуре, соответствующей температуре окружающей среды. Тепловыделения в материале возможно контролировать, инициируя в нужный момент кристаллизацию путем механического воздействия.

Экспериментальные исследования, проведенные методом термографии образца АН, модифицированного графеном [3], масса которого составляла 2 кг, показали его работоспособность в циклах заряда (накопления тепла) и разряда (отдачи тепла). В ходе эксперимента было проведено 277 циклов заряда и разряда, при которых деградация характеристик АН с графеном не превысила 40%.

При этом немодифицированный АН теряет более 60% эффективности накопления теплоты через 12 – 20 циклов заряда-разряда.

Для вспомогательного источника тепловой энергии возможно использование солнечных коллекторов и тепловых насосов различной конструкции, а также отопительных устройств.

Структура системы теплоаккумуляции для теплиц представлена на рис. 1.

На рисунке 2 представлена система теплоаккумуляции и энергообеспечения теплицы на основе тепловых аккумуляторов 3 и солнечного коллектора 1. Система работает следующим образом: теплота, получаемая от солнечных коллекторов 1 и внутренних тепловых аккумуляторов 3, накапливается в общем тепловом аккумуляторе 4, который в общем случае представляет собой элементы конструкции и может иметь требуемую форму, обеспечивающую размещение на различных уровнях теплицы. Теплообмен между отдельными элементами теплового аккумулятора осуществляется с помощью тепловых труб.

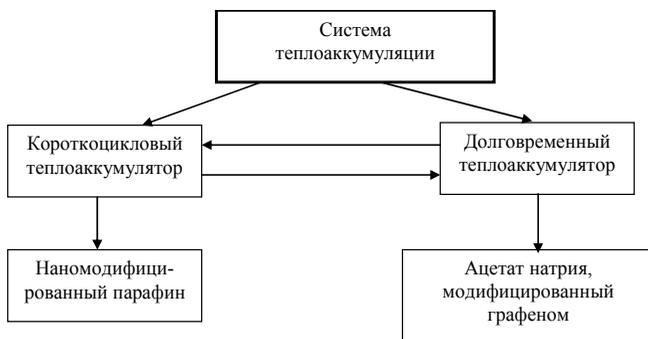


Рис. 1. Структура системы теплоаккумуляции для теплиц

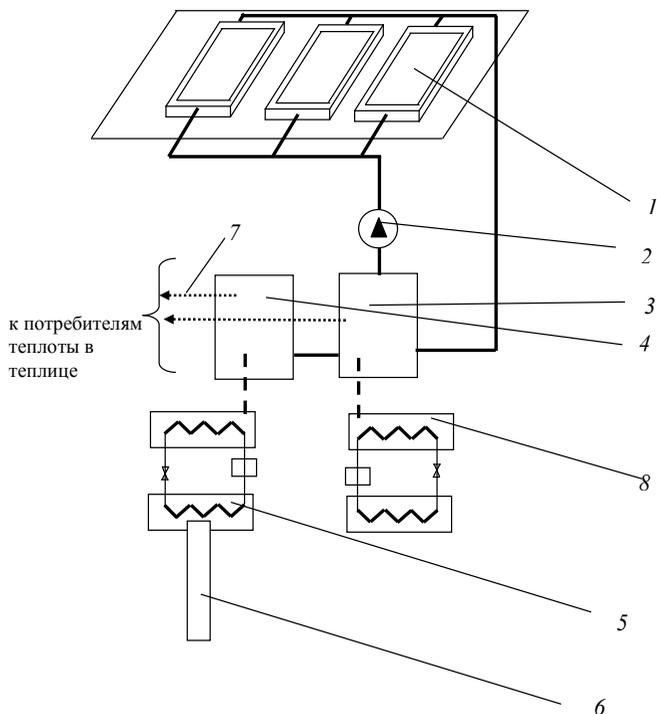


Рис. 2. Система теплоаккумуляции и энергообеспечения теплицы:

- 1 – солнечный коллектор; 2 – насос подачи теплоносителя;
 3 – тепловой аккумулятор первого контура; 4 – общий тепловой аккумулятор;
 5 – 1-й тепловой насос; 6 – система для использования геотермальной энергии;
 7 – тепловая труба; 8 – 2-й тепловой насос

На рисунке 3 показан общий вид теплоаккумулирующего модуля. В состав теплоаккумулирующего модуля входят элементы, позволяющие осуществить короткоцикловую теплоаккумуляцию 3 (наномодифицированный парафин) и элементы, предназначенные для долговременного накопления теплоты 2 (ацетат натрия, модифицированный графеном).

Представленная система теплоаккумуляции базируется на использовании материалов и технических устройств, ориентированных на массовое производство, а наличие лабораторного оборудования в ООО «НаноТехЦентр» и ООО «ЭнергоНаноТех» позволяет адаптировать представленную систему для различных типов теплиц на территории РФ и других стран.

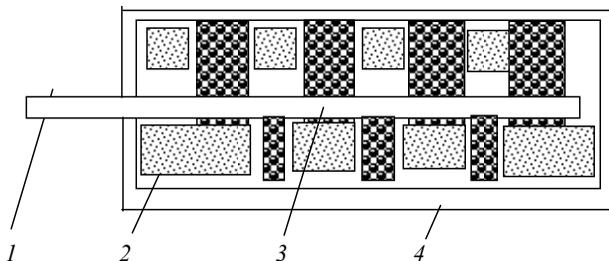


Рис. 3. Теплоаккумулирующий модуль:

1 – тепловая труба; 2 – теплоаккумулирующий слой ацетата натрия (долговременный накопитель); 3 – теплоаккумулирующий слой наномодифицированного парафина (короткоцикловый накопитель); 4 – корпус устройства

Список литературы

1. Васильев, Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли : монография / Г. П. Васильев. – М. : Граница, 2006. – 173 с.
2. Бекман, Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гири. – М. : Мир, 1987. – 272 с.
3. Чернозатонский, Л. А. Новые наноструктуры на основе графена: физико-химические свойства и приложения / Л. А. Чернозатонский, П. Б. Сорокин, А. А. Артюх // Успехи химии. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 251 – 279.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 53.082

*В. С. Ягубов**

ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАФЕНОВЫХ ПАСТ И НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ

Более 10 лет кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов» Тамбовского государственного технического университета занимается исследованием методов получения углеродных наномате-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. А. Пасько.

риалов: углеродных нанотрубок, графена и других наноструктур. Графен представляет собой двумерную аллотропную модификацию углерода, толщина которой составляет один атом. Данный материал является отличным объектом для изучения из-за его полезных свойств. В связи с этим проделаны опыты на теплофизические свойства графена, а именно, контроль теплопроводности графеновой пасты.

На кафедре была разработана установка «ТЕПЛО-ТЕСТ». Она предназначена для оперативного контроля теплофизических параметров импульсным методом. Метод заключается в создании одно-стороннего кратковременного теплового импульса на поверхности изделия и регистрации изменения температуры на этой поверхности.

На рисунке 1 представлена схема данной установки «ТЕПЛО-ТЕСТ». Она состоит из первичного преобразователя 1, предназначенного для преобразования импульса электрической энергии в тепловую и создания электрического сигнала, характеризующего изменение температуры поверхности материала изделия под воздействием теплового импульса; активного сенсора 2, который нагревает исследуемую поверхность; контроллера – для обеспечения работы зонда, первичной обработки данных, формирования теплового импульса и обеспечения связи с ПК.

На рисунке 2 показан внешний вид установки. Конструктивно установка оформлена в виде законченного измерительного модуля. Основные элементы размещены на общей платформе. Это контроллер, стойка, на которой перемещаются и фиксируются столик для образцов и измерительный зонд.

Обмен данными контроллера и ПК осуществляется через COM-порт. Запитано устройство от блока питания постоянного тока напряжением 5 В. На передней панели контроллера расположены индикаторы режимов работы измерительной системы.

На задней панели – разъемы подключения зонда и выход COM-порта.

На экране программа управления установкой отображается как показано на рис. 3.



Рис. 1. Измерительная установка

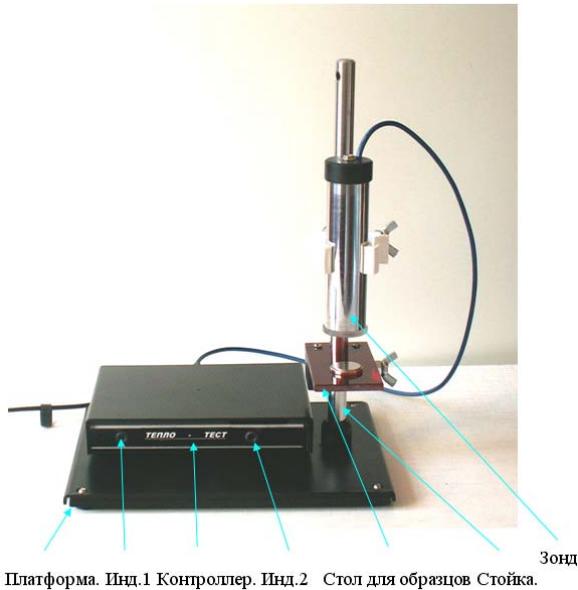


Рис. 2. Внешний вид установки

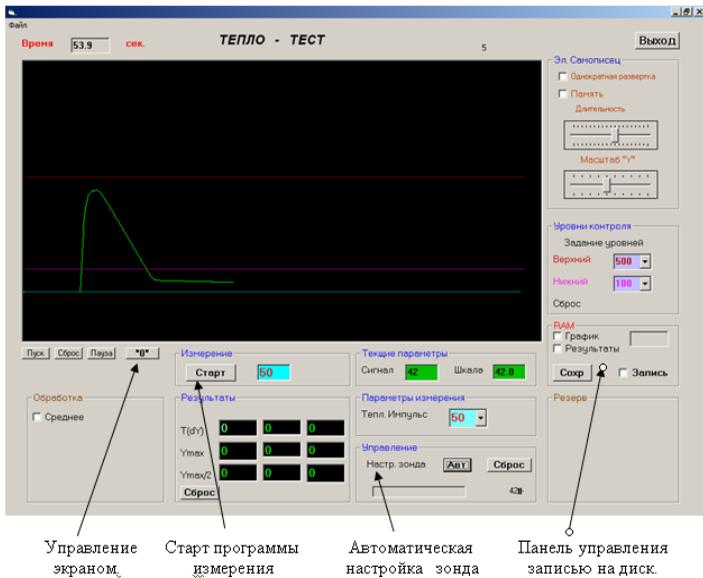


Рис. 3. Экран. Режим автоматической настройки зонда

В измерителе используется метод игольчатого зонда с импульсным источником тепла. Работа направлена на развитие этого метода. Суть метода состоит в интерпретации термограммы зонда, при импульсном (порядка 1 с) тепловом воздействии на исследуемый образец. Отличительной особенностью предлагаемого технического решения является то, что для получения термограммы температура определяется в той же точке, где был тепловой импульс.

Измерения осуществляются следующим образом. Первоначально подключают «ТЕПЛО-ТЕСТ» к СОМ-порту ПК и к сети переменного тока. Затем следует загрузить программу. После загрузки программы индикатор 1 начнет «мигать» (1/0 в соотношении 10/1), это означает – связь с ПК установлена, но если после пуска программы индикатор 1 «горит» непрерывно, то связь с ПК отсутствует. В программе нужно кликнуть по кнопке «АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА ЗОНДА». За процессом настройки можно наблюдать на шкале «прогресс» панели управления и по индикатору 1 контроллера – «мигает». Измерения проводят при установившемся тепловом равновесии между исследуемым образцом, зондом и окружающей средой, для чего устанавливают зонд на поверхность образца, подготовленного к испытаниям, и выдерживают до появления установившихся показаний. Задать программу «теплого импульса» – панель «параметры измерения», установить «уровни



Рис. 4. Результат измерения (термограмма)

контроля», очистить экран «0», «сброс». Выбрать режим работы электронного самописца. Запустить программу измерения (Старт).

Для того чтобы сохранить полученный результат, следует нажать на кнопку «Сохранить». Программа управления «ТЕПЛО-ТЕСТ» сохраняет данные в текстовый файл, к которому заранее указан путь.

Для определения теплофизических характеристик по предлагаемому методу требуется решить задачу нестационарной теплопроводности (с граничными и начальными условиями), учитывая геометрические размеры зонда, его теплофизические свойства, а также изменение температуры зонда на малых временах (начало прогрева среды зондом). Предполагается подача заявки на изобретение «Способ измерения теплофизических характеристик и устройство для его реализации».

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 664.149

*К. С. Богданова**

РАЗРАБОТКА КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Пилотные проекты, направленные на совершенствование системы организации школьного питания, реализуются в рамках политики РФ в области здорового питания населения до 2020 г. [1].

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). Все кондитерские изделия, включенные в рацион питания детей, должны содержать минимальное количество добавок, синтетических вкусоароматических веществ и консервантов.

Традиционная рецептура зефира включает: пюре яблочное, структурообразователь пектин, белок яичный, сахар, патоку [2]. Сравнивая товары, представленные на тамбовском рынке кондитерских изделий, изучая состав и ценовую категорию продуктов, можно сделать вывод о дефиците настоящего зефира, изготовленного по унифицированной рецептуре по доступной цене.

Яблочное пюре можно получать различными способами: из плодов, выжимок, которые являются отходом сокового производства, восстанавливать пюре из яблочного порошка.

Кроме того, яблочное пюре является прекрасной средой для растворения витаминов, набухания пектина, а также дополнительных рецептурных ингредиентов, например, фруктовых и овощных порошков, что позволяет обогащать изделия биологически активными веществами.

Целью исследования явилось создание продукта, богатого микроэлементами, без искусственных красителей, ароматизаторов и консервантов, со сниженной энергетической ценностью и увеличенным сроком годности для школьного питания.

Разработана технология производства зефира, предусматривающая внесение фруктового (яблоко, слива), ягодного (смородина, чер-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента П. М. Смолихиной.

ника, рябина), овощного (томат, тыква, морковь, свекла) порошка или их смеси, в количестве 10...20% от общей зефирной массы, с одновременным уменьшением эквивалентного по сухому веществу количества сахара [3]. Качественный состав порошков отличается высоким содержанием микронутриентов, что обосновывает их использование для получения функционального продукта (табл. 1).

1. Энергетическая, биологическая и пищевая ценность зефира

Показатели	Единица измерения	С добавлением 10% тыквенного порошка	С добавлением 10% смородинового порошка	Базовая рецептура
Энергетическая ценность	ккал	288,9	290,1	326
Белки	г	0,8	0,8	0,8
Жиры	г	0,1	0,1	0,1
Углеводы	г	71,2	71,5	78,8
Пектиновые вещества	г	2,0	1,0	0,8
Пищевые волокна	г	1,3	0,8	0,3
<i>Витамины</i>				
Витамин С	мг	5	20,0	0,28
Каротиноиды	мг	0,5	0,05	–
Витамин Р	мг			–
Витамин В2	мг	0,02	0,02	0,01
Витамин А	мкг	25		–
Витамин В1	мг	0,01	0,01	–
Витамин РР	мг	0,1	0,05	–
Витамин Е	мг	–	0,7	–
Витамин В9	мкг	1,5	0,6	–
Витамин В6	мг	0,01	0,05	–
Витамин В5	мг	0,04	0,5	–
Витамин Н	мкг	–	0,4	–

Показатели	Единица измерения	С добавлением 10% тыквенного порошка	С добавлением 10% смородинового порошка	Базовая рецептура
<i>Макроэлементы</i>				
Кальций	мг	11,5	12,6	9,0
Магний	мг	1,4	3,0	–
Натрий	мг	0,4	3,2	–
Калий	мг	20,4	35,0	–
<i>Микроэлементы</i>				
Железо	мг	0,34	0,33	0,3
Цинк	мкг	24,0	13,0	–
Йод	мкг	0,1	0,1	–
Медь	мкг	18,0	13,0	–
Марганец	мг	4,0	18,0	–
Фтор	мкг	8,6	1,7	–

Внесение порошков в рецептурную смесь осуществляется в сухом виде с сахаром при приготовлении яблочно-пектиновой смеси; или гидратированном с заменой части яблочного пюре. В рецептурной смеси происходит набухание присутствующих в порошке полисахаридов, при этом увеличивается стойкость пены, улучшаются структурно-механические характеристики зефира, что позволяет интенсифицировать процесс структурообразования и получить изделия со стабильными структурно-механическими характеристиками (рис. 1).

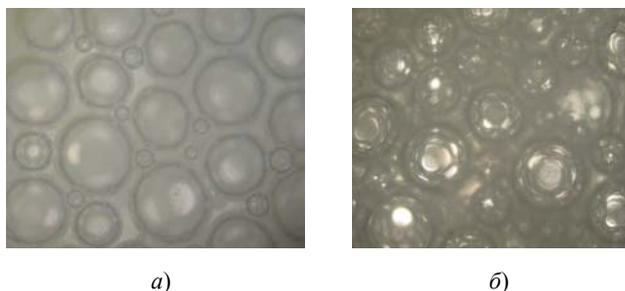


Рис. 1. Микроструктура пены (увеличение $\times 100$):

a – в виде пузырьков (контроль); *б* – в виде объемных многогранников (добавление морковного порошка в количестве 15% к яичному альбумину)

Установлено, что при добавлении фруктового, ягодного или овощного порошка в зефирную массу, потеря массовой доли влаги по сравнению с контролем в 2,5–3 раза меньше, что подтверждает целесообразность использования указанных порошков как влагоудерживающих добавок [4].

Благодаря высокой гигроскопичности порошки связывают имеющуюся в свежеприготовленном продукте воду и снижают ее активность, вследствие чего сохраняется свежесть и консистенция продукта, продлевается срок годности (табл. 2). Кроме того, полученная зефирная масса обладает хорошей адгезией по отношению к шоколадной глазури, что положительно влияет на стабильность структуры в процессе хранения.

Структура и вкус зефира зависят от вида загустителя. Структурообразователем обычно служит пектин, структура получаемого продукта плотная, упругая. Основным поставщиком пектина является Германия и Швейцария, Бразилия и Аргентина, однако в связи с имбарго импортных товаров, приходится прибегать к технологиям, использующим другие структурообразователи, например, агар, желатин, производители которых есть и в России.

Структура зефира на агар-агаре получается воздушной, при использовании желатина – слегка резиновая. Одним из самых полезных считается зефир, в производстве которого используется агаровый сироп. Желирующая способность агар-агара в несколько раз выше, чем у желатина. Сырьем для производства этого вещества служат бурые и красные водоросли, которые либо выращивают искусственно, либо добывают с морского дна.

2. Физико-химические характеристики зефира

Показатели	С добавлением 10% тыквенного порошка	С добавлением 10% смородинового порошка	Базовая рецептура
Массовая доля редуцирующих веществ, %	9,0	8,6	8,0
Массовая доля влаги, %	19,0	20,0	20,0
Активность воды	0,75	0,79	0,81
Плотность зефирной массы, кг/м ³	500	480	450
Активная кислотность, pH	4,0	3,6	3,8

В связи с тем, что эти компоненты используются для производства зефира не так давно, требуется адаптация и отработка данных технологий, на что и направлены дальнейшие исследования.

Список литературы

1. *Здоровье* здоровых в РФ : федеральная программа [Электронный ресурс]. – URL : http://vitatest-nn.ru/zdorov_zd.html (дата обращения: 11.09.2015).
2. *Зубченко, А. В.* Технология кондитерского производства / А. В. Зубченко. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 1999. – 432 с.
3. *Пат. 2520023*: Российская Федерация, МПК А23G3/52. Способ производства зефира / Муратова Е. И., Смолихина П. М. ; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
4. *Смолихина, П. М.* Разработка технологии желеино-сбивных конфет повышенной пищевой ценности с использованием овощных порошков : дис. ... канд. техн. наук / Смолихина П. М. – Тамбов, 2013. – 162 с.

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

УДК 637.049

*А. И. Бушковская, А. С. Великанова, У. В. Ланцова, О. Б. Шуняева**

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МИКРОФЛОРЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫРНОГО ПРОДУКТА НА ЭТАПЕ СОЗРЕВАНИЯ

Аналитические обзоры состояния рынка сыров Росстатом отмечают тенденцию неуклонного роста доли сырных продуктов в общем объеме потребления сыров после введения эмбарго, так, с января по июль 2014 г. она составила 19%, тогда как годом ранее – 11,3% [1]. В условиях дефицита молочного сырья альтернативными продуктами натуральных сыров могут выступать сырные продукты, выработанные со специализированными жирами на растительной основе. Использование растительных жиров существенно не меняет пищевую и энергетическую ценность сырных продуктов и даже позитивно сказывается

* Работа выполнена в лабораториях завода ОАО «Орбита» под руководством профессора Н. М. Страшнова и канд. техн. наук, доцента О. В. Зюзиной.

на ряде биологических показателей, в частности, увеличивается содержание поли- и мононенасыщенных жирных кислот, в том числе эссенциальных. Технологии сыров с растительными жирами имеют специфические особенности, отличающие их от процессов производства сычужных сыров и сказывающиеся на полисенсорности продукта. Адаптация технологии производства сырного продукта к условиям действующей линии изготовления сыров на предприятии ОАО «Орбита» с целью расширения ассортимента группы социально ориентированной продукции потребовала выполнения серии научно-практических исследований.

Созревание сырного продукта в отличие от сыра, согласно работам О. В. Лепилкиной, протекает быстрее и сопровождается более глубокими изменениями белковой фракции. С целью установления закономерности этой технологической фазы для продуктов, изготовленных при производственном эксперименте с закваской Лиюфаст MS 066CP, определяли величины активной и титруемой кислотности, степень зрелости, органолептические показатели и степень обсемененности. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Сырный продукт был изготовлен с массовой долей растительного жира в жировой фазе 50%. Источником растительных жиров выступал заменитель молочного жира «СОЮЗ 71Э» производства корпорации «Союз».

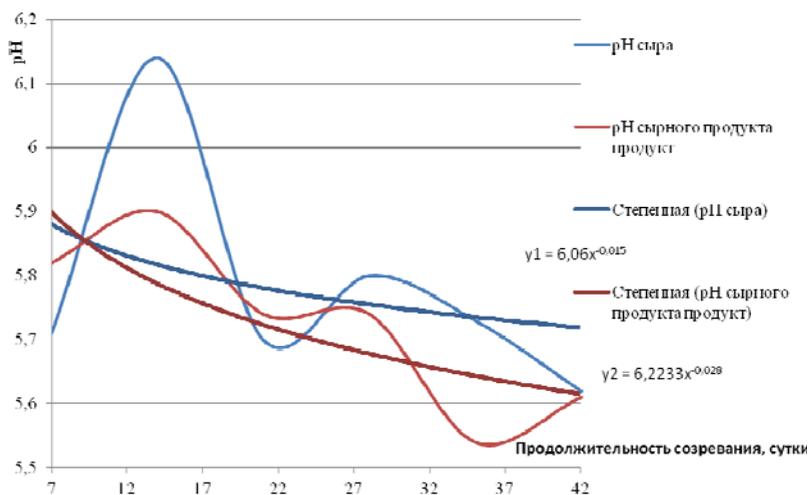


Рис. 1. Диаграмма зависимости изменения рН при созревании образцов

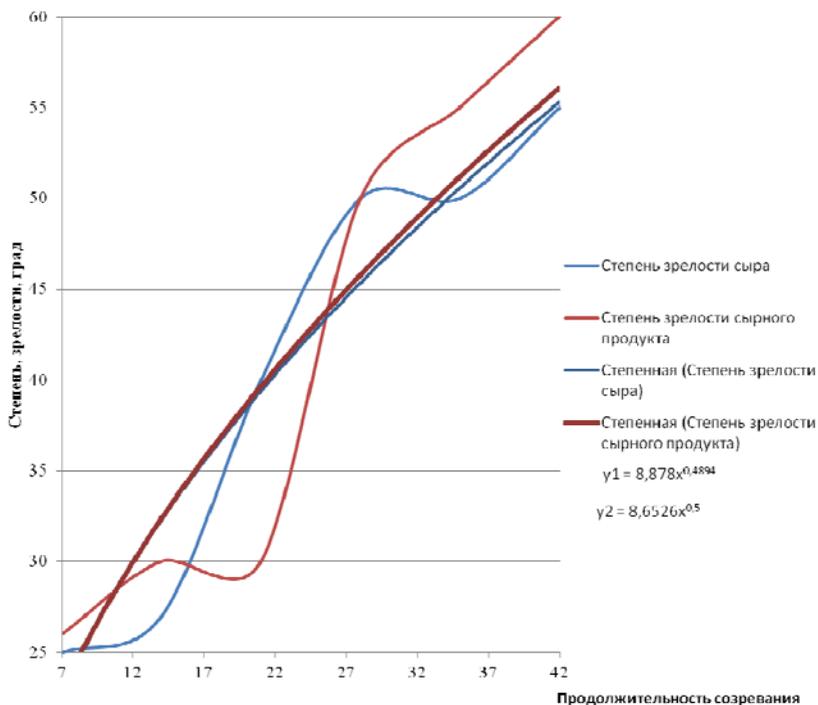


Рис. 2. Диаграмма зависимости изменения степени зрелости при созревании образцов

По истечении 1,5 месяца созревания у сырного продукта отмечали горечь во вкусе, крошливую консистенцию, тогда как сыр приобрел свойственные данному продукту органолептические характеристики. Установлены зависимости изменения рН и степени зрелости от продолжительности созревания. Опираясь на полученные результаты, установлено, что продолжительность созревания сырного продукта может составлять не более четырех недель.

Созревание головок сыра и сырного продукта проводили в полимерных полупроницаемых пленках в условиях камеры и при температуре 22...25 °С с целью выявления микробиологической обсемененности. Результаты оценивали через три недели после вспучивания упаковочного материала. Результаты представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Установлено, что в процессе созревания микробиологическая обсемененность головок, упакованных в полимерную пленку Сгуоvас, при рекомендуемых условиях уменьшается в 4 раза, вкус при этом у продукта

сырный выработанный, степень зрелости 60°. При созревании в нехарактерных условиях степень зрелости достигает 270°, а обсемененность уменьшается в 10 раз, вкус – перезрелого сыра.

В таких же условиях при созревании сырного продукта в упаковочном материале АтлантисПак активировались гнилостные процессы и наблюдалась гибель части заквасочных микроорганизмов и вспучивание покрытия.

Для изучения влияния состава молочной смеси перед сквашиванием на ход технологического процесса полученные зависимости аппроксимированы следующими выражениями:

$$\Delta K = 7,8478 \cdot Ж/Б - 12,618; \quad (1)$$

$$СВ = 0,2349 \cdot \Delta K + 55,779, \quad (2)$$

где ΔK – изменение кислотности, °С; Ж – массовая доля жира молочной смеси, %; Б – массовая доля белка молочной смеси, %; СВ – массовая доля сухих веществ в головке после процесса посолки и осушки, %, позволяющих расчетным путем получить величину выхода готового продукта от уровня кислотности в процессе сквашивания.

1. Результаты испытаний процесса созревания образцов

Показатели	Нормальные условия созревания упаковка Сгуовас		Аномальные условия созревания	
	начало созревания	окончание созревания	упаковка Сгуовас	упаковка АтлантисПак
	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4
рН	5,76	5,62	5,75	5,89
Степень зрелости	26	60	270	250
Аромат	молочный	сырный, выработанный	перезрелого сыра	гнилостный
КМАФАнМ	$143,3 \cdot 10^7$	$35,0 \cdot 10^7$	$13,4 \cdot 10^7$	$0,55 \cdot 10^7$
БГКП	отрицательно	отрицательно	отрицательно	отрицательно
Состояние упаковки	–	нормальное	нормальное	вспученное

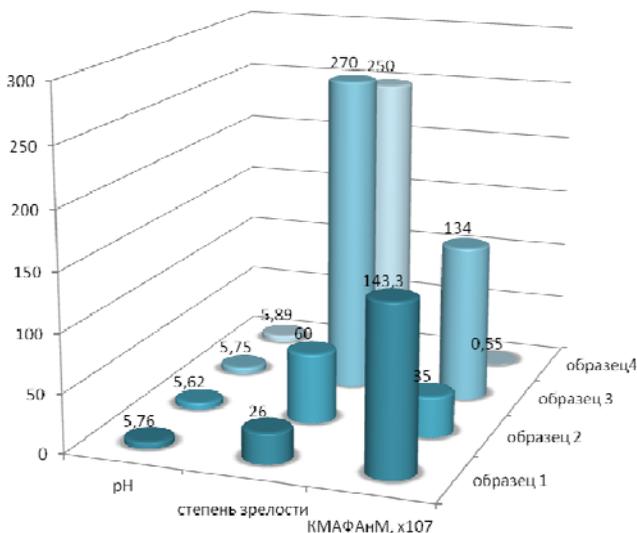


Рис. 3. Гистограмма процесса созревания образцов

Выход СВ и органолептические показатели, отражающие доброкачественность готового продукта, учитывались в ходе производственного эксперимента в молочном цехе при испытании фагоальтернативных заквасок Леофаст MS 064СР и Леофаст MS 066СР в виде масива данных, анализ которых позволил выделить три группы, отличающиеся изменением кислотности процесса получения сгустка. Результаты представлены в табл. 2.

2. Результаты расчетов технологических показателей

Диапазоны	Разность изменения кислотности (требуемая -5)	Отношение жир/белок (требуемый Ж/Б = 1,035)	Выход готового продукта, %	Доля доброкачественной продукции, %
Рекомендуемый	-5,1	1,161	57,3	100
Меньше рекомендуемого	-8,2	1,015	57,6	100
Больше рекомендуемого	0,25	1,139	55,6	75

Установлено, что при недостаточном нарастании кислотности молочной смеси снижается выход готового продукта и увеличивается доля брака до 25%, что приводит к значительным производственным потерям.

Список литературы

1. *Суровцев, В. Н.* Развитие молочной отрасли России в условиях девальвации рубля и международных санкций / В. Н. Суровцев, Ю. Ю. Никулина, Е. Н. Паюрова // Молочная промышленность. – 2015. – № 4. – С. 4 – 10.
2. *Зеленина, Л. С.* Разработка поликомпонентных пищевых систем методами компьютерного моделирования / Л. С. Зеленина, О. В. Зюзина // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17. – Вып. № 4. – С. 992 – 1011.

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

УДК 631.171

*Э. С. Иванова, П. С. Платицин**

СОЗДАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТА ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОРФА 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 отдельные 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 жиз-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой 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, профессора Ю. В. Родионова.

недеятельность 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;
- снижением 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.

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 образуются 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 загрязненной. 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 рисунке 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 биодegradации 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.

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 псевдоожиженным слоем (КС), пневмотранспортную установку (ПУ) и конвективную вакуум-импульсную сушильную установку (КВИС), схема которой представлена на рис. 2 [1].



Рис. 1. Возгорание торфа

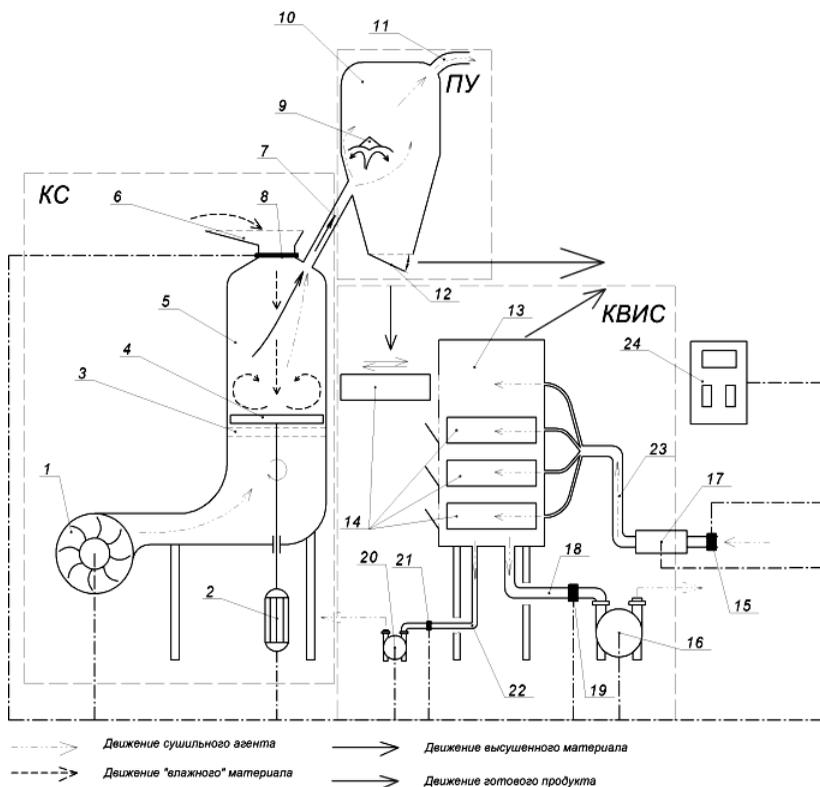


Рис. 1. Схема биотехнологической системы для производства торфа:
 1 – воздуходувка; 2 – электродвигатель; 3 – перфорированный под;
 4 – лопатка; 5 – камера первой ступени; 6 – загрузочный бункер;
 7 – пневмопитатель; 8 – автоматическая задвижка; 9 – отбойный козырек;
 10 – циклон; 11 – выводной патрубок; 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

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 // Инновационные технологии продуктов здорового питания : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию со дня рожд. И. В. Мичурина. – 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 ВПО «ТГТУ»*

УДК 66.011

*Р. Д. Санталов, Н. С. Михалев**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО ПИЩЕВОГО ХЛОРОФИЛЛА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS

Микроводоросли рода *Chlorella* являются богатейшим источником белков, витаминов и микроэлементов. Свое название *Chlorella* получила благодаря высокому содержанию хлорофилла.

Целью работы является разработка технологии получения пищевого хлорофилла из микроводорослей *Chlorella vulgaris*.

Хлорофилл находит свое применение как:

1. Натуральный краситель для пищевой промышленности.
2. Биологически активная добавка (БАД) для широкого круга потребителей.
3. Компонент спортивного питания для спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта.

Молекула хлорофилла схожа по строению с молекулой гемоглобина крови. Научные исследования показывают, что хлорофилл способен повысить уровень гемоглобина крови [1]. Так же хлорофилл укрепляет

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой 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, доцента, заведующего кафедрой Д. С. Дворецкого.

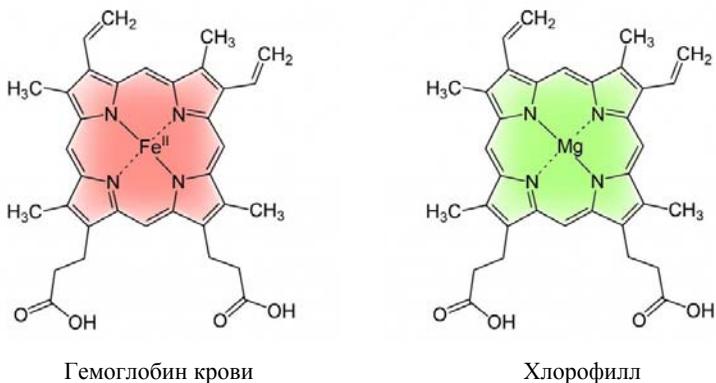


Рис. 1. Сравнение молекул гемоглобина крови и хлорофилла

иммунитет человека за счет ускорения процесса фагоцитоза, ускоряет заживление ран и язв. Сравнение молекул гемоглобина крови и хлорофилла представлены на рис. 1.

В промышленности традиционным сырьем для получения хлорофилла является люцерна, листья шпината, крапива и другие, которые имеют следующие недостатки:

- 1) сбор урожая 1 раз в год;
- 2) для их выращивания требуются пахотные земли;
- 3) являются пищевыми продуктами.

Chlorella в отличие от традиционных источников сырья обладает следующими преимуществами: содержит в 3 раза больше хлорофилла, не требует пахотных земель, отличается малыми затратами на культивирование: углекислый газ, питательные вещества и определенный уровень освещенности. Сбор урожая происходит каждые 10 дней, время генерации популяции составляет 3 суток.

В таблице 1 приведено сравнение процентного содержания хлорофилла в различных растениях.

1. Содержание хлорофилла в растениях

	Концентрация хлорофилла, %
<i>Chlorella vulgaris</i>	12...15
Люцерна	5...7
Крапива	5...8

Учитывая вышеуказанные свойства хлореллы, возникает необходимость разработки технологии получения хлорофилла из микроводорослей *Chlorella vulgaris* с дальнейшим его применением в качестве биологически активной добавки к пище, так и пищевого красителя. *Chlorella* составит высокую конкуренцию на рынке хлорофилла не только в России, но и за рубежом.

Предлагаемая эскизная схема производства хлорофилла представлена на рис. 2.

На первой стадии происходит накопление биомассы микроводорослей в фотобиореакторе [2], при постоянном освещении, аэрировании газовой смеси из окружающей среды. Культивирование микроводорослей происходит на среде *optim* [3] в течение 10 суток.

На второй стадии суспензия поступает в центрифугу с целью отделения биомассы от культуральной жидкости.

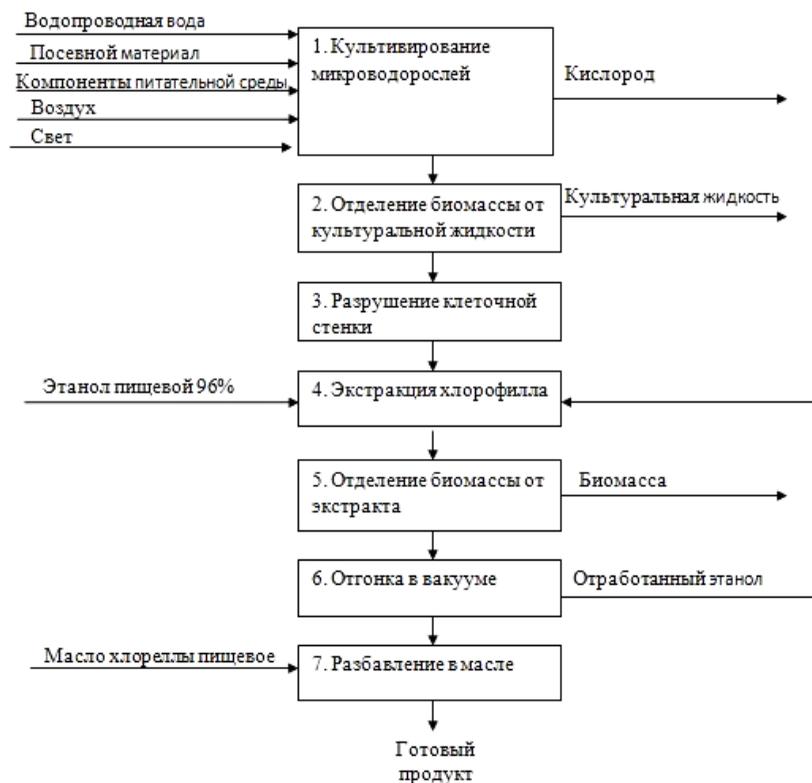


Рис. 2. Эскизная схема производства пищевого хлорофилла

На третьей стадии полученная пастообразная биомасса поступает в аппарат вихревого слоя с целью разрушения прочной клеточной оболочки микроводорослей, за счет чего увеличивается выход хлорофилла при экстракции.

На четвертой стадии к биомассе добавляют пищевой 96%-ный этиловый спирт для экстракции хлорофилла. Процесс происходит в аппарате вихревого слоя, что обеспечивает равномерное распределение экстрагента по объему аппарата.

На пятой стадии в центрифуге происходит отделение биомассы от экстракта.

На шестой стадии полученный экстракт поступает в выпарную установку, где при пониженном давлении происходит отгон этанола. Понижение давления применяют с целью снижения температуры кипения этанола, поскольку хлорофилл распадается при температуре выше 65 °С, а температура кипения этанола в нормальных условиях 78 °С.

На седьмой стадии экстракт разбавляют в пищевом масле хлореллы до необходимой концентрации хлорофилла в растворе. Для использования в качестве пищевого красителя эта величина составляет 1,5%, для использования в качестве биологически активной добавки применяют 3%-ный раствор хлорофилла в масле.

В результате работы разработана технология получения хлорофилла. При реализации данной технологии из 1 т сырья можно будет получить 17 кг хлорофилла, что в 3 раза превышает традиционные источники сырья.

Список литературы

1. *Jensen, B. The Healing Power of Chlorophyll / B. Jensen. – Jensen's Health And Nutrition, 1973. – 154 с.*
2. *Технологические режимы накопления биомассы микроводорослей Chlorella vulgaris ИФР № С-111 / М. С. Темнов и др. // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 244 – 249.*
3. *Optimization of the Process of Cultivation of Microalgae Chlorella Vulgaris Biomass with High Lipid Content for Biofuel Production / D. Dvoretzky et al. // Chemical Engineering Transactions. – 2015. – V. 43. – P. 361 – 366.*

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

УДК 663.86.054.1

*Е. К. Богатырева, С. Л. Кузьменко**

ПРОИЗВОДСТВО КОНЦЕНТРАТОВ НАПИТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В последние годы на чайном рынке широкой популярностью пользуются ароматизированные чаи, чайные напитки с натуральными фруктовыми и травяными добавками [1]. Использование дополнительного растительного сырья при производстве чайных напитков позволяет повысить физиологическую активность напитка за счет содержания в добавляемом сырье витаминов, фенольных соединений, зольных элементов, органических кислот и др.

Критерием для выбора кипрея узколистого в качестве основного компонента для производства различных товарных форм безалкогольных напитков и концентратов на его основе послужили органолептические показатели настоя, проявляющиеся при его заваривании, а также высокое содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты. Немаловажным критерием при выборе кипрея является его широкое распространение по Тамбовскому региону, что обеспечивает возможность использования местного растительного сырья как важного источника функциональных ингредиентов при производстве заменителей чая и продуктов для здорового питания.

В настоящее время известен способ производства чая из кипрея, включающий завяливание сырья, измельчение его до размеров частиц 2...6 мм, ферментацию и сушку. В качестве сырья для чая используют стебли, листья и цветы кипрея, собранные не влажными от росы и дождя по достижении высоты растения 20...30 см, начиная с третьей декады мая месяца в средней полосе России и до момента затвердевания растительных волокон стебля кипрея. Завяливание кипрея осуществляют до влагосодержания 70...75%, при этом время между окончанием сбора сырья и его завяливанием не должно превышать 5 часов. Фер-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента Е. И. Муратовой; канд. техн. наук, доцента П. М. Смолихиной.

ментацию осуществляют в течение 12...48 часов в помещении, имеющем температуру воздуха 20...28 °С и относительную влажность 70...75%. Сушку осуществляют в естественных условиях на ветру и открытом воздухе при обработке кипрея прямым или рассеянным солнечным светом как минимум в течение 6 часов до влагосодержания 8...10%. Данная технология обеспечивает улучшение качества чая за счет обеспечения возможности сохранения биологически активных веществ путем более длительной многоступенчатой ферментации [Патент РФ 2534361, А 23 F 3/00, 27.11.2014].

Так же известен способ, предусматривающий подготовку сырья, нанесение добавки на сырье, где сырьем являются измельченные или неизмельченные органы растения. Подготовка сырья включает обработку от пыли и других включений, обеззараживание и доведение до влажности 18...90%, а добавка, наносимая на сырье, представляет собой желе или желеподобную массу, причем после нанесения добавки на сырье проводят его прессование. Так же в добавку могут быть включены витамины и минералы. Настоящим способом можно получать чай или чайный напиток, который при заваривании эффективно регулирует высвобождение обогащающих компонентов в раствор с сохранением его полезных свойств. Изобретение позволяет эффективно сохранить вкусовые и качественные характеристики чая или чайного напитка, а также обеспечить высокую степень доставки в организм человека витаминов, минералов, которыми может быть обогащен чай или чайный напиток [Патент РФ 2421010, А 23 F 3/00, 20.06.2011].

Недостатками указанных способов является сложность и длительность процессов получения напитка, которые не обеспечивают необходимое содержание биологически активных веществ в конечном продукте.

Наиболее прогрессивным является способ производства заменителей чая, предусматривающий использование в качестве сырья побегов, листьев и цветков курильского чая, измельчение, завяливание, ферментацию и сушку. Ферментацию проводят при воздействии на измельченную массу импульсным электромагнитным полем с индукцией от 1 до 10 мТл, время воздействия 2...3 часа, а общее время ферментации 4...6 часов. Во время ферментации в периоды покоя импульсного электромагнитного поля измельченную массу курильского чая 3–4 раза опрыскивают заранее подготовленной жидкостью для обогащения ферментами, содержащей полифенолоксидазу и пероксидазу. Жидкость для обогащения готовят путем залива измельченной массы свежесобранных молодых листьев чая (рода *chinensis*) кипяченой водой с температурой 28...30 °С в соотношении 1:6 с последующим перемешиванием в течение 5...6 минут и фильтрацией. Эта тех-

нология позволяет получить из побегов, листьев и цветков курильского чая продукт, максимально приближенный по органолептическим показателям к черным классическим чаям, относящимся к чаям высшей категории [Патент РФ 2507857, А 23 F 3/34, 27.02.2014].

Недостатком указанного способа является использование сырья, не доступного в большинстве регионов РФ, сложность процесса и высокие экономические и энергетические затраты на его осуществление. Кроме того, поверхностное нанесение ферментов не гарантирует наиболее полного содержания биологически активных веществ в получаемом продукте.

Исследования проводились на кафедре «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» [2]. Целью исследований было повышение пищевой ценности чайных концентратов и использование экстрактов из растительного сырья в качестве обогатителей

В результате экспериментальных исследований были предложены два способа производства чайного концентрата на основе кипрея узколистного:

1. Способ производства напитка, предусматривающий заготовку кипрея узколистного, сушку конвективную (50...55 °С) или естественным путем (25...35 °С) до влажности 5...7%, измельчение сырья до 3...5 мм, ферментацию при 20...30 °С, замачивание сырья в обогащающем растворе, сушку при температуре не выше 55 °С до влажности 5...7% и фасовку концентрата в герметичную упаковку.

Обогащающий раствор готовится заранее путем приготовления экстрактов растительного сырья выбранного из чая, чаги, родиолы розовой, корня одуванчика, валерианы, боярышника, мелиссы, рябины черноплодной, кипрея узколистного или их смеси при соотношении массы сухого растительного сырья и объема экстрагента 1:2, содержания этанола в водно-спиртовой смеси 50,0 об. % при температуре экстрагирования 20...30 °С и продолжительности 24 часа с последующим фильтрованием.

В процессе пропитывания сухого растительного материала экстрактом обогащающий раствор по межклеточным ходам и ультрамикроропорам проникает внутрь клетки, затем заполняет клеточное пространство и вытесняет воздух, что увеличивает площадь контакта с сырьем. Экстракт внутри клетки вступает во взаимодействие со всеми компонентами клеточных мембран и клеточного содержимого. В результате хорошо растворимые вещества десорбируются и растворяются в экстрагенте, остальные набухают или пептизируются. Особенно

это актуально при получении обогащающих экстрактов из сильно одревесневшего сырья, для вымывания биологически активных веществ из разрушенных клеток которого необходимо применять более высокую степень измельчения и температуру экстрагирования. Такое обогащение позволяет насытить труднодоступными компонентами, без длительного настаивания готового напитка и высоких температур заваривания.

Последующее удаление воды позволяет получать концентраты с заданным гарантированным высоким содержанием биологически активных веществ в зависимости от используемого для экстрагирования сырья. В процессе заваривания биологические активные вещества равномерно выделяются из полученных концентратов, что повышает их доступность для организма.

2. Способ, отличающийся тем, что после заготовки кипрея узколистного осуществляют завяливание до влажности 55...57% при температуре 20...25 °С, измельчение сырья до 3...7 мм путем резки на шнековом экструдере, ферментацию при 20...30 °С, замачивание сырья в обогащающем растворе, сушку при температуре не выше 55 °С до влажности 5...7% и фасовку концентрата в герметичную упаковку. Это позволяет получить более выраженные органолептические свойства готового напитка.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны способы получения чайных концентратов с повышенной пищевой ценностью, основанные на комплексном безотходном использовании сырья, с применением обогащающих экстрактов из лекарственных растений. Эти способы будут полезны в вопросах расширения ассортимента чайных концентратов и напитков и увеличении доли импортозамещающих продуктов.

Список литературы

1. *Заворохина, Н. В.* Чайные напитки антиоксидантной направленности на основе кипрея узколистного / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова, В. В. Фозилова // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 28 – 31.

2. *Развитие техники и технологий пищевых и химических производств: системный подход / С. И. Дворецкий, В. Н. Долгунин, О. В. Зюзина, Е. И. Муратова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 844 – 860.*

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

*Е. С. Борщева, Ю. В. Рожнова, Тхи То Там, Ю. В. Ульихина**

РАЗРАБОТКА ПЛАВЛЕНОГО СЫРНОГО ПРОДУКТА С ПЮРЕ ТРОПИЧЕСКОГО ФРУКТА

Добавление растительных компонентов в состав плавленых сырных продуктов сообщает им привлекательный вкус, аромат и изменяет пищевую ценность. Во Вьетнаме ассортимент плавленых сыров ограничен и представлен в основном импортной продукцией. С целью создания продукта в удобной товарной форме из доступного сырья, распространенного в стране, был выбран плавленный сыр, так как его можно выпускать в стерилизованном виде с длительным сроком хранения для реализации в условиях жаркого влажного климата. В качестве растительного сырья были выбраны компоненты – манго как источник вкусовых веществ и макро- и микронутриентов, рисовая мука как структурообразователь, кокосовый жир как источник эссенциальных жирных кислот. Основой являлись некондиционные сычужные сыры с отклонениями по жирности или содержанию влаги, имеющие дефекты корки, внешнего вида, но не выводящие их из категории пищевых продуктов.

При разработке рецептуры за основу аналог был выбран патент RU2429705C2 «Способ получения сырного продукта с растительным наполнителем» авторов О. В. Зюзиной, Л. С. Зелениной, Н. М. Страшнова и др. [1]. Были выполнены экспериментальные работы по разработке рецептуры плавленого сырного продукта. Согласно федеральному закону ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» такой продукт относится к группе молокосодержащих, производимых из молока и молочных продуктов, побочных продуктов переработки молока и немолочных компонентов, в том числе немолочных жиров, с массовой долей сухих веществ молока в сухих веществах готового продукта не менее чем 20%. При разработке рецептуры учитывали опыт работы с включением растительных компонентов в составе плавленых сырных продуктов [2]. Основной растительный компонент, вводимый в состав рецептуры, – пюре из плодов манго. Известно большое количество сортов манго – до 900, которые выращивают с Индии, Таиланде, Вьетнаме. В плодах содержится 14...24%

* Работа выполнена в лабораториях кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» и завода ОАО «Орбита» под руководством профессора Н. М. Страшнова и канд. техн. наук, доцента О. В. Зюзиной.

растворимых сухих веществ, в том числе сахаров (11...20%), органических кислот немного (0,2...0,8%), в основном галловая. Белка содержится от 0,3 до 1,0%. Плоды манго богаты каротиноидами (1500...17 000 мг/кг), которые и обуславливают желтую или оранжево-желтую окраску мякоти, что сообщает продуктам при добавлении яркую окраску. Каротина в них почти в 5 раз больше, чем в мандаринах. Имеются также витамины В₁ (30 мг/кг), В₂ (37...73 мг/кг), В₅ (3,6 мг/кг), D и E. Минеральные вещества представлены кальцием (10...20 мг/100 г), фосфором (10...30 мг/100 г), железом (0,9...3,2 мг/100 г). В плодах отсутствует натрий. Аромат плода сложный особый, непохожий на аромат других фруктов.

По органолептическим показателям плавленый сырный продукт с пюре-манго должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.

Физико-химические показатели разрабатываемого плавленого сладкого продукта формировали, исходя из того, что консистенция должна быть пастообразной, а этому признаку соответствует соотношение влаги к сухому обезжиренному веществу в пределах 1,45...1,7 при массовой доле влаги 52...54% и массовой доле жира в сухом веществе 45...47%.

Состав жировой фазы комбинированный, наряду с молочным жиром предусмотрели введение растительного жира – кокосового масла, широко используемого во Вьетнаме. В составе этого масла присутствует

1. Органолептические показатели плавленого сырного продукта с пюре-манго

Наименование показателя	Характеристика плавленого сырного продукта
Внешний вид	Поверхность продукта чистая, ровная, неподсохшая, неплесневелая, с небольшим количеством вкраплений наполнителя пюре-манго
Вкус и запах	В меру сладкий, с ароматом и привкусом, характерным для манго
Консистенция	Пластичная, нежная, мажущаяся, с включениями манго по всей массе продукта
Цвет теста	Светло-желтый, однородный по всей массе, имеются вкрапления наполнителя манго
Вид на разрезе	Отсутствие рисунка, допускается наличие небольшого количества воздушных пустот

насыщенные жирные кислоты – лауриновая кислота до 50%, миристиновая кислота около 20%, ненасыщенные – олеиновая кислота (6%), линолевая кислота (1%). Лауриновая и каприновая кислоты, входящие в состав кокосового масла, обладают бактерицидными и противовирусными свойствами. Лауриновая кислота также участвует в регулировании холестерина. Использование кокосового масла в питании предотвращает остеопороз.

В качестве стабилизатора структуры рассмотрели вариант крахмалосодержащего продукта – рисовой муки. Основным достоинством этого компонента можно считать доступность в условиях страны и отсутствия выраженных вкусовых оттенков, что важно для формирования вкуса продукта.

В качестве базовой была выбрана рецептура продукта из работы [1]. С учетом особенностей вводимых растительных добавок вносились коррективы в расход компонентов. Количество пюре манго изменяли в пределах от 10 до 25%, кокосового масла от 11 до 20%, рисовой муки от 2 до 3,5%, в зависимости от количества пюре изменяли содержание сахара, учитывая высокую концентрацию углеводов в пюре. В качестве консервирующей добавки и регулятора вкуса использовали лимонную кислоту. На рисунке 1 показаны результаты дегустации 6 пробных образцов продукта.

За основу для оптимизации рецептурного состава был выбран вариант продукта с содержанием пюре 25%. Для него были рассчитаны показатели пищевой ценности (г/100 г): содержание белка – 8; углеводов – 18; жиров – 23. Энергетическая ценность – 320 ккал.

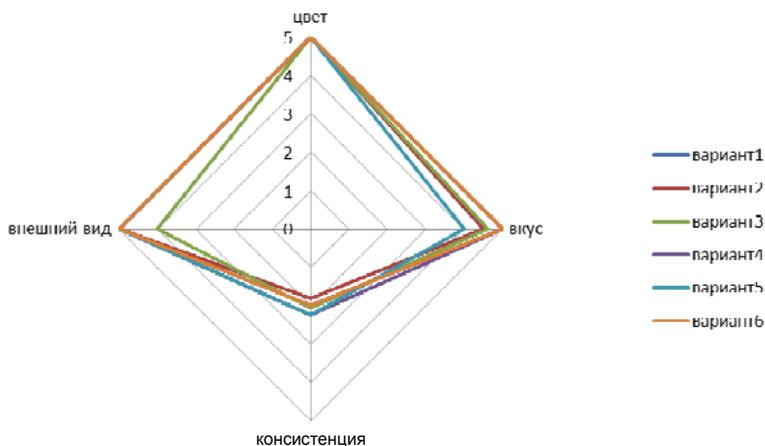


Рис. 1. Результаты дегустационной оценки продукта

2. Микробиологические показатели плавленого сырного продукта с пюре-манго

Наименование продукта	КМАФАМ КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускается		Дрожжи КОЕ/г, не более	Плесени КОЕ/г, не более
		БГКП (коли- формы)	Патогенные, в том числе сальмонеллы		
Сырный продукт с пюре-манго	5×10^3	0,1	25,0	50	50

Были выполнены микробиологические исследования продукта в процессе хранения без стерилизации и со стерилизацией в соответствии с отраслевым документом «Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов) МР 2.3.2.2327-08». По микробиологическим показателям плавленый сырный продукт с пюре-манго соответствовал данным, указанным в табл. 2.

Проведенная серия лабораторных экспериментов позволила предложить рецептуру питательного вкусного полезного продукта, который может быть изготовлен для потребителей во Вьетнаме, используя доступное недорогое сырье, производимое в стране.

Список литературы

1. Пат. 2429705 РФ. Способ получения сырного продукта с растительным наполнителем / Зеленина Л. С., Зюзина О. В., Кабаргин С. Г., Страшнов Н. М., Филиппова О. В. ; заяв. и патентообл. ОАО «Орбита», ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – № 2009115354/10 ; заявл. 22.04.2009 ; опубл. 27.10.2011 ; Бюл. № 30.
2. Куренкова, С. Ю. Влияние растительных компонентов на потребительские свойства плавленых сырных продуктов [Электронный ресурс] / С. Ю. Куренкова, Н. И. Хвостова : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – Вып. IV. – С. 129 – 132.

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

*А. М. Кирсанова****ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКВАСОК
В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ**

Ржаные сорта хлеба, пользующиеся повышенным спросом у потребителей, являются хлебобулочными изделиями функционального назначения. Химический состав ржаной муки определяет особенности приготовления ржаного теста. Крахмал ржаной муки более атакуем амилолитическими ферментами, чем пшеничный, из-за различия в активности α - и β -амилаз. В ржаной муке содержится активная α -амилаза, которая превращает крахмал в декстрины, β -амилаза интенсивно гидролизует декстрин до малтозы. В ржаной муке по сравнению с пшеничной содержится больше незаменимых аминокислот, некоторых минеральных веществ и витаминов, в ней в большом количестве содержатся высокомолекулярные пентозаны – слизи. Обладая высокой гидрофильностью, они не только участвуют в формировании структурно-механических свойств ржаного теста, но и способствуют улучшению работы желудочно-кишечного тракта. Пентозаны адсорбируют и выводят из организма продукты обмена и все вредные вещества, попадающие в него из воздуха, воды и с другими продуктами питания.

Для получения высококачественного хлеба из ржаной муки необходимо обеспечить высокую кислотность теста. Для достижения такой кислотности хлеб вырабатывают с использованием различных видов биологических заквасок.

Закваска – это густой или жидкий полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный сбраживанием питательной смеси из ржаной, ржано-пшеничной или пшеничной обойной муки, молочнокислыми или пропионовокислыми бактериями и хлебопекарными дрожжами. Закваску готовят из некоторого количества уже готовой закваски, в которую добавляют муку и воду. Остальную часть готовой закваски используют при приготовлении теста [1].

Состав и свойства кислотообразующих бактерий в ржаной закваске непостоянны. Они могут значительно измениться в зависимости от среды, состава заквасок и условий ведения технологического процесса.

В настоящее время применяют более 10 различных схем приготовления жидких заквасок, отличающихся друг от друга составом чистых культур бродильной микрофлоры, технологией разводочного цик-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Е. В. Пешковой.

ла и составом питания для закваски. Многие технологические параметры изменяются с учетом местных условий [2].

Приготовление заквасок является сложным технологическим процессом, состоящим из последовательных операций, в ходе которых происходят микробиологические, биохимические, коллоидные и физико-химические процессы, интенсивность которых определяется свойствами питательной смеси, состоящей из ржаной муки и воды [1].

К сожалению, питательная смесь не может полноценно обеспечить заквасочные культуры азотистым, углеводным питанием, витаминами и стимуляторами роста, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности бродильной микрофлоры закваски. Поэтому актуальной является задача разработки технологических приемов, позволяющих обогатить питательную смесь, применяемую в наработке закваски, повысить ее активность. Источниками витаминов, антиоксидантов, микро- и макроэлементов, аминокислот являются продукты растительного происхождения, богатые белками: семена, орехи, бобовые и др. Их применение обогащает заквасочную биомассу необходимыми питательными веществами, что оказывает положительное влияние на накопление молочной кислоты, которая, в свою очередь, придает готовому хлебу утонченный вкус и аромат. Поэтому разработка рецептуры хлебопекарной закваски с добавлением растительного ингредиента является актуальной.

Основным источником питательных веществ для жизнедеятельности бродильной микрофлоры закваски является ржаная мука. Дрожжи и молочнокислые бактерии, находящиеся в ржаной муке, нуждаются в азотистом питании, витаминах и стимуляторах роста. Культивирование активной бродильной микрофлоры закваски на питательной среде, в состав которой входит только ржаная мука, не может быть в полной мере обеспечена всеми необходимыми питательными веществами. Поэтому в качестве дополнительного питания предложено использовать семена тыквы, в которых находятся не только сахаросодержащие компоненты, но и другие биологически активные вещества и гороховая мука.

Было исследовано влияние внесения измельченных семян тыквы и гороховой муки на физико-химические и микробиологические свойства ржаной симбиотической естественной закваски.

За основу была взята закваска, сброженная ржаной обдирной мукой и питьевой водой при температуре 30 °С. Через 24 часа наблюдали признаки бродильной активности. Биомасса закваски имела легкий спиртовой запах. Закваску подпитывали смесью из ржаной муки и воды. Через 24 часа объем биомассы увеличили в 2 раза, при этом она приобрела воздушную, пышную, пористую структуру (за счет выделения углекислого газа), спиртовой запах усилился, добавились оттенки

острых запахов органических кислот – молочной, уксусной, яблочной, щавелевой, муравьиной и др. Процесс приготовления закваски с периодической подпиткой, представленной в табл. 3, продолжался в течение 4 суток.

По истечении 4 суток закваску разделили на 3 части. Осуществляли подпитку вариантов закваски: первую – по схеме, с заменой 10% измельченных семян тыквы; вторую – с заменой 10% гороховой мукой. Контролем служил образец закваски, приготовленной из ржаной муки. Через каждые 24 часа в течение 6 суток производили подпитки образцов заквасок (табл. 4).

3. Периодическая подпитка закваски

Ингредиент	1 день	2 день	3 день	4 день
Мука ржаная обдир.	40 г	40 г	80 г	160 г
Вода	60 г	60 г	120 г	240 г

4. Питательные смеси заквасок

Ингредиент	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день
<i>Контрольная закваска</i>						
Мука ржаная обдир.	80 г					
Вода	120 г					
<i>Закваска с семенами тыквы</i>						
Мука ржаная обдир.	51 г					
Семена тыквы	13 г					
Вода	96 г					
<i>Закваска с гороховой мукой</i>						
Мука ржаная обдир.	51 г					
Гороховая мука	13 г					
Вода	96 г					

5. Органолептические показатели заквасок

Характеристики	Контрольная закваска	РСЕЗ с добавлением семян тыквы	РСЕЗ с добавлением гороховой муки
Консистенция	вязкая, слизистая, пористая	вязкая, слизистая, пористая	вязкая, слизистая, с наличием небольших пор
Запах	кисломолочный	кисломолочный с легким запахом органических кислот	уксусный
Вкус	хлебный с кислинкой	хлебный	хлебный с ярко выраженной кислинкой
Цвет	светло-бежевый с сероватым оттенком	светло-бежевый с зеленоватым оттенком	светло-бежевый с желтым оттенком

В процессе созревания образцов заквасок производили контроль нарастания кислотности, так как готовая закваска должна иметь кислотность 12...14°.

В результате измерения кислотности выяснилось, что отклонение закваски с семенами тыквы от контрольной составило 0,2%, а закваски с гороховой мукой – 2%. Из этого следует, что закваска с семенами тыквы практически не отличается от контрольной закваски. Органолептические показатели готовых заквасок представлены в табл. 5.

В результате проведенных исследований выяснилось, что можно рекомендовать в качестве азотистого питания для ржаной закваски измельченные семена тыквы в количестве 10% к мучной подпитке. Такая закваска обладает хорошими органолептическими, реологическими и микробиологическими свойствами, а также является экономически выгодной, так как разработанная закваска не нуждается в приобретении нового оборудования.

Список литературы

1. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – СПб. : Профессия, 2005. – 416 с.
2. Пащенко, Л. П. Технология хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – М. : Колосс, 2008. – 384 с.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ГТТУ»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АКТИВИРОВАННЫХ
ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ЗАКВАСОК**

Ржаные сорта хлеба, пользующиеся повышенным спросом у потребителей, являются хлебобулочными изделиями функционального назначения. Химический состав ржаной муки определяет особенности приготовления ржаного теста. Ржаная мука характеризуется сниженным содержанием белка. По структуре ржаное тесто менее эластично и менее упругое, так как в нем нет губчатого клейковинного каркаса, свойственного пшеничному тесту. На степень пептизации белков существенно влияют в первую очередь содержание молочной кислоты ржаного теста и кислотность. При недостаточно высокой кислотности в жидкую фазу ржаного теста переходит небольшое количество пептированного белка [1].

Высокая кислотность ржаного теста также необходима для торможения действия присутствующей в ржаной муке α -амилазы, которая гидролизует крахмал при высоких температурах в процессе выпечки и способствует образованию липкого мякиша [1].

Для получения высококачественного хлеба из ржаной муки необходимо обеспечить кислотность теста не ниже 12...14°. Для достижения такой кислотности хлеб вырабатывают с использованием различных видов биологических заквасок.

Закваска – это густой или жидкий полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный сбраживанием питательной смеси из ржаной, ржано-пшеничной или пшеничной обойной муки, молочнокислыми или пропионовокислыми бактериями и хлебопекарными дрожжами [1].

Дрожжевые клетки попадают в закваску из муки и воздуха и при благоприятных условиях развиваются в ней. Поэтому в заквасках присутствуют десятки штаммов дрожжей. Основные виды дрожжей, встречающихся в ржаных заквасках, – *Saccharomyces minor* и *Saccharomyces cerevisiae* [2].

В густых заквасках преобладают дрожжи видов *Saccharomyces minor*, устойчивые к высокой кислотности среды, в жидких заквасках с заварками – дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. В ржаных заквасках присутствуют и другие специфические дрожжи, образующие диоксид углерода и способные быстро размножиться в кислой среде.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Е. В. Пешковой.

Но основная бродильная микрофлора заквасок – это кислотообразующие бактерии [2].

При приготовлении ржаного теста необходимо обеспечить активную жизнедеятельность молочнокислых бактерий. Для этого в ржаном тесте должны быть созданы такие условия, при которых число кислотообразующих бактерий достигается при приготовлении ржаного теста на заквасках [1].

Состав и свойства кислотообразующих бактерий в ржаной закваске непостоянны. Они могут значительно изменяться в зависимости от среды, состава заквасок и условий ведения технологического процесса.

Основным источником питательных веществ для жизнедеятельности бродильной микрофлоры закваски является ржаная мука, а соединение азота в ней 2...3%, поэтому она не может служить источником питательных веществ. Поэтому актуальной является задача разработки технологических приемов, позволяющих обогатить питательную смесь, применяемую в наработке закваски, повысить ее активность. Источниками витаминов, антиоксидантов, микро- и макроэлементов, аминокислот являются продукты растительного и животного происхождения, богатые белковыми соединениями: семена, молочная сыворотка, водоросли, костная и рыбная мука, бобовые и др. Поэтому разработка рецептуры хлебопекарной закваски с внесением азотистого питания является актуальной.

В качестве дополнительного питания, обогащающего закваски БАВ, предложено использовать семена тыквы и гороховую муку. Содержание белка в семенах тыквы составляет 24,54 г/100 г, а в гороховой муке 20,50 г/100 г. Количество вносимых обогатительных добавок составило 10% [3].

Для экспериментов использовали модельные закваски, полученные путем спонтанного брожения смеси ржаной обдирной муки и питьевой воды при температуре 30 °С. Через 24 часа наблюдали признаки бродильной активности. Биомасса закваски имела легкий спиртовой запах. Закваску подпитывали смесью из ржаной муки и воды. Через 24 часа объем биомассы увеличили в 2 раза, при этом она приобрела воздушную, пышную, пористую структуру (за счет выделения углекислого газа), спиртовой запах усилился, добавились оттенки острых запахов органических кислот – молочной, уксусной, яблочной, щавелевой, муравьиной и др.

По истечении 4 суток закваску разделили на 3 части. Образцы 1 и 2 в течение 4-х суток подпитывались смесями ржаной муки и муки из семян тыквы (9:1) и ржаной и гороховой муки (9:1). Контролем служил образец закваски, приготовленной из ржаной муки. Схема подготовки модельных образцов заквасок представлена на рис. 1.

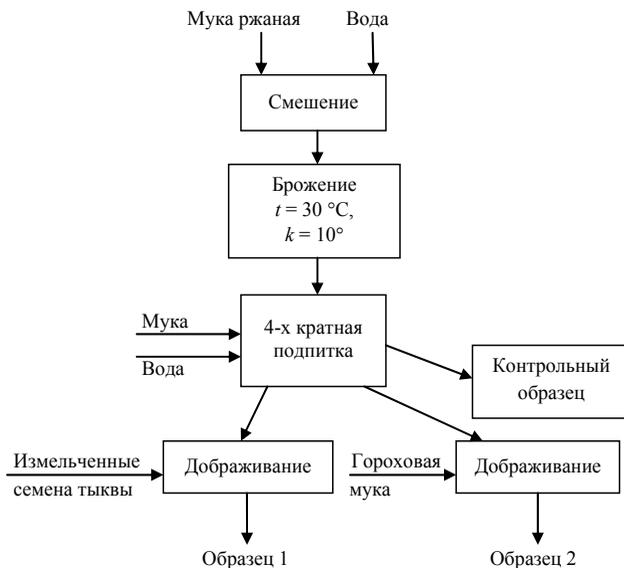


Рис. 1. Схема подготовки закваски

Одним из основных показателей качества закваски является скорость кислотонакопления, напрямую коррелирующаяся с бродительной активностью. В процессе созревания образцов заквасок производили контроль нарастания кислотности, так как готовая закваска должна иметь кислотность 12...14°. Результаты измерения кислотности представлены на рис. 2.

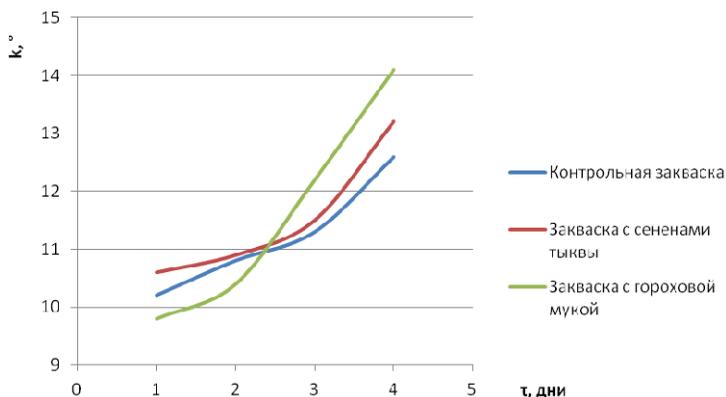


Рис. 2. Изменение кислотности заквасок

1. Органолептические показатели заквасок

Характеристики	Контрольный образец	Закваска с добавлением семян тыквы	Закваска с добавлением гороховой муки
Консистенция	вязкая, слизистая, пористая	вязкая, слизистая, пористая	вязкая, слизистая, с наличием небольших пор
Запах	кисломолочный	кисломолочный с легким запахом органических кислот	уксусный
Вкус	хлебный с кислинкой	хлебный	хлебный с ярко выраженной кислинкой
Цвет	светло-бежевый с сероватым оттенком	светло-бежевый с зеленоватым оттенком	светло-бежевый с желтым оттенком

В результате измерения кислотности выяснилось, что отклонение закваски с семенами тыквы от контрольной составило 0,2%, а закваски с гороховой мукой – 2%. Из этого следует, что закваска с семенами тыквы практически не отличается от контрольной закваски.

Органолептические показатели готовых заквасок представлены в табл. 1.

В результате проведенных исследований выяснилось, что можно рекомендовать в качестве азотистого питания для ржаной закваски измельченные семена тыквы в количестве 10% к мучной подпитке. Такая закваска обладает хорошими органолептическими и технологическими свойствами, а также не требует технологического переоснащения.

Список литературы

1. *Ауэрман, Л. Я.* Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – СПб. : Профессия, 2005. – 416 с.
2. *Пащенко, Л. П.* Технология хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – М. : Колосс, 2008. – 384 с.
3. *Кучерявенко, И. М.* Использование муки из семян тыквы в приготовлении закваски для ржано-пшеничного хлеба / И. М. Кучерявенко, Н. В. Ильчишина, О. Л. Вершинина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 33–34.

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

*Е. Н. Краснослободцева**

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ

В последние годы активно развивается производство масложировых продуктов со сложным жировым составом. Большой интерес к производству таких продуктов обусловлен развитием новых взглядов на рациональное питание, развитием современных технологий, дефицитом качественного молочного жира и его высокой стоимостью.

Растительные масла очень полезны для организма человека, содержат большое количество моно- и полиненасыщенных жирных кислот, однако обладают неудовлетворительными технологическими свойствами и, зачастую, низкими вкусовыми характеристиками. Учеными был разработан способ создания «улучшенного» растительного масла, долго сохраняющегося даже при комнатной температуре, полученного искусственным путем – гидрогенизацией жидких растительных масел. Основным недостатком процесса является увеличение содержания трансизомеров жирных кислот.

Трансизомеры жирных кислот имеют неправильную пространственную конфигурацию, вследствие чего молекулы изомеров, являясь «чужеродным» компонентом, не усваиваются в организме. Научные исследования последних лет доказали, что трансизомеры жирных кислот являются причиной развития многих заболеваний, самые опасные из которых – ишемическая болезнь, атеросклероз, сахарный диабет второго типа.

Во всех странах вводятся ограничения на содержание трансизомеров в масложировой продукции. В частности, в России в соответствии с техническим регламентом на масложировую продукцию ТР ТС 024/2011, содержание трансизомеров в модифицированных жирах с 2018 г. не должно превышать 2,0% от содержания жира в продукции.

Международной организацией здравоохранения ВОЗ было рекомендовано сократить использование гидрогенизированных жиров при производстве пищевых продуктов, заменив их высококачественными перезтерифицированными жирами. На рисунке 1 показаны современные технологии модификации жиров.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Е. В. Пешковой.



Рис. 1. Способы модификации жиров

Перезэтерификация – процесс обмена радикалами одной жирной кислоты с другой, позволяет получить специализированные жиры с «идеальным» жирнокислотным составом: содержанием насыщенных; моно- и полиненасыщенных жирных кислот; отношением ω -3/ ω -6, адекватный уровень потребления которого составляет 1 г / 10 г.

Особенность перезэтерифицированных жиров – способность кристаллизоваться в наиболее желательную для большинства твердых жиров β' -форму. Добавление их в жировую основу специализированных жиров существенно улучшает структурно-механические характеристики, делая их более пластичными и однородными.

В результате перезэтерификации изменяется форма кристаллов, окислительная стабильность, остаются неизменными жирнокислотный состав, содержание трансизомеров, йодное число. Перезэтерификация бывает химическая и энзимная.

Для химической перезэтерификации используют: метилаты натрия или калия, сплавы натрия или калия, гидроксиды натрия или калия. Процесс протекает при воздействии температуры 80...90 °С. В данном случае радикалы жирных кислот меняются местами случайно, процесс

нельзя контролировать и получить жировую смесь с заданными свойствами.

Для химической переэтерификации характерны быстрота протекания реакции, невозможность осуществления частичной реакции, высокая температура, образование в ходе процесса побочных продуктов (продуктов распада катализатора). Свойственна высокая токсичность катализатора, что требует предварительной обработки масла и тщательной очистки после переэтерификации для достижения желаемого качества.

Энзимная переэтерификация происходит без повышения температуры с использованием неспецифической липазы. Процесс позволяет с помощью специфичной липазы получать продукт с установленными характеристиками. Во всех реакциях глицеридов липазы характеризуют либо высвобождение жирнокислотных групп, либо изменение их положения на глицериновой основе. Различные липазы проявляют селективность как по положению жирнокислотной группы в структуре триглицерида, так и по природе жирной кислоты.

Переэтерификация с помощью неспецифической липазы практически не имеет преимуществ перед обычными химическими методами. Получаемые при этом продукты подобны получаемым при химической переэтерификации. Однако при реакции, катализируемой 1,3-специфической липазой, миграция жирной кислоты ограничена 1- и 3-положениями, в результате получается смесь триглицеридов, которую невозможно получить при химической переэтерификации.

Ферментативная переэтерификация осуществляется при низкой температуре, при этом не происходит образование побочных продуктов. Реакция протекает относительно медленно и может быть остановлена в любое время, что позволяет получить требуемую степень переэтерификации.

Благодаря фиксации фермента на носителе, фермент не остается в конечном продукте и может быть удален из масла путем фильтрации. Так же возможно повторное использование энзима, что делает процесс более экономичным. Более того, технологический процесс является простым, удобным в эксплуатации и легко контролируемым. Не наблюдается потемнения цвета готового продукта, что не требует дополнительных затрат на отбелке, не снижается биологическая ценность жиров, поскольку процесс протекает при температуре не более 70 °С. Жиры, полученные в результате энзимной переэтерификации, обладают хорошей пластичностью и мелкокристаллической структурой.

Энзимно-переэтерифицированные масла отличаются самым низким содержанием тристеарина, независимо от содержания полностью гидрированного масла в исходной смеси. Следовательно, энзимно-

перезэтерифицированные масла будут иметь не только улучшенные органолептические свойства, но еще и большую усвояемость. Жиры, полученные методом энзимной перезэтерификации, имеют более низкие значения перекисного числа, чем жиры, полученные при химической перезэтерификации. Низкие значения перекисных чисел для энзимно перезэтерифицированных жиров позволяют получать на их основе продукты, отличающиеся более высокими сроками годности. Удлинению сроков годности также способствует и сохранение при энзимной перезэтерификации содержания токоферолов, количество которых в случае химической перезэтерификации снижается из-за высокой температуры процесса более чем в три раза. Энзимная перезэтерификация позволяет получать маргарины, обогащенные полиненасыщенными жирными кислотами семейств ω -3 и ω -6.

Достоинством химической перезэтерификации является низкая стоимость реализации в промышленных условиях по сравнению с энзимной перезэтерификацией. Объясняется это высокой избирательностью и чувствительностью ферментов, кроме того, подбор и приобретение фермента требует значительных временных и финансовых затрат. Этим недостатком лишен химический катализатор, поэтому процесс химической перезэтерификации позволяет получение различного ассортимента модифицированных жиров, тогда как энзимная перезэтерификация предусматривает получение одного вида продукта. Процесс химической перезэтерификации предназначен для внедрения в крупнотоннажных и многоассортиментных производствах, тогда как энзимная перезэтерификация подойдет для производств малой мощности, ориентированных на выпуск одного вида жировой продукции.

Список литературы

1. *Паронян, В. Х.* Технология и организация производства жиров и жирозаменителей / В. Х. Паронян. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 780 с.
2. *О'Брайен, Ричард.* Жиры и масла. Производство, состав, свойства и применение / Ричард О'Брайен. – СПб. : Профессия, 2007. – 751 с.
3. *Зайцева, Л. В.* Энзимная и химическая перезэтерификация: сравнительный анализ / Л. В. Зайцева // Пищевая промышленность. – 2011. – № 6. – С. 56 – 58.
4. *Мельников, В. В.* Перезэтерификация: химическая или энзимная? / В. В. Мельников // Пищевая промышленность. – 2010. – № 10. – С. 26–27.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ГГТУ»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ КОНФЕТ

Актуальным и перспективным направлением развития кондитерского производства является разработка на научной основе конкурентоспособной технологии изготовления жевательных конфет, обогащенных физиологически функциональными ингредиентами.

Технология производства жевательных конфет имеет ряд особенностей, однако в основе лежит единая схема, включающая следующие стадии: подготовку сырья к производству, приготовление рецептурной смеси, приготовление массы, охлаждение массы, ее обработка, формование, завертку и упаковку (рис. 1) [1].

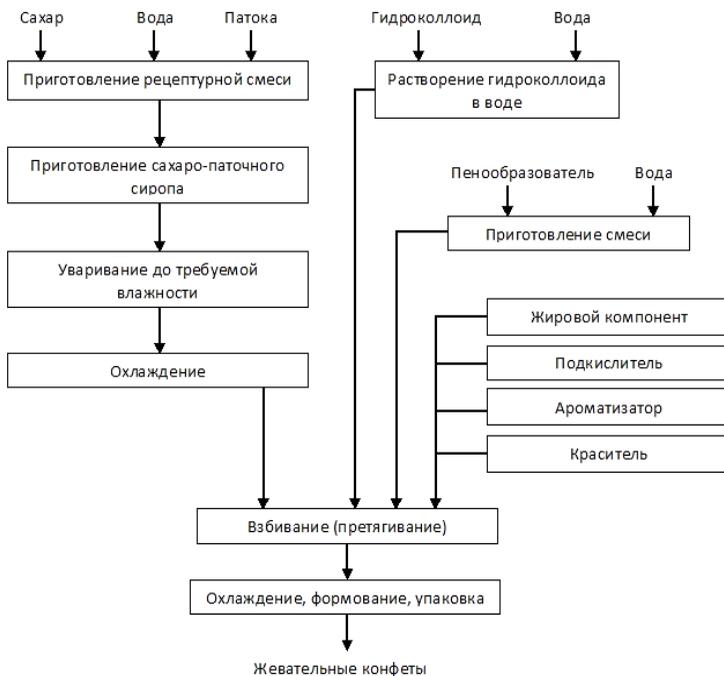


Рис. 1. Общая технологическая схема получения жевательных конфет

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента П. М. Смолихиной.

Анализ зарубежных литературных источников показал, что в технологии преобладают два основных направления механической обработки:

- получение масс путем перетягивания;
- получение масс путем взбивания (периодически и непрерывно).

Первым шагом приготовления жевательных конфет является подготовка сырья. На этой стадии подготавливаются:

- раствор желатина в воде (2:1), $t = 30 \dots 60 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 0,5 \dots 1 \text{ ч}$;
- раствор гуммиарабика в воде (1:1), $t = 30 \dots 60 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tau = 0,5 \dots 1 \text{ ч}$;
- подогревается патока, растапливается жировой компонент, $t = 60 \dots 65 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Затем подготавливается рецептурная смесь из сахара, патоки, воды.

Рецептурная смесь уваривается до температуры $120 \dots 130 \text{ } ^\circ\text{C}$, в зависимости от заданной влажности. После уваривания в массу вносят пластичный жировой компонент, растворы гидроколлоидов, лимонную кислоту, ароматизатор, краситель и другие добавки. После этого массу диспергируют в течение 3 мин, образовавшуюся эмульсию охлаждают до $40 \dots 60 \text{ } ^\circ\text{C}$. Охлажденную массу перетягивают или взбивают в течение 3...15 минут, затем формируют и охлаждают.

Анализируя существующие способы приготовления масс жевательных кондитерских изделий, можно отметить, что технологические параметры производства лежат в широком диапазоне:

- конечная температура варки колеблется от 120 до $130 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- время механической обработки массы колеблется от 3 до 15 минут;
- оптимальная температура массы перед перетягиванием изменяется в диапазоне от 40 до $60 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- периодичность загрузки компонентов не уточнена.

В связи с этим необходим комплекс исследований для уточнения режимов и отладки технологических процессов.

Текстура – одно из важнейших свойств пищевого продукта, которым пользуются потребители при оценке его качества, оно связано с плотностью, вязкостью, поверхностным натяжением и другими физическими характеристиками продукта [2].

Анализ жевательных конфет, представленных на российском рынке, выявил разнообразные рецептурные компоненты (табл. 1).

Как видно из таблицы, сырье, используемое в жевательных конфетах, разнообразно, от чего и текстурные свойства готовых продуктов различны. В конфетах Мамба используются фруктовые соки в сочетании с модифицированным крахмалом, что помогает исключить из рецептуры ароматизаторы и красители. Однако при этом используется сорбит и эмульгатор для придания необходимой структуры изделию.

1. Состав жевательных конфет

Наименование сырья	Наименование конфет		
	Mamba	Skittles	Fruitella
Сахар	+	+	+
Глюкозный сироп	+	+	
Желатин			+
Модифицированный крахмал	+		
Кислота	+	+	+
Эмульгатор	+		
Сорбит	+		
Гидрогенизированное растительное масло			+
Ароматизатор		+	
Концентрат			+
Растительный жир	+	+	
Загуститель		+	+
Фруктовые соки	+		
Экстракты			+
Декстрины			+
Рисовый крахмал			+

Жевательные конфеты Skittles представляют собой продукт с твердой сахарной глазурью, в котором отсутствуют студнеобразователи, экстракты, фруктовые соки, но используется ароматизатор и загуститель. Конфеты Fruitella производят на основе желатина, представляющий собой денатурированный коллаген, который является белком и основным компонентом соединительной ткани кожи костей животных. Так же в жевательных конфетах используют концентрат и экстракт с добавлением декстрина и рисового крахмала для необходимой структуры.

При использовании модифицированного крахмала, в рецептурном количестве воды разводят крахмал, добавляют сахар и патоку, после чего рецептурную смесь уваривают. При использовании фруктоолиго-

сахаридов их вводят вместе с сахаром. С увеличением концентрации крахмала набухание и растворимость крахмала снижаются в связи с ограниченным количеством свободной воды. Для полного растворения гранулярной структуры требуется обработка при температурах свыше 100 °С, что отрицательно сказывается на биологически активных веществах, входящих в состав используемых натуральных фруктовых соков. При выборе студнеобразователя необходимо учитывать его характеристики (табл. 2).

При разработке технологии изготовления жевательных конфет, обогащенных физиологически функциональными ингредиентами, необходимо учитывать не только характеристики студнеобразователей [3]. При внесении в конфетные массы нового вида сырья (фитодобавок и их экстрактов, концентрированных соков, порошкообразных полуфабрикатов), необходимо выбирать студнеобразователи, способные образовывать

2. Характеристика студнеобразователей

Название гидроколлоида	Характеристики гелеобразования
Модифицированный крахмал	Крахмалы, содержащие амилазу, образуют термически необратимые непрозрачные гели
Желатин	При охлаждении образуют термообратимые прозрачные гели, упругие и плавящиеся в полости рта
Агар	При охлаждении до 40 °С образует мутные, хрупкие термообратимые гели, которые плавятся только при высоких температурах (около 85 °С)
Каппа-каррагинан	При охлаждении до 40...60 °С образует термообратимые, слегка мутные гели. Плавление происходит при температуре на 5...10 °С выше температуры гелеобразования
Пектин низкометоксильный	При охлаждении в присутствии ионов кальция и секвестрантов (например, цитрата) образует термообратимые прозрачные гели pH 3,0...4,5
Пектин высокометоксильный	Гели образуются в присутствии хорошо растворимых солей при pH ниже 3,5. Гели не являются термообратимыми

гели при более низких температурах, выбирать их смеси для получения требуемых жевательных свойств, а также учитывать изменение реологических свойств конфетных масс перед механической обработкой.

Список литературы

1. Сафонов, Д. А. Разработка технологии жевательных конфет с комплексом функциональных ингредиентов / Д. А. Сафонов. – М. : Изд-во ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств», 2006. – 276 с.
2. МакКенна, Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКенна. – СПб. : Профессия, 2008. – 408 с.
3. Муратова, Е. И. Определение температурных режимов при производстве новых видов конфет / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина, Д. В. Леонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 667–668.

Кафедра «Технология и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ГГТУ»

УДК 664.681.2

*Е. А. Цветкова**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Несбалансированное питание и увеличение потребления рафинированных продуктов является одной из причин ухудшения здоровья населения в связи с низким уровнем поступления таких нутриентов, как минеральные вещества, витамины и пищевые волокна в организм человека.

Целью работы является разработка рецептуры и технологии приготовления вафельных изделий функционального назначения путем обогащения листа и плодово-ягодной начинки полисахаридами растительного происхождения.

Объектом исследования являлись вафельное тесто и вафельные листы, полученные из пшеничной муки (контроль) и с заменой в различных соотношениях части пшеничной муки на овсяную.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента П. М. Смолихиной и канд. пед. наук, доцента Е. И. Муратовой.

В работе применяли общепринятые и специальные методы исследований. Массовую долю влаги в вафлях определяли инфракрасным термагравиметрическим методом по ГОСТ Р 8.626–2006 на приборе ЭВЛАС-2М (ОАО «Сибпроприбор», Россия) и по ГОСТ 5900–73; активность воды – методом зеркально-охлаждаемого датчика точки росы на приборе AquaLab LITE; pH – потенциометрическим методом с помощью pH-метра для полутвердых продуктов марки Testo 206 pH2 (Testo AG, Германия); реологические свойства вафельного теста – методами ротационной вискозиметрии на приборе HAAKE VT7-R plus (Thermo Fisher Scientific, Германия); структурно-механические свойства вафельных листов – на текстурном анализаторе СТЗ Texture Analyzer (Brookfield engineering laboratories, inc., США); адгезионные свойства – визуально; органолептическую оценку образцов – балльным методом.

Для повышения содержания минеральных веществ и пищевых волокон в вафельных листах в тесто вводили овсяную муку, таким образом повысив поступление в организм человека эссенциальных нутриентов, что является профилактикой различных заболеваний.

Овсяная мука повышает вязкость вафельного теста, что влияет на качество готового полуфабриката – вафельного листа.

Определяли дозировку овсяной муки, вводимой в вафельное тесто с шагом в 10%. В результате получили пять образцов, включая контроль, у которых исследовали вязкость. Вязкость – технологическая характеристика теста, стабильность которой и сохранение постоянства ее во времени является важным фактором при введении овсяной муки в вафельное тесто. Влияние количества вносимой муки на вязкость вафельного теста представлено на рис. 1 [1].

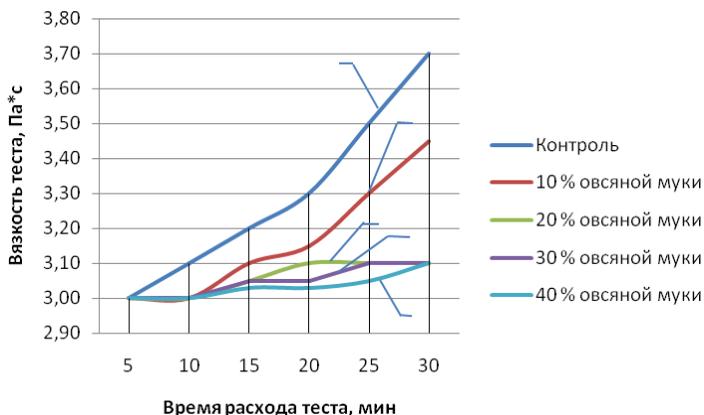


Рис. 1. Влияние количества вносимой овсяной муки на вязкость вафельного теста

Из рисунка видно, что вязкость контрольного замеса теста увеличивается пропорционально времени его использования, а с увеличением вводимого количества овсяной муки увеличение вязкости происходит значительно медленнее. Это объясняется общим снижением количества набухаемых белков в тесте за счет введения овсяной муки и, как следствие, снижением прочности белкового каркаса вафельного листа. Исследуя поведение теста, можно с уверенностью сказать, что внесение как 30, так и 40 % овсяной муки гарантирует стабильную вязкость теста на протяжении времени его полного расхода [1].

Определяли влияние количества овсяной муки на прочностные характеристики вафельного листа (рис. 2) [1]. Установлено, что прочность листов контрольного замеса – самая высокая из всех образцов и составляет 337 кг/м^2 , а с увеличением количества вводимой овсяной муки в тесто прочность вафельных листов снижается, что объясняется общим снижением количества набухаемых белков пшеничной муки за счет введения овсяной муки. Вафельные листы с 10% овсяной муки по прочности близки к контрольному образцу. Добавление 30% овсяной муки в вафельное тесто снижает прочность листов на 3,5%, а 40% овсяной муки – на 7%. При введении свыше 30% овсяной муки наступает критический уровень прочности вафельного листа, и именно, с этим связано резкое увеличение количества возвратных отходов в виде лома вафельного листа [2].

Влажность вафельных листов находится на уровне 2...4%, активность воды меньше 0,6. Для уменьшения сорбции влаги листом из начинки при приготовлении теста используют пищевые волокна в дозировке 2...3% [2].

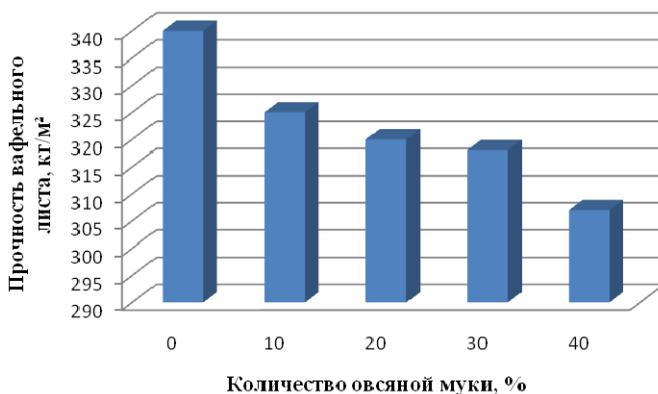


Рис. 2. Зависимость прочности вафельного листа от количества вносимой в тесто овсяной муки

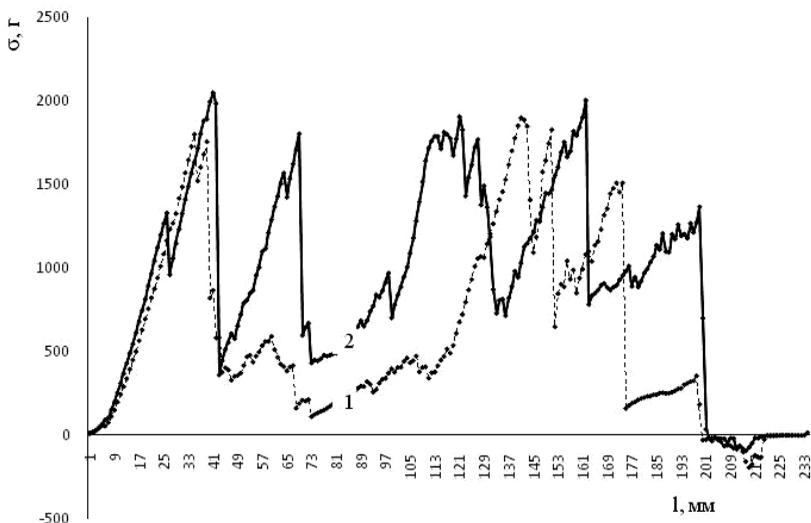


Рис. 3. Структурно-механические характеристики вафель с плодово-ягодной начинкой:

1 – контроль; 2 – с добавлением 10% порошка тыквы

Для предотвращения миграции влаги из начинки в вафельный лист целесообразно использование порошков из растительного сырья. Хрусткость оценивали органолептически и инструментально по прочности листов во время резки на текстурном анализаторе СТЗ Texture Analyzer (Brookfield engineering laboratories, inc., США) (рис. 3) [2].

В результате проведенных исследований выявлено, что введение порошка тыквы в плодово-ягодную начинку существенно снижает показатель активности воды. Частицы порошка дисперсностью 0,14...0,25 мм прочно связывают и удерживают влагу. В результате сохраняется хрусткость листов в течение срока годности и происходит дополнительное обогащение начинки пищевыми волокнами [2].

Вафли с плодово-ягодными начинками обладают пониженной калорийностью по сравнению с другими изделиями этой кондитерской группы., а замена части пшеничной муки на овсяную повышает их биологическую ценность за счет содержания минеральных веществ (К, Са, Mg, P, Zn) и пищевых волокон.

Установлено, что разработанные вафельные изделия являются перспективным средством ликвидации нутриентной недостаточности при усугубляющемся воздействии неблагоприятных факторов окру-

жающей среды. В дальнейшем исследования будут направлены на подборку других ингредиентов для получения ассортиментной линейки с заданным содержанием микронутриентов. При этом планируется использование местного сыра.

Список литературы

1. *Аmineva, И. Я.* Разработка рецептур и совершенствование технологии вафельных изделий функционального назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 09.09.10 / Аминева И. Я. – Краснодар, 2010. – 24 с.
2. *Смолихина, П. М.* Применение фруктовых порошков при проектировании вафель с плодово-ягодной начинкой / П. М. Смолихина, К. И. Долгова, Е. А. Цветкова // Пищевые технологии и биотехнологии : XIV Междунар. конф. молодых ученых. – 2015. – 35 с.
3. *Муратова, Е. И.* Реология кондитерских масс : монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.

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

УДК 66.047

*Р. Ю. Банин**

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ К ТЕПЛОБМЕННЫМ ПОВЕРХНОСТЯМ

В настоящее время в России практически в каждом регионе и области существуют предприятия, на которых реализуется микробиологическое производство этилового спирта из зернового или другого сырья.

В производстве этилового спирта образуется большое количество отходов: послеспиртовая барда – главный отход; побочные продукты перегонки этилового спирта (лютерная вода, сивушное масло, головная фракция этилового спирта), газы брожения.

Наиболее проблемным отходом спиртового производства является послеспиртовая барда. На 1 дал ректифицированного спирта ее приходится порядка 0,12 м³.

На сегодняшний день наиболее распространенным способом утилизации барды является технология, включающая применение центрифуг, выпарных установок и сушилок.

Главная проблема данной технологии заключается в быстром образовании отложений перерабатываемой барды на стенках теплообменной аппаратуры.

Выбор режима обработки жидкой барды для уменьшения величины адгезии отложений к поверхности и/или уменьшение скорости роста подобных отложений является весьма важной задачей. Для определения величины адгезии, получающейся при сушке жидкой послеспиртовой барды на подложках пленок, нами была разработана установка, реализующая модернизированный метод клина, представленная на рис. 1.

На подложке 7 происходит высушивание жидкой послеспиртовой барды при определенном режиме. Затем подложка с пленкой закрепляется на столе установки 1 с помощью фиксаторов 2. Специальным ножом производится выделение четырех полос на пленке. Первая полоса используется для ориентировочного выбора веса груза 4, прижимающего срезающий узел 3 к подложке.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента А. Н. Пахомова.

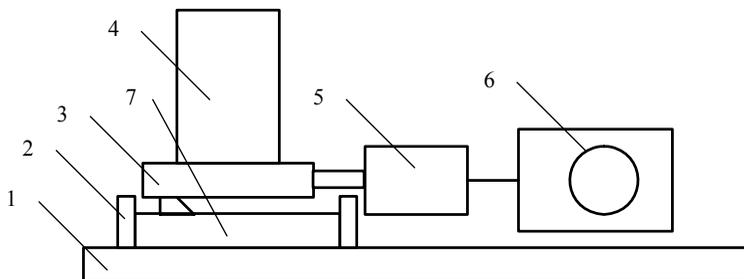


Рис. 1. Схема установки для определения величины адгезии сухой пленки к подложке:

1 – стол; 2 – фиксатор; 3 – срезающий узел; 4 – груз;
5 – динамометр; 6 – привод; 7 – подложка

Проводится пробное снятие пленки с подложки с замером величин усилия среза пленки и трения ножа о подложку. Движение срезающего узла осуществляется с помощью привода 6. Замер усилий производится с помощью цифрового динамометра 5. Полученные значения адгезии для трех полос усредняются.

Разработанная установка показала надежные значения величины адгезии при сравнении их с данными адгезии пленок лакокрасочных материалов, определенных методом отслаивания по ГОСТ 15140–78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.

Как показали наши измерения, величина скорости течения жидкой барды различного происхождения влияет на скорость роста толщины слоя твердого отложения, а также влияет на величину адгезии полученного отложения к поверхности.

Основное влияние на величину адгезии оказывает температура поверхности и происхождение жидкой барды.

Результаты полученных значений для кукурузной барды при варьировании температуры модельной поверхности представлены на рис. 2. Температуру модельной поверхности варьировали от 60 до 180 °С.

I – зона низких температур;

II – зона основных технологических режимов;

III – зона деструкции продукта.

Результаты полученных значений для зерновой барды при варьировании температуры модельной поверхности представлены на рис. 3. Температуру модельной поверхности варьировали от 60 до 180 °С.

Анализ полученных значений показывает, что величина адгезии для кукурузной барды меньше, чем у зерновой барды, в 2 – 6 раз. Увеличение температуры теплообменной поверхности приводит к увеличению величины адгезии в 1,3 – 3 раза.

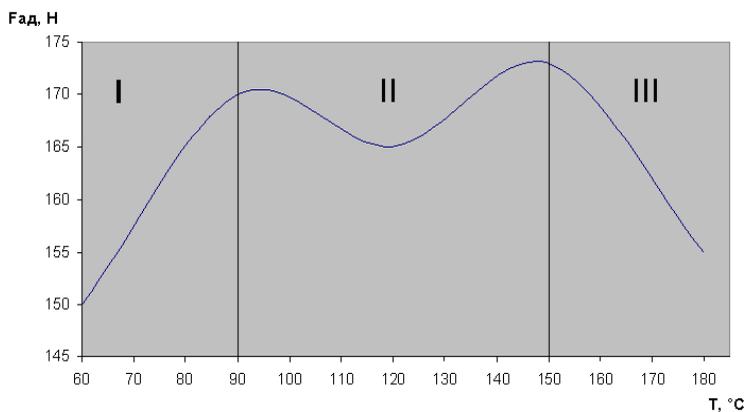


Рис. 2. Зависимость силы адгезии F от температуры поверхности T

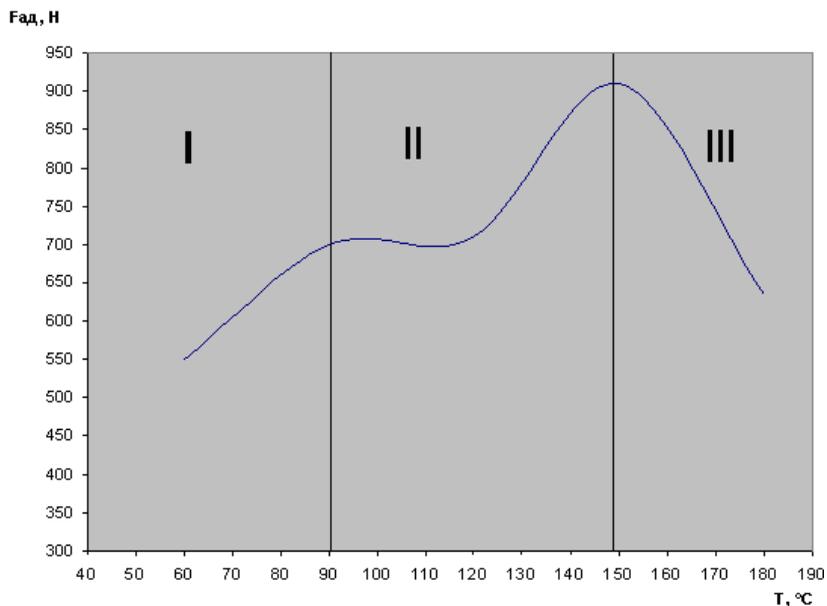


Рис. 3. Зависимость силы адгезии F от температуры поверхности T

В результате проведенных нами исследований разработана рекомендация по снижению отложений на стенках теплообменного оборудования на линии утилизации послеспиртовой барды: проводить тепловые процессы при переработке барды в температурном диапазоне

90...150 °С. Выявлено, что в данном интервале температур скорость образования отложений минимальна, что, как следствие, приводит к увеличению времени непрерывной работы линии утилизации. Благодаря этому уменьшается длительность очистных мероприятий на стадии переработки жидкой послеспиртовой барды, в свою очередь, это приводит к значительному уменьшению использования оборотной воды на предприятии. Снижение нагрузки на очистные сооружения определяет тенденцию по сокращению общего количества сточных вод от работы завода в целом.

Список литературы

1. *Экспериментальные* исследования свойств жидкой послеспиртовой барды / Ю. В. Пахомова, С. Ю. Слюняева, Т. А. Тришакова, Е. М. Сахарова ; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. С. Попова // Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – В 4 т. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – Т. 4. – С. 211–214.

2. *Пахомов, А. Н.* Возможности самоорганизации дисперсных систем при сушке на подложке / А. Н. Пахомов, Ю. В. Пахомова, Е. А. Ильин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 633 – 637.

3. *Анализ* свойств жидкой послеспиртовой барды / А. Н. Пахомов, Р. Ю. Банин, И. Г. Елисеева, Е. А. Черных // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 57 – 61.

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

УДК 66-963

*Ю. В. Пугачева, А. Г. Яценко, Н. В. Пятакова**

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПРОДУКТА В ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

В результате проводимой государством политикой импортозамещения, не только сельскохозяйственная промышленность и АПК, но и легкая промышленность вместе с сектором бытовой химии получили

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Н. В. Орловой.

дополнительный стимул к развитию и модернизации. На сегодняшний день доля импорта в секторе бытовой химии, по данным Роспотребнадзора, составляет порядка 75%.

В состав большинства бытовых чистящих средств входит сульфаминовая кислота, которая используется также и в промышленности для чистки аппаратуры от накипи, солей кальция и калия. Однако, даже отечественные производители бытовой химии чаще отдают предпочтение кислоте, производимой в Китае, не смотря на то, что импортная сульфаминовая кислота обладает ярко выраженным раздражающим воздействием на организм.

Сравнительный анализ отечественного продукта с зарубежными конкурентами показал, что по таким показателям качества, как сыпучесть и насыпная плотность, сульфаминовая кислота производства ОАО «Пигмент» не выдерживает конкуренции [1].

С целью повышения конкурентоспособности и увеличения процента экспорта сульфаминовой кислоты необходимо провести комплексную работу, включающую в себя решение как вопросов энерго- и ресурсосбережения, так и получения целевого продукта, отвечающего международным стандартам качества.

Лимитирующей стадией производства сульфаминовой кислоты, сдерживающей увеличение выпуска и повышение качества готового продукта, является процесс кристаллизации.

Неправильно рассчитанные параметры кристаллизации при производстве сульфаминовой кислоты, сахарозы, глюкозы, поваренной соли, лимонной и молочной кислот, глютамата натрия и других, приводят к характерным изменениям качества и увеличению себестоимости продукта. Так, например, при нерациональных режимах охлаждения в кристаллизаторах-охладителях размер кристаллов становится неоптимальным (либо слишком крупные, либо слишком мелкие кристаллы), что приводит, в конечном счете, к потерям сырья из-за низкого выхода продукта в первом случае или из-за потери при промывке кристаллов во втором.

Основными технологическими параметрами процесса кристаллизации, влияющими на сыпучесть и насыпную плотность готового продукта, являются скорость охлаждения, гидродинамический режим в аппарате, начальная и конечная температуры суспензии, время выдержки и наличие примесей.

Для оценки влияния технологических параметров кристаллизации на качественные показатели сульфаминовой кислоты, было проведено три серии экспериментов с варьированием указанных выше параметров.

Исследование проводили на лабораторной установке (рис. 1), включающей в себя стеклянный реактор с рубашкой, термостат с термометром, мешалку с частотным регулятором.

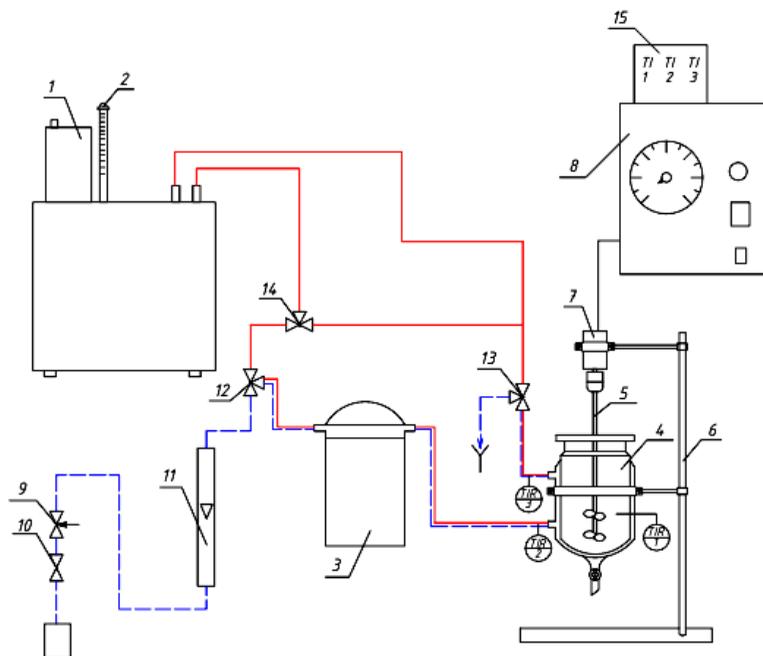


Рис. 1. Лабораторная установка для изучения процесса кристаллизации:

- 1 – термостат; 2 – термометр; 3 – фильтр; 4 – реактор; 5 – мешалка;
 6 – штатив; 7 – привод; 8 – регулятор частоты; 9 – вентиль регулирующий;
 10 – кран проходной; 11 – ротаметр; 12, 13, 14 – кран трехходовой;
 15 – прибор самопишущий, с возможностью подключения к ПК

Исследование проводилось по следующей схеме: в реактор заливается дистиллированная вода, и подачей горячей воды в рубашку, нагревается до необходимой температуры. Заданная начальная температура суспензии T_0 поддерживается с помощью термостата. По достижению заданной температуры загружается навеска сульфаминовой кислоты. Суспензия выдерживается до полного растворения кислоты при высоких оборотах мешалки, при достижении заданной температуры и полного растворения кристаллов выставляется заданная частота вращения мешалки.

Чтобы избежать возникновения большого числа центров кристаллизации и увеличить тем самым размер получаемых кристаллов, охлаждающую воду в рубашку подавали после выдержки в течение 1 часа, а затем охлаждали до конечной температуры. Полученная суспензия сульфаминовой кислоты фильтруется на воронке Бюхнера. Кристаллы сушатся в сушильном шкафу.

Основные результаты исследования влияния технологических параметров на насыпную плотность и сыпучесть представлены в табл. 1.

1. Качественные показатели сульфаминовой кислоты

<i>1. Первая серия экспериментов</i>			
Температура, °С	Частота вращения мешалки, об/мин	Насыпная плотность, кг/м ³	Сыпучесть, с
50	40	1140,1	4,2
	50	1132,4	5,1
	60	1129,7	5,9
60	40	1148,4	3,9
	50	1140,6	4,6
	60	1133,8	5,3
65	40	1156,3	3,1
	50	1150,8	3,6
	60	1141,3	4,2
70	40	1155,7	3,7
	50	1148,9	4,1
	60	1140,1	4,9

<i>2. Вторая серия экспериментов</i>			
Время выдержки, мин	Частота вращения мешалки, об/мин	Насыпная плотность, кг/м ³	Сыпучесть, с
10	40	1138,1	4,1
	80	1081,3	5,3
30	40	1145,8	3,9
	80	1105,7	5,0
60	40	1156,3	3,1
	80	1113,7	4,7

<i>3. Третья серия экспериментов</i>			
Расход хладагента, л/ч	Частота вращения мешалки, об/мин	Насыпная плотность, кг/м ³	Сыпучесть, с
18	40	1131,3	4,1
36	40	1148,4	3,8
54	40	1163,7	3,0

Сульфаминовая кислота с качественными показателями уровня конкурентных производителей была получена при проведении процесса кристаллизации: с начальной температурой суспензии 65 °С, частотой вращения мешалки – 40 об/мин, выдержкой суспензии в течение 60 мин и расходом хладагента 54 л/ч.

Внедрение полученных результатов исследования в существующую технологию производства позволит существенно улучшить качество готового продукта и увеличить продажи сульфаминовой кислоты как на внутреннем, так и на внешнем рынке сбыта.

Список литературы

1. Яценко, А. Г. Подходы к ресурсосбережению в производстве сульфаминовой кислоты / А. Г. Яценко, Н. В. Пятакова // Актуальные проблемы технических наук : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : Аэтерна, 2014. – С. 42 – 46.

Кафедра «Технологические процессы, аппараты и технообеспечение безопасности» ФГБОУ ВПО «ГТТУ»

УДК 661.935; 661.937.1

*Г. А. Чернов**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

В работе рассмотрена проблема проектирования индивидуальных средств защиты органов дыхания (ИСЗ) на основе математического моделирования процессов поглощения углекислого газа и выделения кислорода с использованием сформулированной ранее математической модели обогащения воздуха кислородом [1, 2]. Сформулирована математическая постановка задачи оптимального проектирования средств ИСЗ. Предложена методика оптимального проектирования ИСЗ по критерию энергопотребления.

Задача оптимального проектирования ИСЗ формулируется в следующем виде: необходимо найти значения конструктивных параметров $d = f(L, D_{\text{вн}}, K_k, K_u, K_y)$ и режимных переменных $z = f(P_{\text{ад}}, P_{\text{дес}}, \tau_{\text{ц}}, \theta, \psi_{\text{пр}}, q)$, при которых будут обеспечены заданная производительность $Q_{\text{пр}}$, концентрация кислорода $c_{\text{O}_2}^{\text{пр}}$ на выходе из аппарата, кон-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента Е. И. Акулинина.

центрация углекислого газа на выходе из аппарата $c_{\text{CO}_2}^{\text{пр}}$ и при этом будет достигаться минимальное энергопотребление:

$$\min_{d, z} N, \quad (1)$$

при связях в форме уравнений математической модели [3] и ограничениях:

$$\begin{aligned} m_a \leq m_{\text{зад}}; \quad k_p \geq k_{\text{зад}}; \quad L \leq L_{\text{зад}}; \quad D_{\text{вн}} \leq D_{\text{зад}}; \quad S \leq S_{\text{зад}}; \\ R \geq R_{\text{зад}}; \quad E \leq E_{\text{зад}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где K_k, K_u, K_y – конструктивные характеристики соответственно периферийных устройств (клапаны, дюзы, регуляторы), источников давления (вакуума), управляющих устройств; m_a – масса аппарата; S – стоимость; R – надежность; E – эргономические характеристики (уровень шума, средства индикации); $\tau_{\text{ц}}$ – длительность цикла, с; θ – коэффициент обратной промывки; $\psi_{\text{пр}}$ – степень извлечения; q – удельная производительность, м³.

Методика оптимального проектирования по критерию энергозатрат включает следующие этапы:

1. Формулировка требований к характеристикам ИСЗ: вес, энергопотребление, эргономические показатели, стоимость, и ограничения (2), разработка технического задания на проектирование.

2. Обзор рынка ИСЗ, патентной литературы, выбор прототипа.

3. Предварительная оценка технических характеристик, себестоимости и перспективности создания аппарата.

4. Выбор технологической схемы и величин рабочих давлений на основе решения задачи оптимизации (минимизации) энергопотребления аппарата.

5. Сравнение рассчитанной величины энергопотребления аппарата с заданной в техническом задании.

6. В случае превышения рассчитанной величины энергопотребления заданного значения, техническое задание корректируется, после чего алгоритм повторяется, начиная с шага 2.

7. Осуществляется выбор существующих или разработка новых сорбентов, обладающих необходимыми характеристиками (емкость, селективность по азоту и углекислому газу),

8. Экспериментально исследуются свойства сорбентов.

9. Осуществляется технологический расчет ИСЗ по следующей методике:

Шаг 1. Задать значения $P_{\text{ад}}, P_{\text{дес}}, \Delta P_{\text{доп}}, \theta, Q_{\text{исх}}^{\text{доп}}$ и начальное приближение для высоты слоя L сорбента.

Шаг 2. Выбрать внутренний диаметр адсорбера $D_{\text{вн}}$.

Шаг 3. Задать начальные значения степени извлечения по кислороду $\psi_{\text{пр}}^{\text{O}_2}$ и по углекислому газу $\psi_{\text{пр}}^{\text{CO}_2}$, шаг $(\Delta\psi)$.

Шаг 4. Рассчитать величины расхода входного потока $Q_{\text{исх}}$, фиктивную скорость потока w_0 , величину перепада давлений в слое ΔP и минимальное время стадии сорбции $\tau_{\text{ад}}^{\text{min}}$.

Шаг 5. Решить систему дифференциальных уравнений математической модели и определить концентрацию кислорода на выходе из аппарата c_{O_2} , концентрацию углекислого газа c_{CO_2} при $\tau_{\text{ад}} = \tau_{\text{ад}}^{\text{min}}$ (не менее 6 циклов). В случае, если $c_{\text{O}_2} < c_{\text{O}_2}^{\text{нр}}$, $c_{\text{CO}_2} > c_{\text{CO}_2}^{\text{нр}}$, перейти к шагу 6. В противном случае, перейти к шагу 7.

Шаг 6. Принять новое значение $\psi_{\text{пр}} = \psi_{\text{пр}} - \Delta\psi$ и перейти к шагу 4.

Шаг 7. Осуществить сравнение величины средней остаточной концентрации азота после стадии десорбции $a_{\text{N}_2}^{\text{ост}}$ при времени десорбции $\tau_{\text{дес}} = \tau_{\text{ад}}$ с средней концентрацией азота, достигнутой на стадии адсорбции a_{N_2} . При выполнении условия $a_{\text{N}_2}^{\text{ост}} / a_{\text{N}_2} \leq \chi$, где χ – заданная наперед величина, принять, что сорбент регенерирован. Время цикла $\tau_{\text{ц}}$ определить по формуле $\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{ад}} + \tau_{\text{дес}}$.

Шаг 8. В случае выполнения условия $\Delta P < \Delta P_{\text{доп}}$, перейти к шагу 9. В противном случае, принять: $L = L - \Delta L$ и перейти к шагу 2.

Шаг 9. Если рассчитанная величина $Q_{\text{исх}} < Q_{\text{исх}}^{\text{доп}}$, перейти к шагу 10. В противном случае, необходимо либо перейти к использованию другого вида адсорбента (шаг 11) и повторить расчет, начиная с шага 7, либо внести корректировку в техническое задание.

Шаг 10. В качестве рабочих параметров выбрать рассчитанные значения $P_{\text{ад}}$, $P_{\text{дес}}$, L , $D_{\text{сл}}$, $Q_{\text{пр}}$, θ , $\tau_{\text{ц}}$ и определить рабочий объем $V_{\text{ад}}$ адсорбера.

10. Детальная конструктивная разработка ИСЗ с учетом ограничений (2). Необходимо осуществить выбор или разработку компрессора (воздуходувки, вакуум-насоса) по заданной производительности и величине создаваемого перепада давлений. Необходимо осуществить выбор (разработку) клапанов, дросселирующих вентилях, дюз и прочих периферийных устройств, необходимых для реализации выбранной схемы.

11. Разработка схемы автоматизации и управления потоками, подбор датчиков, контроллеров.

12. Проведение необходимых испытаний и, в случае если они успешны, осуществляется разработка документации, необходимой для изготовления ИСЗ.

13. Осуществляются мероприятия, связанные с прохождением сертификации в зависимости от области применения аппарата. В случае неуспешных испытаний аппарат направляется на конструктивную доработку.

Таким образом, в результате реализации методики оптимального проектирования решается комплекс задач по обеспечению перехода от технического задания на проектирование к готовому техническому изделию.

В качестве примера рассмотрена задача проектирования дыхательной установки обогащения воздуха кислородом с использованием предложенной методики. Результаты расчета характеристик установки представлены в таблице.

На основании полученных результатов предложены рекомендации по совершенствованию установки для получения дыхательной смеси, обогащенной кислородом: замена регулируемого дросселя на нерегулируемый, исключение из схемы организации процесса регулировочных вентилей, исключение расходомера с регулировочным вентилем на входе в установку, установка вместо реле времени программируемого

1. Основные характеристики дыхательной установки

№	Характеристика	Единица измерения	Значение
1	Производительность	л/мин	2...3
2	Концентрация кислорода на выходе	% об.	30...90
3	Производительность компрессора	л/мин	25,7
4	Давление адсорбции	Па	2,4×10 ⁵
5	Давление десорбции	Па	0,8×10 ⁵
6	Высота адсорбера	м	0,22
7	Диаметр адсорбера	м	0,035
8	Коэффициент обратной промывки	м ³ /м ³	2,1
9	Длительность цикла	с	2,16

микроконтроллера. В результате осуществления указанных мероприятий ожидаемое улучшение характеристик установки по сравнению с аналогами может составить: снижение веса – до 15%, габаритов – до 20%, стоимости – до 10%.

Список литературы

1. *Современные* тенденции по уменьшению энергозатрат кислороддобывающих установок короткоцикловой безнагревной адсорбции / Е. И. Акулинин, Д. С. Дворецкий, С. И. Симаненков, А. А. Ермаков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 597 – 601.

2. *Пат. 136976* РФ, МПК В01D53/047. Адсорбционный генератор кислорода / Акулинин Е. И., Дворецкий Д. С., Темнов М. С. / № 136976 ; заявл. 29.05.12 ; опубл. 27.01.14 ; Бюл. № 3. – 3 с.

3. *Математическое* моделирование процесса обогащения кислородом воздуха в установке короткоцикловой адсорбции / Е. И. Акулинин, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, А. А. Ермаков, С. И. Симаненков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 341 – 355.

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

УДК 621.311

*С. В. Кочергин, А. Н. Каздин, К. И. Терехов**

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ

В последнее время все чаще звучит проблема относительно большего потребления энергоресурсов, в частности, электроэнергии. В России большая часть систем электроснабжения проектировалась и создавалась еще в СССР под те задачи и нагрузки, которые были необходимы на тот момент. За последние 15 – 20 лет нагрузка сильно выросла (рис. 1), а сети изношены [1] и тут необходимо понимать, что существующие с тех времен сети сейчас работают с явной перегрузкой [2].

Одной из причин увеличения потребления электрической энергии (ЭЭ) является колоссальный рост количества электронных устройств, бытовой техники. Их количество с каждым годом становится все больше. С течением времени появляются различные устройства, позволяющие упростить жизнь людей.

На сегодняшний день существует проблема мониторинга потребления энергоресурсов. Население имеет электрические счетчики, которые информируют только о совокупном потреблении квартиры или дома. При этом невозможно отследить потребление отдельных устройств, таких как телевизор или пылесос. Для этого необходимо дорогостоящее и сложное в обращении оборудование, а также помощь специалиста данной области. Таким образом, отсутствие информации не позволяет принимать оптимальные решения в направлении экономии ЭЭ.

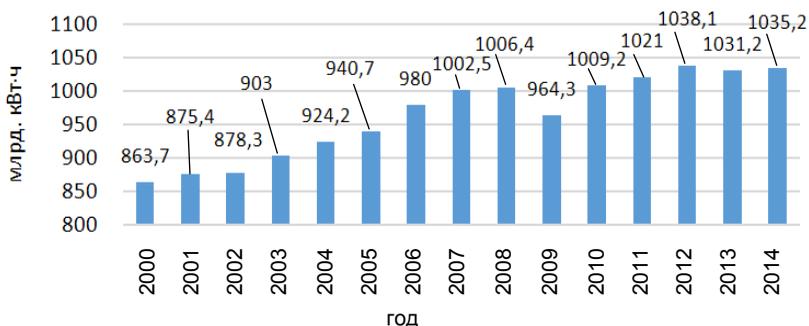


Рис. 1. Динамика потребления электроэнергии в РФ

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой А. В. Кобелева.

С целью выявления объема потребления ЭЭ были произведены лабораторные измерения. Объектом анализа стала среднестатистическая квартира, в которой на каждый потребитель ЭЭ был установлен прибор, считывающий объем потребляемой мощности. Изучая полученные данные, можно прийти к выводу, что лидирующие позиции занимают не утюг или стиральная машина, которые являются одними из самых мощных потребителей (1,5...3 кВт), а маломощные – телевизор или компьютер ввиду их частого и длительного использования.

Обратим внимание на еще одну весомую проблему – приборы с электронной начинкой, имеющие в своем устройстве трансформаторы напряжения. Данные устройства в отключенном положении продолжают потреблять электроэнергию. Она идет на нужды холостого хода (ХХ) трансформатора. Потребление энергии при этом незначительно (1...10 Вт·ч). Однако необходимо учитывать факт большого количества этих устройств, а также длительное время их режима ожидания, что ведет к серьезным потерям ЭЭ.

1. Потребление и потери ЭЭ различных устройств

Оборудование	Установленная мощность, кВт	Потребление ЭЭ в год, кВт·ч	Потери ЭЭ в час, кВт·ч	Потери ЭЭ в год, кВт·ч
Компьютер (системный блок)	0,35...0,7	431	0,008	62
ЖК монитор	0,02...0,05	73	0,004	31
ЖК телевизор	0,03...0,1	270	0,005	40
Принтер	0,2...0,7	23	0,002	18
Сканер	0,05...0,15	15	0,001	9
Wi-Fi-роутер	0,005...0,015	70	0,005	38
Микроволновая печь	1,5...2,5	146	0,003	26
Стиральная машина	1,5...3	312	0,001	9
Зарядные устройства (для телефона/планшета/ноутбука)	0,005...0,03	33	0,005	38
Итого		1373		271

В таблице 1 представлены результаты расчетов годового потребления, а также годовых потерь ЭЭ по формулам (1) и (2):

$$W_{\text{потр}} = P_{\text{п}} t_{\text{р}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{потр}}$ – потребленная мощность, кВт·ч; $P_{\text{п}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт; $t_{\text{р}}$ – время работы электроприемника, ч.

$$W_{\text{пот}} = P_{\text{ро}} t_{\text{ро}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{пот}}$ – потери электроэнергии, кВт·ч; $P_{\text{ро}}$ – мощность режима ожидания электроприемника, кВт; $t_{\text{ро}}$ – время режима ожидания электроприемника, ч.

Решением данной проблемы служит прибор, установленный в разрыв между источником питания и потребителем ЭЭ [4]. Он позволяет производить мониторинг потребления электрической мощности, при этом достаточно прост и имеет широкий функционал. Полученную информацию прибор отправляет на сервер, откуда она доступна пользователю (рис. 2). С помощью соответствующего программного обеспечения можно наблюдать за динамикой потребления ЭЭ как совокупности приборов, так и каждого в отдельности, при этом существует возможность удаленного управления питанием.

Экономия электрической энергии также достигается за счет автоматического разрыва цепи питания. С помощью системы измерительных приборов под управлением микроконтроллера (рис. 3) осуществляется анализ текущего состояния того или иного оборудования. Если это оборудование переходит в режим ожидания, то сеть разрывается и прекращается потребление на нужды ХХ трансформатора.

Таким образом, проблему экономии и потерь электрической энергии можно решить, используя вышеуказанный прибор. Из данных табл. 1 можно видеть, что отключение питания в режиме ожидания

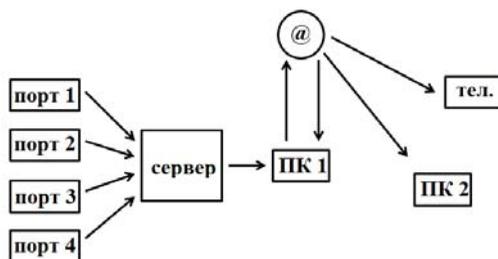


Рис. 2. Комплекс приборов системы мониторинга

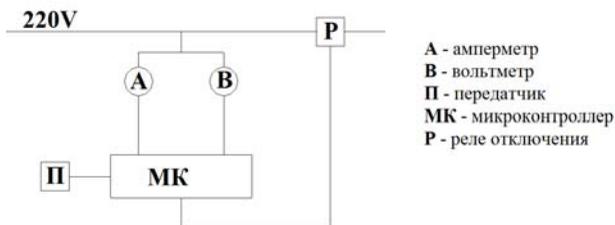


Рис. 3. Функциональная схема

электронных устройств может сэкономить около 20% ЭЭ. При этом при визуальном наблюдении потребления каждого из электроприборов проще контролировать общий расход ЭЭ.

Список литературы

1. *Кобелев, А. В.* Вопросы анализа и моделирования развития электроэнергетических систем / А. В. Кобелев, А. Н. Кагдин, С. В. Кочергин // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского : материалы Междунар. конф. с элементами науч. школы. Специальный выпуск. – 2014. – № 52. – С. 83 – 86.
2. *Григорьев, А. В.* Электроэнергетика России: жизнь после реформы [Электронный ресурс] / А. В. Григорьев, А. М. Шафран // Институт проблем естественных монополий [Официальный сайт]. – URL : <http://www.ipem.ru/news/publications/630.html>.
3. *Потребление* электроэнергии в РФ в 2014 году выросло на 0,4% : новость от 14.01.2015 [Электронный ресурс] // Риановости [Официальный сайт]. – URL : <http://ria.ru/economy/20150114/1042491386.html>.
4. *Кагдин, А. Н.* Прибор для мониторинга и экономии электрической энергии / А. Н. Кагдин, С. В. Кочергин, К. И. Терехов // Современные предпосылки развития инновационной экономики : материалы II-й Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. В. М. Балаковой. – Тамбов, 2014. – С. 29 – 31.

Кафедра «Электроэнергетика» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 534.2

*Т. С. Яровая**

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ШУМА В ПРОСТРАНСТВАХ ПОДВЕСНЫХ ПОТОЛКОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В общественных зданиях пространство между подвесным потолком и вышележащим перекрытием часто используют для размещения различных инженерных систем и коммуникаций, в том числе и для размещения воздуховодов. При работе воздуховоды излучают звуковую энергию, тем самым создавая высокие уровни шума. Этот шум проникает в смежные помещения и создает в них неудовлетворительный шумовой режим. Во избежание этого необходимо решить две задачи: произвести расчет звукового давления в пространствах подвесных потолков и запроектировать требуемые шумозащитные мероприятия. В данной статье рассматривается возможное решение первой задачи.

Как правило, воздуховоды делят пространства подвесных потолков на отдельные плоские объемы, являясь в этом случае их боковыми стенками, излучающими в эти объемы звуковую энергию. Уровень звукового давления при этом определяется как

$$L_i = 10 \lg \left((\varepsilon_{\text{при}} + \varepsilon_{\text{отри}}) c / I_0 \right), \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{при}}$ – плотность звуковой энергии, создаваемая поверхностью воздуховода как источником прямого звука в i -й точке пространства; $\varepsilon_{\text{отри}}$ – плотность отраженной звуковой энергии в i -й точке, создаваемая прошедшим через стенку воздуховода звуком; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – пороговая интенсивность звука; c – скорость звука.

Так как длина боковых стенок воздуховода значительно больше высоты поперечного сечения, то воздуховод можно отнести к линейному источнику шума. Оценить распределение прямой звуковой энергии в этом случае можно, используя метод, изложенный в [1]. При этом для излучающих звук поверхностей ограждений канала модель излучения энергии можно принять соответствующей закону Ламберта. Тогда линейная мощность излучения боковой стенки воздуховода p' , Вт/м,

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора В. И. Леденева.

будет определяться как $p'(\alpha) = p' \cos \alpha$, где α – угол между плоскостью, перпендикулярной к поверхности воздуховода и расположенной по центру высоты воздуховода, и плоскостью, проходящей через центр высоты воздуховода и расчетную точку в пространстве потолка. С достаточной для практики точностью положения расчетных точек можно принимать в середине высоты пространства потолка. В этом случае $\cos \alpha = 1$.

Так как прямая и отраженная энергия в воздуховодах не постоянны по длине, при практических расчетах величину линейной мощности излучения стенкой можно принимать равной средней величине

$$p'_{\text{ср}} = \int_{L_B} p' dL / L_B, \quad (1)$$

где L_B – длина воздуховода в пределах пространства потолка.

Схема к расчету прямой энергии от линейного источника, мощностью $p'_{\text{ср}}$, размещенного в воздушном пространстве потолка, приведена на рис. 1.

Учитывая, что $p'_{\text{ср}} dL = (p'_{\text{ср}} r \cos^2 \varphi) d\varphi$, плотность прямого звука в любой i -й расчетной точке согласно [2] будет определяться как

$$\varepsilon_{\text{при}i} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varepsilon_{\text{при}i} = \frac{p'_{\text{ср}}}{\pi r_i c} (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1), \quad (2)$$

где

$$d\varepsilon_{\text{при}i} = (p'_{\text{ср}} \cos \varphi / \pi r_i c) d\varphi. \quad (3)$$

Сформированная прошедшей через стенку воздуховода звуковой энергией отраженная энергия распределяется в пространствах потолков по более сложным зависимостям. Отраженное звуковое поле имеет квазидиффузный характер, при котором сохраняется признак диффуз-

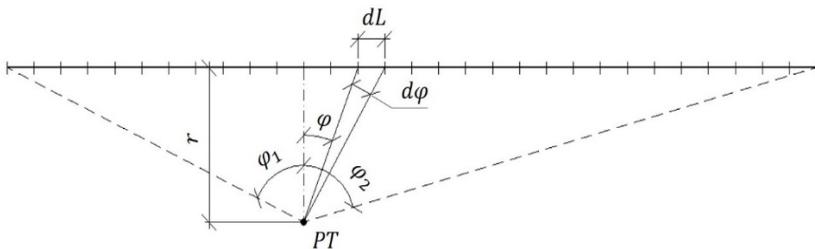


Рис. 1. Схема к расчету прямой звуковой энергии от стенки воздуховода, как линейного источника шума

ности поля по изотропности угловой направленности энергии, но не обеспечивается условие однородности шумового поля в плоскости.

Согласно [1], в квазидиффузных отраженных звуковых полях между плотностью потока q и градиентом плотности отраженной звуковой энергии существует связь, определяемая в виде

$$q = -\eta \text{grad}\epsilon, \quad (4)$$

где $\eta = 0,5c l_{\text{ср}}$ – коэффициент переноса отраженной звуковой энергии в условиях квазидиффузного поля; $l_{\text{ср}}$ – средняя длина свободного пробега отраженных звуковых волн в замкнутом воздушном объеме.

Плотность отраженной энергии, поглощаемой на границах помещения, в случае квазидиффузного поля, согласно [1], определяется как

$$q|_S = \frac{\alpha_S c \epsilon}{2(2 - \alpha_S)} \Big|_S, \quad (5)$$

где α_S – коэффициент звукопоглощения поверхности.

Используя (5) и (6), можно описать распределение отраженной энергии в пространстве потолка. Пространство подвешенного потолка относится к плоским объемам, в которых плотность отраженной энергии постоянна по всему поперечному сечению и меняется только по мере удаления от стенки, т.е. $\epsilon_{\text{отр}} = f(x)$, где x – координата по оси помещения с началом у стенки воздуховода. В качестве приближения можно принять также условие, что отраженная энергия вводится в помещение только в сечении у стенки воздуховода. Возможность такого приближения показана в работе [2]. Баланс отраженной энергии для элемента поперечного сечения пространства размером dx можно записать как

$$\begin{aligned} -\eta F(d\epsilon_{\text{отр}}/dx) - (-\eta F(d\epsilon_{\text{отр}}/dx)) - (-\eta F(d^2\epsilon_{\text{отр}}/dx^2)) dx = \\ = \alpha_{\text{ср}} c \epsilon_{\text{отр}} U dx / (2/(2 - \alpha_{\text{ср}})) + c m_{\text{в}} \epsilon_{\text{отр}} F dx. \end{aligned} \quad (6)$$

Тогда

$$\eta \frac{d^2\epsilon_{\text{отр}}}{dx^2} = \frac{\alpha_{\text{ср}} c \epsilon_{\text{отр}}}{2(2 - \alpha_{\text{ср}})} U + c m_{\text{в}} \epsilon_{\text{отр}}. \quad (7)$$

Здесь F и U – площадь и периметр поперечного сечения пространства, параллельного воздуховоду; $m_{\text{в}}$ – пространственный коэффициент затухания звука в воздухе; $\alpha_{\text{ср}}$ – средний коэффициент звукопоглощения.

Уравнение (9) удобнее записать в виде

$$d^2\varepsilon_{\text{отр}}/dx^2 - \varphi^2\varepsilon_{\text{отр}} = 0, \quad (8)$$

где

$$\varphi = \sqrt{\alpha_{\text{ср}}cU/(2(2 - \alpha_{\text{ср}})F\eta) + cm_{\text{в}}/\eta}. \quad (9)$$

Общее решение уравнения (9) имеет вид

$$\varepsilon_{\text{отр}} = C_1e^{\varphi x} + C_2e^{-\varphi x} = 0. \quad (10)$$

Значения постоянных C_1 и C_2 определяются из граничных условий.

Мощность отраженной звуковой энергии при действии линейного источника определяется по формуле

$$P_{\text{отр}} = p'_{\text{ср}}L_{\text{в}}(1 - \alpha_{\text{ср}}). \quad (11)$$

В этом случае граничные условия запишутся в виде

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } x = 0 \quad -(\eta F / d\varepsilon_{\text{отр}})dx = P_{\text{отр}}, \\ \text{при } x = \infty \quad \varepsilon = 0. \end{array} \right\} \quad (12)$$

Решение уравнения (9), удовлетворяющее условиям (13), имеет вид

$$\varepsilon_{\text{отр}} = P_{\text{отр}}e^{-\varphi x}/(\varphi\eta F). \quad (13)$$

Оценку шума от воздуховодов в подвесных потолках можно производить по формуле (1), используя для определения плотности прямой и отраженной энергии соответственно формулы (3) и (14). В окончательном виде формулу для расчета уровней звукового давления при линейном источнике можно записать в виде

$$L_i = 10\lg \left[p'_{\text{ср}} \left(\frac{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1}{\pi r_i c} + \frac{L_{\text{в}}(1 - \alpha_{\text{ср}})}{\varphi\eta F} e^{-\varphi x} \right) c / I_0 \right]. \quad (14)$$

Экспериментальная проверка формулы (15) показала достаточную точность (см. рис. 2). Расхождения результатов расчетов и эксперимента не превышают ± 3 дБ в удаленных от воздуховода точках пространств подвесного потолка.

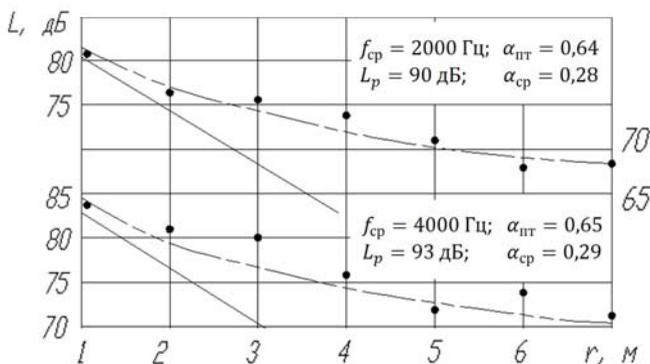


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные уровни звукового давления в пространстве подвесного потолка размерами 11,8×9,4×1,8 м при наличии в нем излучающего шум воздуховода:

$\alpha_{пт}$, α_{cp} – коэффициент звукопоглощения потолка и средний коэффициент звукопоглощающих поверхностей; L_p – общая звуковая мощность воздуховода, дБ; f_{cp} – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц (сплошная линия – прямой звук; пунктир – расчетные данные; точки – экспериментальные данные)

Список литературы

1. Антонов, А. И. Расчеты уровней прямого звука от линейных источников шума, располагающихся на промышленных предприятиях и в городской застройке / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Е. О. Соломагин // Вестник ВолгГАСУ. Серия. Строительство и архитектура. – 2013. – № 31–1(50). – С. 329 – 335.
2. Гиясов, Б. И. Энергетический метод расчета шума, проникающего в плоские помещения через стены / Б. И. Гиясов, А. И. Антонов, И. В. Матвеева // Вестник МГСУ. – 2014. – № 9. – С. 22 – 31.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 339.138

*А. В. Андриевская**

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КРОСС-МАРКЕТИНГА

Кросс-маркетинг достаточно новая и интересная маркетинговая технология, суть которой состоит в пересечении сопутствующих услуг или товаров в одной PR-акции, проводимая совместно двумя (или более) компаниями. Бизнес всегда ищет новые пути и технологии: реклама становится более нестандартной, рынок постоянно совершенствуется в поиске новых средств привлечения покупателей.

Кросс-маркетинг – технология, позволяющая привлекать покупателей сразу по двум и более направлениям, и, кроме того, устанавливать серьезные долгосрочные отношения с другими компаниями, которые не являются конкурентами в одной рыночной нише. Кросс-маркетинг разделяется на кросс-PR-акции и кросс-продажи.

Существует несколько видов кросс-PR-акций:

- тактические – непродолжительные акции, иногда одноразовые, больше направленные на реализацию определенных либо услуг, либо товаров;
- стратегические – длительное комплексное сотрудничество с другими компаниями в области продвижения и продажи услуг или товаров.

Для реализации кросс-маркетинга необходимо выполнять следующие условия:

- пересечение товаров и услуг в одной совместной рекламной или PR-акции;
- пересечение целевых аудиторий;
- по возможности, пересечение сопутствующих товаров, не столь отдаленных друг от друга.

Можно проводить кросс-акции либо по возрастной, либо половой принадлежности, например: акции только для детей, либо специально для женщин, мужчин-водителей и т.п. Рекламироваться должны услуги или товары, которые не конкурируют между собой.

Кросс-акция может состоять либо из полностью платных услуг (товаров), либо одна услуга может быть платной, а другая – бесплатной, в виде бонуса.

* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, доцента Н. В. Дюженковой.

Важно соблюдать при кросс-продажах ценовой уровень – предлагаемые услуги или товары не должны сильно различаться по цене, т.е. если предлагаются элитные товары, то сопутствующие им товары должны также принадлежать к элитной ценовой группе. Данный принцип не относится к бонусам, когда другой сопутствующий товар предоставляется покупателям основного товара бесплатно.

Перед проведением кросс-акций стоит решить: на какую целевую группу будет рассчитана акция, каковы потребности потребителей и т.п. Предстоящую кросс-акцию лучше всего заранее хорошо прорекламировать, уведомив при этом всех тех потребителей, в которых компании заинтересованы. При этом реклама должна в равной степени отражать интересы обеих компаний, участвующих в акции.

Преимуществами кросс-маркетинга являются:

- сокращение рекламных затрат ввиду совместного проведения акций;
- установление долгосрочного сотрудничества с различными компаниями из других сфер бизнеса;
- активный отклик у потребителей, так как они могут получить двойную пользу;
 - видимый результат после проведения кросс-акции;
 - эффект от совместных кросс-акций вдвое больше, чем от акций по отдельности;
 - расширение сферы сбыта услуг или товаров;
 - повышение возможностей для продвижения своего бренда;
 - повышение на рынке репутации компании, проводящей кросс-маркетинг.

Основываясь на теоретических знаниях, в бутике «Римские каникулы» (г. Тамбов) была разработана и проведена кросс-акция совместно с четырьмя партнерами. Название акции «Время любить». Участниками акции выступили компании, не конкурирующие друг с другом. Это бутик брендовой одежды, фитнес-центр, модное кафе, салон красоты и салон парфюмерной продукции.

Целями совместной акции были:

1. Охват аудитории партнеров – благодаря акции каждый из партнеров имеет возможность привлечь целевого клиента партнеров.
2. Увеличение продаж – основная задача акции – увеличение продаж за счет стимулирования покупателей.
3. Увеличение лояльности к бренду – покупатели готовы больше доверять и выбирать среди других компаний те, которые предоставляют бонусы и подарки.
4. Малобюджетная реклама – участие в партнерской акции, это возможность рекламы среди аудитории партнеров за счет малобюд-

жетных способов, в данном случае бюджет состоит только из расходов на печать листовок.

Сроки проводимой акции – это летний период с 1 июня по 31 августа. По условиям акции каждый из партнеров печатает по 1000 экземпляров листовок в едином для всех стиле. Листовки распространяются по всем партнерам акции и раздаются клиентам, что обеспечивает максимальный охват платежеспособной аудитории. На каждой листовке, выполненной в едином стиле, своя информация, относящаяся к конкретному партнеру. Ключевая фраза «время любить...». Информация на листовке, например, фитнес-центра: «время любить спорт», тематическое фото и текст: «предъяви эту листовку в фитнес-центре и получи скидку 10% на любой абонемент, выложи фото в инстаграмм из фитнес-центра с hashtag «#времялюбитьтамбов» и отметками @названиефц, @рго_lubov_agency и выиграй один из 5 призов от партнеров путем случайного голосования!» В качестве призов выступают: абонемент, ужин в ресторане на двоих, спа-уход на двоих, любимый аромат, модный аксессуар.

Таким образом, каждый из партнеров для участия в акции предоставляет значимую для потребителя скидку или подарок и предоставляет главный приз, который получает победитель, выложивший фото в Интернете и выбранный путем случайного голосования.

Рекламная кампания осуществлялась силами партнеров и организаторов и включает:

- информирование в точках распространения листовок, поднятие значимости мероприятия за счет вербальной передачи информации;
- использование социальных сетей, площадок партнеров, выставление ссылки на сайт акции;
- сайт акции или группа, где будет подробно расписана вся информация и ссылки на партнеров.

Основой кросс-акции является тесная работа сотрудников компаний с потенциальной аудиторией. Важнейший аспект – это возможность сотрудников донести информацию, заинтересовать и стимулировать покупателей. Нами были разработаны соглашения для каждого партнера, где прописывались основные условия акции, информация для сотрудников. В каждую из компаний ездили проверяющие с целью посмотреть способы доведения информации до конечного потребителя. Руководителей организаций обязывали проверять наличие листовок и работу персонала.

По результатам акции оказалось, что для бутика «Римские каникулы» акция сработала на 5%, приток новой аудитории и новых клиентов, пришедших в бутик с листовками акции, составил 5%. В компаниях-партнерах ситуация разная, но блестящего результата и отдачи от

мероприятия не получилось. Анализируя проведение акции, выявили следующие ошибки:

- слишком большое количество партнеров, рекомендуемое число партнеров должно быть не больше трех;
- много информации и печатного текста, много условий, которые должны были соблюдать покупатели. Следует делать условия более простыми для понимания;
- недостаточная работа с персоналом компаний. Тайные проверяющие отмечали, что персонал в отсутствие руководства не доводит информацию до потребителя, листовки просто лежат на прилавке, «кто возьмет, тот возьмет».

При проведении любой кросс-акции очень важно найти взаимопонимание между партнерами, обсудить все возможные нюансы, обговорить условия проведения рекламной акции, обоюдное долевое участие, объемы финансирования, совместное информирование и т.д. Кросс-маркетинг приносит отличные результаты тогда, когда действия всех участвующих в кросс-акции обдуманы и слажены.

Список литературы

1. *Кросс-маркетинг*. – URL : <http://www.ef-group.ru/uslugi/index.aspx?id=35>.

2. *Макеева, С.* Кросс-маркетинг: 10 примеров, как с его помощью увеличить продажи на 35% / С. Макеева. – URL : <http://www.gd.ru/articles/3253-kross-marketing/>

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 339.13

Е. С. Черемисина*

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА НАВИГАЦИОННЫХ УСЛУГ

Стартом массового навигационного рынка стало снятие США селективного доступа («зашумления» сигнала) системы GPS 2 мая 2000 г. Вследствие этого значительно (до 10 м) повысилась точность навигационных услуг для гражданских потребителей всего мира. Качественный скачок потребительской ценности спутниковой навигации при-

* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, доцента Н. В. Дюженковой.

влек поток частных инвестиций в разработку новых навигационных приложений, чипов, оборудования, сервисов, а также связанных технологических сегментов, в первую очередь, цифровой картографии.

В настоящее время глобальное покрытие сигналом по всему миру обеспечивают две спутниковые навигационные системы:

– ГЛОНАСС: российская Глобальная Навигационная Спутниковая Система (ГНСС), которая с 2011 г. обеспечивает глобальное покрытие;

– GPS: первая ГНСС, управляемая Министерством обороны США, была запущена в эксплуатацию в 1995 г.

На рынке навигационных услуг (спутникового мониторинга транспорта) Тамбовской области покупателю предлагается оборудование различных производителей, несколько видов программного обеспечения (ПО), ну и, конечно же, услуга мониторинга. Рынок стремительно развивается, так как количество спецтехники на предприятиях увеличивается, а требования к оснащаемым единицам постоянно ужесточаются, что заставляет производителей расширять функциональные возможности оборудования.

Наиболее часто приобретаемым клиентами оборудованием являются бортовые терминалы, позволяющие определять местоположение, скорость и направление движения транспортного средства, датчики уровня топлива, с помощью которых можно отслеживать количество топлива в топливном баке. Так же спросом пользуются тахографы – это контрольные устройства, устанавливаемые на борту автотранспортных средств и предназначенные для регистрации скорости и пробега, режима труда, отдыха водителей.

Лидерами отрасли спутникового мониторинга транспорта на Тамбовском рынке являются 3 компании: ООО «ЕНДС–68», ООО «ТамбовНавигация» и ООО «М2М Телематика-Тамбов». Все они хорошо зарекомендовали себя у клиентов и завоевали их доверие.

Компания ООО «ЕНДС–68» была основана 5 ноября 2008 г. в г. Тамбове. Она является официальным представителем ЗАО «ЕНДС» г. Орел. Фирма реализует терминалы производства головной компании под названием УТП (устройство терминальное программируемое) в различных модификациях. Оборудование передает данные в специально разработанное ПО – «Навигатор-С». УТП имеет закрытый протокол передачи данных, который не отображается в других ПО. Недостатком программы «Навигатор-С» является невозможность ее установки на планшеты и смартфоны, но в настоящий момент идет разработка облачной версии данной программы. Цены на оборудование устанавливаются исходя из среднерыночных. Долгое время компания оставалась монобрендом, но сейчас, в условиях жесткой конкуренции, фирма преврати-

лась в мультибренд и предлагает своим клиентам несколько видов оборудования (УТП (производитель – ЗАО «ЕНДС»), GALILEOSKY (производитель – ООО НПО «ГалилеоСкай»)) и ПО («Навигатор-С» (разработчик – ЗАО «ЕНДС»), «Wialon» (разработчик – ООО «Виалон-сервис»)).

ООО «ТамбовНавигация» появилась на Тамбовском рынке в 2010 г., но уже активно набрала обороты. Фирма входит в группу компаний ООО «TN-GROUP», которая имеет 6 региональных представительств. Компания реализует несколько видов оборудования (GALILEOSKY, TELTONIKA (производитель – ЗАО «Терминалс»), ASC 6 (производитель – ООО «Компания АПК КОМ»)) с открытым протоколом, но использует только один вид ПО – «Wialon», являющийся облачным сервисом. Руководство компании устанавливает на оборудование невысокие цены, на что сразу обращают внимание потенциальные клиенты, часто это становится определяющим в их выборе.

ООО «М2М Телематика–Тамбов» основана в 2007 г. и является частью вертикально-интегрированного холдинга с головным офисом в Москве. Компания предлагает потребителям оборудование собственного производства с открытым протоколом (М2М-Cyber (производитель – ООО «М2М ТЕЛЕМАТИКА»)) в различных вариациях. Работу оборудования можно просматривать в ПО «CyberWeb» (разработчик – ООО «М2М ТЕЛЕМАТИКА»). Цены на оборудование устанавливаются исходя из среднерыночных. Работу оборудования данной компании можно увидеть в Тамбовском городском транспорте (бегущая строка с названием остановки и ее голосовое сопровождение) и на «умных» остановках (электронное табло с расписание движения общественного транспорта).

В настоящий момент рынок начинает завоевывать компания-новичок ООО «Омникomm-Тамбов», являющаяся официальным представителем фирмы ООО «Omnicom», крупнейшего в России производителя программно-аппаратных комплексов мониторинга транспорта на платформе ГЛОНАСС/GPS. Фирма реализует оборудование производства головной компании (регистратор Omnicomm Optim, Profi) с открытым протоколом и ПО – «OmnicomOnline». Компания «Омникomm-Тамбов» обладает фирменной особенностью – предоставление «пожизненной» гарантии на свое оборудование, кроме случаев, когда оборудование вышло из рабочего состояния по вине водителя. Такая гарантия производителя будет подкупать клиентов, вследствие чего у компании появятся неплохие шансы на завоевание рынка.

Существует два вида ПО:

1. Программное обеспечение, которое устанавливается только на стационарный компьютер или ноутбук.
2. Web-интерфейс.

Главным преимуществом web-интерфейса является возможность отслеживать движение транспорта в любой точке мира и с любого устройства при наличии Интернета.

Сравнительная характеристика фирм-конкурентов на рынке навигационных услуг представлена в табл. 1.

1. Сравнительная характеристика фирм-конкурентов

Показатель	Компания			
	ООО «ЕНДС–68»	ООО «Тамбов-Навигация»	ООО «М2М Телематика–Тамбов»	ООО «Омни-комм-Тамбов»
1. Год появления на рынке	2008	2010	2007	2014
2. Режим работы	С 8.30 до 18.00 (понедельник – пятница)	С 9.00 до 18.00 (понедельник – пятница)	С 9.00 до 18.00 (понедельник – пятница)	С 8.30 до 18.00 (понедельник – пятница)
3. Наличие лицензии на установку и продажу тахографов	–	+	+	+
4. Стоимость абонентской платы в месяц, руб.	350...450	400...450	400...500	470
5. Наличие web-сайта	+	+	+	+
6. Использование web-интерфейса	+	+	+	+
7. Протокол терминала	Закрытый, открытый	Открытый	Открытый	Открытый
8. Используемое ПО	«Навигатор-С», «Wialon»	«Wialon»	«CyberWeb»	«Omnicomm Online», «Wialon»

Самой первой на Тамбовском рынке появилась компания ООО «М2М Телематика–Тамбов» (2007), ну а самой молодой является ООО «Омниконмм-Тамбов» (2014). График работы представленных фирм является удобным для клиентов.

Ценовая политика на абонентское обслуживание компании ООО «Омниконмм-Тамбов» складывается не так, как у других фирм, которые могут варьировать цену в определенных рамках с учетом количества транспорта, его удаленности от города и других факторов. У компании «Омниконмм-Тамбов» установлена фиксированная цена на абонентское обслуживание – 470 руб. за транспортную единицу. Данный ценовой предел установлен головной компанией.

Фирмам постоянно необходимо отслеживать появление новых «решений» как в сфере оборудования, так и в сфере ПО. Так же следует обладать информацией о всех законопроектах, касающихся отрасли навигационных услуг и продуктов, так как принимаемые законы могут способствовать деятельности компании, так и негативно воздействовать на нее.

Список литературы

1. Официальный сайт ООО «ЕНДС–68». – URL : <http://www.ends-tambov.ru>.
2. Официальный сайт ООО «ТамбовНавигация». – URL : <http://tmbnavi.ru>.
3. Официальный сайт ООО «М2М Телематика–Тамбов». – URL : <http://m2mtt.ru>.
4. Официальный сайт ООО «Омниконмм-Тамбов». – URL : <http://glonass-avto.ru>.

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 504.453

*Е. Д. Вишнякова, В. В. Мочкасова**

СТРУКТУРА ПРИТОКОВ РЕКИ БИТЮГ ПО ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРНЫХ БАСЕЙНОВ

Чем более развитой становится человеческая цивилизация, тем более выходят на первый план вопросы безопасности существования человека в техносфере. Одним из аспектов этой проблема ресурсов, в том числе водных. Для задач проектирования различных водозависимых объектов необходимо знание не только водности прилегающего водотока, но и источников поступления воды в него.

Также весьма важным является изучение гидротермических характеристик водотоков [2, 3], а также показателей качества воды [1, 4].

Изучение структуры речных бассейнов имеет при этом немаловажное значение. Шмыков В. И. отмечает, что важное место в структуре бассейна принадлежит иерархии речной сети [5].

Нами было проведено исследование структуры речного бассейна реки Битюг. Изучалось распределение притоков реки Битюг разного порядка по такому параметру, как площадь водосборного бассейна. Нами при помощи редактора CorelDRAW X3 были обрисованы бассейны притоков первого, второго и третьего порядков, относящихся к бассейну реки Битюг. Далее мы произвели измерение площадей бассейнов всех притоков Битюга до третьего порядка включительно.

Полученные результаты приведены ниже. Река Битюг берет начало в Тамбовской области, течет преимущественно в южном направлении и на территории Воронежской области впадает в реку Дон. Общая площадь бассейна реки Битюг составила 8840 км². Анализируя распределение притоков реки Битюг до третьего порядка включительно, по площади водосборного бассейна можно сказать следующее: более половины всех притоков (71%) имеют площадь бассейна от 10 до 50 км². 14% притоков имеют площадь бассейна от 50 до 100 км². 7 % притоков имеют площадь бассейна от 100 до 250 км². И лишь по 4% приходится на притоки, имеющие водосборную площадь от 250 до 500 км² и от 500 до 1500 км². Притоки, имеющие площадь бассейна менее 10 км²,

* Работа выполнена под научным руководством канд. географ. наук, доцента М. Е. Буковского.

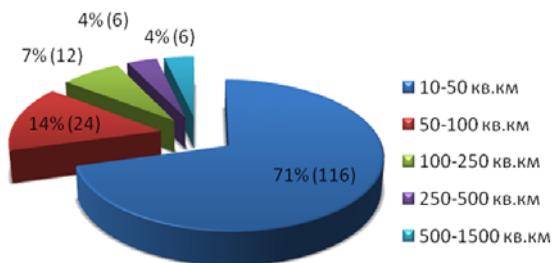


Рис. 1. Распределение притоков реки Битюг (до третьего порядка включительно) по площади водосборного бассейна

в настоящем исследовании не учитывались. Наглядно распределение притоков реки Битюг по площади водосборного бассейна представлено на рис. 1.

Если рассмотреть распределение притоков более детально, проанализировав их по иерархии, т.е. распределение притоков первого и последующих порядков по отдельности, то мы получим картину, представленную на рис. 2 – 4.

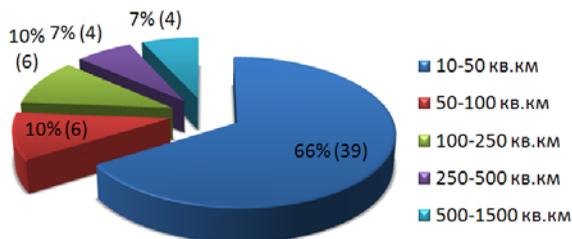


Рис. 2. Распределение притоков первого порядка реки Битюг по площади водосборного бассейна

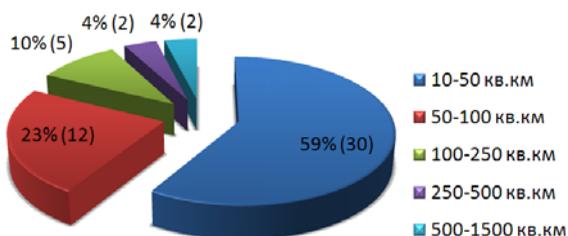


Рис. 3. Распределение притоков второго порядка реки Битюг по площади водосборного бассейна

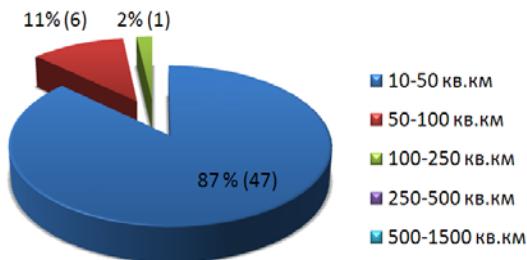


Рис. 4. Распределение притоков третьего порядка реки Битюг по площади водосборного бассейна

Анализируя рис. 2 – 4, мы видим, что в общем, в структуре притоков реки Битюг всех порядков преобладают притоки с площадью водосбора 10...50 км². И чем дальше притоки в иерархии, тем большим становится преобладание рек с малым водосбором.

Подводя итоги проделанной работе по построению и подсчету площадей водосборных бассейнов притоков первого, второго и третьего порядков реки Битюг, можно сделать вывод, что притоки Битюга преимущественно довольно меленького размера и лишь в редких случаях площади их бассейнов превышают 250 км². К относительно крупным бассейнам можно отнести бассейны таких водотоков, как Сухая Чигла, Курлак, Эртиль, Большой Эртиль, Чамлык и, конечно, Чигла.

Список литературы

1. Буковский, М. Е. Сапробность рек на участках с различной антропогенной нагрузкой в годы разной водности / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 368 – 373.
2. Сравнительный годовой ход температуры атмосферного воздуха и температуры воды в реках Донского бассейна на территории Тамбовской области / М. Е. Буковский, С. Н. Дудник, К. С. Колкова и др. // Природные опасности: связь науки и практики : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. ; отв. ред. С. М. Вдовин. – Саранск : Изд-во Мордовского университета, 2015. – С. 59 – 62.
3. Динамика гидротермического режима в реках донского бассейна на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, А. В. Можаров и др. // Вестник Тамбовского университета. Серия. Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, № 5. – С. 1404 – 1409.

4. Шмыков, В. И. Речные бассейны и их исследование / В. И. Шмыков // Современные подходы организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся в системе дополнительного образования при изучении бассейна реки Дон : материалы Межрегионального научно-методического семинара. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский ГАУ», 2013. – С. 88 – 94.

*Кафедра «Химия и экологическая безопасность»
ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»*

УДК 628.3 (470.326)

*Т. А. Сухорукова, А. Г. Огородникова**

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОАО «ПИГМЕНТ»

Во всем мире растет техногенное давление на водные объекты. Вследствие того, что в РФ экологические требования продолжают уступать экономическим и политическим установкам, они зачастую не соблюдаются местными органами власти. Ученые и специалисты бьют тревогу: они оценивают ситуацию с водными ресурсами как чрезвычайно тяжелую, предкризисную. В российской и зарубежной специальной литературе имеется много публикаций, посвященных водным ресурсам отдельных стран. Гораздо меньше внимания уделяется водоотводящим системам, и, в частности, проблемам и условиям деятельности таких предприятий, как, например, ОАО «Пигмент» (г. Тамбов).

Предприятие ОАО «Пигмент» города Тамбова, как и любое промышленное предприятие, является источником загрязнения окружающей среды.

Сточные воды ОАО «Пигмент» содержат в своем составе аминокпродукты, нитропродукты, аммиак, сульфокислоты, поверхностно-активные вещества, различные соли и другие неразрушаемые вещества.

Промышленные сточные воды на ОАО «Пигмент» вследствие отсутствия надежных, экономически целесообразных методов очистки не используются, а только захороняются методом закачки в глубокие надежно-изолированные коллекторы Старооскольских отложений.

На ОАО «Пигмент» с 1968 г. работает установка по закачке стоков в глубокие надежно-изолированные подземные горизонты.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора В. Я. Борщева.

Стоки с предприятия после частичного осаждения в прудах-накопителях под высоким давлением закачиваются по специальным скважинам в пласты-коллекторы на глубину 720 м. Коллекторы изолированы от вышележащих водоносных горизонтов мощными слоями глин и алевролитов, практически водонепроницаемыми. Таким образом, из сферы жизнедеятельности человека, за более чем тридцатипятилетний период эксплуатации полигона, удалено свыше 53 млн. м³ отходов химического производства [1].

Кроме закачки сточных вод, на предприятии также производится сброс производственных и ливневых вод в ручей Чумарса.

Контроль сточных вод на сбросе в ручей проводится сотрудниками лаборатории ОАО «Пигмент».

На данном предприятии ведется мониторинг по поверхностным водным объектам, скважинам режимной наблюдательной сети, скважинам полигона закачки стоков и барражным скважинам. Проба воды отбирается в инертную к отбираемой воде герметичную емкость, предварительно омытую той же водой, что предназначена для анализа.

Мониторинг поверхностных вод ведется ежеквартально по следующим объектам: Архирейский пруд (3 шт.), р. Цна (3 шт.), оз. Вронское (1 шт.).

Скважины полигона закачки имеют различное функциональное назначение и пробурены на следующие водоносные горизонты: наблюдательные за распространением фронта закаченных стоков (2 шт.) и нагнетательные (3 шт.) – старооскольский горизонт; контрольные за возможной вертикальной миграцией стоков (3 шт.) – щигровский горизонт.

Отбор проб из скважин старооскольского горизонта проводится при изливе из межтрубья. Перед отбором проб из скважин щигровского горизонта ведется эрлифтная откачка при помощи компрессора.

Барражные скважины, пробуренные на девонский горизонт (3 шт.), предназначены для ликвидации очага загрязнения продуктивного горизонта. Отбор проб из них ведется при работающей скважине.

Установлено, что по всем рассматриваемым скважинам химический состав подземных вод по химическому потреблению кислорода не изменен или имеет улучшение. По минерализации такая же ситуация отслеживается в скважинах, расположенных в удалении от прудов-накопителей. Ухудшение по минерализации отмечено лишь в скважинах поймы река Цна и у прудов-накопителей. Однако интенсивность загрязнения стала ниже.

В целях разработки рекомендаций по обезвреживанию и вторичному использованию промышленных сточных вод, нами были проведены исследования качества сбрасываемых сточных вод в ручей Чумарса.

Для этого из ручья отбирали пробы воды, затем в заводской лаборатории проводили их комплексный химический анализ. При этом осуществлялся анализ проб воды на рН (водородный показатель), БПК₅ (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода), АПАВ (анионные поверхностно-активные вещества) и др.

Пробы воды отбирались в разное время года. В частности, были отобраны пробы воды 9.12.2013, 17.06.2014, 10.09.2014. Для анализа проб воды использовались следующие приборы: фотометр фотоэлектрический КФК-3; анализатор жидкости флюорат 02-2М; иономер ЭВ-74; весы лабораторные 1-го класса точности ВЛ-210.

В качестве примера результаты такого анализа от 10.09.2014 представлены в таблице.

Результаты пробы воды от 10.09.2014.

№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерений	р. Чумарса в створе 500 м выше выпуска сточных вод	Сточная вода (среднее)	р. Чумарса в створе 500 м ниже выпуска сточных вод
1	рН	абсолют. ед.	7,4	7,6	8,1
2	Взвешенные вещества	мг/л	6,5	7,0	7,1
3	БПК ₅	мг/л	2,4	3,1	3,6
4	ХПК	мг О ₂ /л	18,3	20,3	26,1
5	Сухой остаток	г/л	320	410	530
6	Анилин	мг/л	0,0001	0,0003	0,0003
7	Нитрат-ион	мг/л	0,19	0,13	0,12
8	Нитрит-ион	мг/л	0,07	0,09	0,07
9	АПАВ	мг/л	0,0001	0,002	0,002
10	Фенол	мг/л	0,005	0,002	0,003
11	Железо общее	мг/л	0,2	0,1	0,17
12	Нефтепродукты	мг/л	0,09	0,1	0,1
13	Фосфор общий	мг/л	0,035	0,05	0,05
14	Сульфаты	мг/л	65,4	84,2	83,5

№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерений	р. Чумарса в створе 500 м выше выпуска сточных вод	Сточная вода (среднее)	р. Чумарса в створе 500 м ниже выпуска сточных вод
15	Хлориды	мг/л	79,5	92	94,5
16	Магний	мг/л	27,1	32	30
17	Ион аммония	мг/л	0,9	0,9	0,6
18	Жесткость	Ж ⁰	6,9	7,8	8,0

Результаты исследований проб воды, отобранных из ручья Чумарса, свидетельствуют, что исследуемые пробы воды по химическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству сточных вод. Однако постоянные сбросы промышленных сточных вод приводят к нарушению экологической ситуации, так как в реках и других водоемах естественный процесс самоочищения воды протекает достаточно медленно. Поэтому на данный момент необходимо разработать комплекс мероприятий по внедрению системы очистки промышленных сточных вод, после которой вода будет поступать на повторное использование в производстве. В настоящей работе для повышения степени очистки сточных вод на ОАО «Пигмент» предложено использовать мембранную установку. А для переработки анилинсодержащих стоков мы рекомендуем использовать электрофлотацию или озонирование (рис. 1) промышленных сточных вод перед мембранной установкой [2].

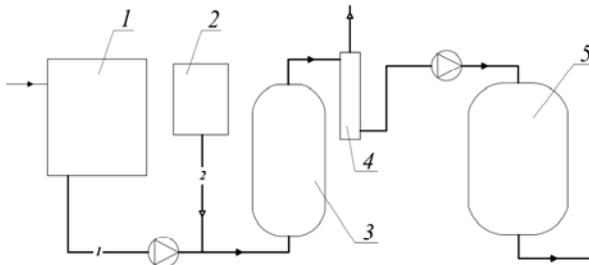


Рис. 1. Технологическая схема процесса озонирования:

1 – бак исходной воды; 2 – генератор озона; 3 – контактная колонна растворения; 4 – дегазатор; 5 – фильтр с активированным углем;
-1- – сточная вода; -2- – озон

Озонирование промышленных сточных вод позволит одновременно осуществить обесцвечивание воды, обеззараживание, удаление запаха и привкуса. Озон окислит как органические, так и неорганические соединения, растворенные в промышленной сточной воде.

Процесс электрофлотации предоставит возможность очистить сточные воды промышленных предприятий от тяжелых металлов, взвешенных веществ, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и нефтепродуктов. Очищенная вода после электрофлотатора и после дополнительной стадии обессоливания на мембранной установке может быть направлена на повторное использование для оборотного водоснабжения предприятия.

Список литературы

1. *Отчет* по идентификации опасных производственных объектов. Фонд скважин. ОАО «Пигмент». – 2011.
2. *РХТУ им. Д. И. Менделеева [Электронный ресурс] / Технологии очистки сточных вод – ГК ТрансЭкоПроект.* – URL : <http://enviro-park.ru/course/view.php?id=8>, свободный. – Загл. с экрана.

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

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Васюкова Е. О.</i> Программно-аппаратный комплекс по предупреждению краж велосипедов и реализации сервиса проката на основе RFID-меток	3
<i>Карасев П. И.</i> Математическое и программное обеспечение комплекса поддержки принятия решения врача маммолога	7
<i>Ковальчук А. В.</i> Модель автоматизированного управления рекламными площадями в сообществах социальных сетей	10
<i>Ляшков М. А.</i> Модель системы мониторинга утечек информации и небезопасных конфигураций	14
<i>Пеливан М. А.</i> Разработка автоматизированной системы поддержки проведения аттестационных испытаний объектов информатизации	18

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ

<i>Азбиль А. И.</i> Разработка модели профессиональных и личностных компетенций успешного специалиста в сфере информационных технологий	22
<i>Баранов Н. С.</i> Образовательный лабораторный комплекс с удаленным доступом	26
<i>Гайдуков А. Ю.</i> Модель системной оценки эффективности проектных решений	30

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ

<i>Абоносимов Д. О.</i> Исследование степени кристалличности для разработки полупроницаемых мембран нового поколения	34
<i>Алтунин К. А., Дякин Р. В.</i> Разработка структурной схемы интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов механической обработки материалов	38
<i>Балыбина Н. Н., Хан Ю. А.</i> Разработка полифункциональных модификаторов на основе углеродных нанотрубок	42

<i>Бесперстова Г. С.</i> Прибор для измерения истинной плотности	45
<i>Водин Д. В., Дякин Р. В.</i> Изменение основных факторов и их влияние на стойкость режущего инструмента при металлообработке ...	49
<i>Гришин А. В., Медведева О. А., Селянина Е. С., Трофимов Д. В.</i> Теплопроводность наномодифицированных полиолефинов	56
<i>Гришин А. В., Кладовщикова О. И., Медведева О. А., Трофимов Д. В.</i> Теплопроводность эпоксиноволачных углепластиков	59
<i>Давыдова Д. В.</i> Разработка технологии «умное стекло» на основе электрохромных наномодифицированных покрытий, повышающих энергосбережение	63
<i>Дуйшенбиев А. А.</i> Анализ современных подходов к оценке напряженно-деформированного состояния и надежности металлических конструкций	67
<i>Колодин А. Н., Родина А. А.</i> Зубострогальный станок с гидравлическими формообразующими связями	71
<i>Колодин А. Н., Родина А. А., Солдатов А. В., Харин Д. А., Наумов Э. О.</i> Нарезание зубчатых реек на зубодолбежном станке с применением гидравлических формообразующих связей	75
<i>Колодин А. Н., Родина А. А.</i> Применение гидравлического шагового привода в формообразующей цепи токарно-затыловочного станка	79
<i>Нескоромная Е. А., Бабкин А. В., Бураков А. Е., Романцова И. В., Кучерова А. Е.</i> Создание гибридных углеродных наносорбентов комплексной очистки водных сред	83
<i>Полужтков В. Л.</i> Разработка способа твердофазной обработки полимеров и композитов	87
<i>Примеров О. С., Татарникова Я. Н.</i> Перспективы производства тротуарной плитки из композитов на основе ТБО	90
<i>Соломахо Г. В.</i> Исследование зависимости характеристик высокопористых углеродных наноматериалов для электрохимических конденсаторов от природы исходных веществ	94
<i>Фирсова А. В., Воронин Н. В.</i> Разработка технологии производства полимерной черепицы	97

<i>Чернопятова Ю. В., Аносова И. В.</i> Композиты на основе функционализированных углеродных нанотрубок, модифицированных полианилином	101
<i>Щегольков А. В., Попова А. А.</i> Система тепловой аккумуляции для теплиц на основе ацетата натрия, модифицированного графеном ...	105
<i>Ягубов В. С.</i> Измеритель теплофизических характеристик графеновых паст и наномодифицированных клеевых составов	108

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

<i>Богданова К. С.</i> Разработка кондитерских изделий для школьного питания	113
<i>Бушковская А. И., Великанова А. С., Ланцова У. В., Шуняева О. Б.</i> Изучение состава микрофлоры и физико-химических свойств сырного продукта на этапе созревания	117
<i>Иванова Э. С., Платицин П. С.</i> Создание биотехнологической системы для производства сорбента из месторождений торфа Тамбовской области	122
<i>Санталов Р. Д., Михалев Н. С.</i> Разработка технологии получения жидкого пищевого хлорофилла из микроводорослей <i>Chlorella Vulgaris</i>	126

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<i>Богатырева Е. К., Кузьменко С. Л.</i> Производство концентратов напитков с использованием регионального сырья	130
<i>Борщева Е. С., Рожнова Ю. В., Тхи То Там, Ульихина Ю. В.</i> Разработка плавленого сырного продукта с пюре тропического фрукта ...	134
<i>Кирсанова А. М.</i> Повышение эффективности применения заквасок в технологии хлебопечения	138
<i>Кирсанова А. М., Сулова С. А.</i> Разработка технологии активированных хлебопекарных заквасок	142
<i>Краснослободцева Е. Н.</i> Анализ и перспективы современных технологий модификации растительных жиров	146
<i>Тихий А. В.</i> Разработка технологии жевательных конфет	150
<i>Цветкова Е. А.</i> Совершенствование технологии производства вафельных изделий	154

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

- Банин Р. Ю.* Исследование адгезии послеспиртовой барды к теплообменным поверхностям 159
- Пугачева Ю. В., Яценко А. Г., Пятакова Н. В.* Повышение качества готового продукта в производстве сульфаминовой кислоты 162
- Чернов Г. А.* Проектирование индивидуальной системы жизнеобеспечения человека 166

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

- Кочергин С. В., Кагдин А. Н., Терехов К. И.* Потери электроэнергии в быту 171

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

- Яровая Т. С.* Инженерный метод расчета шума в пространствах подвесных потолков общественных зданий 175

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

- Андриевская А. В.* Особенности реализации кросс-маркетинга 180
- Черемисина Е. С.* Характеристика регионального рынка навигационных услуг 183

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- Вишнякова Е. Д., Мочкасова В. В.* Структура притоков реки Битюг по площади водосборных бассейнов 188
- Сухорукова Т. А., Огородникова А. Г.* Исследование способов обезвреживания, размещения и захоронения промышленных сточных вод на ОАО «Пигмент» 191

Научное электронное издание

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Сборник научных статей
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск VII

Редактор **И. В. Калистратова**
Инженер по компьютерному макетированию **М. Н. Рыжкова**

ISBN 978-5-8265-1483-2



Подписано к использованию 28.10.2015.
Тираж 100 шт. Заказ № 477

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru

