



*Году науки Россия – ЕС
посвящается*

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК V

**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**

*Научное электронное издание
на компакт-диске*

**Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2014**

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

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

Выпуск V

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

*Научное электронное издание
комбинированного распространения*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2014

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. С. И. Дворецкий (ответственный редактор);
д-р техн. наук, доц. М. Н. Краснянский (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. Гагапова;
д-р техн. наук, проф. А. Г. Ткачев; д-р техн. наук, проф. Д. М. Мордасов;
д-р техн. наук, проф. Г. С. Баронин; М. А. Евсейчева

П78 Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – Вып. V. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод 99,5 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», 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

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

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

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2014

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 53.087.45

*А. Н. Демидов**

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ ПРОИЗВОДСТВА БИМЕТАЛЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА

Беспроводные системы телеметрии постепенно получают все большее распространение на промышленных и коммунальных объектах. Так как телеметрия представляет собой совокупность технологий, ориентированных на прием и отправку информации средств измерений, находящихся на значительном удалении от управляющих систем, то задействуются различные способы передачи сведений.

Типовая радиотелеметрическая система оснащается аналогово-цифровыми приборами, которые снимают значения измерений датчиков и преобразуют сигналы исходных величин в линейку цифровых импульсов для удаленного терминала входящего в состав системы. Удаленный терминал посредством двунаправленного модема формирует и отправляет в сторону центрального контролирующего устройства информационный пакет для последующей его обработки.

В работе [2] описана система контроля качества биметалла в процессе производства, состоящая из датчиков и микропроцессорной системы обработки информации. Данная система объединяет в себе совокупность средств для ведения контроля геометрических параметров заготовок после их обработки и подготовке к плакированию и контроля прочности сцепления слоев и геометрических параметров после совместной холодной прокатки, а так же скорости движения полосы до и после прокатки и теплофизические свойства полученного биметалла.

Учитывая большую протяженность линии производства, расположение датчиков по всей линии, начиная от подготовки заготовок к плакированию, а так же большое количество каналов данных предлагается беспроводная система телеметрии производства биметалла.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. П. Москвитина.

ром 26. Затем с помощью вихретокового преобразователя 17 определяется толщина плакирующего слоя биметаллической полосы (h_1) через время t_3 . Вычисленное значение толщины основания (h_2) и измеренное значение толщины биметаллической полосы (h_1) сравнивается с заданными значениями с учетом степени деформации ε . Если толщины отклоняются от требуемого значения, выводится сообщение об обнаружении дефекта и данная область маркируется с помощью специального устройства 23. Далее выполняется измерение избыточных температур T_2 и T_3 датчиками 19, 20 при одновременном действии на биметалл точечным источником тепловой энергии 21 через время задержки t_5 и вычисляется электрическое сопротивление R межслойного контакта биметалла. Прочность соединения слоев биметалла определяется при сравнении вычисленного МК сопротивление R и полученным экспериментально в ходе испытаний.

Если значение прочности соединения слоев биметалла отклоняется от требуемого, то выводится сообщение об обнаружении дефекта и данная область маркируется с помощью специального устройства 23. Далее цикл повторяется снова, начиная с измерения скорости движения полосы.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили несколько типа подобных систем, отличающихся некоторыми принципами работы. Одни используют передачу данных по радиоканалу в диапазоне 433, 443, 868 МГц, а другие основаны на использовании станций сотовой связи стандарта GSM и беспроводные сети (Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee) [1].

Передача данных от датчиков по GSM-каналу вводит некоторые сложности при организации канала телеметрии: необходимо заключение договора на услуги связи; зависимость качества связи от работы оператора; GSM-канал не предусматривает работу в длительном режиме [1].

Главными преимуществами связи радиоканалу становится полное отсутствие затрат на передачу информации. При правильно подобранном оборудовании не требуется лицензия на использование частоты. Пользователю достаточно только смонтировать средства связи и начать передавать данные.

В Российской Федерации выделены два радиодиапазона частот, где возможно безлицензионное применение радиопередающих устройств – 433 и 868 МГц [1].

Увеличенная дальность связи систем субгигагерцевого диапазона по сравнению с диапазоном 2,4 ГГц обусловлена несколькими факторами.

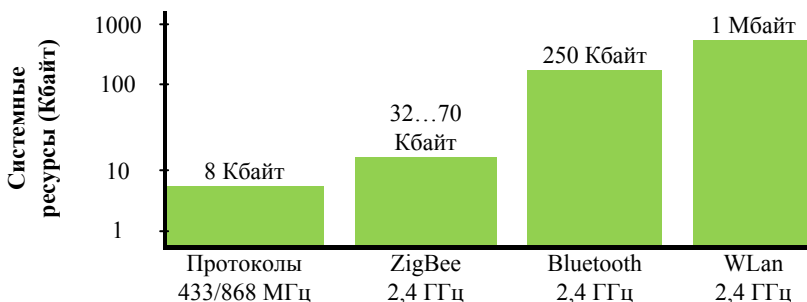


Рис. 2. Объем памяти для различных стеков протоколов

В диапазонах 433 и 868 МГц можно использовать более узкую полосу приемника, что позволяет достигать значения чувствительности до 125 дБм, по сравнению с 102 дБм у микросхем 2,4 ГГц. При прохождении через препятствия внутри зданий радиоволны субгигагерцевого диапазона ослабляются в меньшей степени, что особенно заметно в железобетонных зданиях.

Наиболее спокойным относительно количества помех на текущий момент представляется диапазон 868 МГц, возможно, потому что безлицензионным он стал в нашей стране относительно недавно.

Любая беспроводная система представляет собой не только аппаратные средства, но и программное обеспечение, реализующее радиопrotocol. Для их реализации требуется повышенный объем флэш-памяти МК – от 1 МБ для Wi-Fi до десятков кБ для ZigBee (см. рис. 2). Кроме объема памяти стандартные протоколы требуют повышенной вычислительной мощности МК.

Современная элементная база позволяет создавать малопотребляющие и недорогие субгигагерцевые решения для систем промышленной телеметрии и беспроводных систем сбора данных с различных датчиков, в том числе и с батарейным питанием. Беспроводные системы передачи данных для безлицензионных диапазонов 433 и 868 МГц имеют ряд преимуществ перед системами 2,4 ГГц.

Они хорошо зарекомендовали себя в условиях городской застройки и при работе внутри помещений. Широкая номенклатура микросхем и радиомодулей разной степени интеграции позволяет создавать устройства, оптимизированные для каждой конкретной задачи, а, следовательно, более совершенные в техническом плане и экономически более выгодные по сравнению с решениями на базе стандартных технологий диапазона 2,4 ГГц и GSM.

Список литературы

1. «*Инжиниринг.UA*» – портал об интеллектуальных электро-технических, энерго- и ресурсосберегающих, а также других новаторских технологиях современности. 2008 – 2013 г. Режим доступа: <http://engineering.ua/>

2. *Москвитин С. П.* Разработка комплексного метода контроля характеристик качества биметалла в процессе производства : дис. ... канд. техн. наук / Москвитин Сергей Петрович. – Тамбов, 2009.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 66.067.55

*К. С. Стасенко**

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

При разработке интеллектуальных информационно-измерительных систем (ИИИС) необходимо создание информационного обеспечения системы и на его основе – базы знаний системы.

В интеллектуальных системах знания хранятся в специальном программном или программно-аппаратном блоке, называемом базой знаний (БЗ). Интеллектуальная система использует систему знаний, выполняя над ней разнообразные операции, такие, как поиск необходимых сведений, их модификация, интерпретация знаний, вывод из имеющихся знаний новых и т.п. Алгоритмы выполнения этих операций существенно зависят от особенностей языка представления знаний и от того, каким образом система знаний представляется в ИИИС [1].

Перспективной формой представления знаний являются фреймы, благодаря своей универсальности и гибкости [2]. Фрейм любого вида – эта та минимально необходимая структурированная информация, которая однозначно определяет данный класс исследуемого материала.

Созданная база знаний ИИИС включает в себя следующую информацию о:

– предметной области, состоящей из правил выбора математической модели, позволяющей определить параметры теплофизических свойств материалов, таких как теплопроводность (λ), температуропроводность и теплоемкость;

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» З. М. Селивановой.

- исследуемых материалах, а именно теплоизоляционных (в форме плит, матов, цилиндров);
- режимных параметрах, таких как температура окружающей среды (T_{oc}) и относительная влажность (W_{oc}) в помещении, концентрация исходных компонентов (C), влажность, фракционный и химический состав сырья (W_{bc}), концентрация модифицирующих добавок (C_d) (водоотталкивающие и обеспыливающие), концентрация связующего компонента ($C_{ск}$) (для придания волокну требуемых плотности, прочности и толщины), термообработка (T), скорость вращения валков центрифуги ($S_{ц}$);
- структуре, которая в соответствии с классификацией разделяет материалы на пористые, волокнистые, ячеистые и по величине плотности;
- методах контроля: импульсный метод и стационарный;
- методах метрологического обеспечения, к которым относятся аналитический метод, метод метрологического эксперимента и метод имитационного моделирования;
- программном обеспечении, в состав которого входит блок принятия решений и производственные правила.

Предлагается структура фреймовой модели базы знаний системы мониторинга техпроцесса производства материалов, показанная на рис. 1.

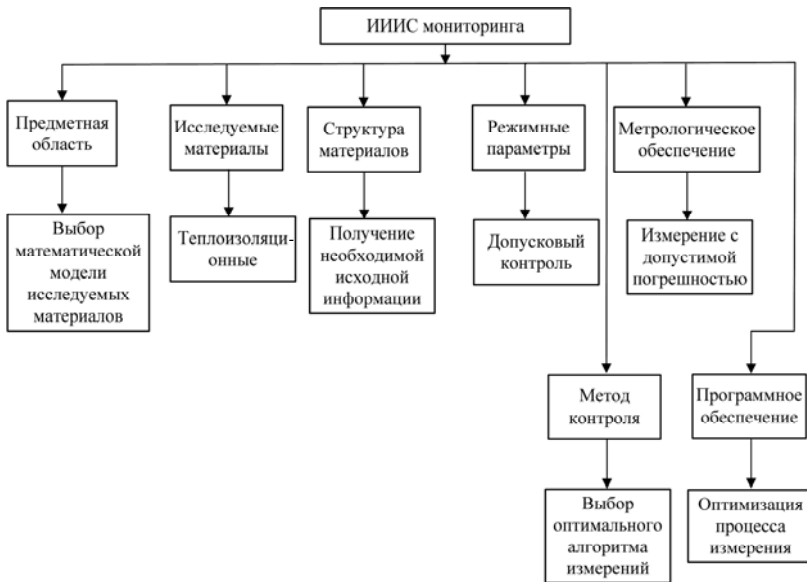


Рис. 1. Схема фреймовой модели представления базы знаний IIIS

Аналогично в базе знаний представлены структуры фреймов «Предметная область», «Исследуемые материалы», «Структура материалов», «Режимные параметры», «Метод контроля», «Метрологическое обеспечение», «Программное обеспечение».

Для реализации интеллектуальных процедур в ИИИС требуется составить фреймы-экземпляры, имена которых: «Предметная область», «Исследуемые материалы», «Структура материалов», «Режимные параметры», «Метод контроля», «Метрологическое обеспечение», «Программное обеспечение».

Более подробно рассмотрены представленные на рис. 1 фреймы-экземпляры на примере фрейма «Режимные параметры».

Структура фрейма «Режимные параметры» представлена на рис. 2.

Значения слотов фреймов «Предметная область», «Исследуемые материалы», «Структура материалов», «Режимные параметры», приведены в табл. 1

Фрейм-экземпляр «Режимные параметры» состоит из слотов «Неуправляемые» и «Управляемые». Слот «Неуправляемые» включает в себя значения так называемых неуправляемых режимных параметров, а именно температуру окружающей среды (T_{oc}) и относительную влажность (W_{oc}).

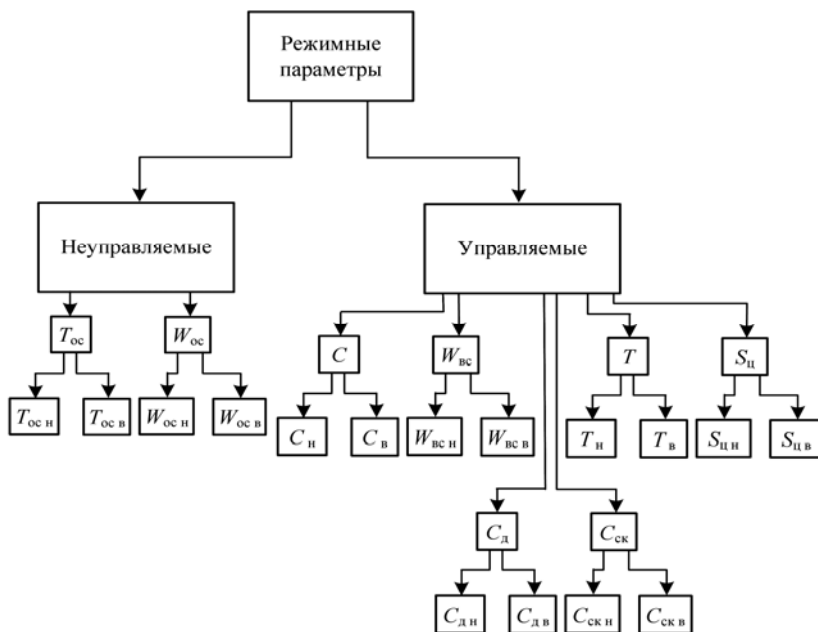


Рис. 2. Структура фрейма «Режимные параметры»

**1. Фреймы «Предметная область», «Исследуемые материалы»,
«Структура материалов», «Режимные параметры»**

Имя фрейма	Имя слота	Значение слота
Предметная область	Теплопроводность	0,032...0,045 Вт/(м·К)
	Температуропроводность	3,93...4,61 м ² /с
	Теплоемкость	0,84...1,42 кДж/(кг·К)
Исследуемые материалы	Плиты (изолайт, изовент, изофлор, изорурф, изофас)	$\lambda =$ = 0,032...0,039 Вт/(м·К)
	Маты (п-75с, п-125с, м1-100, м2-100, м3-100)	$\lambda =$ = 0,036...0,039 Вт/(м·К)
	Цилиндры (изошелл, изошелл Л, изошелл ЛМ)	$\lambda =$ = 0,039...0,045 Вт/(м·К)
Структура материалов	Пористость	80...90 %
	Волокнистость	5...20 мкм
	Ячеистость	0,068...0,17 мг/(м·ч·Па)
	Плотность	50...175 кг/м ³
Режимные параметры	$T_{oc. н} - T_{oc. в}$	18...21 °С
	$W_{oc. н} - W_{oc. в}$	48...60%
	$C_{н} - C_{в}$	70...80%
	$W_{вс. н} - W_{вс. в}$	20...30%
	$C_{д. н} - C_{д. в}$	4...10%
	$C_{ск. н} - C_{ск. в}$	2...5%
	$T_{н} - T_{в}$	1200...1500 °С
$S_{ц. н} - S_{ц. в}$	6000...7000 об/мин	

Слот «Управляемые» состоит из значений остальных режимных параметров, значениями которых можно управлять: концентрация исходных компонентов (C), влажность, фракционный и химический состав сырья ($W_{вс}$), концентрация модифицирующих добавок ($C_{д}$), концентрация связующего компонента ($C_{ск}$), термообработка (T), скорость вращения валков центрифуги ($S_{ц}$). Каждый из слотов всех параметров, как управляемых, так и неуправляемых, включает в себя значения нижнего допустимого значения и верхнего значения параметра (например, для температуры окружающей среды: $T_{oc. н}$ и $T_{oc. в}$).

Фрейм-экземпляр «Предметная область» включает в себя значения теплофизических параметров материалов: теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость.

Фрейм-экземпляр «Исследуемые материалы» включает слоты, характеризующие форму исследуемых теплоизоляционных материалов: плиты, маты, цилиндры.

Фрейм-экземпляр «Структура материалов» включает в себя слоты со значениями пористости, волокнистости, ячеистости и величины плотности для каждого материала.

Разработанное информационное обеспечение и база знаний ИИИС позволяют повысить эффективность функционирования системы и точность параметров контроля при мониторинге производства минераловатных плит.

Список литературы

1. Селиванова, З. М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова. – Москва : Изд-во Машиностроение-1, 2006. – 184 с.

2. Минский, М. Фреймы для представления знаний / М. Минский ; пер. с англ. – Москва : Энергия, 1979. – 152 с.

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

УДК 536.4

*Ю. И. Лобыкина, В. В. Димитров**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

На сегодняшний день накоплен достаточный опыт применения покрытий металлических изделий. Для получения полимерных покрытий используют составы на основе полиэтилена, поливинилбутирала, поливинилхлорида, эпоксидов, полиэфиров, реже – полиамидов.

Одну из главных ролей в решении задачи обеспечения выпуска качественной продукции играют методы и средства контроля. Существуют

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

два класса современных методов контроля теплофизических свойств полимерно-металлических изделий – разрушающие и неразрушающие.

Тепловые методы неразрушающего контроля (НК) позволяют определять теплофизические свойства (ТФС) покрытий исследуемых объектов по откликам на тепловое воздействие от нагревателя определенной формы [1, 2].

В связи со сложностью и большим объемом экспериментальных исследований по определению качества полимерно-металлических изделий исследование известных и новых методов контроля востребовано и является актуальным.

В случае НК активным тепловым методом искомые ТФС проявляются через температурный отклик исследуемого изделия на тепловое воздействие, которому оно подвергается в специально организованном эксперименте.

Математическая модель, полученная решением краевой задачи теплопроводности, позволяет определять ТФС покрытия с высокой точностью в температурно-временном диапазоне рабочего участка термограммы. На рабочем участке наблюдается хорошее совпадение экспериментальных и расчетных значений температуры [2].

Рабочему участку соответствует тепловой режим опыта, когда реализуется регуляризация тепловых потоков в локальной области исследуемого объекта, расположенной вблизи нагревателя и термоприемников. Разработанный метод НК ТФС не предполагает идентификацию всего температурного поля.

Выделение рабочего участка производится статистическим методом с использованием критерия Дарбина – Ватсона [1].

Математическая модель [2] работает при условии, что второе тело (металлическая подложка) – полуограниченное в тепловом отношении. Поэтому важно установить, какой должна быть толщина второго тела, чтобы было возможно достичь стадии регуляризации теплового процесса, выделить рабочий участок и определить ТФС полимерного покрытия.

Термограммы для системы ограниченного и полуограниченного тел с различными толщинами второго слоя для покрытия из поливинилхлорида (ПВХ) на металлическом основании из стали марки Ст3 получены численным моделированием по методу конечных элементов.

На рисунке 1 представлены термограммы для системы двух тел с различными толщинами второго слоя при действии на поверхности полимерного тела круглого плоского нагревателя постоянной мощности. Первая кривая получена по математической модели [2]. Кривые 2 – 6 получены численным моделированием по методу конечных элементов при толщине второго (металлического) слоя: 50; 40; 30; 20; 10 мм.

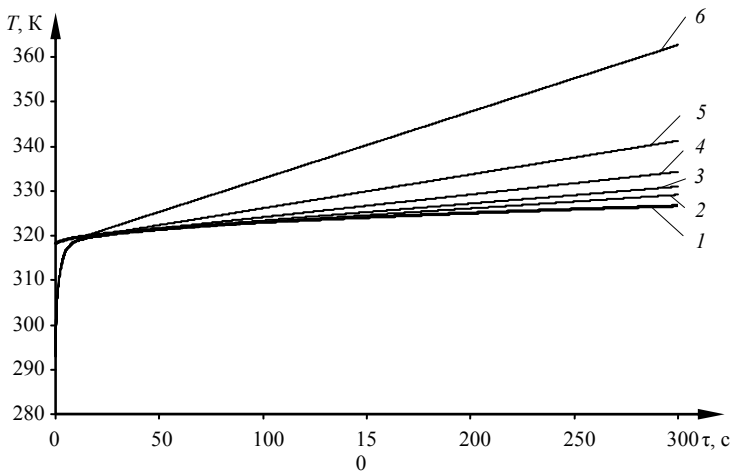


Рис. 1. Термограммы

По данным, полученным численным моделированием, построена зависимость $T = f(\sqrt{\tau})$, позволяющая наглядно продемонстрировать наличие рабочего участка. На термограмме, представленной на рис. 2, выделены три участка – I, II и III.

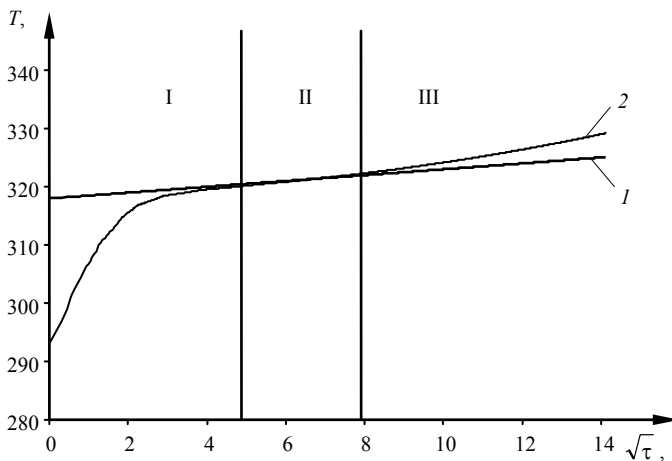


Рис. 2. Выделение рабочего участка на термограмме:

1 – кривая получена по математической модели; 2 – кривая получена численным моделированием по методу конечных элементов для покрытия из ПВХ при толщине металлического основания 30 мм

Первый (I) участок термограммы характеризуется тем, что тепловой поток, проходящий через точку контроля, является переменным во времени и соответствует начальной стадии развития теплового процесса.

Второй (II) участок термограммы характеризуется регуляризацией теплового режима в локальной области нагревателя и тепловой поток, проходящий через точку контроля, становится практически постоянным. Это позволяет использовать математическую модель описания процесса теплопереноса для второго (рабочего) участка термограммы [2].

Третий (III) участок термограммы характеризуется тем, что нарушается условие полуограниченности объекта исследования (тепловой поток, проходящий через точку контроля, вновь становится переменным).

Определяем рабочий участок термограммы (рис. 2), на котором металлическое основание можно считать полуограниченным. Рабочим участком будет считаться тот, на котором расхождения между значениями температуры составят менее 1 %. На рисунке 2 данный участок термограммы отмечен как II участок.

На рисунке 3 представлена зависимость $\Delta\tau = f(h_2)$ для двухслойного изделия из стального основания и покрытия ПВХ. Толщина металлического основания (h_2) в полимерно-металлическом изделии является величиной, определяющей работоспособность математической модели, так как определение ТФС покрытия по рабочим участкам термограммы возможно при условии, что металлическое тело является полуограниченным в тепловом отношении.

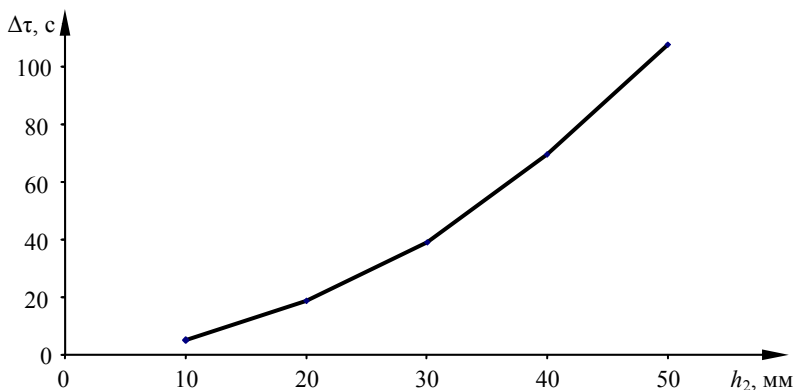


Рис. 3. Зависимость $\Delta\tau = f(h_2)$

Данные численного исследования позволяют определить минимально возможное значение толщины второго тела, при котором соблюдается условие полуограниченности и при котором возможно определить ТФС покрытия.

Список литературы

1. *Об одном методе* термического анализа для неразрушающего контроля теплофизических свойств полимеров / Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Пластические массы. – 2001. – № 2. – С. 33 – 36.

2. *Моделирование* теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

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

УДК 536.425

*Д. С. Кацуба**

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ШУМОВ НА ТЕРМОГРАММЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТРУКТУРНОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРЕ

Полимеры находят широкое применение в различных отраслях промышленности, что вызвано разнообразием их свойств, которые можно изменять при применении новых технологий. Информация о структурных переходах в полимерах необходима для назначения технологических режимов их переработки в изделия.

В общем случае полимеры подразделяются на твердые (полиэтилен, поливинилхлорид, политетрафторэтилен и др.) и мягкие (резина, эластомеры и т.д.). К наиболее распространенным твердым полимерам относят политетрафторэтилен или фторопласт. Фторопласт используется в различных отраслях промышленности, в том числе в качестве конструкционного или изоляционного материала. На сегодняшний день одной из наиболее популярных разновидностей фторопласта считается коксонаполненный фторопласт (Ф4К20), получаемый с помощью метода плоскощелевой экструзии. Листы, выполненные из этого материала,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. А. Балашова.

характеризуются повышенной ударпрочностью, значительной атмосферостойкостью, отличной формуемостью, гибкостью и способностью к горячей сварке. Изделия из него обладают способностью выдерживать воздействия таких агрессивных сред как этиленгликоль, серная, дымящая азотная, фосфорная, фтористоводородная и соляная кислоты, амины, щелочи, хлорированные и ароматические углеводороды, влажный и сухой хлор и пр. Ф4К20 используются в цветной и черной металлургии, химической промышленности, электротехнике, авиастроении. В Ф4К20 происходят структурные твердофазные переходы в кристаллической фазе при 19,6 и 30 °С, которые сопровождаются поглощением теплоты и являются весьма удобными с точки зрения их обнаружения в ходе лабораторных исследований на различных устройствах.

Структурные твердофазные переходы в Ф4К20 были обнаружены методом неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерах [1], который основан на модели распространения тепла в плоском полупространстве, реализованным в информационно-измерительной системе (ИИС).

На рисунке 1 представлена термограмма для изделия из Ф4К20. Условия опытов: радиус нагревателя $R = 4 \cdot 10^{-3}$ м; толщина изделия $H_{\text{н}} = 7 \cdot 10^{-3}$ м; мощность на нагревателе $N = 0,7$ Вт; временной шаг измерения температуры $\Delta\tau = 0,5$ с. Подложка зонда из пенополиуретана толщиной $H_{\text{п}} = 20 \cdot 10^{-3}$ м. Начальная температура изделия $T_{\text{н}} = 24$ °С. Скорость нагрева $v = 10$ °С/мин на рабочем участке (II) термограммы.

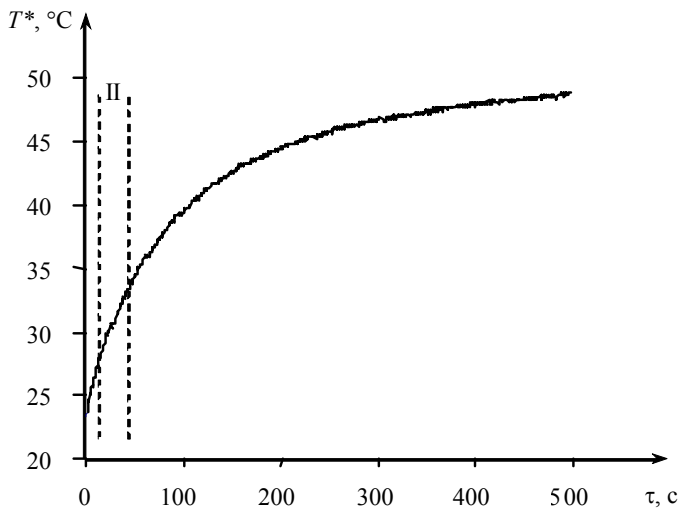


Рис. 1. Термограмма для изделия из Ф4К20

Оценки дисперсий текущих параметров d_{1i} и d_{0i} на рабочем участке, в случае отсутствия структурного твердофазного перехода можно считать постоянными, их рассчитывают по формулам [1]. Если в исследуемом изделии из полимера происходит структурный твердофазный переход, сопровождающийся тепловым эффектом, то значения текущих параметров d_{1i} и d_{0i} существенно изменяются в узком температурном интервале. Построив зависимость одного из текущих параметров d_{1i} , d_{0i} (или их дисперсий $S_{d_{1i}}^2$, $S_{d_{0i}}^2$) от температуры изделия (T_s), по характерным пикам определяют температурные интервалы структурных твердофазных переходов в полимерах. На рисунке 2 представлена графическая зависимость $S_{d_0}^2 = f(T_s)$.

При регистрации термограммы в результате эксперимента возникают наводки, и наблюдается некоторая нестабильность мощности на нагревателе. Некоторая зашумленность термограммы проявилась затем и на графической зависимости $S_{d_0}^2 = f(T_s)$. Снизить шум можно с помощью коррекции.

Для получения скорректированных термограмм использовали пакет прикладных программ для статистической обработки данных Advanced Grapher Version 2.2. Критериями для принятия аппроксимирующей функции при описании экспериментальной термограммы являлись: наибольшее значение множественного коэффициента детерминации и наименьшее значение стандартной ошибки аппроксимации (табл. 1).

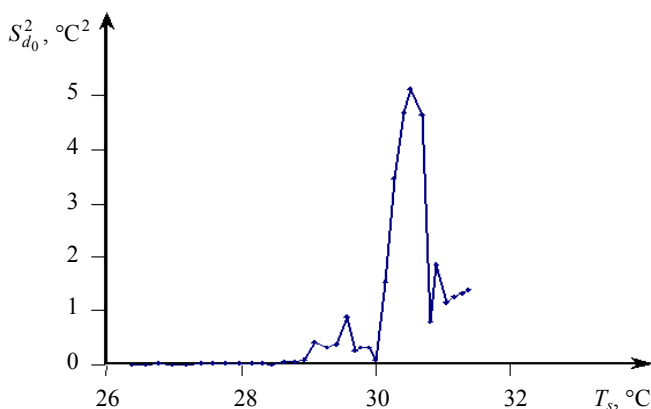


Рис. 2. Зависимость $S_{d_0}^2 = f(T_s)$, построенная по термограмме

1. Аппроксимирующая функция для экспериментальной термограммы

Уравнение для термограммы	R^2	Стандартное отклонение
$T(\tau) = (8,351023 \cdot 10^{(-17)}) \tau^7 -$ $- (1,6282566 \cdot 10^{(-13)}) \tau^6 + (1,3116676 \cdot 10^{(-10)}) \tau^5 -$ $- (5,7076589 \cdot 10^{(-8)}) \tau^4 + (1,4926557 \cdot 10^{(-5)}) \tau^3 -$ $- 0,0025392 \tau^2 + 0,3083838 \tau + 23,6932367$	0,999	0,086

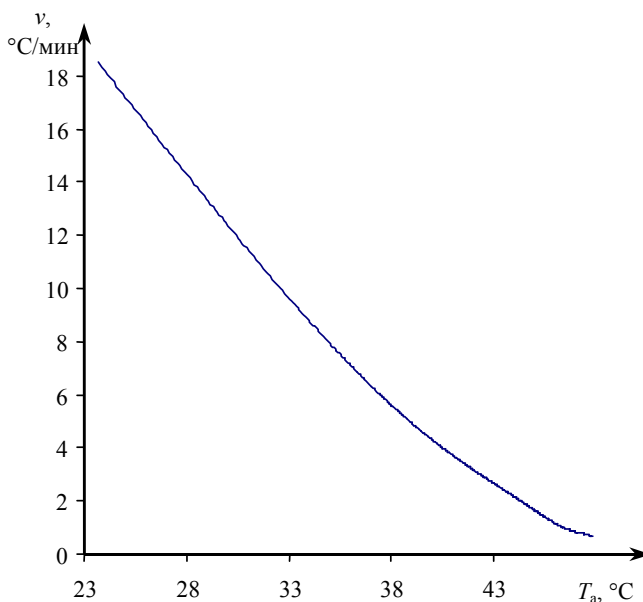


Рис. 3. Скорость изменения температуры для изделия из Ф4К20

Значения скорости изменения температуры (рис. 3) получены по термограмме, которая аппроксимирована полиномом (см. табл. 1).

В результате применения способа снижения шумов на термограмме из-за нестабильности мощности на нагревателе, наводок и других факторов, была получена скорректированная графическая зависимость $S_{a_0}^2 = f(T_s)$ (рис. 4), на которой можно наблюдать структурный твердофазный переход при 30 °C в коксонаполненном фторопласте марки Ф4К20.

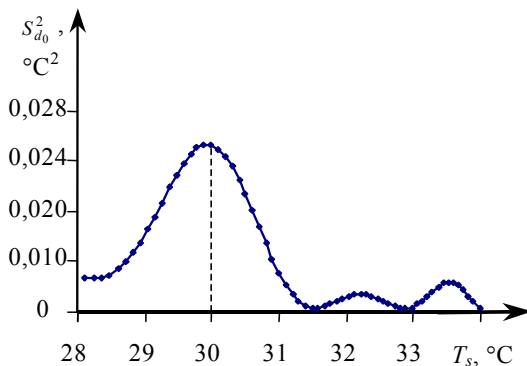


Рис. 4. Зависимость $S_{d_0}^2 = f(T_s)$ для изделия из Ф4К20

Таким образом, с помощью специальной коррекции термограмм, полученных методом неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерах, возможно построить сглаженные графические зависимости $S_{d_0}^2 = f(T_s)$, на которых явно проявляются структурные переходы в различных полимерах.

Список литературы

1. *Балашов, А. А.* Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 / А. А. Балашов. – Тамбов, 2005. – 16 с.

Кафедра «Энергоэффективные системы» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 621:004.896

*К. А. Алтунин**

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ

В настоящее время сокращение сроков проектирования и подбор оптимальных параметров процесса резания – это важнейшие требования, предъявляемые к разработке технологического процесса. Наличие

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Пестрецова; д-ра техн. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. В. Соколова.

системы автоматизированного проектирования (САПР), предлагающей пользователю выбрать из списка возможных параметров процесса резания оптимальные при заданных условиях, позволило бы существенно повысить эффективность технологического процесса. Предполагается, что с целью повышения точности вычислений и производительности системы имеется возможность применения искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей (ИНС) и методов нечеткой логики в математическом моделировании процессов механической обработки материалов.

Моделирование производственных процессов, в частности процессов резания (рис. 1), во многих случаях является базой для построения САПР. Аналитические модели рассматриваемых процессов можно построить, как правило, только при значительном упрощении. Поэтому при исследовании процесса резания довольно часто прибегают к нейросетевому моделированию. В данном случае нейронная сеть призвана служить в качестве модели процесса резания. Полученная нейросетевая модель в дальнейшем используется, например, для выбора оптимальных параметров (в частности режимов резания), выбора инструмента для обработки материала в зависимости от некоторых начальных условий, сбора и обработки информации, поступающей с датчиков системы, других целей. Однако мало проведено исследований в области моделирования процесса резания с учетом его динамической составляющей.

В работах [1 – 4] предложен алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем.

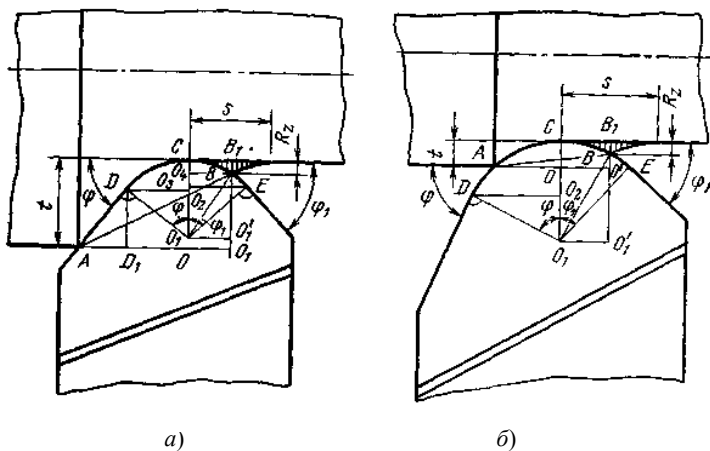


Рис. 1. Схемы резания

На основе разработанного алгоритма создана САПР для оптимизации процесса резания с учетом его динамической составляющей. Работа предлагаемой САПР требует сложных вычислений и обработки большого количества информации. Применение нейросетевых моделей в блоках системы может существенно повысить производительность данной системы и точность ее вычислений. В частности, можно рассмотреть возможности использования нейронных сетей в моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров.

В качестве примера рассмотрим задачу определения параметров процесса точения с помощью нейросетевого моделирования. Предпринята попытка определения толщины среза a_1 при несвободном резании. Исходные данные для выполнения были получены по математической модели, описанной в работе [2]. Согласно данной модели толщина среза a_1 рассчитывается по следующим зависимостям:

- при $t \geq r(1 - \cos \varphi)$; $s \leq 2r \sin \varphi_1$ (рис. 1, а)

$$a_1 = (s/c') \sin \arctg(c'/([1 - a'(1 - \cos \varphi)] \operatorname{ctg} \varphi + a'(\sin \varphi + b'))),$$

где $a' = r/t$; $b' = s/2r$; $c' = 1 - a'(1 - \sqrt{1 - b'^2})$;

- при $t < r(1 - \cos \varphi)$; $s \leq 2r \sin \varphi_1$ (рис. 1, б)

$$a_1 = (s/c') \sin \arctg(c'/(\sqrt{2a' - 1} + a'b')),$$

где r – радиус при вершине резца в плане, м; φ_1 – вспомогательный угол в плане резца; φ – главный угол в плане резца; s и t – подача и глубина резания, м.

Для обучения сети необходимо сформировать массив входных векторов x_i (x_1 – подача при резании; x_2 – отношение радиуса при вершине резца к глубине резания, x_3 – главный угол в плане резца) для различных значений параметра y (толщина среза). Каждое значение параметра y является вектором-эталоном для обучения ИНС.

Первоначально выполнен выбор архитектуры. Задача выбора архитектуры сети для большинства сетей является неформализованной. Поэтому предложенная ниже архитектура сети является одним вариантом из множества возможных конфигураций. Принята архитектура сети с тремя нейронами (по числу компонентов входного вектора) на входном слое, с одним скрытым слоем с 20 нейронами и 1 нейроном в выходном слое.

В программе «Matlab» по математической модели получены входящие и выходящие значения обучающей выборки. Подача взята в диапазоне 0,07...0,52 мм/об с шагом 0,05 мм/об; радиус при вершине

реза – в диапазоне 0,5...2 мм с шагом 0,5 мм; глубина резания – в диапазоне 0,1...5,1 мм с шагом 0,5 мм; главный угол в плане резца – в диапазоне 45...90° с шагом 15° мм. При подготовке входных значений для обучения сети брались параметры режимов резания и геометрии режущего инструмента, наиболее часто используемые в производстве. Для этих данных рассчитаны значения толщины среза, чтобы использовать их в качестве выходящих значений обучающей выборки, после чего проведена нормализация входных данных к одному диапазону. Это сделано для того, чтобы уравновесить влияние каждого из пара. Далее осуществлено моделирование нейронной сети с помощью пакета расширений Neural Network Toolbox. По принятой ранее архитектуре сформирована сеть. По полученной нормализованной выборке проведено обучение сети. В качестве обучающего алгоритма выбран алгоритм Levenberg-Marquardt. метров на выходной параметр сети.

С целью тестирования сети создана тестовая выборка. Для различных значений подачи и глубины резания рассчитаны значения толщины среза.

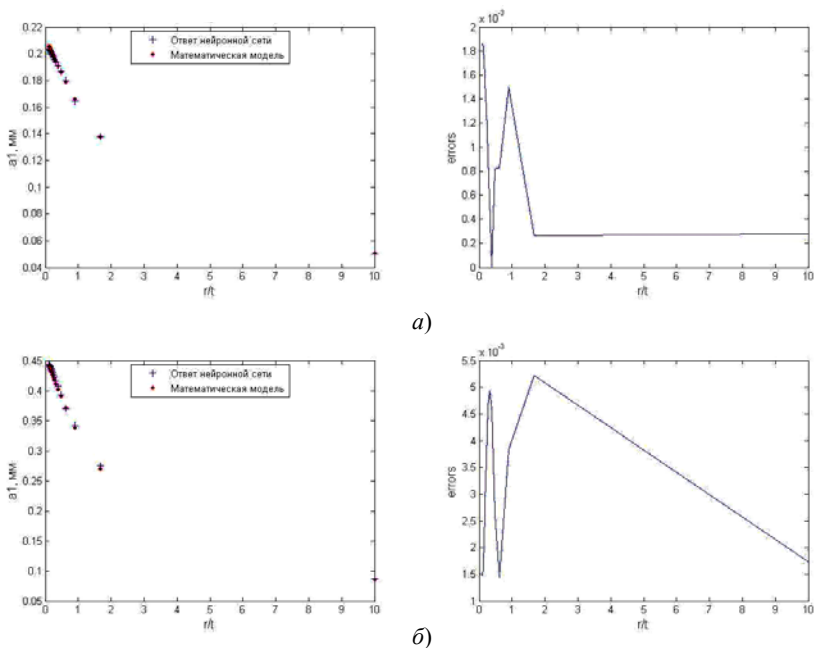


Рис. 2. Зависимость толщины среза от параметров процесса резания:
 $a - \varphi = 45^\circ; r = 1$ мм; $s = 0,3$ мм/об; $b - \varphi = 45^\circ; r = 1$ мм; $s = 0,65$ мм/об

Те же данные, что использовались для расчетов, поданы на входы смоделированной сети и получены выходные значения исследуемого параметра. Для наглядного изображения результатов тестирования созданы графики зависимости толщины среза от отношения r/t для различных значений подач (рис. 2). Чтобы отобразить величину отклонения результатов выданных нейронной сетью от значений полученных при математическом моделировании созданы графики, отображающие величину ошибки сети.

Как видно из представленных графиков, величина ошибки сети довольно мала, как для того диапазона, на котором обучалась нейронная сеть (рис. 2, а), так и для значений параметров процесса резания, превышающих данный диапазон (рис. 2, б).

Таким образом, показана перспективность применения нейронных сетей при моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров. Исследование нейронной модели толщины среза позволило оценить влияние выбора архитектуры и длительности обучения сети на погрешность прогнозирования этого параметра.

Список литературы

1. *Оценка* возможности применения CAD/CAE/CAM-систем при проектировании процессов производства композиционных материалов и их обработка резанием / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 98 – 103.
2. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.
3. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.
4. *Свидетельство* № 2013610309 об официальной регистрации программы для ЭВМ, 09.01.2013. Анализ динамики процессов резания / Алтунин К. А., Пестрецов С. И., Соколов М. В. № 2012619631 ; заявл. 08.11.2012.
5. *Силин*, С. С. Метод подобия при резании материалов / С. С. Силин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 152 с.

Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «ИТТУ»

*А. М. Муравьев**

**ПРИМЕНЕНИЕ САПР ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ
ПРИ СОЗДАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ
ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ В СРЕДЕ FEATURECAM**

Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания (САПР ПР) изложена в работах [1 – 4].

Основные задачи, которые решает САПР ПР:

- по рассчитанным или выбранным режимам резания моделируются основные процессы механической обработки материалов (точение, фрезерование, сверление, зенкерование, протягивание);
- исследуется напряженно-деформированное состояние режущего инструмента, технологической оснастки и, в целом, системы «станок-приспособление-инструмент-деталь»;
- исследуется динамика процесса резания;
- оптимизация процесса резания по различным критериям оптимизации с учетом принятых ограничений по геометрическим параметрам инструмента и режимным параметрам процесса механической обработки материала;
- осуществляется подбор технологического оборудования, инструмента и оснастки по результатам решения задачи оптимизации.

САПР ПР выполнена по блочно-модульному принципу и содержит базу данных технологического оборудования, инструмента и оснастки (БДТОИО), в том числе и их твердотельные модели.

БДТОИО построена на основе Microsoft Access 2010. В качестве программного обеспечения расчетных блоков применялась среда Delphi 7.

Для построения твердотельных моделей возможно использовать любую САД-программу твердотельного моделирования, например, Autodesk Inventor, Solid Works и T-Flex CAD. В указанные САД-программы могут быть встроены САМ-модули, позволяющие имитировать процесс обработки поверхностей и генерировать управляющие программы (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Взаимодействие САПР ПР с САМ-системой происходит на следующих шагах моделирования обработки и создания УП:

- 1) создание твердотельных моделей детали и ее заготовки (stl-файл);
- 2) выбор типа станка и параметров стойки ЧПУ (постпроцессирование);

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Пестрецова; д-ра техн. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. В. Соколова.

3) указание САМ-системе конфигурацию заготовки (может использоваться созданная твердотельная модель заготовки);

4) определение элементов, подлежащих обработке, и задание параметров элементов;

5) разработка операций обработки и задание их параметров.

Рассмотрим далее каким образом осуществляется взаимодействие САПР с такими САМ-системами, как FeatureCAM.

Конечным результатом работы САПР ПР является оптимизация конструктивных и режимных параметров процесса резания для выбранного с учетом целевой функции и критерия оптимизации технологического оборудования. Таким образом, выбранное технологическое оборудование находится в БДТОИО.

Для выбора типа станка используется вкладка Параметры, в которой указывается вид обработки и тип станка с ЧПУ. При этом имеется в виду, что в БДТОИО размещена информация и о модуле ЧПУ для выбранного станка, которую необходимо предварительно загрузить в FeatureCAM.

Набор инструментов, который используется на выбранном станке, также может быть отредактирован. В первом случае, принимается новый набор инструментов из возможного перечня, находящегося в базе данных FeatureCAM. Существует также возможность добавить оригинальный инструмент, конструктивные и геометрические параметры которого получены в результате моделирования процесса обработки и исследования напряженно-деформированного состояния режущего инструмента и занесены в БДТОИО.

Активный постпроцессор также выбирается из базы данных FeatureCAM, либо берется для выбранного станка из БДТОИО. Постпроцессор может быть выполнен и традиционным программированием под конкретные вид обработки и заготовку, обрабатываемую на данном станке. Данные параметры обеспечивают информацию, необходимую для создания УП. Значением параметра является текст, выводимый в УП, если этого требует управляющая стойка станка. Если установлена библиотека режимов резания (Feed and Speed Library), то можно задать материал заготовки и инструмента.

В среде FeatureCAM заготовка представляется в виде деталей канонической формы (цилиндр, многогранник, квадрат) с соответствующими припусками на обработку.

Заготовка также может быть представлена в виде твердотельной модели, выполненной в какой-либо программе твердотельного моделирования, и сохраненной в файле с расширением stl. Такой тип файла позволяет импортировать модель заготовки в САМ-систему без потери геометрии.

При импортировании модели заготовки в систему должно соблюдаться условие совмещения расположения заготовки и обрабатываемой детали в одной плоскости и их нулевых точек.

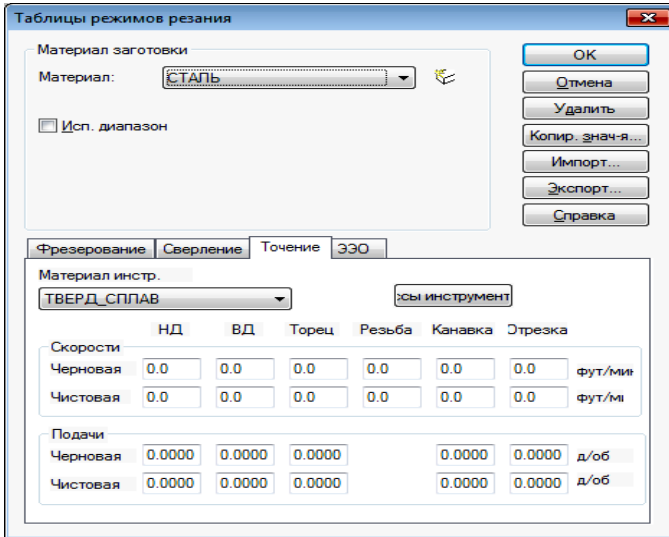


Рис. 1. Назначение режимов резания в среде FeatureCAM

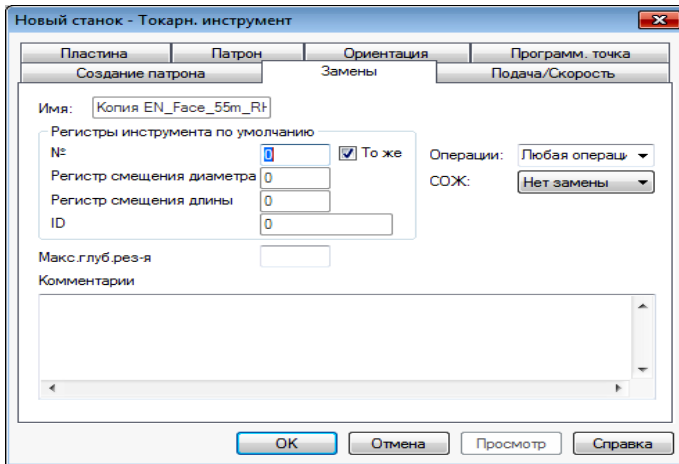


Рис. 2. Редактирование параметров технологической оснастки в среде FeatureCAM

В системе FeatureCAM обрабатываемые элементы могут быть определены с помощью автоматического распознавания или интерактивного добавления в диалоговом режиме. Существует также возможность добавления операций и переходов и порядка их выполнения.

В среде FeatureCAM, перейдя во вкладку Параметры, можно назначить режимы резания и отредактировать параметры технологической оснастки (рис. 1 и 2).

После выполнения указанных выше действий пользователь имеет возможность провести верификацию и бэкплот. Верификация позволяет имитировать процесс обработки с отображением коллизий, связанных с столкновением инструмента с обрабатываемой заготовкой и узлами станка, а функция бэкплот отредактировать сгенерированную УП. Таким образом производится откладка УП до загрузки ее в память станка с ЧПУ, что позволяет исключить возможность появления брака, сократить время на разработку технологического процесса изготовления типовых и оригинальных деталей.

Приведенные примеры показывают, что разработанная САПР ПР может применяться не только для моделирования и оптимизации процессов механической обработки материалов, но и для создания УП для станков с ЧПУ. При этом задание конструктивных и режимных параметров обработки будут более обоснованными с точки зрения повышения стойкости инструмента и качества обрабатываемой поверхности.

Список литературы

1. *Оценка возможности применения CAD/CAE/CAM-систем при проектировании процессов производства композиционных материалов и их обработка резанием* / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В.Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 98 – 103.

2. *Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки* / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В.Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.

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

4. *Свидетельство № 2013610309 об официальной регистрации программы для ЭВМ. 09.01.2013. Анализ динамики процессов резания* / Алтунин К. А., Пестрецов С. И., Соколов М. В. № 2012619631 ; заявл., 08.11.2012.

Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

*Т. И. Москвичева**

АЛГОРИТМ ДОСТУПА К ОБЪЕКТАМ В ИНФОРМАЦИОННОМ МАССИВЕ

Развитие информационных технологий приводит к тому, что государственные организации и коммерческие предприятия вынуждены обрабатывать большие объемы данных. Современная теория информационного поиска предоставляет различные подходы для построения алгоритмов поиска, добавления и удаления данных в информационных массивах, основанные на известных моделях: лексикографических, древовидных, реляционных и других [1, 2]. Вместе с тем, даже для таких широко известных программных средств, как СУБД компании *Oracle* или сообщества *OpenSource*, отмечается значительное время поиска, несоответствующее решаемым задачам и необходимость мощной и, как следствие, дорогой элементной базы. Причиной тому является несовершенство моделей хранения данных для эффективного решения задач поиска. Поэтому актуальной является задача разработки математической модели, позволяющей сократить время поиска элементов, а также операций добавления и удаления.

Одной из эффективных, с точки зрения доступа к данным, моделей является адресный массив, рассмотренный, например, в работах Э. Э. Гасанова, В. Б. Кудрявцева и Ю. П. Луговской [1, 2]. В нем поиск элемента осуществляется за константное время путем вычисления адреса объекта на основе его значения. Вместе с тем, в реальных условиях, характеризующихся большими объемами данных в информационных массивах такая модель практически не применима, что ограничивает ее использование. Поэтому на практике широкое распространение получили модели с высоким (логарифмическим) временем доступа к элементам, но не требующие выделения больших объемов дополнительной памяти, а также гибридные модели [2].

Построим математическую модель адресного массива.

Пусть $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ – множество хранимых элементов. Даже если элементы множества X изначально не числовой природы, факт хранения их на электронных носителях предполагает, что они представлены в виде конечной битовой последовательности, каждую из которых можно рассматривать как число. Например, битовую последовательность, соответствующую элементам X , можно рассматривать как бинарную запись целого числа и трактовать, таким образом, храни-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Яковлева.

мые элементы как целые числа. Другой подход – трактовать битовые последовательности элементов X , как мантиссы некоторых дробных чисел со степенями 1, тогда хранимые элементы представляют собой числа из интервала (0; 1). Заметим, что оба примера трактовки хранимых элементов рассматривают их как рациональные числа (Q). Тогда без ограничения общности предположим:

$$X \subset [x_1; x_2] \subset Q, x_1 < x_2 < \dots < x_n. \quad (1)$$

Строгость данного неравенства обуславливается тем, что хранение идентичных объектов представляет собой хранение пары: объекта и числа его появлений.

Для построения адресного массива вычислим его шаг

$$\delta = \min_{i=2, n} (x_i - x_{i-1}). \quad (2)$$

Определим размер адресного массива как

$$m = \frac{x_n - x_1}{\delta}. \quad (3)$$

Разобьем отрезок $[x_1; x_2]$ на m отрезков вида $[y_{i-1}; y_i]$, $i = \overline{1, m}$ следующим образом

$$y_0 = x_1, y_i = y_{i-1} + \delta, \forall i = \overline{2, m}. \quad (4)$$

Из (4) очевидно, что $y_i = y_0 + i\delta$, $\forall i = \overline{2, m}$ и соответственно $y_m = y_0 + m\delta$ или в силу (3) и (4) $y_m = x_1 + \frac{x_n - x_1}{\delta} \delta = x_n$.

Заметим, что каждый хранимый элемент при таком разбиении $[x_1; x_2]$ попадает в одно из множеств: $\{y_0\}, (y_0, y_1], (y_1, y_2], \dots, (y_{m-1}, y_m]$. Причем в каждое из этих множеств попадает только один хранимый элемент. Если предположить, что в некоторый полуинтервал $(y_{i-1}, y_i]$, $\forall i = \overline{2, m}$ попадет два элемента X , то расстояние между ними должно быть строго меньше δ – длины отрезка $[y_{i-1}, y_i]$. Однако, согласно (2) и (1), δ является минимальным расстоянием между элементами X . Для множества, состоящего из одного элемента $\{y_0\}$, предложенное утверждение тем более очевидно.

Пусть хранимые элементы некоторым образом располагаются в памяти. Создадим массив указателей из m элементов: p_1, p_2, \dots, p_m . Идея адресного массива заключается в том, чтобы сопоставить каждому полуинтервалу $(y_{i-1}, y_i]$ элемент p_i . А именно, для $\forall x \in X \mid x \in (y_{i-1}; y_i] \ i = \overline{1, m}, p_i$ присвоим адрес x . Остальным указате-

лям присвоим нулевые значения, сигнализирующие о том, что они не указывают ни на какой элемент.

Поиск идентичных объектов состоит в поиске хранимого элемента, идентичного запросу, т.е. в качестве запроса без ограничения общности выступает некоторый элемент $x \in Q$. Задача же поиска идентичных объектов – определить истинность выражения $x \in X$. Идея поиска на основе адресного массива состоит в том, чтобы проверить, принадлежит ли x ($x_1; x_n$) и если да, то определить, какому из полуинтервалов $(y_0, y_1], (y_1, y_2], \dots, (y_{m-1}, y_m]$ принадлежит x . Вычислив интервал, найдем и соответствующий ему p_i , в котором либо лежит адрес элемента, идентичного x , и тогда выражение $x \in X$ истинно, либо выражение $x \in X$ – ложно.

Пусть $x \in (y_{i-1}, y_i]$ $i = \overline{1, m}$, тогда

$$y_{i-1} < x \leq y_i \quad (5)$$

или в силу (4)

$$y_0 + (i-1)\delta < x \leq y_0 + i\delta.$$

Тогда, в силу (3) и (4) получим

$$i = \left\lceil m \frac{x - x_1}{x_n - x_1} \right\rceil, \quad (6)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ – округление в большую сторону.

Формула (6) позволяет вычислить индекс массива p_i , в котором содержится адрес элемента, идентичного запросу с константной, т.е. не зависящей от числа элементов, асимптотической сложностью.

Основной проблемой такого подхода является быстрый рост объемов лишней памяти с увеличением числа хранимых данных. А именно, памяти, в которой хранятся нулевые значения указателей. Обозначим избыточную память N , которая определяется по формуле

$$N = m - n. \quad (7)$$

Для хранения n элементов необходимо n ячеек памяти, а используется m ячеек ($m > n$).

Рост требуемой памяти в модели адресного массива определяется неравномерностью распределения хранимых данных в информационном массиве. Если распределение данных в памяти осуществлялось равномерно, т.е. с интервалом, определяемым (2),

$$\delta = \frac{x_n - x_1}{n},$$

то выражение (3) приняло бы вид

$$m = n \frac{x_n - x_1}{x_n - x_1} \quad \text{или} \quad m = n,$$

и избыточная память в силу (7) фактически отсутствовала бы. Однако в случае реальных данных предложенный подход требует огромных объемов дополнительной памяти [1, 2]. Таким образом, из-за неравномерности распределения хранимых элементов такие математические модели на сегодняшний момент не применяются в системах хранения данных.

В данной работе предлагается подход к хранению данных на основе формирования их отображения на адресное пространство, адаптирующегося к неравномерности их распределения. Таким образом, сложность поиска адреса элемента будет определяться сложностью построения отображения, а выделение дополнительной памяти сведено к минимуму.

Хранение данных в абсолютном большинстве случаев подразумевает возможность добавления новых данных. Модель адресного массива обладает замечательным свойством, которое заключается в том, что если добавляемый элемент не меняет δ , он добавляется за постоянное время, равное времени поиска. Действительно, добавление элемента в этом случае сводится к присваиванию адреса нового элемента соответствующему p_i . Чтобы сохранить это свойство в предлагаемом методе, а именно добавление элемента без необходимости менять что-либо, в том числе менять отображение, достаточно, чтобы f могло быть использовано на произвольном конечном подмножестве $[x_1, x_n]$. Для сохранения этого свойства наложим на него условие биективности на всех конечных подмножествах $[x_1, x_n]$ [2].

Решение задачи в общем виде крайне сложно из-за бесконечного числа элементов в множестве F . Однако ее решение даже на некотором подмножестве F может доказать эффективность предложенного в данной работе подхода.

Список литературы

1. Гасанов, Э. Э. Теория хранения и поиска информации / Э. Э. Гасанов, В. Б. Кудрявцев. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 288 с.
2. Гасанов, Э. Э. Константный в худшем случае алгоритм поиска идентичных объектов / Э. Э. Гасанов, Ю. П. Луговская // Дискретная математика. МГУ. – 1999. – Т. 11, № 4. – С. 139 – 144.

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

УДК 004.045

*К. С. Корнилов**

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Задача проектирования прессового оборудования для производства резинотехнических изделий (РТИ) заключается в выборе конструкций элементов вулканизационного гидравлического пресса, позволяющих произвести нужное количество продукции требуемого качества за определенный срок с наименьшими затратами. Это сложная задача, требующая комплексного, системного подхода к ее решению.

Предлагается представить общую задачу проектирования прессового оборудования для производства РТИ в виде иерархии взаимосвязанных задач (рис. 1), причем каждая отдельная задача второго и третьего уровней иерархии формулируется как задача оптимизации. Рассмотрим эти задачи подробнее.

Расчет нагревательных плит. Нагревательные плиты являются основным рабочим элементом вулканизационного пресса. В качестве нагревательных элементов в них чаще всего используются индукторы. Полный расчет плиты включает: электромагнитный анализ, расчет поля температур рабочей поверхности плиты, прочностные расчеты, а также оптимизацию конструкции плиты.

Электромагнитный анализ сводится к расчету электромагнитного поля, возбужденного в объеме плиты приложенными переменными токами. Необходимо определить полный электрический ток (с его сторонней и вихревой компонентами), индукцию и напряженность магнитного поля и, как результат, мощность тепловыделения индукторов.

Конфигурация поля температур рабочей поверхности плиты зависит от ее материала, количества, расположения, размеров и мощностей индукторов. Расчет поля температур предусматривает решение уравнения теплопроводности с граничными условиями 3-го (торцы плиты неизолированы), либо 3-го и 4-го рода (торцы изолированы).

Задача прочностного расчета нагревательной плиты при одновременном воздействии температуры и осевой силы (при зажиме прессформ) предусматривает поиск такого материала плиты и ее геометрических размеров, которые обеспечат ее минимальную металлоемкость при отсутствии изменений геометрической формы и качества контактной поверхности при заданном количестве циклов нагружения.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГТТУ» С. В. Карпушкина.

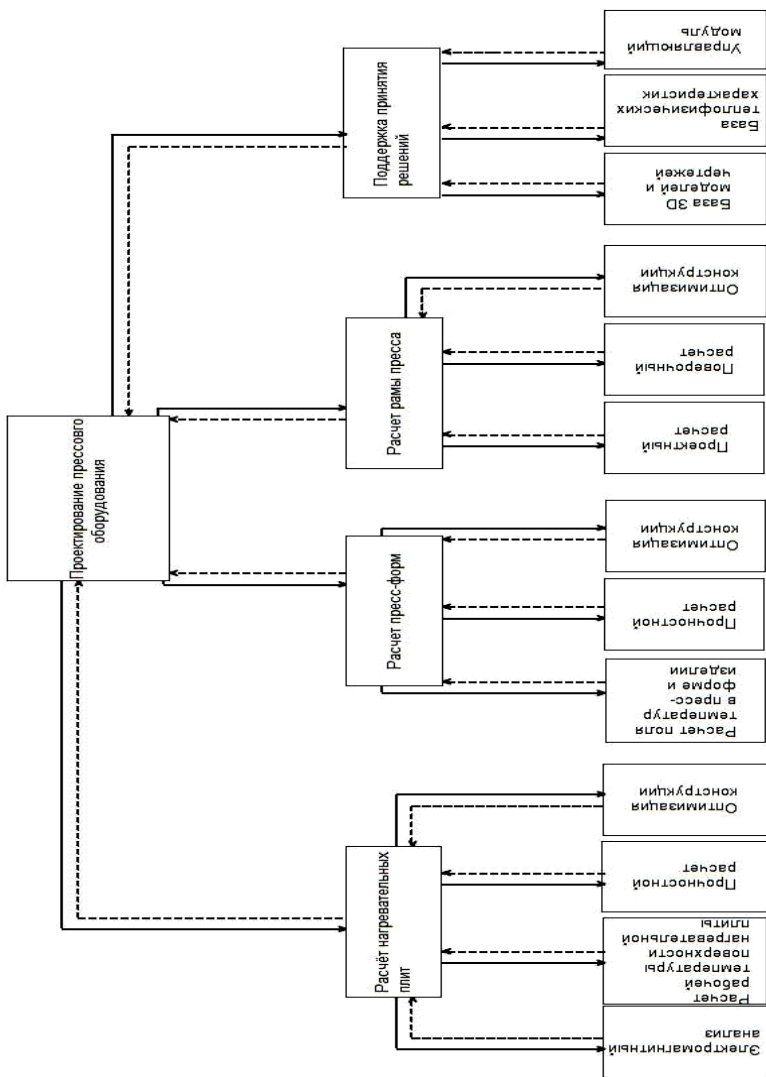


Рис. 1. Иерархия задач проектирования прессового оборудования

Задача оптимизации конструкции плиты сводится к определению ее толщины, количества, расположения, размеров и мощностей индукторов, при которых профиль поля температур рабочей поверхности минимально отличается от заданного. Решение этой задачи требует разработки и реализации итерационного процесса решения всех трех задач, рассмотренных выше.

Расчет пресс-форм. Пресс-форма – основная часть вулканизационного пресса, служащая для создания формы РТИ и его вулканизации. Несмотря на то, что пресс-форма в процессе вулканизации постоянно контактирует с нагревательной плитой, ее расчет является самостоятельной задачей, включающей: расчет поля температур в пресс-форме и изделии, прочностные расчеты и оптимизацию конструкции пресс-формы.

Цель расчета полей температур в пресс-форме и РТИ – сравнение последнего с требованиями технологического регламента. Поскольку процесс вулканизации конкретного РТИ, как правило, изучен недостаточно, в частности, обычно неизвестен его тепловой эффект, необходимы экспериментальные значения температур хотя бы в нескольких точках объема изделия. Заметим, что немаловажную роль играет и расчет поля температур пресс-формы: именно от выбора материала пресс-формы и особенностей ее геометрии (канавок, отверстий под крепежные элементы, ручек, литьевых каналов) напрямую зависит распределение температур в вулканизуемом изделии.

Задача прочностного расчета пресс-формы сводится к выбору ее материала и определению геометрических размеров, при которых, с одной стороны, обеспечиваются наилучшие условия передачи тепла от пресс-формы к вулканизируемому РТИ (минимальная толщина стенок), а с другой – выполняются условия сохранения ее формы при рабочих температурах и усилиях зажима между нагревательными плитами.

Задача оптимизации конструкции пресс-формы предусматривает поиск значений параметров ее конструкции, при которых отклонение температуры в объеме вулканизируемого РТИ от указанной в технологическом регламенте минимально и не превышает допустимого.

Расчет рамы пресса. Рама пресса представляет собой стальной замкнутый контур, состоящий из передней и задней стоек, плит, ребер и фланцев. Она воспринимает пульсирующее толкающее усилие гидроцилиндра через нагревательные плиты. Под действием этого усилия продольные части стоек работают на растяжение и изгиб, а поперечные – только на изгиб [1]. Расчет рамы включает задачи проектного и поверочного расчета, а также оптимизацию конструкции рамы.

При проектном расчете из условий прочности определяются геометрические размеры поперечных сечений элементов рамы для соответствующего вида деформации. Площадь поперечного сечения продольной части рамы должна удовлетворять условию прочности при

растяжении пульсирующей нагрузкой. Поверочный расчет состоит в проверке выполнения условий прочности ее элементов при заданных геометрических и внутренних силовых параметрах их поперечных сечений. Проектные и поверочные расчеты выполняются по соотношениям, известным из курса сопротивления материалов.

Оптимизация конструкции рамы пресса включает определение геометрических характеристик ее элементов, обеспечивающих выполнение условий прочности и минимальную металлоемкость.

Поддержка принятия решений. Для автоматизации процесса проектирования прессового оборудования необходимо создание системы информационной поддержки, позволяющей обеспечить: а) формирование, хранение и оперативную коррекцию графического представления конструкции нагревательных плит, индукторов, пресс-форм; б) ввод, хранение и предоставление информации о геометрических размерах и технических характеристиках плит и пресс-форм, индукторов, используемых в рассматриваемой плите, характеристиках РТИ и резиновых смесей; в) формирование и хранение отчетов о выполненных операциях в формате Microsoft Word.

Система должна включать:

– базу 3D моделей и чертежей, элементов пресса, используемых для их теплового и прочностного расчета в системах инженерного анализа (например, COMSOL), а также для оптимизации конструкции;

– базу теплофизических характеристик материала нагревательных плит, пресс-форм и резинотехнических изделий, необходимых для тепловых и прочностных расчетов;

– управляющий модуль, обеспечивающий работу с базами данных, связь с системой инженерного анализа и формирование документов, пригодных для использования в проектной документации.

Таким образом, задачу проектирования прессового оборудования для производства РТИ предлагается декомпозировать на ряд более простых взаимосвязанных задач, второго (расчет нагревательных плит, расчет пресс-форм, расчет рамы пресса, поддержка принятия решений) и третьего уровней иерархии (электромагнитный анализ, расчет полей температур нагревательной плиты, пресс-формы и РТИ, прочностные расчеты, оптимизация конструкций).

Список литературы

1. *Методика* проектного расчета рам гидравлических вулканизационных прессов для производства резино- и асбестотехнических изделий [текст] / ЗАО «Завод Тамбовполимермаш». – 2008. – 17 с.

Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

*А. С. Костров**

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

При измерении теплофизических характеристик (ТФХ) гетерогенных систем твердая фаза-газ (например, сыпучие и пористые материалы, волокнистые материалы) существенное влияние на получаемые результаты оказывает объем газовой фазы, заполняющей поры или пространство между частицами материала. Изменение порозности слоя (по разным причинам, например вследствие протекающих в нем химических реакций или при изменении температуры) будет оказывать существенное влияние на результаты измерения ТФХ. Поэтому возможность непрерывного определения в ходе эксперимента удельного объема твердой фазы исследуемого материала позволит повысить как точность измерения, так и информативность за счет дополнительного определения удельной теплоемкости.

Разработан комплексный метод, состоящий в том, что исследуемые образцы (или насыпной слой) размещают в камере 4 между газопроницаемой оболочкой 5 с нанесенными на нее нагревательным элементом и измерителем температуры, которые выполнены из манганиновой и медной проволочек соответственно (рис. 1). Внешние поверхности исследуемых образцов приведены в тепловой контакт с тонкими медными пластинами 6, на внешней поверхности которых размещены плоские нагреватели 7, которые, в свою очередь, приведены в тепловой контакт с датчиками теплового потока 8. Описанная система теплоизолирована от окружающей среды изоляцией 9.

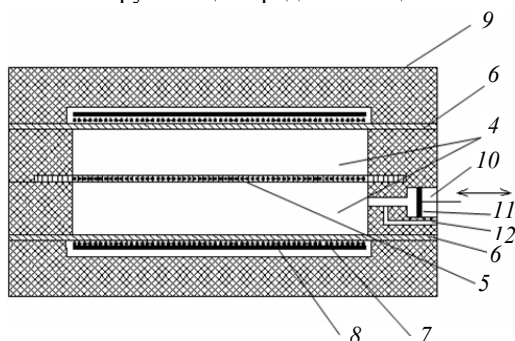


Рис. 1. Схема измерительной ячейки

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» П. В. Балабанова.

В конструкции ячейки предусмотрен цилиндр 10 с поршнем 11, осуществляющим возвратно-поступательное движение. Полость цилиндра 10 соединена с камерой 12 и измерителем давления (на рисунке не показан). Камеру 4 герметизируют и подводят постоянное напряжение к нагревателям 8 и 5 измерительной ячейки. Непрерывно во времени, отсчитываемого от начала подвода напряжения, измеряют температуры центрального нагревателя 5, нагревателей 7 и тепловые потоки посредством датчиков 8. При достижении регулярного теплового режима второго рода в центре исследуемого материала (о чем судят по показаниям датчика температуры, расположенного на оболочке 5) разово уменьшают суммарный объем камер 4 и 10 на величину $\Delta V = km$, где k – коэффициент пропорциональности и измеряют изменение давления ΔP в камере с исследуемым материалом. Что позволяет определить удельный объем твердой фазы исследуемого материала по выражению

$$V_{т.ф} = V / m - kP_{атм} / \Delta P ,$$

где V – суммарный объем камеры 4, в которой размещен исследуемый материал, и камеры 10; m – масса исследуемого материала; $P_{атм}$ – атмосферное давление.

Искомую удельную теплоемкость вычисляют по формуле

$$c_{т.ф} = c_{н\rho_n} \frac{(Q + \Gamma_1 - 1)}{\Gamma_1} V_{тф} ,$$

где Γ_1 – постоянная, определяемая геометрическими характеристиками измерительной ячейки; $c_{н\rho_n}$ – объемная теплоемкость нагревателей и оболочки; Q – комплексный измеряемый параметр, включающий показания датчиков теплового потока и температуры.

Необходимо отметить, что описанный метод и устройство позволяют исследовать также и теплопроводность материала [1].

Предложенный метод прошел апробацию, для чего был разработан комплект чертежей измерительной ячейки, по которым изготовлен рабочий макет. Создана измерительная установка, на которой исследованы ТФХ сыпучих химических поглотителей диоксида углерода в интервале температур 20...80°.

На рисунке 2 показаны результаты определения удельной теплоемкости и теплопроводности соответственно. Кривые 1 – 3 получены соответственно для зерненого регенеративного продукта на основе надпероксида калия (с добавками надпероксида натрия, асбеста, оксида и гидроксида кальция), таблетированного продукта на основе надпероксида калия (с добавкой пероксида кальция) и химического поглотителя ХПИ на основе гидрооксидов кальция и натрия, а кривые 1' – 3' для тех же материалов, но после продувки через них влажной (86±2) % газовоздушной смеси (ГВС), содержащей (4±0,1) % диоксида углерода.

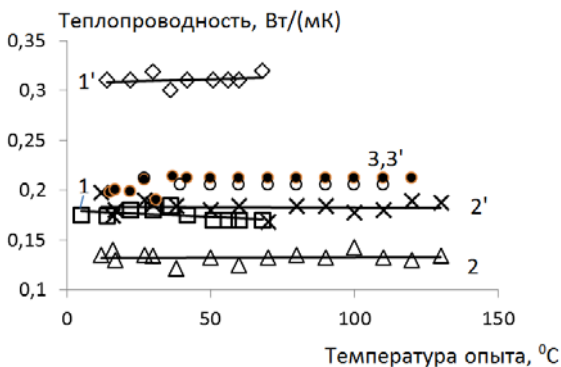
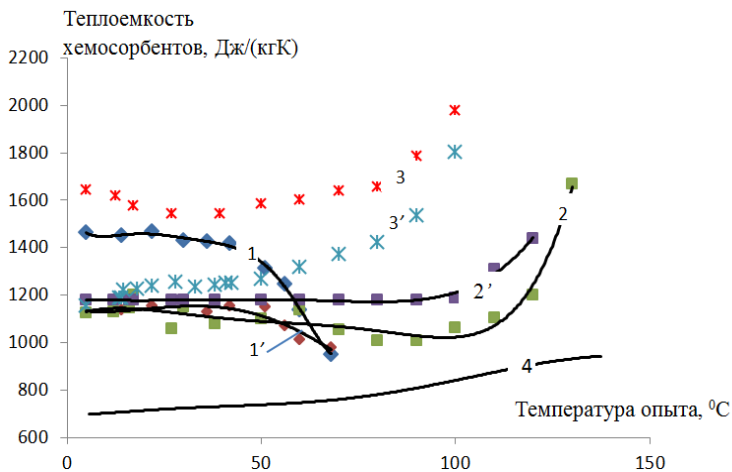


Рис. 2. Результаты измерения теплофизических характеристик

На кривых 2, 3 видны эндотермические эффекты, на кривых 1, 1' – экзотермические. Их присутствие в исследуемых материалах после продувки ГВС показывает, что хемосорбенты полностью не отработали. Однако повторное проведение эксперимента после нагрева исследуемого материала показывает отсутствие теплового эффекта, как это хорошо видно на кривой 4, полученной для ХПИ. Из анализа результатов измерения теплопроводности следует, что значительное возрастание теплопроводности насыпного слоя хемосорбента (за исключением химического поглотителя ХПИ) в процессе отработки, что объясняется уплотнением слоя и увеличением влажности исследуемого материала.

1. Результаты измерения объема твердой фазы и плотности

Состав исследуемого вещества	m , г	$V_{\text{тф}}$, мл	ρ , кг/м ³	
Зерна: надпероксид калия, натрия + + асбест + оксид и гидроксид кальция	до продувки	94,6	39±1	2426
	после продувки	113,9	60±1	–
Таблетки: надпероксид калия + + пероксид кальция	до продувки	75,04	32,2±0,5	2329
	после продувки	89,66	33,4±0,5	2684
Гранулы: гидроксид кальция + + гидроксид натрия	до продувки	91,8	45,5±0,5	2017
	после продувки	110,69	50,1±0,5	2209

Результаты измерения объема твердой фазы и определения плотности представлены в табл. 1.

Результаты измерения теплопроводности при комнатных температурах сопоставлены с аналогичными, полученными с использованием прибора ИТП-МГ4 «100», результаты измерения удельной теплоемкости – с использованием прибора ИТ-с-400. По всем измеряемым характеристикам (теплопроводность, удельная теплоемкость) погрешности не превышают 10%, что показывает перспективность дальнейших работ по разработке метода и технических средств для его реализации.

Список литературы

1. Балабанов, П. В. Метод комплексного определения теплофизических характеристик сыпучих хемосорбентов / П. В. Балабанов // Измерительная техника. – 2013. – № 10. – С. 51 – 54.

*Кафедра «Управление качеством и сертификация»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

А. В. Рожков, С. О. Васильев, А. О. Антонов, О. Н. Попов*

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Разработанная измерительная система (ИС) состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, усилителя сигналов (У), измерительного зонда (ИЗ), регулируемого блока питания (БП). ИЗ обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемый объект с помощью нагревателя (Н1) [1, 2].

Фиксирование температуры в заданной точке контроля осуществляется термоэлектрическим преобразователем (ТП).

При измерениях ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого объекта.

Схема измерительной системы представлена на рис. 1.

Мощность и длительность теплового воздействия встроенного в подложку ИЗ нагревателя (Н1) задаются программно. Регулирующий сигнал поступает на вход операционного усилителя (ОУ), включенного по неинвертирующей схеме. Сигнал с выхода ОУ подается на базу силового транзистора. ОУ поддерживает на выходе блока питания напряжение, равное напряжению регулирующего сигнала.

Распределение температуры на поверхности исследуемого объекта контролируется ТП.

Сигнал с ТП поступает на вход измерительно-управляющей платы E14-140-MD, при этом сигнал предварительно проходит через усилитель ZET 410 (У).

Плата E14-140-MD содержит следующие основные блоки.

1. ARM-контроллер (тип AT91SAM7S256) осуществляет не только управление E14-140-MD, но и поддерживает интерфейсы USB и отладочный JTAG.

2. Коммутатор (К) предназначен для коммутации сигналов с аналоговых входов.

3. АЦП LTC1416 – 14-битный АЦП последовательного приближения. Буфер АЦП, хранящий один 14-битный отсчет АЦП в формате 8 + 8 бит с расширенным знаком дополнительного кода.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

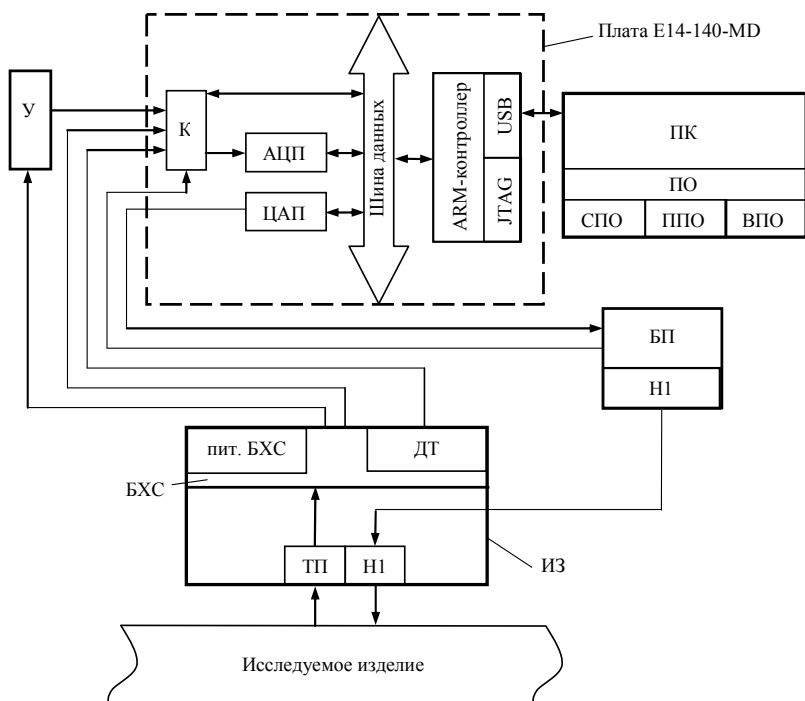


Рис. 1. Схема измерительной системы

4. Двухканальный ЦАП (16 бит) работает не только в асинхронном, но и в синхронном режиме (до 200 кГц) имеет большой рабочий выходной ток и нормированные характеристики при воспроизведении переменного напряжения.

ИС реализует алгоритмы управления режимами эксперимента с целью контроля температурных характеристик, алгоритмы определения значений температуры плавления и кристаллизации различных материалов, например, животных жиров [2].

ИС позволяет неразрушающим способом определять температурные точки плавления жиров, что может служить признаком для решения вопроса о происхождении мяса, так как по точке плавления жира можно легко отличить конину от говядины или свинину от мяса собаки.

Для демонстрации работоспособности метода и ИС на рис. 2 – 4 показаны экспериментально полученные результаты неразрушающих испытаний объекта – жира говядины.

На представленных на рис. 3–4 зависимостях скорости изменения температуры в центре круглого плоского нагревателя (в виде диска

диаметром 4 мм), отнесенные ко времени (рис. 3) и значению температуры в центре нагревателя (рис. 4) при исследовании жира говядины, зафиксирован процесс плавления жира при 45 °С. Это позволяет идентифицировать данный вид жира.

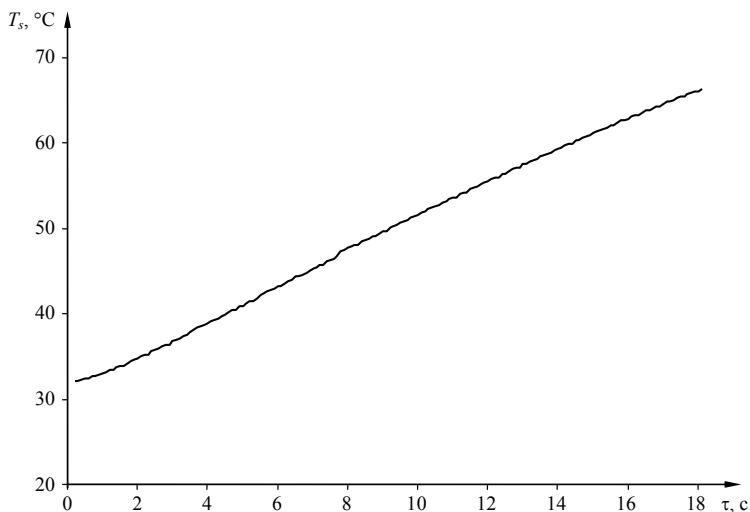


Рис. 2. Зависимость $T_s = f(\tau)$

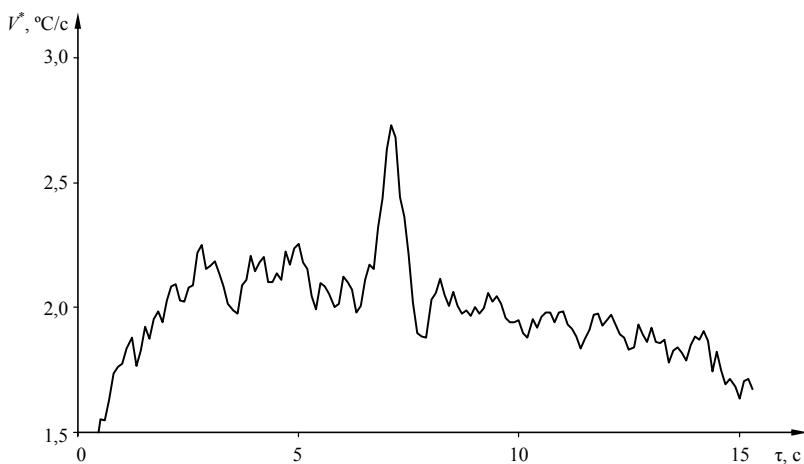


Рис. 3. Зависимость $V = f(\tau)$

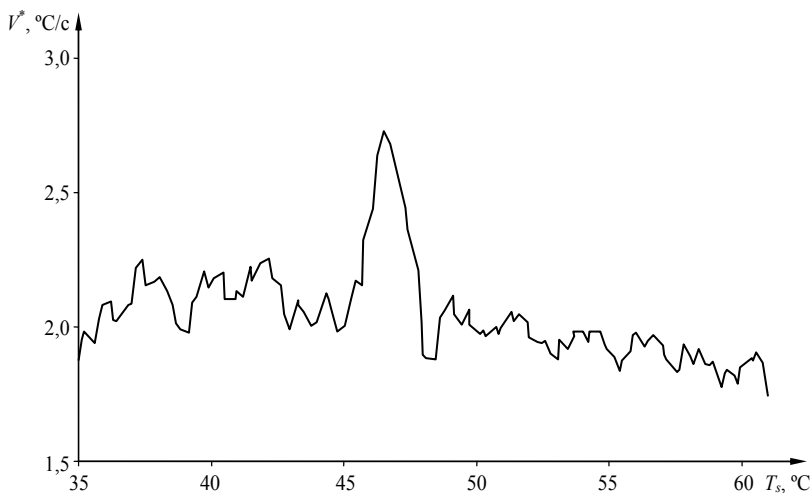


Рис. 4. Зависимость $V = f(T)$:
диаметр круглого плоского нагревателя – 4 мм

Другие известные способы не позволяют экспрессно определять значения температуры плавления жиров. Данная модификация измерительной системы выполнена в виде мобильного варианта, что позволяет проводить испытания в полевых условиях. Применение мобильного варианта ИС, реализующего неразрушающий способ, существенно удешевляет и упрощает применение экспресс-анализа.

Список литературы

1. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий : монография / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – Москва : Изд-во Машиностроение-1, 2004. – 288 с.
2. Методы и средства неразрушающего теплового контроля структурных превращений в полимерных материалах : монография / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, С. В. Мищенко, И. В. Рогов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

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

*А. В. Рожков**

ЗАДАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В МЕТОДЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Метод периодического нагрева позволяет исследовать широкий класс явлений, проявляющихся в особенностях тепловых свойств веществ [1]. В данной работе рассматривается метод периодического нагрева для неразрушающего определения теплофизических свойств твердых неметаллических материалов. Моделирование теплопереноса в системе двух тел при гармоническом тепловом воздействии детально представлено в работе [2].

В данной работе рассмотрены два варианта задания в методах неразрушающего контроля теплового воздействия, подчиняющегося гармоническим законам изменения плотности теплового потока: первый случай – тепловой поток содержит только периодическую составляющую; второй – содержит периодическую и постоянную составляющие.

Первый случай. В системе, состоящей из ограниченного и полуграниченного тел, на поверхность ограниченного тела действует тепловой источник, плотность теплового потока которого изменяется по гармоническому закону: $q = q_m \cos(\omega\tau)$. Изменение температуры в любой точке может быть записано в виде

$$T_{\text{общ}}(\tau) = T_{\text{пер}}(\tau) + T_{\text{нач}}(\tau), \quad (1)$$

где $T_{\text{пер}}(\tau) = T_A \cos(\omega\tau + \varphi)$ – периодическая составляющая; $T_{\text{нач}}(\tau)$ – монотонная стремящаяся к нулю функция, зависящая от начальных условий.

Рассмотрим определенный интеграл за один период изменения $T_{\text{общ}}$.

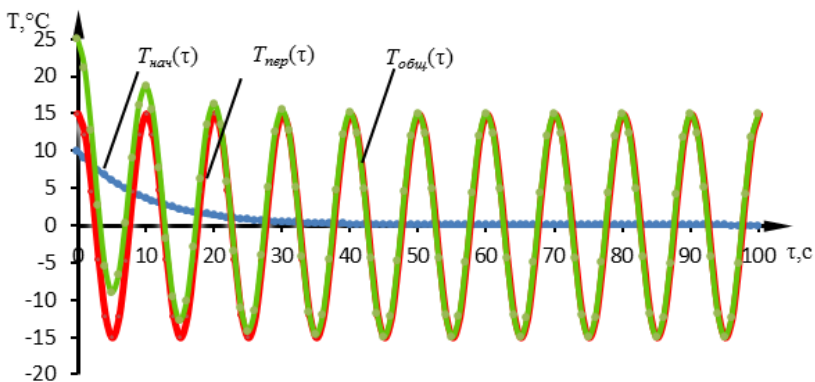
$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{общ}}(\tau) d\tau = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{пер}}(\tau) d\tau + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{нач}}(\tau) d\tau. \quad (2)$$

Здесь $\tau_{\text{пер}}$ – период гармонических колебаний. Значение интеграла

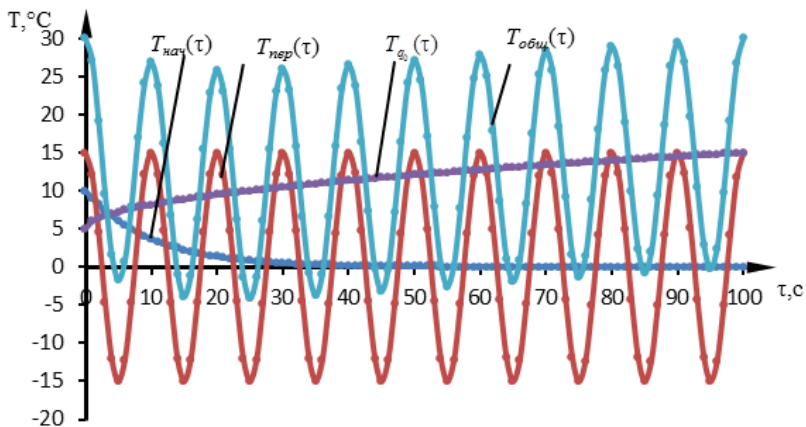
$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{пер}}(\tau) d\tau \text{ будет равно нулю, так как } \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) d\tau = 0. \text{ Значение}$$

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Н. Ф. Майниковой.

интеграла $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{нач}(\tau)$ будет стремиться к нулю при $\tau \rightarrow \infty$, так как с течением времени влияние начального распределения температуры перестает проявляться.



а)



б)

Рис. 1. Изменение температуры во времени для первого (а) и для второго (б) случаев задания теплового воздействия

В реальном эксперименте температура T_i измеряется через заданный промежуток времени $\Delta\tau$. В связи с этим значение интеграла

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{общ}}(\tau) \text{ рассчитываем численным способом по методу трапеций.}$$

Площадь под участком кривой за период

$$S_{\text{общ}} = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{нач}}(\tau) \approx \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2}. \quad (3)$$

Здесь $j = 1, \dots, n - k$; n – число экспериментально полученных значений температуры, k – число экспериментальных значений температуры в периоде.

При $S_{\text{общ}} = 0$ начальное распределение температуры перестает влиять на изменение температурного поля, т.е. система выходит на квазистационарный режим.

Второй случай. Для создания гармонического теплового воздействия предлагается использовать элемент Пельтье, который позволяет проводить эксперименты при температуре выше или ниже температуры термостатирования. В этом случае кроме периодической составляющей будет присутствовать постоянная составляющая теплового потока. Зависимость плотности теплового потока от времени будет иметь вид $q = q_0 + q_m \cos(\omega\tau)$. В этом случае изменение температуры

$$T_{\text{общ}}(\tau) = T_{\text{пер}}(\tau) + T_{\text{нач}}(\tau) + T_{q_0}(\tau), \quad (4)$$

где $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) = 0$ – периодическая составляющая; $T_{\text{нач}}(\tau)$ – монотонная, стремящаяся к нулю функция, зависящая от начальных условий; $T_{q_0}(\tau)$ – монотонно изменяющаяся функция, зависящая от начального теплового потока q_0 . Функция $T_{q_0}(\tau)$ монотонно возрастает при $q_0 > 0$ и монотонно убывает при $q_0 < 0$.

Рассмотрим определенный интеграл

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{общ}}(\tau) = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{пер}}(\tau) + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{нач}}(\tau) + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{q_0}(\tau), \quad (5)$$

где $\tau_{\text{пер}}$ – период гармонических колебаний. Значение интеграла

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{пер}}(\tau) \text{ будет равно нулю, так как } \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) = 0. \text{ Значение}$$

интеграла $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{нач}}(\tau)$ будет стремиться к нулю при $\tau \rightarrow \infty$. Значение

$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{нач}}(\tau)$ будет монотонно изменяться с течением времени, уменьша-

ясь или увеличиваясь в зависимости от знака q_0 .

В соответствии с теоремой о среднем, если функция $f(\tau)$ непрерывна на отрезке $[c; d]$, то на этом отрезке найдется хотя бы одна точка m , для которой справедливо равенство

$$\int_c^d f(x)dx = f(x)(d-c). \quad (6)$$

Если изменение монотонно возрастающей или убывающей функции на отрезке $[c; d]$ незначительно, то $m \approx (c+d)/2$ (для нашего случая условием выполнения равенства будет $\Delta T_{q_0} \ll T_A$, где ΔT_{q_0} – изменение T_{q_0} за период $\tau_{\text{пер}}$). Тогда в соответствии с уравнением (6) получим

$$T_{q_0} \left(\tau + \frac{\tau_{\text{пер}}}{2} \right) = \frac{1}{\tau_{\text{пер}}} \int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{q_0}(\tau) d\tau. \quad (7)$$

В реальном эксперименте температуры измеряются через заданный промежуток времени $\Delta\tau$. В связи с этим интеграл $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{общ}}(\tau)$ рассчитываем численным способом по методу трапеций

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{\text{пер}}} T_{\text{общ}}(\tau) \approx \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2}, \quad (8)$$

где $j = l, \dots, n-k$; n – число экспериментальных значений температуры, k – число экспериментальных значений температуры в периоде; l – номер точки, с которой начинается квазистационарная стадия и выполняется условие $\Delta T_{q_0} \ll T_A$.

Уравнение (7) примет вид

$$T_{q_0} \left(\tau + \frac{\tau_{\text{пер}}}{2} \right) = \frac{1}{\tau_{\text{пер}}} \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2}. \quad (9)$$

Для выделения периодической составляющей из $T_{\text{общ}}(\tau)$ вычитаем $T_{q_0}(\tau)$. На начальном участке (до значения τ_i) не выполняется условие $\Delta T_{q_0} \ll T_A$, влияние начального распределения температуры существенно. Процедура нахождения квазистационарной стадии аналогична процедуре, рассмотренной в первом случае.

Таким образом, алгоритм определения периодической составляющей состоит из:

- построения зависимости $T_{q_0}(\tau)$ в соответствии с выражением (9);
- вычитания из $T_{\text{общ}}(\tau)$ зависимости $T_{q_0}(\tau)$;
- определения начала квазистационарной стадии по условию $S_{\text{общ}} = 0$.

Список литературы

1. *Теоретические* и практические основы теплофизических измерений / под ред. С. В. Пономарева. – Москва : ФИЗМАТ, 2008. – 408 с.

2. *Моделирование* теплопереноса в системе двух тел при гармоническом тепловом воздействии / И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, С. В. Молодов, О. Н. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 360 – 364.

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

УДК 654.913

*Д. Г. Черкашин**

ОБЗОР И АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ

Из-за роста числа транспортных средств возникает потребность обеспечения безопасности автовладельцев. Для этого разработаны системы «считывания» номерных знаков, с помощью которых определяется зарегистрированный данный вид транспорта. Они успешно применяются практически во всех сферах, так или иначе связанных с автомобилем.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Богословского.

Актуальной задачей, решаемой с помощью систем считывания государственных регистрационных знаков, является мониторинг дорожно-транспортной обстановки. Внедрение систем распознавания обеспечивает надежный контроль над транспортными средствами, позволяет выявлять нарушителей по номеру и автоматически создавать квитанции для оплаты штрафов, а также находить в потоке автомобили, представляющие интерес для сотрудников ГИБДД (например, находящиеся в розыске).

Целью данной статьи является обзор и анализ уже разработанных систем распознавания автомобильных номеров (РАН).

Рассмотрим некоторые системы РАН.

1. Система «Авто-Инспектор» [1] обеспечивает распознавание номеров движущихся автомобилей, надежно работающая под влиянием внешних условий, легко устанавливается с охраняемым оборудованием, исполнительными устройствами и базами данных. Эффективна для решения задач регистрации, обнаружения и обеспечения безопасности автомобилей, проверки транспортных потоков.

2. Система «Авто-Номер» [2] предназначена для получения данных с камер видеонаблюдения, распознавания регистрационных знаков транспортных средств и при необходимости передачи информации в нужные системы. Она работает как отдельное устройство, так и с другими установленными приборами безопасности.

3. «Авто-Интеллект» – это система распознавания, учета и анализа объектов, имеющих регистрационный номер. Объектами могут быть автомобили, движущиеся в потоке и попадающие в область «зрения» видеокамеры, поезд с номерами на вагонах, конвейерное производство изделий, которые нумеруются и попадают в область видеокамеры.

4. Система оптического определения номеров автомобилей «Штрих-М» – совокупность устройств, обеспечивающих автоматический учет движения автомобилей, распознавание автомобильных номеров, нахождение и соблюдение массы автомобилей, визуальный осмотр груза.

Основные характеристики систем распознавания номеров представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что основные характеристики имеют примерно равные значения, немного большими из них владеет система распознавания номеров «Авто-Инспектор». Также эта система показала наилучшие результаты в конкурсе систем распознавания автомобильных номеров по версии журнала «CCTV Focus» № 6.

1. Технические характеристики систем

Технические характеристики	«Авто-Номер»	«Авто-Инспектор»	«Авто-Интеллект»	«Штрих-М»
Вероятность распознавания:				
– в дневное время	более 95%	не менее 95%	90%	90%
– в ночное время	не менее 90%	не менее 95%	90%	90%
Максимально допустимая скорость движения ТС в зоне контроля	150 км/ч	до 180 км/ч	до 150 км/ч	до 150 км/ч
Освещение в области номерного знака	не менее 50 лк	не менее 50 лк	не менее 50 лк	не менее 50 лк
Угол наклона камеры:				
– по вертикали	до 30°	до 40°	до 30°	до 30°
– по горизонтали	до 30°	до 30°	до 30°	до 30°
Допустимый крен номерной пластины	±10°	до 15°	±10°	±10°

Теперь рассмотрим основные этапы систем распознавания автомобильных номеров.

С разработанной технологией анализ видеозображения проходит несколько этапов.

На первом этапе происходит удаление в видеопотоке шумов, рисунков или иной графики с фона номерной пластины, устранение эффектов потери фокуса и неравномерного распределения яркости от источников света, которое обеспечивает высокую точность распознавания.

На втором этапе выделяется область, потенциально содержащая номер, она осуществляется по результатам анализа видеозображения на основе формы и масштабных характеристиках номерного знака.

На третьем этапе преобразуется исходное изображение номера в векторную форму, максимально подходящую для быстрого распознавания. Для этого выделяются отдельные символы для дальнейшего анализа по ключевым характеристикам. Используемый при этом алгоритм позволяет осуществлять распознавание независимо от масштаба, используемого шрифта символов номера, оптических искажений, небольшого налипания грязи и разрывов.

На четвертом этапе происходит проверка результатов распознавания номерного знака. Она осуществляется на основе заданных шаблонов, которые позволяют избежать элементарных ошибок, определения неправильного количества символов в номере, распознавания близких символов и т.д.

На последнем этапе сравниваются результаты распознавания с базой данных для сопоставления с имеющейся информацией и дальнейшего оповещения оператора по результатам распознавания и сравнения.

Этапы распознавания номеров показаны на рис. 1.

В данной статье проведен анализ выбранных систем распознавания номерных знаков автомобилей, их технические характеристики и принципы работы. Рассмотренный вопрос является актуальным на сегодняшний день, но системы имеют некоторые недостатки. Например, влияние внешних условий и общее состояние номерного знака. Система распознавания номеров будет работать только с хорошо читаемыми номерными знаками. Загрязненные, погнутые или затертые номерные знаки не будут распознаны системой.

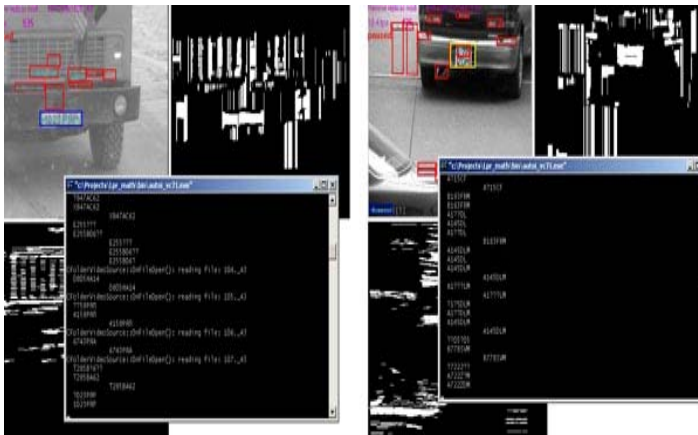


Рис. 1. Этапы распознавания номеров

Список литературы

1. *Авто-Инспектор*. Система распознавания автомобильных номеров [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.iss.ru/products/auto/features>.

2. *Авто-Номер*. Система распознавания государственных регистрационных знаков транспортных средств [Электронный ресурс]. – URL : <http://elvees.ru/index.php?id=493>.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 004.932:621.391

*И. С. Маслов**

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖКАДРОВЫХ РАЗНОСТЕЙ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Межкадровые разности видеосигнала применяются при необходимости детектирования и распознавания движения в кадре. Данный метод достаточно прост и позволяет получить удовлетворительные результаты при хорошем качестве изображений и постоянном размере движущегося объекта. Но существуют такие ситуации, когда применение межкадровых разностей приводит к погрешностям, либо не позволяет определить движение в кадре. Однако когда требуется исключение ошибки при детектировании движения в кадре, можно обратиться к межкадровым разностям частотных характеристик (МРЧХ) видеопоследовательностей [1].

Для анализа межкадровых разностей построена модель строки видеосигнала с движущимся объектом (рис. 1).

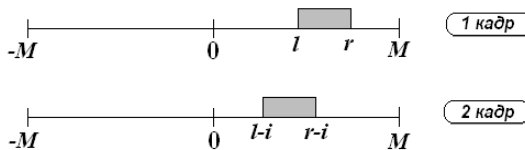


Рис. 1. Схематичное изображение видеосигнала при наличии движения в кадре

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Богословского.

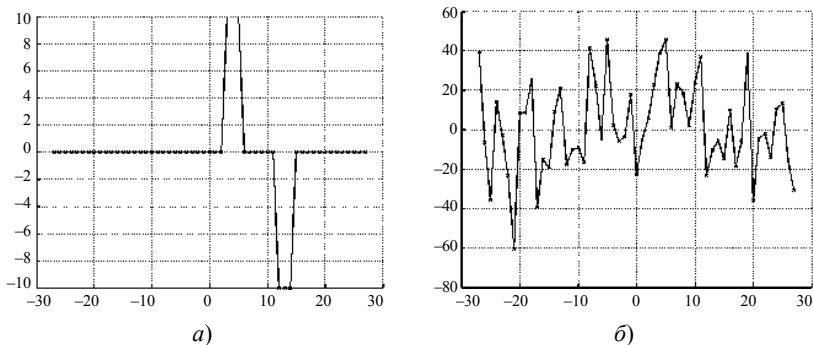


Рис. 2. Межкадровые разности для:

a – незашумленного сигнала; *б* – зашумленного сигнала, $\sigma = 2,5$

Значения параметров приняты следующими: $M = 27$; $l = 6$; $r = 13$; $i = 3$; $a = 122$; $b = 132$. По данным видеосигналам построены межкадровые разности (рис. 2).

По построенным межкадровым разностям можно выделить их недостатки: распознавание движения на межкадровой разности при зашумленном изображении затруднено.

Рассмотрены межкадровые разности фазоэнергетических и энергетических характеристик (рис. 3).

По построенным графикам видны преимущества МРЧХ: детектирование объекта при наличии шума на изображении, определение места положения объекта в кадре, определение контраста между объектом и фоном. Из недостатков следует отметить, что при $\sigma = 2,5$ «разглядывание» движения в кадре затрудняется как и при межкадровых разностях.

Для улучшения характеристик МРЧХ при зашумленном изображении можно применять двойные разности при регулярном и «виртуальном» обнулении. Рассмотрим модели двойных разностей при регулярном обнулении (рис. 4) [2].

На основе анализа графиков, применение двойных разностей при регулярном обнулении позволяет определить наличие движения и положение объекта в кадре, при наличии шума на изображении. Детектирование движения происходит по значительному увеличению максимального размаха импульсов МРЧХ.

На рисунке 5 представлены двойные разности при «виртуальном» обнулении. Отличительной особенностью от регулярного обнуления является снижение вычислительной сложности. При попадании обнулением на объект так же, как и при регулярном обнулении, – по значительному увеличению максимального размаха импульсов МРЧХ.

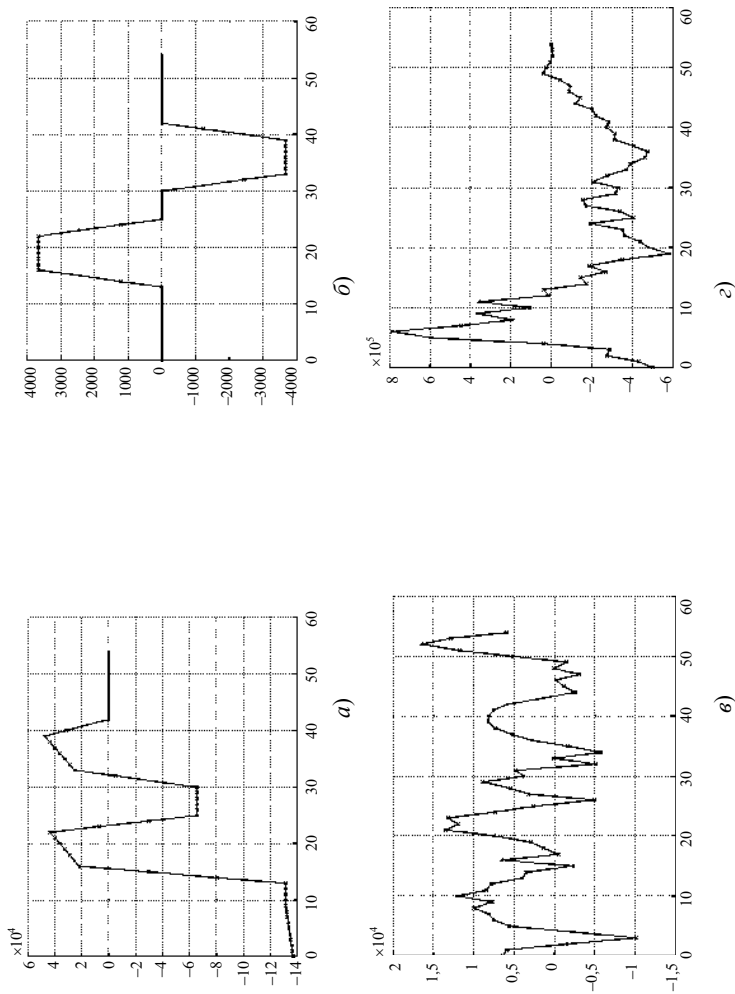


Рис. 3. Межкадровые разности:

a – энергетических характеристик; *б* – фазоэнергетических характеристик; *в* – энергетических характеристик, зашумленный сигнал, $\sigma = 2,5$; *г* – фазоэнергетических характеристик, зашумленный сигнал, $\sigma = 2,5$

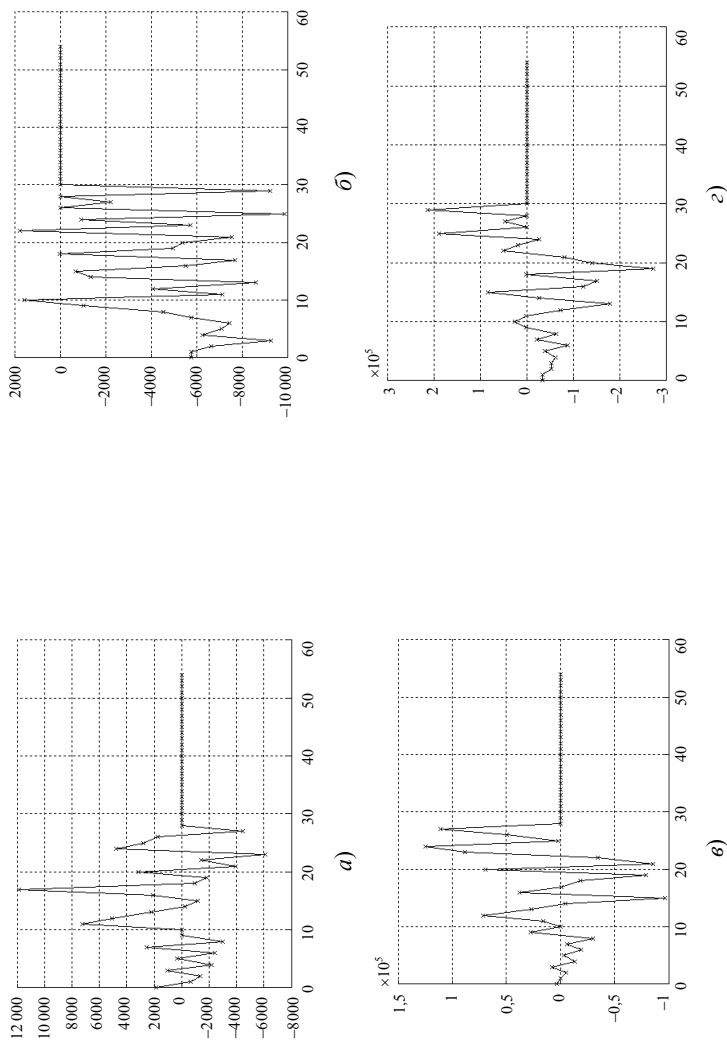


Рис. 4. Двойные разности:

a – энергетических характеристик обнуление перед объектом; *б* – энергетических характеристик обнуление на объекте;
в – фазоэнергетических характеристик обнуление перед объектом; *г* – фазоэнергетических характеристик обнуление на объекте

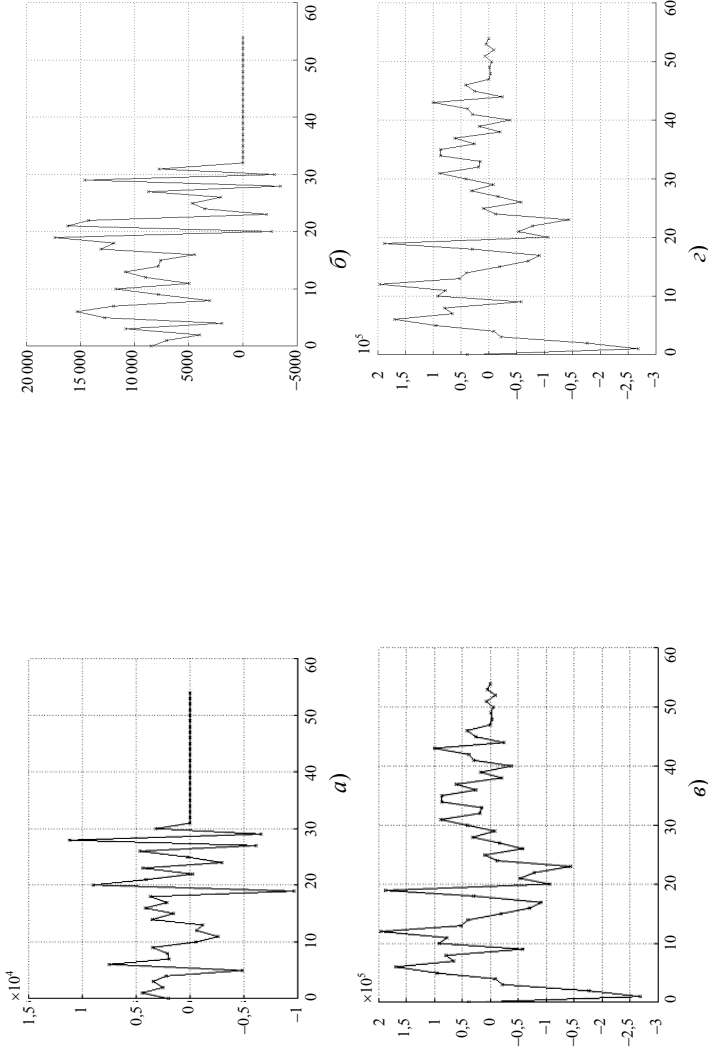


Рис. 5. Двойные разности:

a – энергетических характеристик обнуление перед объектом; *б* – энергетических характеристик обнуление на объекте; *в* – фазоэнергетических характеристик обнуление перед объектом; *г* – фазоэнергетических характеристик обнуление на объекте

Преимущества при применении «виртуального» обнуления перед регулярным очевидны. «Разглядывание» движения в кадре происходит идентично, но уменьшается вычислительная сложность. Помимо обнуления можно изменять нужные пиксели и так же производить вычисления, как и при обнулении.

Применение МРЧХ приемлемо для систем видеонаблюдения, которые повсеместно применяются в системах контроля безопасности на дорогах, в охранных системах. Преимуществом перед межкадровыми разностями является возможность детектирования движения в кадре при низком соотношении сигнал шум.

Список литературы

1. *Богословский, А. В.* Обработка многомерных сигналов. Линейная многомерная дискретная обработка сигналов. Методы анализа и синтеза : монография / Е. А. Богословский, И. В. Жигулина, В. А. Яковлев. – Москва : Радиотехника, 2013.

2. *Богословский, А. В.* Методология построения моделей межкадровых разностей частотных характеристик / Е. А. Богословский, И. В. Жигулина // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 76 – 82.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 53.082.62

*Е. В. Пудовкина**

МОБИЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Сложность и большой объем экспериментальных исследований по определению качества, долговечности и надежности многослойных изделий требуют создания новых эффективных методов и средств контроля. Особое место среди них занимают методы и измерительные системы (ИС) неразрушающего контроля (НК), в частности, методы и

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

средства теплового анализа, позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) таких материалов, а также конструктивные размеры и дефекты готовых изделий после их изготовления и во время эксплуатации [1, 2].

Цель настоящей работы – создание мобильной ИС НК качества (толщины, различных нарушений сплошности и однородности материала, определение очагов коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов) двухслойных конструкций.

В результате проведенного исследования решены следующие задачи: выполнен анализ методов и средств НК ТФС защитных покрытий; выбрана структурная схема мобильной ИС, конструкции измерительных зондов; выбрана измерительная схема метода НК; исследованы методы НК многослойных материалов и изделий.

Научная новизна разработки заключается в применении новых методов, основанных на математических моделях распространения тепла в двухслойных объектах контроля при локальной регуляризации тепловых потоков от действия источника тепла постоянной мощности. Применение новых методов, определение оптимальных режимных и конструктивных условий измерений обеспечивают быстроедействие и повышение точности при применении мобильной ИС для НК качества защитных покрытий [1, 2].

Структурная схема мобильной ИС, предназначенной для неразрушающего контроля качества полимерных покрытий, представлена на рис. 1.

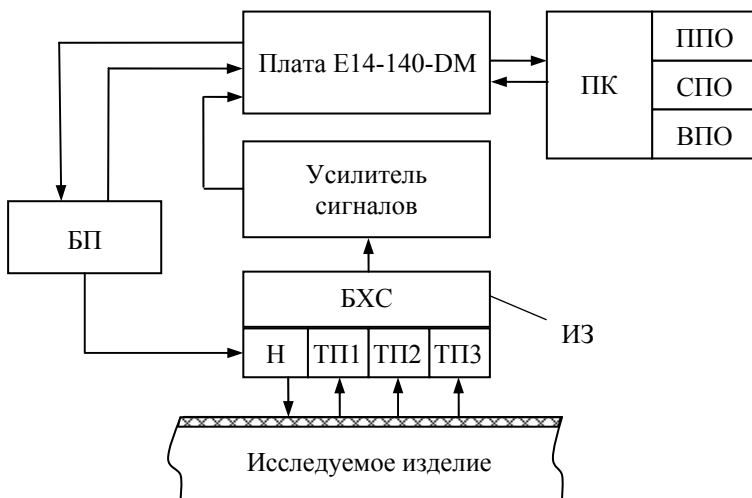


Рис. 1. Структурная схема мобильной ИС

Разработанная мобильная ИС состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, усилителя сигналов, измерительного зонда (ИЗ), регулируемого блока питания (БП).

ИЗ обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемый образец с помощью нагревателя (Н). В качестве термоэлектрических преобразователей (ТП1, ТП2, ТП3) используются дифференциальные термопары, горячие спаи которых установлены в плоскости контакта ИЗ с исследуемым объектом, холодные спаи установлены в блоке холодных спаев (БХС).

При измерениях ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого объекта. Сбор информации производится при нагреве и остывании исследуемого тела.

Измерительная схема метода представлена на рис. 2.

Первое тело представляет собой исследуемый образец, состоящий из двух слоев, первый из которых имеет следующие ТФС: теплопроводность λ_1 , теплоемкость c_1 , плотность ρ_1 ; второй – λ_2 , c_2 , ρ_2 (рис. 3). Толщина первого слоя – h_1 , второго – h_2 . Температура соприкасающихся поверхностей первого и второго слоев одинакова. Длина и ширина тела – L_1 и L_2 , соответственно.

Второе тело – подложка ИЗ, выполненная из теплоизолятора, что обеспечивает направленное движение тепловых потоков на наружную поверхность конструкции и препятствует теплообмену в других направлениях. ТФС подложки ИЗ – λ_3 , c_3 , ρ_3 .

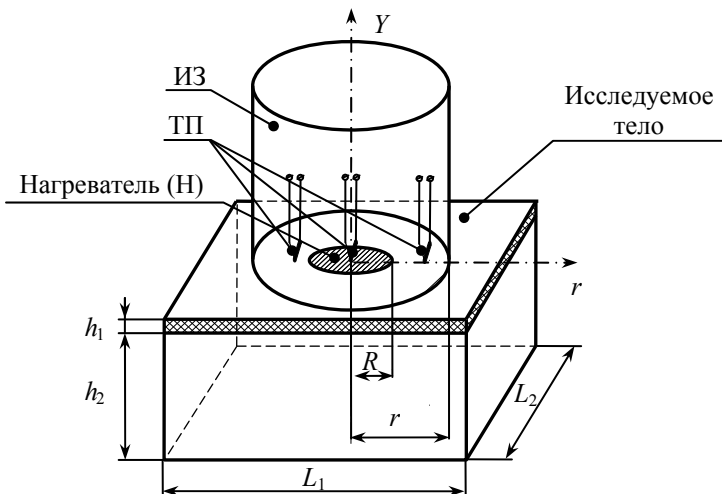


Рис. 2. Измерительная схема метода

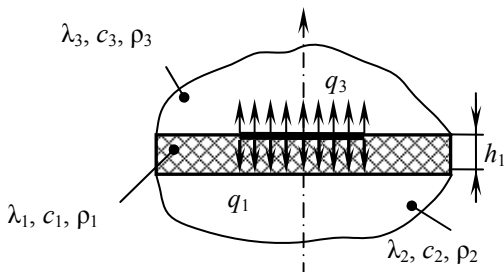


Рис. 3. Тепловая схема метода

Начальная температура первого и второго тел одинакова. В месте соприкосновения поверхностей тел с нагревателем осуществляется идеальный тепловой контакт.

Воздействие на исследуемое тело осуществляется с помощью нагревателя H постоянной мощности q , выполненного в виде диска радиусом R , встроенного в подложку ИЗ.

Математическая модель теплопереноса от источника тепла постоянной мощности для данной двухслойной системы получена в результате решения краевой задачи теплопроводности.

Известные тепловые методы и средства определения толщины и ТФС защитных покрытий не обеспечивают неразрушающего контроля, т.е. требуют изготовления образца.

Мобильная ИС НК многослойных материалов и готовых изделий из них может быть использована для определения комплекса ТФС и толщины полимерных, керамических и других покрытий на объектах различного назначения, например, для изготовления деталей и оборудования предприятий химической, нефтяной, сельскохозяйственной, транспортной, энергетической и других отраслей промышленности. К потребителям таких материалов относятся также приборостроение, радиоэлектроника и др. Разработанная ИС позволяет исследовать покрытия из полимеров и композиционных материалов на их основе при наличии тепловых эффектов, сопровождающих структурные превращения (например, релаксационные, твердофазные).

В комплектацию мобильного варианта ИС неразрушающего экспресс-контроля защитных покрытий (антикоррозионных, фрикционных, теплоизоляционных и т.п.) входит кейс с расположенным в нем ноутбуком, платой сбора данных, блоком питания, несколькими измерительными зондами. ИС предназначена для полевых условий эксплуатации (цех предприятия, действующая теплофикационная котельная, местные тепловые пункты и др.).

Список литературы

1. *Multimodel* method of nondestructive determination of the thermo-physical properties of solid materials / N. P. Zhukov, N. F. Mainikova, I. V. Rogov, E. V. Pudovkina // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012. – V. 85. – № 1. – P. 203 – 209.

2. *Моделирование* теплопереноса при теплофизических измерениях / Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, Е. В. Пудовкина, А. О. Антонов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 54 – 57.

Работа выполнена при финансовой поддержке Областной администрации по гранту для прикладных исследований молодых ученых 2013 г. (проект №09-25/05 М4-13).

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

УДК 699.231.3

*А. В. Щегольков, Г. А. Сапунов**

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ
ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ
ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ**

Отопление зданий и сооружений в условиях низких температур окружающей среды является важной задачей, которая требует больших энергетических затрат. Снижение энергетических затрат на отопление связано с модернизацией отопительного оборудования. В случае модернизации отопительного оборудования следует руководствоваться принципами повышения энергетического КПД и надежности, а так же простотой монтажа и пуско-наладочных работ.

На сегодняшний момент времени существуют схемы теплоснабжения от ТЭЦ и автономные системы отопления, работающие на природном газе, также имеется практика использования древесных пеллет и соответствующего оборудования для их сжигания. Основной недостаток представленных систем отопления заключается в том, что тепло получают с помощью процессов горения соответствующего топлива. Для этого требуется энергоноситель, который продают потребителю по определенному тарифу. В свою очередь тарифная политика на энергоносители носит характер повышения цены, что обуславливает постоянный рост затрат на энергоресурсы у потребителя. В этом случае одной из наиболее эффективных является система отопления с тепловыми насосами, основной функцией которых является производство тепла для систем горячего водоснабжения и отопления, путем его отбора из окружающей среды, без использования процессов горения.

По виду теплоносителя во входном и выходном контурах тепловые насосы делят на восемь типов: грунт–вода, вода–вода, воздух–вода, грунт–воздух, вода–воздух, воздух–воздух фреон–вода, фреон–воздух [1 – 3].

Тепловые насосы могут использовать тепло выпускаемого из помещения воздуха, при этом подогревать приточный воздух – рекуператоры.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» С. В. Блинова.

Однако условия развития энергетики, заключающиеся в совместной выработке теплоты и электроэнергии, ограничивают использование тепловых насосов, которые применяются только в тех случаях, когда другие виды теплоснабжения затруднены (например, при удаленности объекта от ТЭЦ). Иногда тепловой насос применяют для отопления в районах с жарким климатом, так как в летний период эта же установка охлаждает подаваемый в здание воздух [1 – 3].

Повысить эффективность тепловых насосов можно с помощью тепловых аккумуляторов, которые позволят снизить общую установленную мощность и объединить режимы работы с другими системами генерирования тепла, а также более эффективно распределить вырабатываемую теплоту между потребителями.

На схеме (рис. 1) представлен процесс работы теплового насоса с тепловым аккумулятором.

На данный момент в тепловых насосах распространены тепловые аккумуляторы на основе воды.

Перспективным является использование теплоаккумулирующих материалов, способных накапливать тепло за счет фазового перехода. Одним из таких материалов является парафин, который отличается доступностью и высокой теплотой фазового перехода в рабочей области температур, что позволяет запасти большее количество теплоты. Но парафин имеет ряд недостатков при использовании его в тепловых аккумуляторах, в частности при его использовании в больших емкостях, из-за низкой теплопроводности и высокого температурного расширения, возникают пустоты, ухудшающие тепловой контакт с внутренними теплообменниками. Это делает использование тепловых аккумуляторов на основе парафина менее эффективным для тепловых насосов.

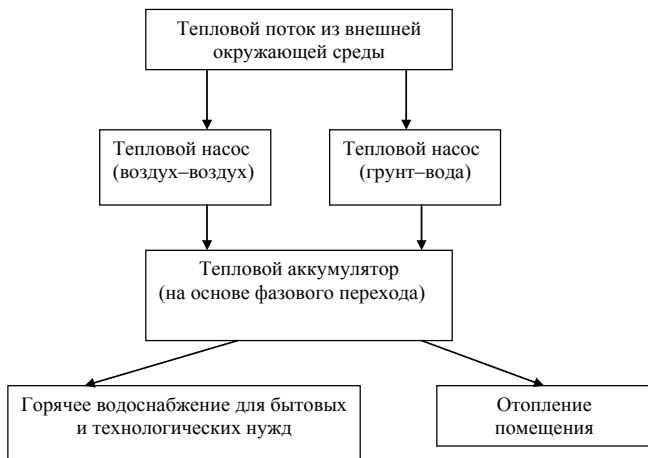


Рис. 1. Схема теплового насоса для отопления и горячего водоснабжения

Устранить эти недостатки возможно при модифицировании парафина углеродными нанотрубками серии «Гаунит». Наномодифицированный парафин (НМП) приобретает ряд свойств, повышающих его эффективность в тепловых аккумуляторах.

Преимущества наномодифицированного парафина как теплоаккумулирующего материала:

1) наномодифицированный парафин не образует пустот (температурное расширение не более 2% от исходного объема, в отличие от обычного парафина);

2) наномодифицированный парафин имеет теплопроводность 0,42 Вт/(м·°С), по сравнению с обычным, имеющим 0,26 Вт/(м·°С), что позволяет снизить время заряда и разряда;

3) наномодифицированный парафин имеет теплоемкость 12 кДж/(кг·°С), по сравнению с обычным, имеющим 10 кДж/(кг·°С), что позволяет уменьшить удельную поверхность теплообмена и тепловые потери;

4) возможность подбора и расширения диапазона фазового перехода на стадии наномодифицирования (увеличение интегральной теплоты фазового перехода);

5) возможность объемной тепловой зарядки от электрической сети;

6) неограниченность многоциклового теплового заряда и разряда;

7) возможность массового выпуска и низкая себестоимость;

8) нетоксичность.

Преимущества наномодифицированного парафина в тепловых аккумуляторах:

1) позволяет организовать следящий тепловой контакт (улучшить условия теплообмена);

2) наномодифицированный парафин позволяет упростить конструкцию теплового аккумулятора (не требуются емкости из нержавеющей стали);

3) тепловой аккумулятор на основе наномодифицированного парафина может принимать любые геометрические конфигурации, что способствует оптимизации массогабаритных параметров (позволяет включать тепловой аккумулятор в элементы декора, стены, пол, потолок).

Модифицирование парафина различными типами УНМ позволяет изменить его теплофизические параметры, следствием чего является изменение положения точки фазового перехода, а также расширение границ фазового перехода. Это позволяет повысить эффективность системы теплоаккумуляции, так как расширяется диапазон температур фазового перехода, что в свою очередь приводит к увеличению накопленной теплоты на 20%.

Из-за фазового перехода в рабочем диапазоне температур при равных габаритах тепловой аккумулятор на основе НМП накапливает до двух раз больше количества теплоты, чем тепловой аккумулятор на основе воды, что в свою очередь позволяет уменьшить теплопотери.

Таким образом, применение НМП позволяет сделать использование тепловых насосов экономически выгодными, как с точки зрения эксплуатации, так и на стадии монтажных и пуско-наладочных работ.

Список литературы

1. *Васильев, Г. П.* Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли : монография / Г. П. Васильев. – Москва : Граница, 2006. – 173 с.

2. *Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Г. П. Васильев, Л. В. Хрустачев, А. Г. Розин и др.* – Москва : ГУП «НИАЦ», 2001. – 66 с.

3. *Большая советская энциклопедия* : в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва : Советская энциклопедия, 1969 – 1978. – 25 т.

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

УДК 544.723.212

*Е. В. Парамонова, А. П. Суздальцев,
О. Ю. Шишкина, Ю. В. Чернопятова**

ПРИРОДНЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Сточные воды промышленных производств большинства предприятий вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды, так как содержат в себе высокотоксичные соли тяжелых металлов.

Решение проблемы загрязнения водных ресурсов находится в разработке и внедрении замкнутых водооборотных циклов и ресур-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. В. Блинова.

сособерегающих технологических процессов, что является экономически оправданным и экологически перспективным.

Наиболее перспективным направлением совершенствования систем очистки стоков, содержащих тяжелые металлы, является поиск новых материалов.

Проведенные ранее исследования показали возможность использования для очистки водных сред материалов на основе алюмосиликатов и глинистых материалов. Однако данный комплексный материал имеет недостаточную активность по солям некоторых металлов и низкие трещиностойкость и прочность в готовом виде. Для увеличения активности исходных компонентов сорбционного материала решено провести их предварительную активацию.

Для увеличения ионно-обменных свойств бентонитовой глины проводили активацию растворами поваренной соли и пищевой соды. Эксперимент проводили в следующей последовательности: порошок глины высушивали при вакууме в течение одного часа при температуре 150 °С в вакуумном шкафу для удаления сорбированной влаги. После сушки проводили измерение дисперсного состава глинистого порошка на лазерном анализаторе частиц, при необходимости проводили дополнительное измельчение на планетарной мельнице с последующей классификацией.

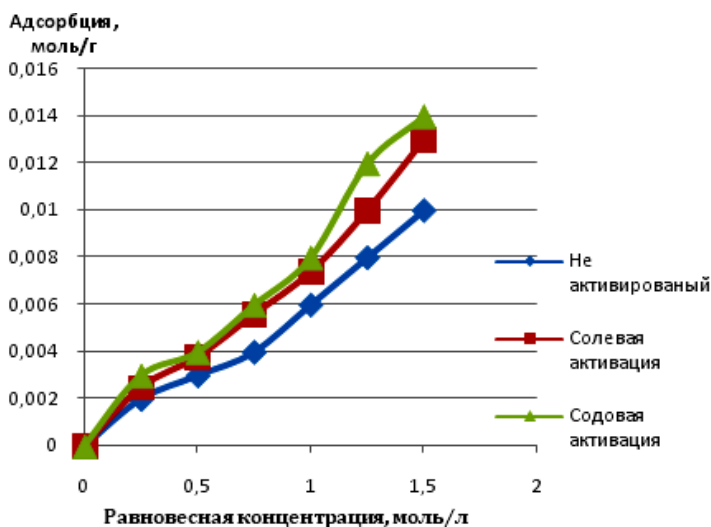


Рис. 1. Изотерма адсорбции ионов Cu^{2+} из водных растворов на бентонитовых глинах различной активации

Подготовленный таким образом материал вносили непосредственно в 5% растворы пищевой соды и поваренной соли в пропорции Т:Ж = 1:10. Избыток соли и соды из бентонитовой глины удаляли промывкой дистиллированной водой. Затем материал фильтровали и высушивали.

Изучение сорбционных свойств бентонитовых глин, активированных различными способами, проводили на модельных растворах, содержащих Cu^{2+} .

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о необходимости активации исходного монтмориллонита для увеличения его сорбционной емкости.

С целью улучшения сорбционных свойств природных алюмосиликатов предложена химическая активация неорганической кислотой HCl .

Установлено, что для получения сорбентов наиболее подходящим алюмосиликатом является глауконитовый песок с дисперсным составом от 0,04 до 0,07 мм. Экспериментально подобраны условия проведения кислотной активации. После обработки кислотой материал промывали дистиллированной водой до нейтрального уровня pH и высушивали.

Проведенные исследования сорбционной емкости показали, что кислотная активация повышает ее значение, однако данный способ активации требует дополнительной утилизации и очистки образующихся в этом процессе растворов. Этого недостатка лишены так называемые термический и механический методы активации.

Термическая активация природных алюмосиликатов часто не дает возможности достичь желаемого результата, вследствие особенностей поведения составных частей алюмосиликатов в процессе температурной обработки. Этим недостатком не обладает метод механоактивации.

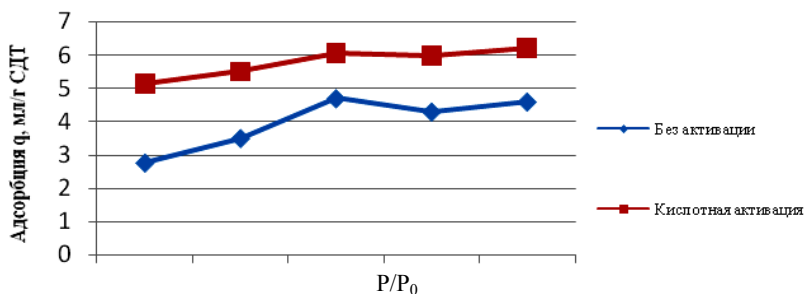


Рис. 2. Изотерма адсорбции ионов глауконита

Механоактивация – высокоэнергетический процесс измельчения и наноструктурирования исходных промышленных порошков в планетарных шаровых измельчителях, где обеспечивается ударное нагружение со сдвигом. Механоактивация позволяет уменьшить размеры частиц порошка в среднем от 60 до 0,250 мкм с наличием значительной доли частиц с размерами до 50 нм.

Активации кристаллических минералов в процессе механоактивации экспериментально подтвердила, что их сорбционная активность увеличивается.

Повышение химической активности измельченных минеральных веществ проявляется в изменении их сорбционной способности.

Активированные описанными выше методами бентонитовую глину и глауконит использовали для получения комплексного сорбента.

Одним из способов повышения эффективности сорбционных материалов является их модифицирование углеродными нанотрубками.

Проведенные исследования позволили составить приблизительную технологию получения комплексного высокоэффективного сорбента для сорбции тяжелых металлов из сточных вод.

Началом технологического процесса является получение качественной двухкомпонентной смеси сыпучих материалов (бентонитовой глины и глауконитового песка). Полученная смесь перемешивается с дистиллированной водой до получения равномерной, пластичной, хорошо формуемой массы. Далее происходит процесс формирования смеси-сорбента через фельеры. При помощи шнека продавливаются шпаготно-образные заготовки, которые режутся струнным ножом. Нарезанный материал укладывается на лотки в сушильном шкафу и оставляется на сушку при комнатной температуре на 24 ч. Затем высушенный сорбент подвергается обжигу при $t = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ в муфельной печи в течение 3 ч.

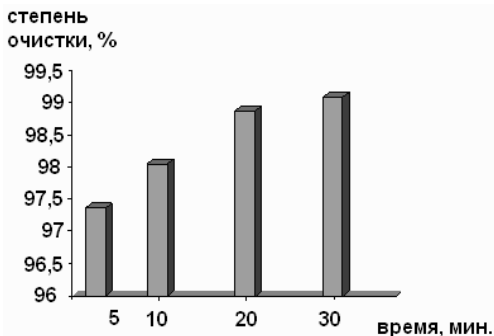


Рис. 3. Зависимость степени очистки катионов меди активированным глауконитом в растворе 0,01%

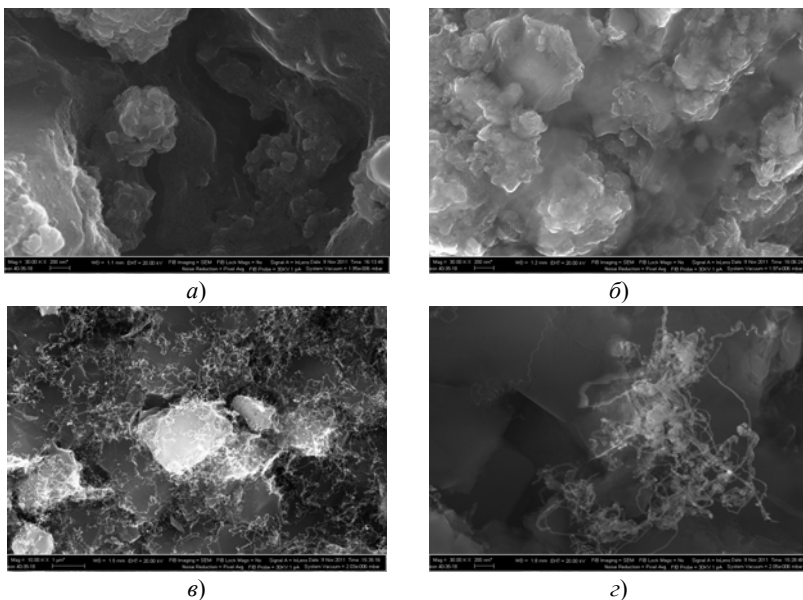


Рис. 4. Фотографии микроструктуры полученного материала:
a, б – немодифицированный сорбент; *в, г* – наномодифицированный сорбент

Полученный сорбент пропитывали раствором катализатора и отправляли в реактор для выращивания углеродных наноструктур внутри сорбента.

Фотографии полученного материала представлены на рис. 4.

Полученные результаты по синтезу и исследованию новых сорбционных материалов показывают перспективность их использования для решения актуальных экологических и технологических задач.

Список литературы

1. Николаев, И. В. Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава: Проблемы общей и региональной геологии / И. В. Николаев. – Новосибирск : НГУ, 1971. – С. 320 – 336.
2. Брызгалова, Н. В. Разработка сорбционной технологии извлечения меди, железа и цезия из природных вод угольно-кремнистыми материалами : дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Брызгалова. – Екатеринбург, 2003. – 136 с.

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

*Д. И. Пучкова, М. В. Паршикова, Н. С. Потемкин, Т. В. Гурова**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОРАЗМЕРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ «СОРБОМЕТР-М» И «МИКРОСАЙЗЕР 201»**

На сегодняшний момент можно с уверенностью сказать, что внедрение и использование наноразмерных материалов является востребованной отраслью в разработке и использовании новых продуктов и материалов. Модификация привычных материалов наноразмерными частицами (нановолокнами, углеродными трубками и т.д.) позволяет нам с другой стороны взглянуть на улучшение свойств привычных материалов и объектов без значительного изменения их веса, конструкции и других характеристик, что позволяет использовать наноразмерные добавки во многих отраслях промышленности. Уникальные свойства этих материалов в первую очередь зависят от их физико-химических характеристик, к которым относятся удельная поверхность, объем микропор, поверхность мезопор, объем мезопор, внешней удельной поверхности и других текстурных характеристик исследуемых материалов. Расчет этих характеристик имеет большое значение, так как именно от них зависят заявленные свойства образца предоставленного материала, поэтому расчет гранулометрических характеристик является важной составляющей частью любой научной разработки.

Для определения характеристик наноразмерных пористых материалов на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» используется множество специализированных приборов, среди которых можно выделить наиболее востребованные – анализатор частиц «Микросайзер 201» и анализатор удельной поверхности «Сорботметр-М».

Сорботметр представляет собой прибор, позволяющий измерять площадь поверхности пористых материалов, химическую сорбцию газов и паров материалов и объем небольших пор как функцию от диаметра. При этом объем и диаметр пор получают из количества сконденсированного в них пара как функцию от давления.

Принцип работы анализатора основан на использовании метода тепловой десорбции газа-адсорбата (азота или аргона) с поверхности исследуемых материалов. В этом методе через адсорбер с размещенным в нем исследуемым образцом пропускают стационарный поток газовой гелий-азотной смеси и с заданным составом. Перед началом

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И. Н. Шубина.

испытаний образца производится его дегазация, заключающаяся в прогреве образца в стационарном потоке газа при заданной температуре с целью удаления с поверхности исследуемого материала поглощенных им газов и паров. Анализатор позволяет производить измерение удельной поверхности исследуемого образца по различным стандартизованным методикам такими, как одноточечный и многоточечный методы БЭТ, t -метод.

Одноточечный метод является наиболее быстрым, но менее точным. Этот метод позволяет получить данные об образце, которые выводятся на экран в виде графика экспериментальных данных, в поле которого строится точка адсорбции. Суть метода БЭТ заключается в том, что вначале поверхность рассматриваемых материалов освобождается от адсорбированных на них веществ путем нагрева (проводится термотермодеривка образца). Далее при температуре жидкого азота на этих материалах адсорбируется азот или аргон таким образом, чтобы молекулы этих газов покрывали доступную для них поверхность всего одним слоем.

Многоточечный метод позволяет получить более точные данные и занимает гораздо больше времени. При применении данного метода в поле графика выстраивается адсорбционная ветвь, содержащая, в зависимости от метода пять или десять точек, соответственно (рис. 1).

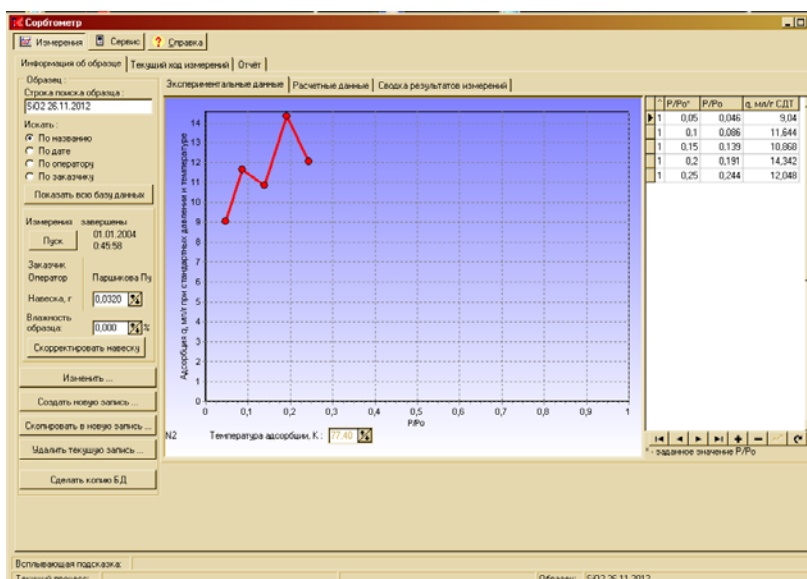


Рис. 1. Пример вывода результатов пятиточечного метода в виде ветви адсорбции

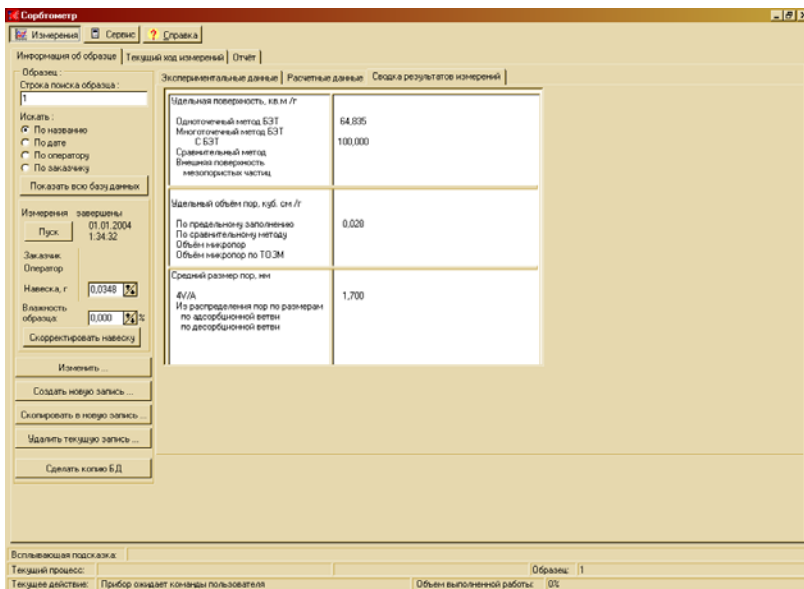


Рис. 2. Пример сводки результатов измерений

Все посчитанные данные об образце сводятся в сводку результатов измерений, к которым относятся удельная поверхность, удельный объем пор и др. (рис. 2).

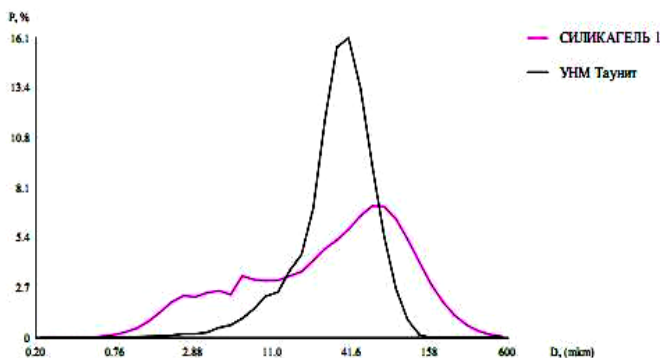
Анализатор удельной поверхности «Сорбтометр М» эффективно используется при контроле текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов любой химической природы (адсорбентов, катализаторов, пигментов и т.д.) в научных исследованиях, при производстве указанных материалов для контроля качества сырья и готовой продукции, а также в учебных целях.

Анализатор частиц «Микросайзер 201» позволяет быстро и точно проводить гранулометрический анализ различных мелкодисперсных сред. Принцип действия прибора состоит в том, что излучение лазера пропускается через плоскопараллельную кювету с образцом, расположенную на некотором расстоянии от детектора. При прокачивании через кювету суспензии частиц или эмульсии, создаваемых в приемной камере насоса, наблюдается рассеяние света. Индикатриса рассеяния (угловая зависимость интенсивности рассеянного излучения) определяется размером частиц.

Определяемое в ходе эксперимента значение индикатрисы рассеяния получается в результате усреднения отсчетов, снимаемых каждые 40 мс. За время эксперимента (15...60 с) все частицы исследуемой

суспензии проходят через световой пучок несколько раз, благодаря чему исходные данные содержат достаточно полную информацию о распределении частиц по размерам. Результаты анализа, представляющие собой зависимость весовой доли частиц от их диаметра, выводятся в форме гистограммы и таблиц (рис. 3).

Пример таблицы



The table of accordance between particle's sizes (D, mkm) and the fractions of the weight which are given

СИЛИКАГЕЛЬ 1	3.42	7.26	13.9	23.9	35.7	49.9	66.4	88.7	128	600
УНМ Таунит	13.7	21.6	27.0	31.3	35.5	40.1	45.6	52.9	65.0	600
P, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

The table of accordance between fractions of the weight (P, %) and the particle's sizes which are given

СИЛИКАГЕЛЬ 1	14.7	25	36.4	45.4	68.1	72.4	83.7	96.7	99.1	100
УНМ Таунит	1.7	6.1	17.8	36.8	88.8	93	99	100	100	100
D _i (mkm)	5	10	20	30	63	71	100	200	300	500

In the tables the values of the weight's fractions are given if the intervals of sizes are less than a definite diameter

Рис. 3. Сводка результатов измерений

Анализатор частиц «Микросайзер С» позволяет проводить гранулометрический анализ быстро и точно, благодаря чему активно используется на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов».

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

*М. В. Паршикова, Д. И. Пучкова, Н. С. Потемкин, Т. В. Гурова**

ДИАГНОСТИКА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НАНОМАТЕРИАЛОВ

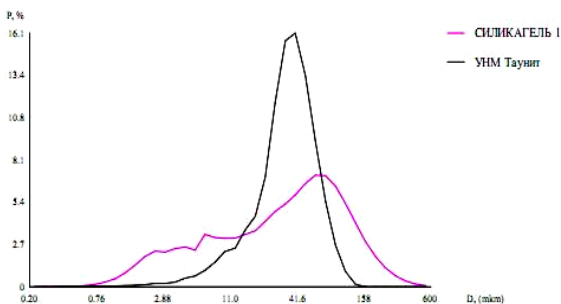
На современном этапе развития науки и промышленного производства все шире применяются материалы, размеры которых составляют от нескольких до десятков нанометров. Углеродные наноматериалы (УНМ) различной морфологии и структуры (к которым принято относить одно- и многослойные нанотрубки, фуллерены, графен) являются одними из наиболее исследуемых в настоящее время нанообъектов. Это объясняется прежде всего тем, что их физико-механические характеристики оказывают непосредственное влияние на конечный продукт. Поэтому гранулометрический анализ наряду с удельной поверхностью, формой частиц и рядом других параметров является важнейшей составляющей научных и промышленных разработок в области нанотехнологий.

На кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» для измерения весового распределения наноструктур по размерам применяется лазерный анализатор частиц «Микросайзер 201» [1]. Принцип действия анализатора основан на фокусировке излучения лазера с помощью линзовой системы в плоскости детектора. Сходящийся пучок лучей пропускается через плоскопараллельную кювету с образцом (приготовленная суспензия), расположенную на некотором расстоянии от детектора. При наличии в кювете суспензии наблюдается рассеяние света. Индикатриса рассеяния (угловая зависимость интенсивности рассеянного излучения) определяется размером твердых частиц. Измерение угла рассеяния и последующее решение интегрального уравнения позволяет найти распределение по размерам частиц. Рассеянное излучение, полученное вследствие прохождения луча лазера через кювету с суспензией, регистрируется с помощью специальной фотодиодной матрицы (ФДМ), содержащей 74 сегмента. ФДМ обеспечивает одновременное измерение интенсивности рассеянного излучения при 38 значениях углов рассеяния, а также определение положения и интенсивности центрального (не рассеянного) луча. Определяемое в ходе эксперимента значение индикатрисы рассеяния получается в результате усреднения отсчетов, снимаемых каждые 40 мс за время

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И. Н. Шубина.

эксперимента (15...60 с). Все частицы исследуемой суспензии проходят через световой пучок несколько раз, благодаря чему полученные данные содержат достаточно полную информацию о распределении частиц по размерам [1]. Результаты анализа, представляющие собой зависимость массовой (весовой) доли частиц P_n от их диаметра D , выносятся в форме графика, таблиц или гистограммы (рис. 1).

Этот метод позволяет оценить размер отдельных частиц, который служит важнейшей характеристикой наноматериала. Но на практике мелкодисперсный материал, в силу своих свойств, часто встречается в виде агломератов, легко образующихся в процессе хранения. Также при разработке аппаратного оформления технологической линии по получению УНМ необходимо рассчитать оборудование для отделения частиц (в нано- и микрогабаритном диапазоне) получаемого УНМ от газового потока. Для решения этих технологических и научных задач необходимо оценить дисперсность мелкодисперсного материала.



The table of accordance between particle's sizes (D, mkm) and the fractions of the weight which are given

СИЛИКАГЕЛЬ I	3.42	7.26	13.9	23.9	35.7	49.9	66.4	88.7	128	600
УНМ Таунит	13.7	21.6	27.0	31.3	35.5	40.1	45.6	52.9	65.0	600
P, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

The table of accordance between fractions of the weight (P, %) and the particle's sizes which are given

СИЛИКАГЕЛЬ I	14.7	25	36.4	45.4	68.1	72.4	83.7	96.7	99.1	100
УНМ Таунит	1.7	6.1	17.8	36.8	88.8	93	99	100	100	100
D, (mkm)	5	10	20	30	63	71	100	200	300	500

In the tables the values of the weight's fractions are given if the intervals of sizes are less than a definite diameter

Рис. 1. Пример вывода результатов анализа образцов в виде графика и таблиц

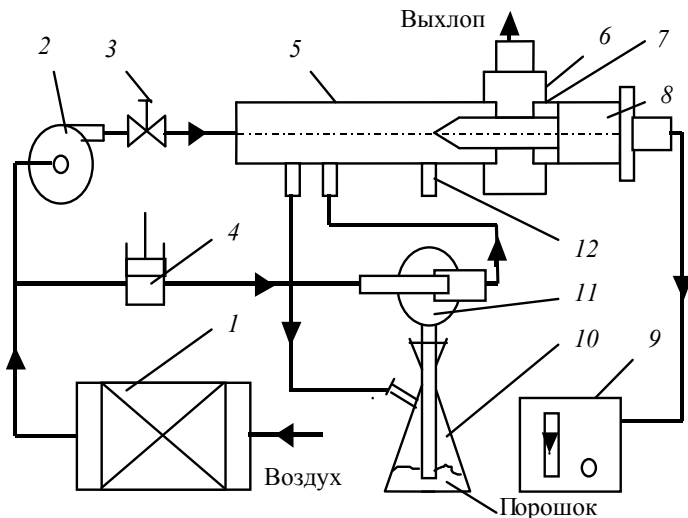


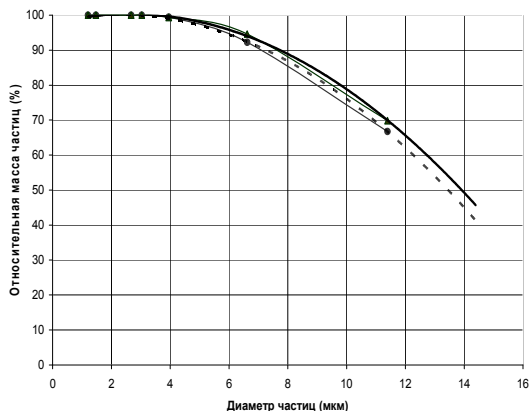
Рис. 2. Схема установки для определения дисперсного состава пыли:

- 1 – адсорбер; 2 – вентилятор; 3 – шибер; 4 – компрессор; 5 – газоход;
 6 – выхлопной кожух; 7 – штуцер для ввода измерительных устройств;
 8 – импактор; 9 – аспиратор; 10 – колба с исследуемым образцом;
 11 – эжектор; 12 – штуцер статического давления

Проведены исследования, направленные на оценку приемлемости определения дисперсного состава углеродных наноматериалов с помощью струйного сепаратора – импактора. Метод основан на инерционной сепарации частиц при обтекании потоком газа плоских поверхностей, установленных напротив сопел и последующем определении массы частиц, осевших на этих поверхностях [2].

Определение дисперсного состава порошка проводили на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 2.

Эксперименты по определению дисперсного состава порошка углеродных наноматериалов проводили по специально разработанной для этой цели методике. Полученные экспериментальные данные для каждого из образцов были аппроксимированы. Квадратичная экстраполяция экспериментальных данных позволила определить медианные диаметры частиц для каждого из образцов, которые соответствуют точке пересечения интегральных кривых [2]. Интегральные кривые распределения массы частиц по размерам представлены на рис. 3.



Уравнение для полинома R3 (образец №1)
 $y = -0,395x^2 + 1,7114x + 98,439$
 $R^2 = 0,9997$

Уравнение для полинома R3 (образец №4)
 $y = -0,3931x^2 + 2,0418x + 97,723$
 $R^2 = 0,9988$



Рис. 3. Дисперсный состав углеродного наноматериала

На основании проведенных экспериментальных исследований и расчетов показаны возможности по определению дисперсного состава УНМ различными методами. Из полученных данных можно сделать вывод, что исследованные УНМ представляют собой сложные агломераты, состоящие из отдельных углеродных нановолокон, образованных, скорее всего, за счет электростатического взаимодействия отдельных частиц, что типично для всех мелкодисперсных пылеподобных материалов.

Список литературы

1. *Лазерные анализаторы частиц «Микросайзер» модели 201А и 201С. Руководство по эксплуатации С 201.001.РЭ.* – Санкт-Петербург, 2008. – 27 с.
2. *Определение размера частиц углеродных наноструктурированных материалов, полученных пиролизом пропан-бутановой смеси на металлическом катализаторе / А. Г. Ткачев, М. А. Ульянова, И. Н. Шубин и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета.* – 2007. – Т. 13. – № 1А. – С. 94 – 100.

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

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

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Многообразие химических, энергетических, агропромышленных и тому подобных производств, огромное количество химических продуктов (исходных, промежуточных и конечных), обуславливают образование сильно отличающихся по составу и объему сточных вод, загрязненных органическими и неорганическими веществами. Особенно опасными являются тяжелые металлы, под действием которых у человека могут возникать тяжелые заболевания нервной системы, кровеносных сосудов, сердца, печени. Кроме того, тяжелые металлы обладают мутагенным действием.

Сорбционное извлечение металлов из сточных вод получило достаточно широкое распространение вследствие высокой эффективности и отсутствия вторичных загрязнений. Сорбционные материалы поглощают из водных растворов металлы практически до любых остаточных концентраций [1].

Одним из наиболее перспективных адсорбентов, используемых для удаления из воды примесей и загрязнений, является активированный уголь (АУ). Несмотря на положительные свойства АУ, они не удовлетворяют всему комплексу требований, предъявляемых к материалам подобного типа, в связи с чем поиск и разработка новых сорбционных материалов ведется постоянно.

В данной работе рассмотрена возможность повышения качества очистки воды от тяжелых металлов путем применения АУ, модифицированного углеродными нанотрубками (УНТ) (рис. 1).

Замечательная особенность нанотрубок связана с их уникальными сорбционными характеристиками. Так как нанотрубка является поверхностной структурой, то вся ее масса заключена в поверхности ее слоев. Это определяет аномально высокую удельную поверхность, что, в свою очередь, задает особенности их электрохимических и сорбционных характеристик.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Г. Ткачева.

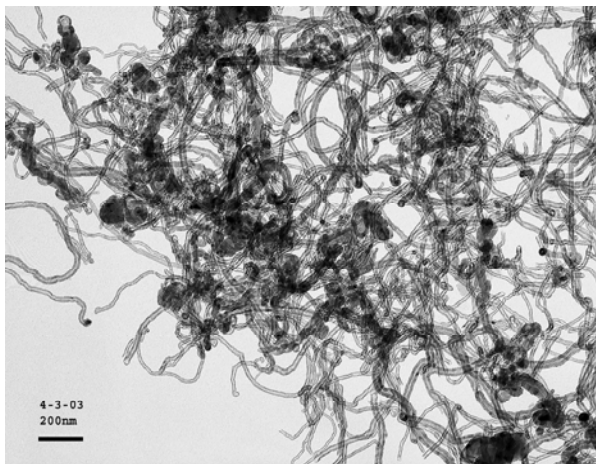


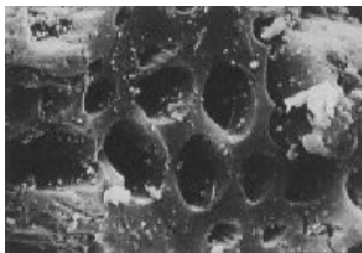
Рис. 1. Структура УНТ

Разработана технология поверхностного нанокремнистого модифицирования сорбентов, включающая:

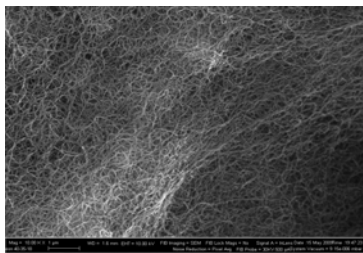
- приготовление и активацию исходного раствора гетерогенной металлоксидной каталитической системы (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al) [2];
- предварительную обработку материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- импрегнирование сорбента раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ;
- процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 160...220 °С;
- процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном образце в промышленном реакторе ($t_{пр} = 650$ °С);
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, не зафиксированных на носителе).

Получены образцы модифицированных АУ (NWC, АГ-5) (рис. 2).

В лаборатории активных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика» проведено исследование двух серий активных углей АГ-5 на основе каменноугольного сырья и NWC на основе скорлупы кокоса, а также определено изменение их физико-механических свойств после модифицирования нанотрубками (АГ-5-Н и NWC-Н соответственно). Результаты выполненных исследований приведены в табл. 1.



a)



б)

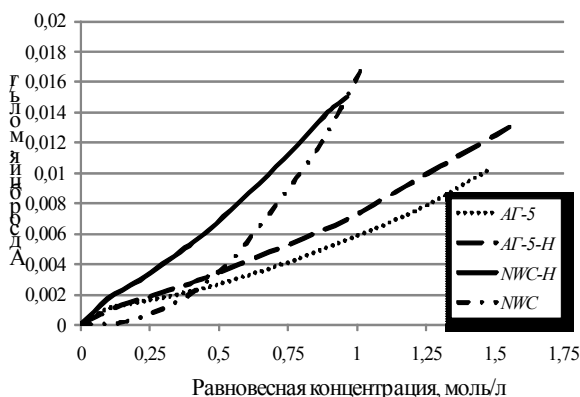
Рис. 2. Структура активированного угля:
a – стандартная; *б* – наномодифицированная УНТ

1. Качественные характеристики стандартных и наномодифицированных активированных углей

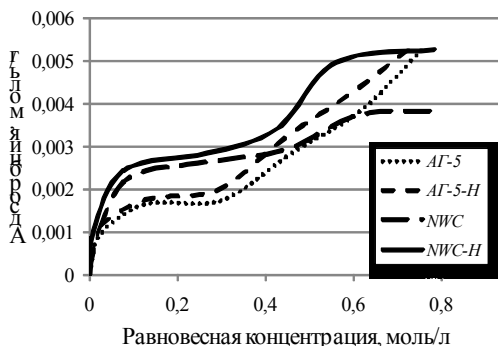
Наименование показателя	ГОСТ или МИ	Марка активированного угля			
		АГ-5	АГ-5-Н	NWC	NWC-Н
Насыпная плотность, г/дм ³	16190–70	666	681	562	606
Содержание золы, % масс.:					
– общей	12596–67	10,6	11,9	1,6	1,41
– водорастворимой	4453–74	0,69	0,45	2,5	0,72
Содержание воды, % масс.	12597–67	3,5	0,5	4,2	0,4
Суммарный объем пор, см ³ /г	17219–71	0,45	0,42	0,46	0,39
Объем микропор, см ³ /г	МИ 6-16-2795–84	0,23	0,10	0,36	0,18
Сопротивление слоя сорбента, мм вод. ст.	МИ 6-16-2438–80	8,69	7,84	13,98	12,50

Модифицирование АУ приводит к снижению параметров пористой структуры, однако это не свидетельствует об уменьшении адсорбционной способности АУ, поскольку в пористом пространстве выращен слой УНТ, который имеет высокую удельную поверхность и сорбционную активность. Предположительно, процесс сорбции происходит за счет таких эффектов, как наличие на поверхности УНТ функциональных групп (COOH, OH), участвующих в процессе сорбции, также слой УНТ выступает как механический фильтр, который задерживает молекулы примесей, размер которых – 0,3...1,0 нм.

Эффективность наномодифицированных сорбентов оценивали на примере очистки водных растворов от ионов тяжелых металлов (Co^{2+} , Ni^{2+}) АУ марки АГ-5 и NWC в статических условиях. Модельными растворами являлись: раствор нитрата кобальта (0,172...1,856 М), время адсорбции – 40 мин, и раствор хлорида никеля (0,05...1 М), время адсорбции – 30 мин. Величину адсорбции определяли по формуле Гиббса. Анализ экспериментальных зависимостей (рис. 3) показывает, что изотермы поглощения ионов Co^{2+} соответствуют S-типу (по классификации Гилльса), к которому относятся процессы адсорбции, протекающие по мономолекулярному механизму.



а)



б)

Рис. 3. Изотермы адсорбции ионов Co^{2+} (а) и Ni^{2+} (б) из водных растворов на АУ марок АГ-5, АГ-5-Н, NWC, NWC-Н

2. Значения адсорбционной емкости поглотителей

Наименование образца	Значения адсорбционной емкости, моль/г	
	Co ²⁺ (c ₀ = 0,619 М)	Ni ²⁺ (c ₀ = 0,8 М)
<i>Активированный уголь АГ-5</i>		
Стандартный	0,002840	0,003833
Модифицированный	0,003275	0,004277
<i>Кокосовый уголь NWC</i>		
Стандартный	0,00319	0,003749
Модифицированный	0,00504	0,004976

Адсорбция ионов Ni²⁺ происходит в соответствии с теорией М. Поляни, изотермы относятся к L-типу, что свидетельствует о полифункциональном распределении растворенного вещества.

Сравнение значений сорбционной емкости по ионам Co²⁺ и Ni²⁺ наномодифицированных образцов АУ по сравнению со стандартными материалами приведено в табл. 2.

Адсорбция ионов Co²⁺ на АУ марки NWC-H описывается уравнением Фрейндлиха ($\approx 0,5...1\%$). Для ионов Ni²⁺ в области малых и средних концентраций расхождение теоретических изотерм с экспериментальными зависимостями – 10...15% для всех марок угля.

Список литературы

1. *Климов, Е. С.* Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 201 с.
2. *Исследование активации металлоксидных катализаторов для синтеза многослойных углеродных нанотрубок* / Е. А. Буракова, А. Е. Бураков, И. В. Иванова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 337 – 342.

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

*Ю. В. Ботвина**

ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) относятся к важнейшим наноструктурным материалам. Перспективы их практического применения связаны с уникальными механическими, электро- и теплофизическими свойствами, благодаря которым МУНТ можно использовать в нанoeлектронике, водородной энергетике, катализе, конструкционных материалах и т.д. Наполнение полимера малым количеством УНТ (менее 1% по массе) приводит к упрочнению, появлению проводимости и т.д. [1]. Однако для получения таких эффектов, как правило, необходимо равномерное распределение УНТ в объеме полимера и образование ковалентных связей между поверхностью нанотрубок и полимерными звеньями, что весьма проблематично ввиду высокой склонности углеродных нанотрубок к агломерации. В работе [2] показана целесообразность ковалентной функционализации МУНТ при применении в составе композиционных материалов. Для прививки к поверхности кислородсодержащих функциональных групп углеродные нанотрубки окисляют. Наиболее распространенным методом функционализации УНТ является обработка их азотной кислотой. Применение в качестве окислителя концентрированной азотной кислоты позволяет достичь ряда эффектов: 1) очистить полученные посредством CVD-синтеза МУНТ от примесей металлоксидных катализаторов; 2) удалить из материала остаточную аморфную фазу; 3) укоротить длинные нанотрубки; 4) получить на поверхности достаточное количество полярных функциональных групп. Исследование функционализированных УНТ в зависимости от условий синтеза позволяет выбирать оптимальные условия для получения углеродных наноматериалов с заданными свойствами.

В данной работе представлены результаты исследования кинетических закономерностей протекания процессов жидкофазной функционализации УНТ в концентрированной азотной кислоте с целью подбора оптимальных условий и разработки рекомендаций для дальнейшего масштабирования.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Т. П. Дьячковой.

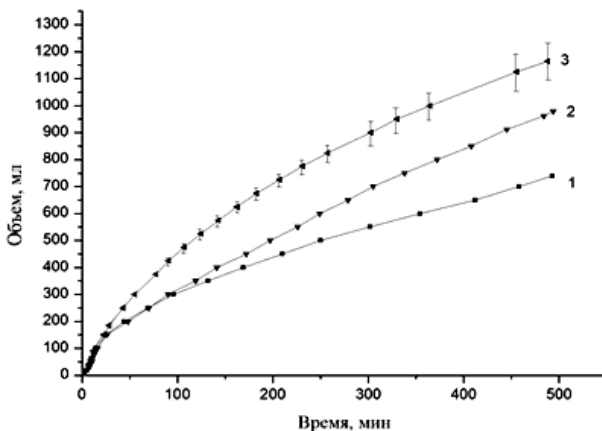


Рис. 1. Изменение объема выделенных газов (в пересчете на 1 г МУНТ) во время реакции окисления концентрированной азотной кислотой углеродных нанотрубок: 1 – «Таунит»; 2 – «Таунит-МД»; 3 – «Таунит-М»

В работе использованы углеродные нанотрубки «Таунит» ($d = 20 \dots 70$ нм; $l = 2$ нм; $S_{уд} = 120 \dots 130$ м²/г), «Таунит-М» ($d = 8 \dots 15$ нм, $l = 2$ нм; $S_{уд} = 300 \dots 320$ м²/г) и «Таунит-МД» ($d = 30 \dots 80$ нм, $l = 20$ нм; $S_{уд} = 180 \dots 200$ м²/г), произведенные ООО «Нанотехцентр» (г. Тамбов) CVD-способом. В качестве окисляющего реагента использована концентрированная азотная кислота квалификации «х.ч.». Температура процесса составляла 110...120 °С. В ходе его измерялся объем выделяющихся газов и определялось количество диоксида азота в них. Степень функционализации углеродных нанотрубок карбоксильными группами (в ммоль/г) оценивалась титриметрически.

Окисление углеродных нанотрубок азотной кислотой сопровождается выделением газообразных продуктов реакции, объем которых во времени растет, а скорость выделения снижается (рис. 1). Снижение скорости газовой выделенности в ходе процесса связано с постепенным снижением концентрации азотной кислоты. Необходимо отметить также взаимосвязь между объемом выделяющихся при реакции газов с величиной удельной поверхности реагирующих углеродных нанотрубок.

В состав газообразных продуктов окисления углеродных нанотрубок азотной кислотой могут входить оксиды азота переменной валентности, диоксид углерода, азот, пары воды. Наиболее токсичным компонентом данной смеси является диоксид азота (NO₂). На рисунке 2 видно, что объем NO₂ занимает лишь небольшую часть от всего количества выделенного газа. Наибольшее содержание NO₂ при функционализации материала «Таунит М».

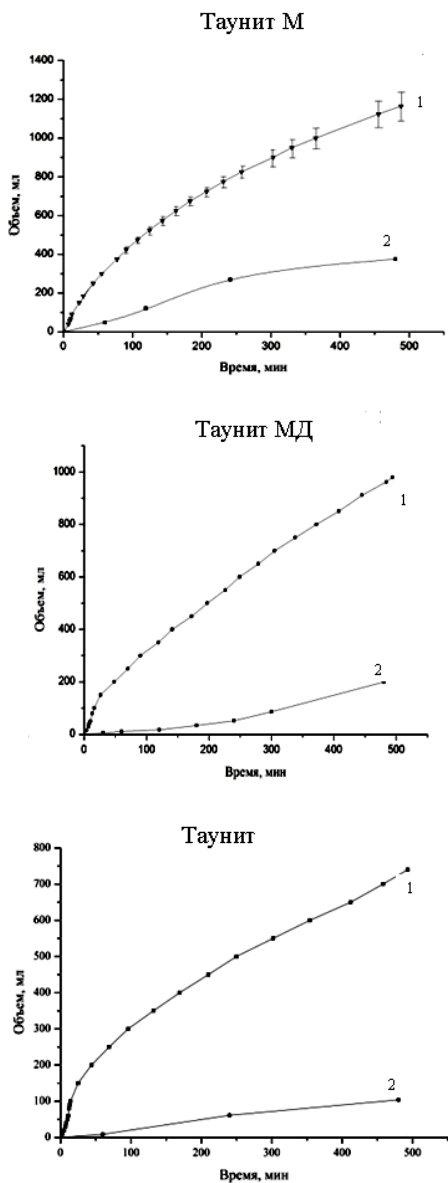


Рис. 2. Изменение общего объема выделившихся газов (1) и диоксида азота (2) в ходе окисления углеродных нанотрубок концентрированной азотной кислотой (110...120 °С)

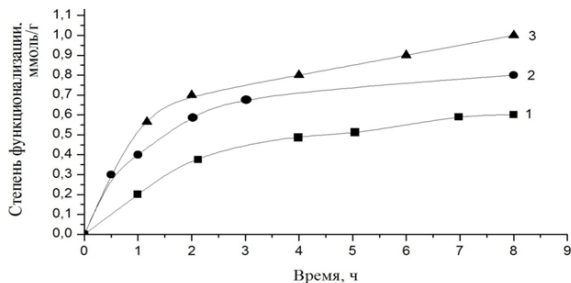


Рис. 3. Изменение степени функционализации карбоксильными группами в ходе окисления МУНТ «Таунит» (1), «Таунит-МД» (2) и «Таунит-М» (3) концентрированной азотной кислотой

Полученные в данном эксперименте сведения позволят провести необходимые расчеты при проектировании оборудования для утилизации NO_2 .

Степень функционализации МУНТ COOH -группами наиболее выражено увеличивается в первые 2 ч протекания процесса окисления (рис. 3). Затем рост замедляется, что соответствует определенным участкам на кинетических кривых рис. 2. На основании полученных данных можно определить оптимальное время процесса окисления с целью получения материалов с заданной степенью функционализации.

Причиной более высокой степени функционализации «Таунита-М» по сравнению с другими исследованными типами МУНТ при аналогичных условиях окисления является величина удельной поверхности и, как следствие, большее число вакансий для присоединения функциональных групп на единицу массы наноматериала.

Полученные в ходе данного исследования результаты планируется использовать при масштабировании процесса до опытно-промышленного производства окисленных форм многослойных углеродных нанотрубок.

Список литературы

1. *Processing, characterization, and modeling of carbon nanotube-reinforced multiscale composites* / M. Kim, Y.-B. Park, O. I. Okoli, C. Zhang // *Composites Science and Technology*. – 2009. – V. 69. – P. 335 – 342.
2. *Carbon nanotube-polymer composites: Chemistry, processing, mechanical and electrical properties* / Z. Spitalsky, D. Tasis, K. Papagelis, C. Galiotis // *Progress in Polymer Science*. – 2010. – V. 35. – P. 357–401.

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

*В. Н. Дружинина**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОГО АМИДИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Углеродные нанотрубки (УНТ) с момента их открытия Инжимой в 1991 г. стали объектом исследований во всем мире благодаря их уникальной структуре и целому ряду интересных свойств. Одно из перспективных направлений исследований УНТ связано с их применением в составе композиционных материалов. Наполнение полимеров малым количеством УНТ (менее 1% по массе) приводит к упрочнению, повышению термической стабильности, появлению электрической проводимости, радиопоглощающих свойств и т.д.

Без дополнительной модификации вследствие большой удельной поверхности (от 100 до 600 м²/г) УНТ склонны к образованию агломератов, т.е. к неравномерному распределению. Графеновая поверхность нанотрубки может взаимодействовать с полимерной матрицей лишь за счет довольно слабых сил Ван-дер-Ваальса, что мешает эффективному достижению полезных свойств полимерных композиционных материалов [2]. Наиболее действенной мерой для решения данной задачи является функционализация УНТ – их химическое превращение, ведущее к образованию активных функциональных групп на поверхности нанотрубки.

Как правило, поверхность углеродных нанотрубок окисляют в различных системах с целью «пришивки» кислородсодержащих функциональных групп (карбоксильных, карбонильных, гидроксильных, лактонных и т.д.). Самым распространенным способом окисления УНТ в настоящее время является обработка их кипячением в концентрированной азотной кислоте, либо в смесях на основе азотной и серной кислот [3, 4]. Наличие COOH-групп на поверхности УНТ после такой обработки способствует более равномерному диспергированию УНТ в полярных матрицах и повышению эффекта от их применения.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. П. Дьячковой.

Однако гораздо лучшие показатели в качестве модифицирующих добавок имеют УНТ, подвергшиеся после окисления вторичным химическим превращениям. В частности, возможно амидирование карбоксилированных УНТ.

Амидированные углеродные нанотрубки гораздо лучше, чем карбоксилированные, совместимы, в частности, с оксидными матрицами и наилучшим образом сказываются на механофизических свойствах композитов. Однако, как правило, привитие амидных групп к поверхности УНТ осуществляется по схеме, предполагающей обработку УНТ хлористым тиоилом, а затем различными аминами [5]. Этот способ применим в лабораторных условиях. Однако его реализация в более крупных масштабах весьма затруднительна ввиду многоступенчатости и использования высокотоксичных реагентов.

Целью настоящего исследования явилась разработка способа газофазного амидирования УНТ, допускающего реализацию в опытно-промышленном масштабе. В качестве исходных использованы окисленные кипячением в концентрированной азотной кислоте углеродные нанотрубки «Таунит-М» (производства «Нанотехцентр», г. Тамбов). По данным титриметрии, степень их функционализации COOH-группами составляла 0,6 ммоль/г. Карбоксилированные УНТ помещались в камеру лабораторного трубчатого реактора из кварцевого стекла. Реактор находился внутри вертикальной электропечи. Температура процесса в разных опытах составляла 160...300 °С и контролировалась с помощью прикрепленной к стенке реактора термопары. Перед началом процесса через реакционную камеру продувался аргон, при этом происходил прогрев печи. При достижении необходимой температуры начиналась подача аммиака. Время подачи NH₃ составляло 2...10 ч. По окончании процесса температуру в реакционной камере понижали, для удаления остаточного аммиака через нее продували аргон.

Происходящие при этом процессы упрощенно можно отразить следующей схемой:



В результате обработки УНТ в парах аммиака при 250 °С получены амидированные нанотрубки. Качественный состав поверхностных функциональных групп доказан с помощью ИК-спектров, на которых (рис. 1) отсутствует полоса поглощения, соответствующая наличию гидроксильной группы, но появляются пики, характерные для связей C-N (1286 и 1125 см⁻¹) и N-H (1464 и 742 см⁻¹).

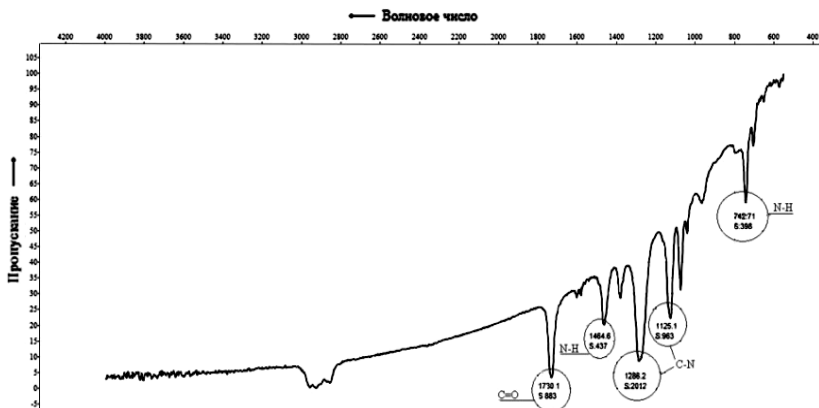


Рис. 1. ИК-спектр амидированного «Таунита-МД»

Как показали предварительные испытания, данный вид функционализированных нанотрубок обладает лучшей совместимостью с эпоксидными матрицами по сравнению с карбоксилированными УНТ. Его применение также более эффективно с позиций улучшения механо-физических и радиозэкранирующих свойств композиционных материалов.

Оценена степень превращения карбоксильных групп в солевые (аммонийные) (рис. 2) и амидные (рис. 3) в ходе процессов при температурах от 160 до 300 °С.

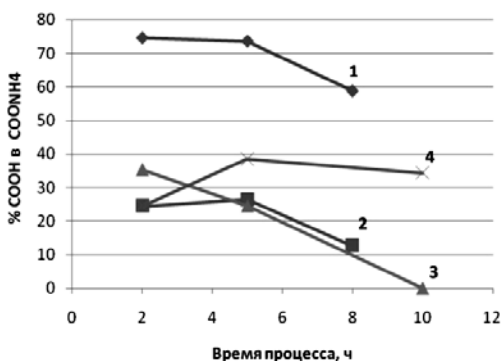


Рис. 2. Доля COOH-групп (%), превратившихся в COONH₄ при обработке карбоксилированных УНТ аммиаком при температуре (°С):
1 – 160; 2 – 200; 3 – 250; 4 – 300

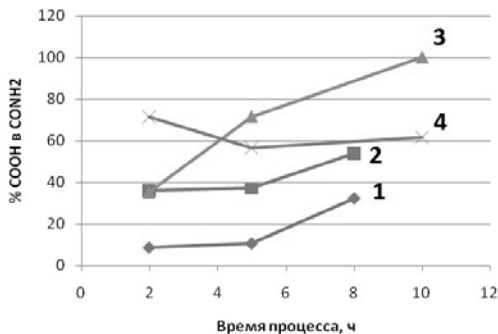


Рис. 3. Доля COOH-групп (%), превратившихся в CONH₂ при обработке карбоксилированных УНТ аммиаком при температуре (°C):
 1 – 160; 2 – 200; 3 – 250; 4 – 300

Показано, что в ходе процесса степень превращения COOH-групп в COONH₄ в ходе процесса постепенно убывает ввиду их дальнейшего превращения в CONH₂. Однако такая типичная картина наблюдается лишь в температурном интервале от 160 до 250 °C. Наиболее эффективно амидирование протекает при 250 °C. При этой температуре в течение 10 часов до 100% карбоксильных групп превращается в амидные. При более высокой температуре (300 °C), очевидно, наблюдается смещение химического равновесия в сторону исходных продуктов, что может быть обусловлено экзотермичностью протекающих реакций.

Таким образом, в ходе проведенных исследований найден оптимальный режим газофазного амидирования, позволяющий добиться наиболее полного превращения карбоксильных групп в амидные. В этих условиях предполагается проводить данный процесс и в промышленном масштабе. Однако, для окончательных расчетов необходимо проведение дополнительных исследований с целью уточнения механизмов протекающих реакций, определения величин их тепловых эффектов и влияния морфологии и степени предварительной функционализации углеродных наноматериалов на указанные выше закономерности.

Список литературы

1. *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 нанопроductов»
 ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А. И. Кондаков, А. А. Аладинский**

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНОРАЗМЕРНОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Имеется достаточно много работ в отечественных и зарубежных журналах, посвященные изучению влияния углеродных наноматериалов (УНМ) на физико-механические характеристики строительных композитов.

Равномерное распределение в матрице строительного композита достигается однородной дисперсией УНМ в водном растворе. Однородная дисперсия УНМ в матрице строительного композита – необходимое условие воспроизводимости результатов испытаний. Проблема в достижении равномерно дисперсии кроется в природе УНМ, который является гидрофобным, и наличии сил Ван-дер-Ваальсового притяжения между углеродными нанотрубками (УНТ) или углеродными нановолокнами, приводящих к их коагулированию с последующей седиментацией. Данные проблемы решаются:

- механическими методами;
- методом ковалентной функционализации;
- методом нековалентной функционализации [1].

Каждый метод в имеет свои недостатки:

- ультразвуковая обработка (механический метод) дает временную дисперсию, после прекращения обработки наблюдается тенденция к агрегированию;
- ковалентная функционализация значительно уменьшает вероятность к агломерации, но в процессе функционализации возможно внедрение дефектов в УНТ, что ухудшает прочностные характеристики трубок;
- нековалентная функционализация способствует солибилизации УНТ и разрушению сростков и агломератов, однако данный процесс идет медленно.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» З. А. Михалевой.

Эффективный и часто встречающийся способ приготовления коллоидного раствора УНТ – комбинированный, устраняющий недостатки каждого метода в отдельности. Широко используемый комбинированный метод сочетает нековалентную функционализацию поверхности УНТ с применением ультразвуковой (механической) обработкой раствора.

В работе изучалось влияние различных марок углеродных нанотрубок (УНТ) на прочностные характеристики строительного композита.

Экспериментальные исследования проводились с различными модификациями УНТ «Таунит», (№ 12; № 24; № 36 и № 48), полученными при различных режимных параметрах синтеза УНТ и ковалентно функционализированные карбоксильными группами УНТ «Таунит», с помощью механического окисления УНТ в присутствии гипохлорита натрия. В качестве поверхностно активного вещества выбран поливинилпирролидон (ПВП) из-за его уникальных физико-химических характеристик, в особенности, хорошей солюбилизации в воде, эффективной комплексообразующей способности между гидрофильными и гидрофобными веществами и не токсичности.

Соотношение ПВП: УНТ равно 2:1.

Приготовление коллоидного раствора осуществлялось следующим способом: к дистиллированной воде добавляли в соответствующих пропорциях ПВП и модификации УНТ, затем проводилась обработка коллоидного раствора ультразвуком в течение 10 мин.

Введение функционализированных УНТ (Ф-УНТ) проходит в следующей последовательности: в дистиллированную воду вводится Ф-УНТ в соответствующих концентрациях, механически перемешивается и добавляется к воде затворения.

В качестве строительного материала выбран гипс. Соотношение воды затворения к вяжущему составляло 0,65. При этом для обеспечения возможности корректного сравнения получаемых результатов водогипсовое отношение фиксировалось и оставалось неизменным при изготовлении всех сравниваемых серий образцов.

Приготовление образцов гипса осуществлялось в соответствии с ГОСТ 23789–79, с отличием в приготовлении воды затворения: в воду затворения приливался коллоидный раствор (для образцов содержащих УНТ).

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили концентрационный интервал УНТ, в котором наблюдается значительный прирост прочности тестируемых образцов – интервал концентраций УНТ от $5 \cdot 10^{-4}$ до $7 \cdot 10^{-4}$ % от массы связующего (гипса). Необходи-

димо подчеркнуть, что повышение прочности образцов наномодифицированного гипса, совпадает с процентным приростом прочности образцов наномодифицированного мелкозернистого бетона [2] в одном и том же концентрационном интервале. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1 и 2. Для объяснения наблюдаемого явления необходимо провести дополнительные исследования. Предполагается, что УНТ в матрицах строительного материала преимущественно играют роль центров кристаллизации гидратированных продуктов и структурирующих агентов. Во время затворения коллоидным раствором вяжущего происходит непосредственное кристаллообразование на пучках УНТ, что способствует образованию более плотных структур композита, за счет чего наблюдается прирост прочности, как в мелкозернистом бетоне, так и в строительном гипсе.

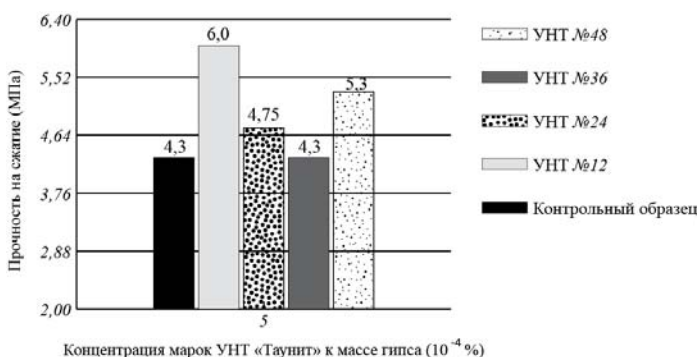


Рис. 1. Прочность на сжатие образцов гипса модифицированного различными марками УНТ «Таунит»

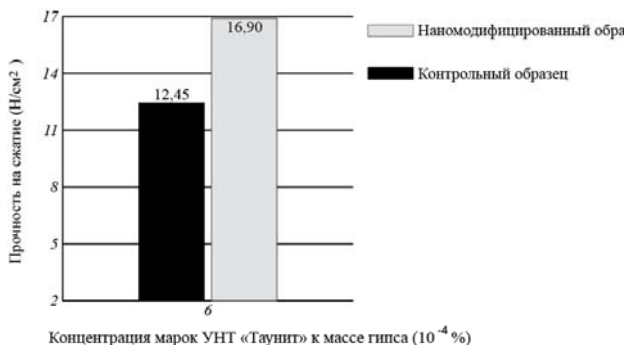


Рис. 2. Прочность на сжатие образцов мелкозернистого бетона модифицированного УНТ «Таунит»

1. Влияние концентрации функционализованного УНТ «Таунит» на прочность при сжатии образцов гипса

Наименование серии	Состав образцов, масс. %		Прочность на сжатие, МПа
	Гипс	УНТ	
Контрольный образец	100	0	5,12
Е-1	100	$1 \cdot 10^{-4}$	5,27
Е-2	100	$2 \cdot 10^{-4}$	5,63
Е-3	100	$3 \cdot 10^{-4}$	5,67
Е-4	100	$4 \cdot 10^{-4}$	5,83
Е-5	100	$5 \cdot 10^{-4}$	6,41
Е-6	100	$6 \cdot 10^{-4}$	6,40
Е-7	100	$7 \cdot 10^{-4}$	6,19
Е-8	100	$8 \cdot 10^{-4}$	5,96
Е-9	100	$9 \cdot 10^{-4}$	5,59
Е-10	100	$10 \cdot 10^{-4}$	5,68

Анализ результатов влияния концентрации Ф-УНТ на прочность при сжатии образцов гипса, представленных в табл. 1, показывает эффективность введения УНТ-СООН в состав гипса. Если предел прочности при сжатии гипсового камня равен 5,12 МПа, то уже при введении в состав гипсового теста $2 \cdot 10^{-4}\%$ УНТ от расхода гипса, прочность гипса возрастает на 10%. Дальнейшее увеличение содержания УНТ до $6 \cdot 10^{-4}\%$ способствует более высокому приросту прочности. Наибольшее увеличение прочности до 25% достигается при концентрации Ф-УНТ, равной $5 \cdot 10^{-4}\%$. Наблюдаемый прирост прочности объясняется образованием прочной химической связи между Ф-УНТ и матрицей строительного композита.

Введение марки УНТ № 12 способствует наибольшему упрочнению матрицы строительного композита и составляет 39%. Данная модификация УНТ «Таунит» является наиболее эффективной и рекомендуется для использования в строительной индустрии в качестве добавки к строительным материалам. Однако, однородная дисперсия коллоидного раствора УНТ № 12 приготовлена при нековалентной функционализации с применением ультразвуковой обработки, вследствие чего УНТ химически инертны и не способны образовывать прочной химической связи с цементной матрицей. Данные недостатки устраняются ковалентной функционализацией, что позволит получить более высокие физико-механические характеристики строительного композита.

Список литературы

1. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены : учебное пособие / Э. Г. Раков. – Москва : Университетская книга, Логос, 2006. – 376 с.
2. Толчков, Ю. Н. Разработка наномодификаторов на основе УНМ «Таунит», в строительные композиты : дис. ... магистр. / Ю. Н. Толчков. – Тамбов, 2011. – 134 с.

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

УДК 661.66-022.53

*С. Ю. Горский**

ГАЗОФАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК: ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Окисление является одним из наиболее простых, доступных и распространенных способов ковалентной функционализации углеродных нанотрубок (УНТ) и способствует формированию на их поверхности различных кислородсодержащих групп (гидроксильных, карбонильных, лактонных, карбоксильных и т.п.). Функционализированные такими способами УНТ обладают химическим сродством к полярным полимерным матрицам, благодаря чему лучше диспергируются в них, являясь при этом более эффективными компонентами композиционных материалов и придавая им повышенные прочностные характеристики, электропроводящие и радиоэкранирующие свойства.

Как правило, в качестве реагентов, окисляющих углеродные нанотрубки, используют концентрированную азотную кислоту, ее смесь с серной кислотой (в соотношении 3:1), перекись водорода, перманганат калия и др. Однако для получения материалов с достаточной степенью функционализации описанными способами требуется длительная обработка и высокий расход реагентов на единицу массы УНТ, что оправдано только в лабораторных условиях. Кроме того, показано выраженное изменение морфологии углеродных нанотрубок при интенсивном окислении в жидкофазных системах. Более перспективными с позиций опытно-промышленной реализации являются методы газо-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. П. Дьячковой.

фазной функционализации УНТ в парах различных окисляющих реагентов (HNO_3 , H_2O_2 и т.п.).

Целью настоящего исследования явилось выявление основных закономерностей газофазного окисления углеродных нанотрубок в парах азотной кислоты и оценка возможности опытно-промышленной реализации данного процесса.

Опыты проводились в лабораторной установке (рис. 1), состоящей из вертикальной электрической печи 1, внутри которой располагался кварцевый трубчатый двухкамерный реактор. Верхняя камера с пористой керамической насадкой 2, снабженная патрубками для подачи жидкого окислителя 3 и инертного газа 4 предназначалась для испарения окисляющего реагента.

В нижнюю камеру 5 помещались УНТ, в ней протекал основной процесс. При этом высота слоя УНТ обозначена величиной h . Поскольку реагент подавался сверху, первыми в контакт с ним вступали УНТ, расположенные в верхней части слоя, поэтому он обозначен как «0». Нижняя камера заканчивается патрубком 6 для выхода газообразных продуктов реакции (оксиды азота, углекислый газ) и паров непрореагировавшей азотной кислоты.

Ранее [1] с помощью представленной лабораторной установки было изучено влияние расхода окисляющего реагента, температуры и продолжительности процесса на ряд свойств функционализированных УНТ.

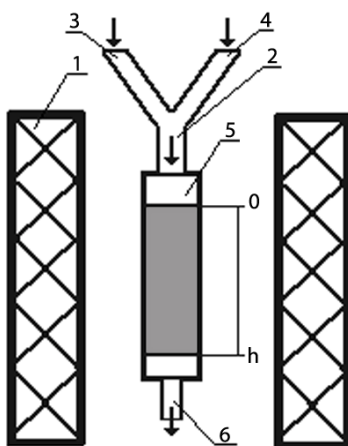


Рис. 1. Схема лабораторной установки для газофазной функционализации углеродных нанотрубок карбоксильными группами

Показано, что с увеличением продолжительности обработки степень функционализации поверхности УНТ COOH -группами (S_f) возрастает. Зависимость роста S_f обусловлена морфологией материала: для многослойных УНТ диаметром до 80 нм («Таунит-МД») производства «Нанотехцентр, Тамбов») она имеет ступенчатый характер; для малослойных тонких УНТ («Таунит-М», «Нанотехцентр», г. Тамбов) она резкая монотонная. Причем, в последнем слое невозможно проводить процесс длительное время, поскольку наблюдается деструкция и полное (до CO_2) окисление материала, сопровождающееся выраженной потерей массы. В целом показано, что посредством газофазного процесса можно получать функционализированные УНТ с высокими значениями S_f , однако время окисления должно быть оптимальным и строго лимитированным.

Однако при масштабировании этого процесса необходимо выяснить, при каких условиях окисление УНТ в стационарном слое является наиболее равномерным, и оценить влияние предварительной очистки УНТ от примесей металлоксидных катализаторов на эффективность функционализации. В ходе экспериментов оценивалась степень функционализации УНТ, пробы которых брались из разных по высоте точек стационарного слоя. Показано, что S_f очищенных от примесей металлоксидного катализатора УНТ с температурой несколько возрастает. При 160°C она варьирует в пределах от 0,7 до 0,9 ммоль/г. Причем окисление в слое УНТ протекает равномерно (рис. 2).

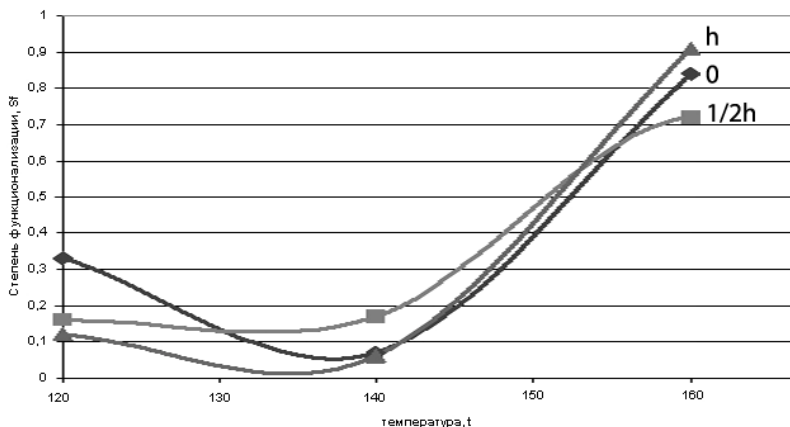


Рис. 2. Зависимости степени функционализации карбоксильными группами (S_f) очищенных от примесей металлоксидного катализатора УНТ «Таунит-М» на различных по высоте уровнях стационарного слоя от температуры при окислении в парах азотной кислоты

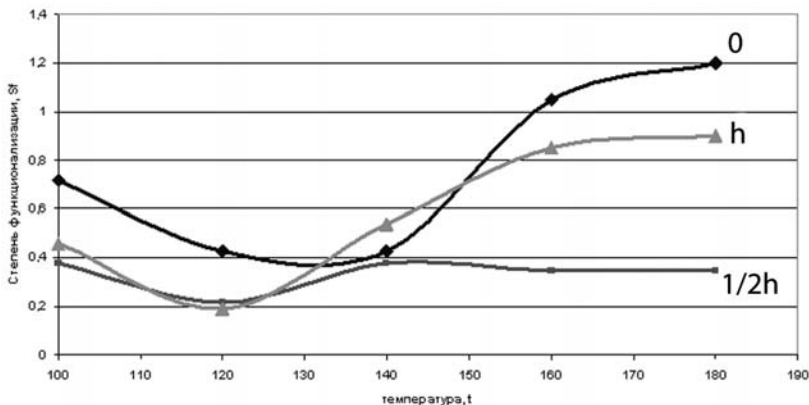


Рис. 3. Зависимости степени функционализации карбоксильными группами (S_f) неочищенных от примесей металлоксидного катализатора УНТ «Таунит-М» на различных по высоте уровнях стационарного слоя от температуры при окислении в парах азотной кислоты

При окислении в парах азотной кислоты предварительно неочищенных УНТ максимальная степень функционализации достигает 1,2 ммоль/г в верхней части слоя УНТ (рис. 3). Однако процесс протекает крайне неравномерно по высоте лабораторного реактора. Это можно объяснить тем, что остатки катализатора, в частности, переходных металлов в парах азотной кислоты могут образовывать нитраты, которые при температуре процесса тут же разлагаются и образуют нелетучие оксиды. Возможно из-за установления равновесия «нитрат переходного металла \leftrightarrow оксид переходного металла» частицы переходных металлов могут мигрировать по поверхности нанотрубок. В то же время известно, что они являются катализаторами процессов окисления. Следовательно, за счет их присутствия и миграции по поверхности, возможна пришивка карбоксильных групп не только на местах первоначальных дефектов. Протекание дополнительных, возможно, экзотермических вызывает появление точек локального перегрева в слое УНТ, из-за чего окисление становится неравномерным.

Следовательно, газофазное окисление очищенных от катализатора УНТ возможно в стационарном насыпном слое. Однако степень функционализации продукта при этом будет не столь высока. При окислении в парах азотной кислоты неочищенных УНТ позволяет достичь более высоких значений S_f , но реализовывать данный процесс необходимо при иных условиях. Предположительно это должен быть аппарат с псевдооживленным слоем УНТ.

Список литературы

1. *Исследование* газофазного окисления углеродных нанотрубок / С. Ю. Горский, Т. П. Дьячкова, А. Г. Ткачев и др. // Научное обозрение. – 2012. – № 6. – С. 173 – 176.

Работа выполнена на кафедре «Техника и технологии производства нанопроductов» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 539.2-022.532

*И. В. Аносова**

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА НА ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ

В последние годы ведется разработка материалов для конденсаторов и электрохимических элементов на основе композитов, представляющих собой дисперсные носители, модифицированные электропроводящим полимером полианилином (ПАНИ). Среди известных электропроводящих полимеров полианилин отличается относительной дешевизной, поскольку синтезируется из доступного прекурсора – анилина. Кроме того, структура, физико-химические и электронные свойства материалов на основе ПАНИ могут меняться в широких пределах в зависимости от условий их синтеза, морфологии дисперсных носителей и способа их предварительной подготовки.

Для масштабного применения композиционных материалов необходимо выяснить оптимальные параметры процессов, приводящих к созданию определенных типов структур из функциональных и вспомогательных компонентов, а также разработать экономически оправданные технологии производства.

Целью настоящей работы явилось исследование кинетических закономерностей протекания процессов окислительной полимеризации анилина на поверхности дисперсных носителей: углеродных нанотрубок (УНТ), многослойного окисленного графена (МГО), слоистого силиката монтмориллонита (ММТ); установление взаимосвязи между

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. П. Дьячковой.

структурой и свойствами полученных нанокомпозитов с условиями синтеза, морфологическими особенностями подложки.

В работе использовались исходные и предварительно функционализированные СООН-группами УНТ «Таунит-М» ($d = 8...15$ нм, $l = 2$ мм; $S_{уд} = 300...320$ м²/г) (произведенный ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов). Использованный в работе многослойный окисленный графен имеет чешуйчатую структуру, средняя толщина отдельных структурных единиц составляет около 5 нм. Чешуйки содержат на периферии графеновых слоев кислородсодержащие группы, что улучшает совместимость этого материала со многими полимерами, в том числе с макромолекулами полианилина. Для стабилизации водных дисперсий МГО в ряде экспериментов применялся диспергатор НФ, относящийся к поверхностно-активным веществам анионного типа. Монтмориллонит, использованный в работе, состоит из тонкочешуйчатых агрегатов размерами менее 1 мкм.

Температурные профили окислительной полимеризации анилина во всех случаях указывают на экзотермичность процесса (рис. 1). В отсутствие темплата (дисперсного носителя) реакция характеризуется наличием индукционного периода, в течение которого температура реакционной массы практически не изменяется. В течение этого периода происходит формирование нуклеатных центров роста полимерных цепочек. При наличии в реакционной массе дисперсных носителей продолжительность индукционного периода окислительной полимеризации изменяется: на монтмориллоните она увеличивается примерно в 2 раза (кривая *б* рис. 1, *в*), а на углеродных носителях – УНТ (рис. 1, *а*) и МГО (рис. 1, *б*), – напротив, сокращается вплоть до полного отсутствия. В работе [1] ускоряющее действие наноуглеродного темплата на данную реакцию связывают как с появлением дополнительных поверхностей для адсорбции промежуточных продуктов, так и с более легкой передачей электронов от окисляющейся частицы к восстанавливающейся благодаря электропроводящим свойствам подложки. Но превалирующее влияние, видимо, здесь оказывает второй из названных факторов. Так, монтмориллонит – непроводящий материал, обладающий высокой удельной поверхностью, на которой могут сорбироваться промежуточные продукты реакции, что, однако, не способствует увеличению скорости процесса. По температурному профилю, напротив, можно сделать вывод о замедлении протекающих процессов. Углеродные наноматериалы (УНТ и МГО) катализируют окислительную полимеризацию анилина, главным образом, за счет своих электропроводящих свойств.

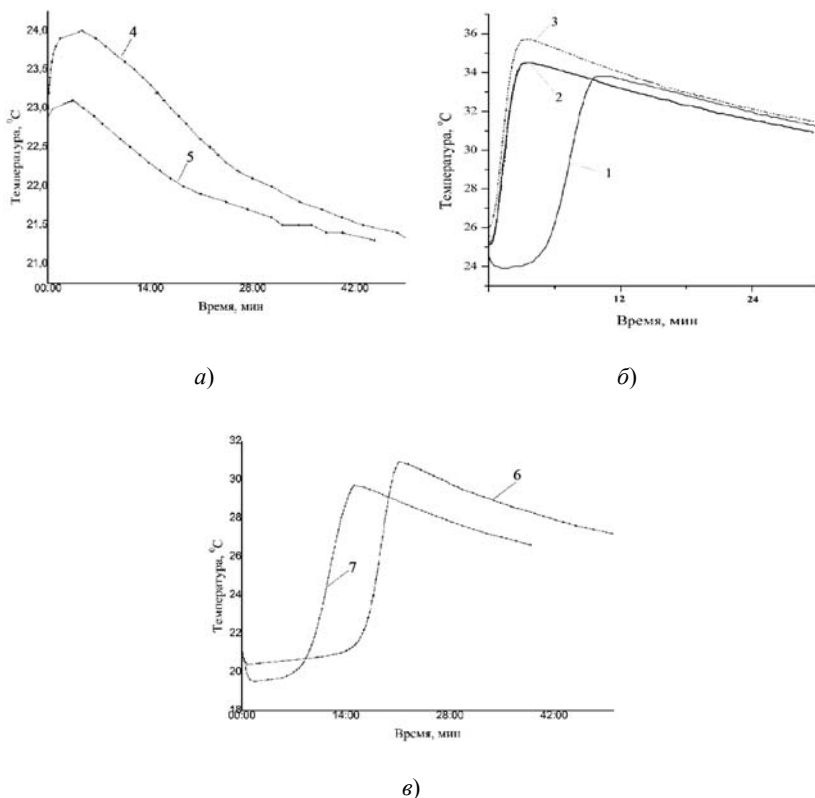


Рис. 1. Температурные профили реакции окислительной полимеризации анилина:

а – без УНТ (1), в присутствии исходных (2) и предварительно окисленных УНТ «Таунит-М» со степенью функционализации COOH-группами, равной 0,18 ммоль/г (3); *б* – на поверхности МГО в исходной (4) и стабилизированной диспергатором НФ (5) водной суспензии с содержанием МГО 2,5 г/л; *в* – на поверхности МТТ (6); без ММТ (7)

Наличие карбоксильных групп на поверхности УНТ не влияет на скорость реакции, но способствует дополнительному протеканию процессов, сопровождающихся незначительным выделением теплоты, о чем свидетельствуют более высокие значения температур в точках экстремумов на кривых рис. 1, *а*. Вероятно, экзотермическими являются процессы взаимодействия олигомерных зародышей полианилиновых цепочек с карбоксильными группами.

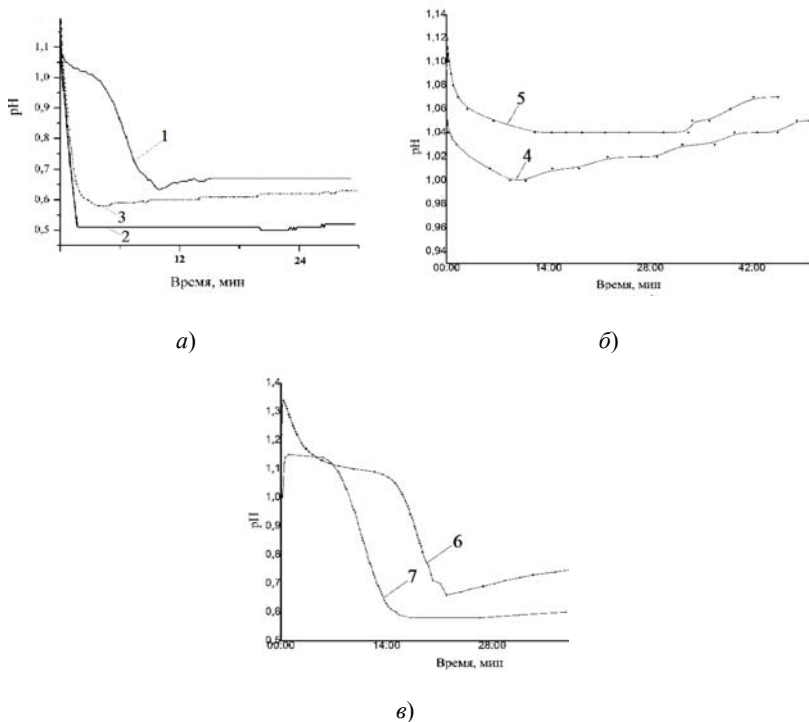


Рис. 2. Изменение рН в ходе окислительной полимеризации анилина:
a – без УНТ (1), в присутствии исходных (2) и предварительно окисленных УНТ «Таунит-М» со степенью функционализации COOH-группами, равной 0.18 ммоль/г (3); *б* – на поверхности МГО в исходной (4) и стабилизированной диспергатором НФ (5) водной суспензии с содержанием МГО 2,5 г/л;
в – на поверхности МТГ (6); без ММТ (7)

При использовании предварительно стабилизированной диспергатором НФ суспензии графена значение температуры в точке экстремума снижается.

Процесс окислительной полимеризации сопровождается снижением рН среды (рис. 2), что находится в соответствии со схемой протекания реакции [2]. В присутствии УНТ значение рН в точке минимума рН снижается, а скорость достижения его, напротив, увеличивается (рис. 2, *a*), что соответствует температурным профилям реакции. Если на поверхности УНТ имеются COOH-группы, то рН среды в ходе окислительной полимеризации снижается не столь значительно, как в присутствии исходных углеродных нанотрубок.

Изменение рН в ходе модифицирования МГО полианилином проходит через минимум, после достижения которого рН начинает возрастать (рис. 2, б), что может быть связано с сорбцией ионов, обуславливающих кислотность среды на поверхности композита ПАНИ/МГО. Наличие стабилизатора суспензии (диспергатора НФ) несколько повышает рН и стабилизирует его значение в течение некоторого времени после достижения минимального значения (кривая 5, рис. 2, б).

В присутствии ММТ на кривых рис. 2, в на начальном участке наблюдается заметное снижение рН, после которого ход зависимости приобретает вид, типичный для окислительной полимеризации анилина в отсутствие темплата, с той лишь разницей, что скорость процесса несколько снижается. На конечном участке кривой 5 (рис. 2, в) наблюдается некоторое увеличение рН, что также, возможно, связано с сорбцией ионов водорода на поверхности сформировавшегося композита.

Выявленные закономерности свидетельствуют о выраженном влиянии природы дисперсного носителя на закономерности окислительной полимеризации анилина и о сложном механизме протекающих процессов. Для объяснения полученных результатов необходимо проведение дополнительных исследований и изучение свойств полученных композиционных материалов на основе МГО и ММТ. Также в задачи дальнейшей работы входит оптимизация условий окислительной полимеризации анилина на поверхности различных дисперсных носителей с целью получения материалов с заданными контролируемыми свойствами не только в лабораторных условиях, но и на производстве.

Список литературы

1. *Konyushenko, E. N.* Multi-wall carbon nanotubes coated with polyaniline / E. N. Konyushenko, J. Stejskal, M. A. Trchova // *Polymer*. – 2006. – V. 47. – P. 5715 – 5723.
2. *Stejskal, J.* Polyaniline nanostructures and the role of aniline oligomers in their formation / J. Stejskal, I. Sapurina, M. Trchová // *Progress in Polymer Science*. – 2010. – V. 35. – P. 1420 – 1481.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 12-03-97555р_центр_а).

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

*С. Б. Сомова, Д. В. Бокатанова**

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

При изучении влияния состава сложных металлоксидных катализаторов типа $MgAlCoFeMoO_x$ с различными соотношениями переходных и непереходных металлов на выход малослойных УНТ типа Таунит-4, получаемых в лабораторном реакторе то методом CVD с применением ацетона в качестве вещества-источника углерода [1] проведена предварительная оптимизация состава. Однако, ряд вопросов, касающихся метода синтеза катализатора и его подготовки для синтеза нанотрубок, остался невыясненным.

Целью настоящей работы является выяснение оптимального состава катализатора для получения с наибольшим выходом малослойных УНТ типа Таунит-4, представляющих собой УНТ с числом слоев 1-4, наружным диаметром 4...8 нм, длиной несколько десятых долей миллиметра и удельной поверхностью 600...700 м²/г, а также зависимость выхода УНТ на катализаторе одного состава, синтезированного разными методами.

За основу взят ранее разработанный катализатор типа $MgAlCoFeMoO_x$, с которым ранее получен выход УНТ Таунит-4 1,5...2 г/г катализатора при использовании ацетона в качестве вещества-источника углерода. УНТ Таунит-4 синтезировали методом CVD с применением паров ацетона, разбавленных аргоном, в качестве вещества-источника углерода. Синтез УНТ проводили в течение 30 мин при 800 °С в горизонтальном трубчатом кварцевом реакторе. В настоящей работе также получены несколько образцов катализаторов, при синтезе которых лимонную кислоту заменили другими органическими соединениями – аминокислотой, карбамидом. Также получен образец катализатора методом со-осаждения. В таблице 1 сопоставлены выходы УНТ на катализаторах одного состава ($CoFeMoMgAl$), синтезированных различными методами.

Сравнивая выходы УНТ, полученных с применением этих катализаторов, можно сделать вывод о том, что оптимальным является метод синтеза катализатора с применением лимонной кислоты.

* Работа выполнена под руководством канд. хим. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Мележика.

1. Зависимость выхода УНТ от состава и способа получения катализатора

Состав катализатора	Способ получения катализатора	Выход углерода г/г кат.	Выход углерода г/г мет.
$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,01833}Mo_{0,0133}$	Лимонная кислота	3,44	33,9
$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,01833}Mo_{0,0133}$	Аминоксусная кислота	2,05	17,9

Катализаторы, синтезированные с применением аминоксусной кислоты и карбамида дали меньший выход, а образец катализатора, полученный методом со-осаждения из водного раствора солей металлов аммиаком, не дал никаких результатов, потому что получился очень плотным, с мало развитой поверхностью. В дальнейшем рассмотрим катализатор, синтезированный с применением лимонной кислоты.

Методика синтеза, применяемая нами ранее и описанная в литературе, включает нагревание раствора нитратов металлов в присутствии лимонной кислоты. Сделана попытка исследовать эти превращения, проводя термообработку исходной смеси нитратов металлов (состав соответствует соотношению $MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,0275}Mo_{0,0133}$) с лимонной кислотой с выдержкой при определенных температурах. Так, раствор исходных соединений выдержали в муфельной печи в течение 5 ч при 250 °С. Получили очень объемистую твердую пену. Кажущийся объем полученного вещества приблизительно соответствовал объему катализатора, полученному при быстром нагревании исходной смеси компонентов до 500 °С. Таким образом, формирование пористой структуры катализатора происходит на ранних стадиях термообработки, до 250 °С. На рисунке 1 приведены ТГ и ДСК кривые для этого вещества, записанные на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter фирмы Netzsch.

Как видно из рисунка, при нагревании этого вещества на воздухе происходит потеря 70% массы причем, наиболее быстрая потеря массы происходит при температурах около 400 и 520 °С. Выше этой температуры остаются оксиды металлов, которые термически стабильны. Таким образом, вещество, полученное после термообработки при 250 °С, представляет собой органо-неорганический полимер, содержащий около 30% минеральных компонентов.

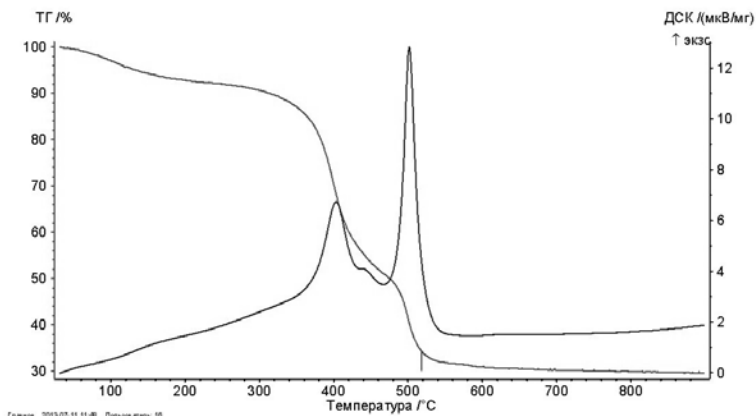


Рис. 1. ТГ и ДСК кривые для полупродукта синтеза катализатора состава $MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,0275}Mo_{0,0133}$, после предварительной выдержки в течение 5 ч при 250 °С

Исследовали каталитическую активность веществ, полученных в различных условиях термообработки, в синтезе УНТ. Для этого органо-неорганический полимер, полученный при 250 °С, дополнительно термообработан по два часа при 300, 400, 500 и 600 °С. В таблице 2 приведен выход углерода (УНТ) на катализаторах после их термообработки при разных температурах.

Из таблицы 2 видно, что, несмотря на почти полное удаление органических компонентов уже после термообработки при 400 °С, выход УНТ резко возрастает при термообработке при 600 °С. Возможно, при этом происходит кристаллизация минерального остатка катализатора.

2. Выход углерода (УНТ) на катализаторах после их термообработки при разных температурах

Температура термообработки	Массовое содержание минерального остатка, %	Выход УНТ, г/г минерального остатка
250 °С (5 ч)	33,0	—
300 °С (2 ч после 250°С)	40,8	—
400 °С (2 ч после 250 °С)	94,8	1,62
500 °С (2 ч после 250 °С)	98,8	1,62
600 °С (2 ч после 250 °С)	100	2,78

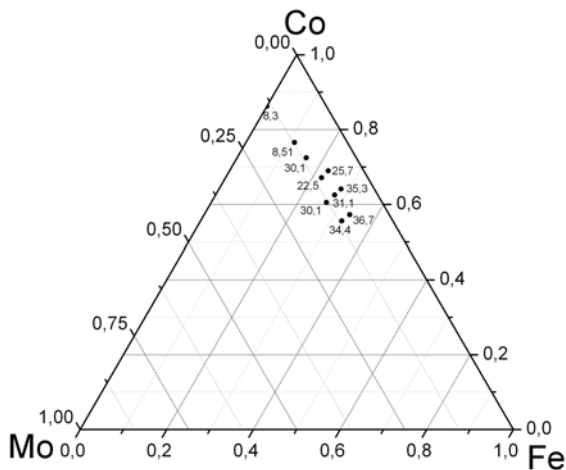


Рис. 2. Зависимость выхода углерода (УНТ) от состава катализаторов в расчете на каталитически активные металлы (Fe + Co + Mo). Содержание активных металлов в катализаторах 10...14% (остальное MgO + Al₂O₃).

На диаграмме рис. 2 приведены выходы углерода (УНТ) для катализаторов различного состава, рассчитанные на 1 г суммы каталитически активных металлов.

Из диаграммы видна область составов, при которых достигается наибольший выход УНТ.

Данные, полученные в настоящей работе, являются важными для проектирования производства металлоксидных катализаторов.

Список литературы

1. *Сомова, С. Б.* Синтез и исследование катализаторов для получения малослойных углеродных нанотрубок / С. Б. Сомова, Д. В. Бокатанова // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых аспирантов, студентов – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – Вып. IV. – С. 42 – 45.

2. *Синтез* пучков многостенных углеродных нанотрубок на катализаторе FeCoMo/Al₂O₃ / А. Г. Ткачев, А. В. Мележик, М. А. Смыков и др. // Химическая технология. – 2010. – Т. 11, вып. 12. – С. 725 – 732.

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

*К. Д. Богаева, А. К. Сухоруков**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Модифицированные углеродные нанотрубки (УНТ), на поверхности которых имеются функциональные группы, обладают высоким сродством к полимерным матрицам и обладают повышенной диспергируемостью в них. Применение функционализированных УНТ в составе полимерных композиционных материалов является эффективным и экономически выгодным, поскольку позволяет значительно снизить расходные нормы.

В литературе описано множество способов пришивки к поверхности УНТ необходимых функциональных групп. Однако, как правило, при их реализации требуется применение токсичных дорогостоящих реактивов. В условиях же растущего спроса на функционализированные формы необходима разработка способов модифицирования УНТ, допускающих масштабирование до промышленного производства.

В настоящей работе исследован процесс озонирования исходных и предварительно очищенных от примесей металлоксидного катализатора УНТ «Таунит-МД» (производства «Нанотехцентр», г. Тамбов). Проведено две серии опытов. В первой из них осуществлялась обработка УНТ смесью озона с неосушенным воздухом в лабораторной установке, состоящей из компрессора воздуха, озонатора, реакционной колбы с УНТ и блока утилизации непрореагировавшего озона. Во второй серии подаваемый в озонатор воздух предварительно осушивался для увеличения концентрации озона в окисляющей смеси. Затем в озонно-воздушную смесь подавался активирующий реагент (безводная азотная кислота или триоксид серы, образующийся при испарении олеума). Окисление этой смесью протекало в реакционном сосуде, после которого газовая смесь очищалась от паров активирующего реагента и непрореагировавшего озона.

Идентификацию поверхностных функциональных групп осуществляли методом ИК-спектроскопии (рис. 1). На поверхности озонированных различными способами УНТ имеются алкильные группы (пики при 1300...1400, 2850...3000 см⁻¹). Они являются остатками углеводородного сырья, применяемого в CVD-синтезе углеродных нанотрубок.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. П. Дьячковой.

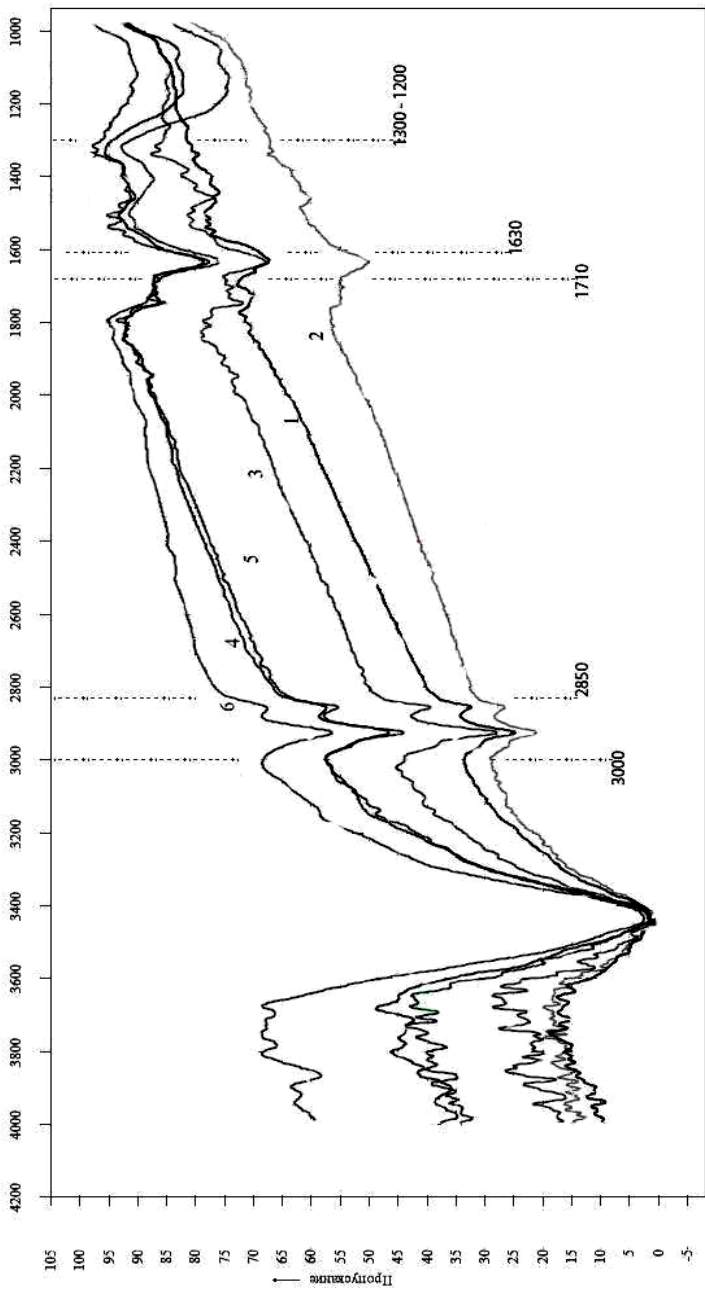


Рис. 1. ИК-спектры УНТ «Тауниг-МД», окисленных озонном в течение 2 (1, 4); 4 (2, 5) и 8 (3, 6) часов.
Активатор озонирования – пары азотной кислоты (1, 2, 3), триоксид серы (4, 5, 6)

В результате окисления появляются гидроксильные ($3440 \dots 3600 \text{ см}^{-1}$), карбонильные ($1620 \dots 1680 \text{ см}^{-1}$) и карбоксильные ($1710 \dots 1780 \text{ см}^{-1}$) группы. Причем при использовании в качестве активатора процесса паров безводной азотной кислоты пики на ИК-спектрах, соответствующие карбоксильной группе, выражены сильнее. А при использовании в качестве активатора процесса триоксида серы на поверхности УНТ, очевидно, появляются группы состава $-\text{O}-\text{C}-\text{O}-$ ($1100 \dots 1200 \text{ см}^{-1}$), причем их количество по мере увеличения продолжительности обработки становится больше.

При окислении УНТ озоном целесообразно предварительно очищать их от примесей металлоксидных катализаторов, поскольку O_3 в первую очередь реагирует с металлами и оксидами переменной валентности, переводя их в оксиды с высшей степенью окисления, а только потом начинает окислять поверхность УНТ. Так, при неактивированном озонировании в течение четырех часов степень функционализации COOH -группами предварительно очищенных от катализатора углеродных нанотрубок составляла $0,23 \text{ ммоль/г}$, а для исходных – $0,12 \text{ ммоль/г}$.

Показано, что изменение степени функционализации УНТ «Таунит-МД» карбоксильными группами во времени в ходе окисления озоном при использовании различных активаторов процесса (рис. 2) проходит через максимум, соответствующий четырем часам.

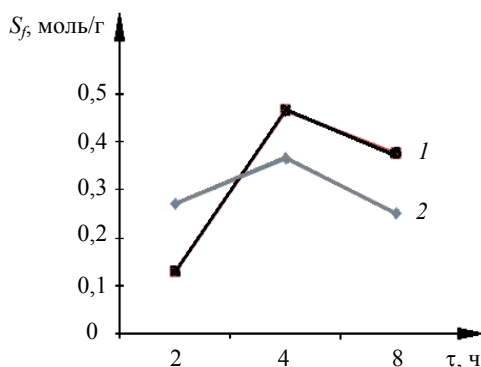


Рис. 2. Изменение степени функционализации неочищенных УНТ «Таунит-МД» карбоксильными группами (S_f) во времени при окислении озоном, активированном: 1 – парами азотной кислоты; 2 – триоксидом серы

Для объяснения наблюдаемого эффекта необходимо проводить расширенный эксперимент, поскольку при построении данной зависимости использовались неочищенные УНТ. Однако на основании полученной зависимости можно сделать вывод об оптимальном времени процесса.

При малом времени процесса (2 ч) степень функционализации поверхности УНТ COOH -группами выше при активировании озона триоксидом серы (рис. 2). Использование паров азотной кислоты в качестве активатора процесса окисления при более длительном времени процесса (4 и 8 ч) способствует появлению на поверхности УНТ большего количества карбоксильных групп, чем при использовании триоксида серы. Это подтверждает вывод, сделанный ранее на основании ИК-спектров.

По данным диаграммы (рис. 3) выводы о целесообразности предварительной очистки УНТ от примесей катализатора справедливы и при активированном озонировании.

На основании проведенных исследований показано, что использование добавок паров азотной кислоты и триоксида серы к смеси озона с воздухом активирует процесс окисления, что выражается в увеличении степени функционализации поверхности УНТ карбоксильными группами и возможности эффективного протекания процесса при комнатной температуре.

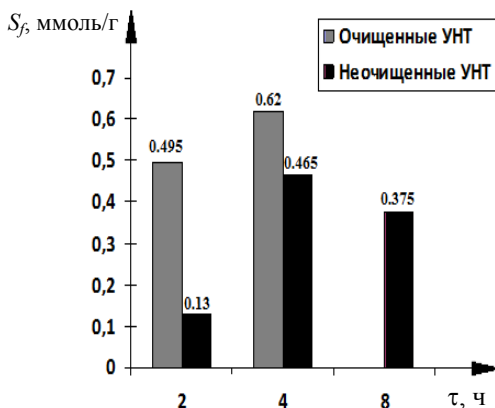


Рис. 3. Степень функционализации карбоксильными группами УНТ «Таунит-МД» (S_f , ммоль/г) окисленных смесью озона с осушенным воздухом. Активация парами азотной кислоты

Окисленные озонем углеродные нанотрубки обладают лучшей, по сравнению с исходными УНТ, диспергируемостью как в полярных, так и неполярных средах. В частности, показана эффективность их использования в качестве модифицирующей добавки к моторному маслу с целью улучшения его трибологических свойств.

Работа выполнена на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 544.723+541.64

Д. В. Бокатанова, С. Б. Сомова*

СИНТЕЗ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЛАБОРАТОРНОМ ТРУБЧАТОМ РЕАКТОРЕ

Однослойные (ОНТ) и двуслойные (ДНТ) углеродные нанотрубки обладают высокими физико-механическими и электрофизическими параметрами, превышающими аналогичные параметры многослойных (МНТ) нанотрубок. Однако, синтез ОНТ и ДНТ является более сложным и дорогостоящим, чем МНТ. В ряде случаев для создания различным композиционным материалов могут найти применение малослойные углеродные нанотрубки, представляющие собой смесь УНТ различного диаметра, обычно с преобладанием ДНТ. Ранее нами была проведена предварительная оптимизация процесса получения малослойных УНТ типа «Таунит-4» в лабораторном реакторе [1]. Однако, ряд вопросов остался не выясненным. Целью настоящей работы является выяснение оптимальных технологических режимов синтеза малослойных УНТ типа «Таунит-4» с целью достижения наибольшего выхода.

Синтез УНТ проводили методом CVD в трубчатом лабораторном кварцевом реакторе. В качестве катализатора для синтеза УНТ «Таунит-4» применяли сложный металлоксидный катализатор, содержащий оксиды Co, Fe, Mo, Mg, Al. В качестве вещества-источника углерода применяли ацетон, который, как показано ранее [1], позволяет получить хорошие результаты в данной системе.

Синтез катализаторов проводили методом термического разложения растворов, содержащих нитраты металлов, молибдат аммония и лимонную кислоты в рассчитанных количествах. Навеску катализатора

* Работа выполнена под руководством канд. хим. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Мележика.

помещали в реактор на графлексовой подложке и предварительно восстанавливали водородом при 800 °С, после чего в реактор пускали рабочую газовую смесь, состоящую из аргона и паров ацетона. Испарение ацетона проводили в испарителе, помещаемом на входе в реактор. Скорость подачи ацетона задавали с помощью шприцевого дозатора ДШВ-01. Синтез УНТ проводили при 800 °С. Эта температура ранее найдена как оптимальная в данной системе.

На рисунке 1 показана зависимость выхода углерода (УНТ) от времени выращивания, при постоянной скорости подачи аргона (0,5 л/мин) и ацетона (34,9 мл/ч).

Как видно из рисунка, в данной системе не наблюдается выхода на предельную величину. Чем больше время выращивания, тем больше выход УНТ. Вероятно, при дальнейшем увеличении времени выращивания выход УНТ можно было бы еще увеличить. Однако известно, что в подобных системах часто наблюдается ухудшение качества нанотрубок при слишком большом времени выращивания. Это происходит потому, что со временем катализатор теряет активность, в результате чего начинают идти побочные реакции, например осаждение аморфного углерода. Учитывая это, время 30 мин можно выбрать как оптимальное, при котором обеспечивается приемлемый выход УНТ и хорошее качество.

Наряду с временем выращивания, выход и качество УНТ в большой мере зависят от природы и метода подготовки катализатора. Часто в процессах CVD-синтеза УНТ катализатор восстанавливают водородом перед пуском углерод-содержащего газа.

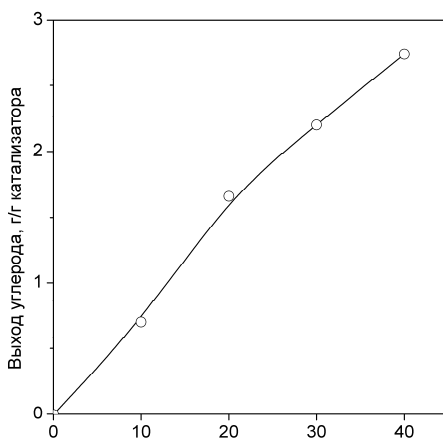


Рис. 1. Зависимость выхода углерода (УНТ) от времени выращивания

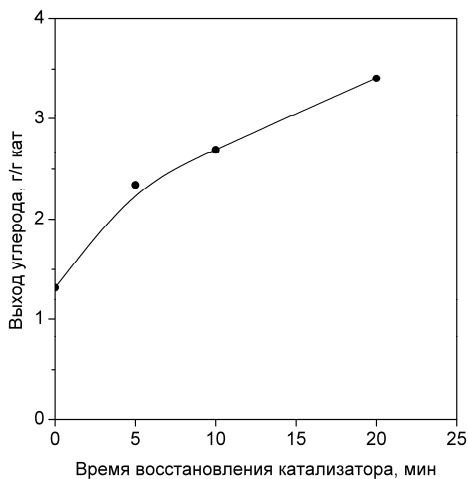


Рис. 2. Зависимость выхода углерода (УНТ) от времени предварительного восстановления катализатора водородом

При восстановлении на металл-оксидном катализаторе образуются частицы каталитически активных металлов, на которых далее нарастают углеродные нанотрубки. Однако в ряде случаев в предварительном восстановлении катализатора водородом нет необходимости, потому что при применении в качестве источников углерода углеводородов последние сами по себе обеспечивают восстановление катализатора. В случае применения ацетона необходимость предварительного восстановления катализатора водородом неясна. Для выяснения этого вопроса изучили зависимость выхода углерода (УНТ) от времени предварительного восстановления катализатора водородом (рис. 2). Как видно из рисунка, выход УНТ растет при увеличении времени предвосстановления катализатора. Вероятно, в ходе восстановления происходит образование кластеров каталитически активных металлов (Co, Fe, Mo), на которых и происходит рост УНТ.

Ранее нами показано, что в процессе CVD синтеза УНТ из ацетона важную роль играют промежуточные частицы, образующиеся при термических превращениях ацетона (вероятно, кетен и дикетен), что проявлялось в экстремальной зависимости выхода УНТ от скорости подачи компонентов газовой смеси в реактор. Если это так, то расстояние от места впуска паров ацетона в реактор до катализатора тоже должно существенно влиять на выход, поскольку концентрация продуктов превращения молекул ацетона изменяется во времени. На рисунке 3 показано влияние размещения катализатора на выход углерода.

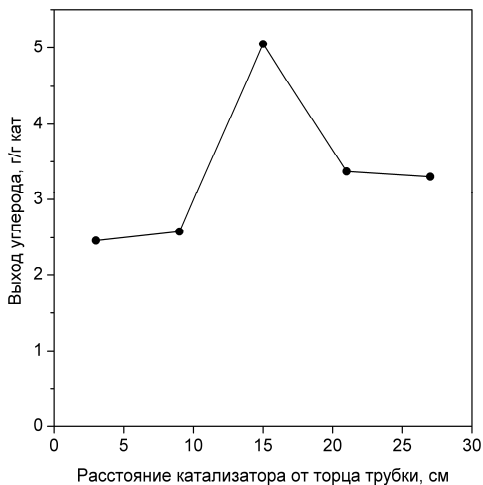


Рис. 3. Зависимость выхода углерода (УНТ) от размещения катализатора на графлексовой подложке

В данном случае, время термических превращений ацетона до его контакта с катализатором определяется расстоянием катализатора от торца трубки, через которую производится подача паров ацетона в реактор.

Из этого графика видно, что наибольший выход углерода наблюдается при размещении катализатора на расстоянии 16...17 см от торца газоподводящей трубки. Эти данные можно интерпретировать следующим образом. При слишком малом расстоянии ацетон не успевает превратиться в активные частицы, реагирующие с катализатором.

Если же расстояние слишком большое, происходят вторичные термические превращения этих активных частиц, в результате чего выход УНТ также снижается. Эти данные важны для выбора оптимальной конфигурации реактора при проектировании крупномасштабной технологии производства УНТ «Таунит-4».

Список литературы

1. Бокатанова, Д. В. Исследование влияния технологических режимов на синтез малослойных углеродных нанотрубок / Д. В. Бокатанова, С. Б. Сомова // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – Вып. IV. – С. 46 – 49.

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

*Б. И. Котомин, В. Ю. Польшиков,
А. А. Алекторов, А. А. Добросоцкий**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАМЕНИ

При организации производства наноматериалов необходимо учитывать токсичность, пожаро- и взрывоопасность, химическую агрессивность, воздействие на атмосферу исходных веществ и ингредиентов, выделяющихся в процессе синтеза и обработки. На сегодняшний момент предварительные результаты показывают, что риск, связанный с получением наноматериалов, меньше или сравним с риском, связанным со многими другими видами промышленной деятельности. В связи с чем производство нанопродуктов должно, в первую очередь, удовлетворять общим санитарно-гигиеническим требованиям, нормативам по пожаровзрывобезопасности и экологическим стандартам, регламентирующим количество выбросов и отходов производства.

В последнее время наибольшие успехи достигнуты в исследованиях углеродных наноструктурных материалов (УНМ) в виде нанотрубок и нановолокон. Эти два класса наноструктур в наибольшей степени приблизились к переходу от опытного к массовому промышленному производству и применению. Поэтому они в первую очередь должны рассматриваться с точки зрения обеспечения технологической и экологической безопасности. В этой связи весьма эффективным будет использование на всех стадиях производства новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые обеспечат минимизацию вредных выбросов.

Наиболее простыми теплообменными устройствами, которые на сегодняшний момент широко используются в схемах синтеза УНМ, являются теплообменники с внутренними источниками теплоты, т.е. различного типа электронагреватели. Их достоинствами являются простота устройства и монтажа, а также удобство регулирования. Недостатком – большие эксплуатационные затраты, из-за высокой стоимости электроэнергии.

Одной из доступных альтернатив электрическому нагреву, обеспечивающих необходимые температурные диапазоны в процессах по-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. А. Баранова.

лучения катализатора, синтеза УНМ, и на вспомогательных стадиях, может служить использование различного рода горелочных устройств, в которых используется энергия органического топлива. Однако использование традиционных методов сжигания имеет существенные недостатки: невысокий КПД, малая теплонапряженность, экологическая нагрузка за счет высокого содержания в продуктах сгорания монооксида углерода CO , окислов азота N_xO_y , алифатических и ароматических углеводородов C_xH_y . Поэтому применительно к нанотехнологиям необходимо развитие высокоэффективной теплотехники, обеспечивающей требуемый уровень экологической безопасности. В этом направлении весьма перспективным представляется реализация процессов пульсирующего горения в аппаратах специальной конструкции. Такой режим горения позволяет обеспечить максимальную полноту тепловыделения топлива, существенно интенсифицировать тепло-массообменные процессы и повысить теплонапряженность. При таких условиях очевидно уменьшение металлоемкости конструкции, сокращение затрат на монтаж и обслуживание технологического оборудования. Кроме того, продукты сгорания отвечают самым жестким экологическим требованиям.

Конструктивно аппараты пульсирующего горения (АПГ) достаточно просты и включают камеру сгорания, в полости которой реализуется объемное горение топлива, аэродинамический клапан, обеспечивающий подачу воздуха в камеру сгорания в режиме самовсаса без внешних дутьевых устройств, и резонансную трубу, из которой происходит высокоскоростное истечение продуктов сгорания. Аэродинамический клапан, камера сгорания и резонансная труба образуют акустическую систему. На первой собственной частоте этой системы происходит процесс пульсирующего горения в резонансном режиме. Наружные стенки камеры сгорания и резонансной трубы могут служить поверхностями рекуперативного теплообмена для нагрева исходного углеродсодержащего газа при получении УНМ методом газофазного химического осаждения углерода в присутствии катализатора, а горючие газообразные выбросы, выделяющиеся в процессе синтеза, могут быть утилизированы сжиганием в АПГ. Высокоскоростной пульсирующий поток продуктов сгорания может быть использован для получения оксидных катализаторов термическим методом. При смешении продуктов сгорания с воздухом и снижении температуры полученный теплоноситель может использоваться для термической очистки УНМ от неструктурных форм углерода и в качестве сушильного агента на завершающей стадии сушки после операций кислотной отмывки и нейтрализации. Использование АПГ позволяет также осуще-

ствлять нагрев технологических жидкостей. В частности, в рубашке или змеевике, установленном на АПГ можно подготавливать теплоноситель для интенсификации процессов приготовления катализаторного прекурсора и очистки полученного продукта.

В настоящее время с успехом развиваются технологии синтеза углеродных наноструктурных материалов непосредственно в пламени при реализации горения богатых топливных смесей в присутствии катализаторных систем. Обзор литературы и патентный поиск не дали результатов по установлению уровня техники и технологии в области синтеза углеродных наноструктур в пламени аппаратов пульсирующего горения. Это обстоятельство достаточно легко объяснить. Теоретически, в ряде работ [1, 2], показано, что пульсирующее горение можно организовать как в области богатых топливных смесей (с недостатком окислителя), так и в области обедненных (с избытком окислителя). Традиционные теплотехнические процессы выгодно вести с избытком окислителя, обеспечивая тем самым полноту сгорания топлива и малую эмиссию вредных составляющих продуктов сгорания. Поэтому устройства пульсирующего горения традиционно проектируют на обедненные топливные смеси, на которых легко реализуется устойчивое пульсирующее горение в режиме самовсаса без постоянно действующих источников зажигания. Для организации синтеза УНМ в пламени наоборот необходим недостаток окислителя. В этом случае возникают определенные трудности. В частности, нами предприняты попытки модернизации аппарата пульсирующего горения мощностью 20 кВт, работающего на пропан-бутановой смеси с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,7 \dots 2$. В качестве мероприятий по снижению количества потребляемого воздуха исследовались следующие технологические и конструктивные решения:

- 1) форсированная подача горючего;
- 2) установка сменных диафрагм в аэродинамическом клапане;
- 3) уменьшение площади сечения аэродинамического клапана за счет организации кольцевого канала.

Все перечисленные методы оказались неэффективными, поскольку в первом случае горение прекращалось после некоторого порогового расхода горючего, соответствующего $\alpha = 0,8 \dots 1$. Во втором и третьем случаях автоколебательное пульсирующее горение не реализовывалось без внешнего воздушного дутья.

Тем не менее, необходимые условия для получения углерода в конденсированной фазе с использованием аппаратов пульсирующего горения можно реализовать.

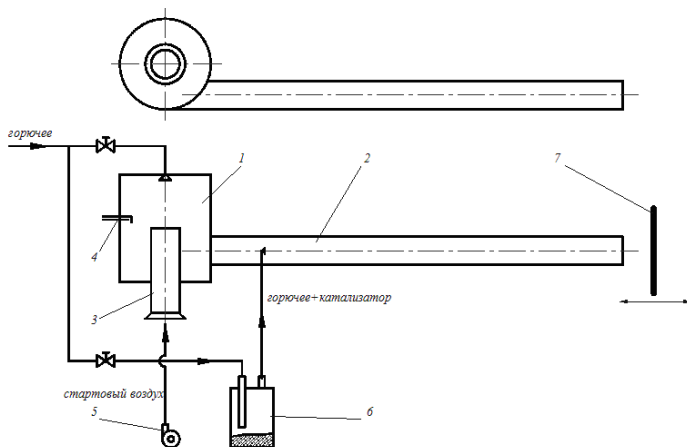


Рис. 1. Схема установки для синтеза углеродных наноструктурных материалов в аппарате пульсирующего горения:
 1 – камера сгорания; 2 – резонансная труба; 3 – аэродинамический клапан;
 4 – запальник; 5 – стартовый вентилятор; 6 – катализаторная емкость;
 7 – подложка-саженакопитель

Для этого предлагается организовать дополнительный подвод горючего в резонансную трубу АПГ (рис. 1). В этом случае высокотемпературные продукты сгорания обедненной топливной смеси вызовут реакцию крекинга дополнительно поданного углеводорода, а при наличии катализаторных систем приведут к образованию наноструктурного углерода и его отложению на подложке.

Предложенная конструкция установки на базе АПГ позволит провести комплекс запланированных исследований и определить перспективы использования пульсирующего горения для синтеза наноструктурного углерода непосредственно в пламени.

Список литературы

1. *Авакумов, А. М.* Нестационарное горение в энергетических установках / А. М. Авакумов, И. А. Чучкалов, Я. М. Щелоков. – Ленинград : Недра, 1987. – 159 с.
2. *Северянин, В. С.* Пульсирующее горение – способ интенсификации теплотехнических процессов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. С. Северянин. – Саратов : Саратовский политехн. ин-т, 1987.

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

*А. С. Першин, Е. А. Петрова**

ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Многие из перспективных направлений в материаловедении, нанотехнологии, нанoeлектронике, прикладной химии связываются в последнее время с фуллеренами, углеродными нанотрубками (УНТ) и другими похожими структурами, которые можно назвать общим термином углеродные наноматериалы, обозначающем различные низкоразмерные структуры или наноструктурированные материалы, основой которых является углерод.

Современное развитие физики и технологии твердотельных наноструктур потребовало разработки новых и усовершенствования существующих диагностических методов, а также создания новых образцов оборудования для анализа свойств и процессов в низкоразмерных системах, в наноматериалах и в искусственно создаваемых наноструктурах. В этом плане особое внимание уделяется созданию и применению взаимодополняющих высокоразрешающих методов практической диагностики и характеристики наноструктур, обеспечивающих получение наиболее полной информации об основных физических, физико-химических и геометрических параметрах наноструктур и протекающих в них процессов.

В настоящее время существует огромное число методов диагностики, еще больше методик исследования физических и физико-химических параметров и характеристик твердотельных и молекулярных структур. Вместе с тем, получение наноструктур, низкоразмерных систем и новых наноструктурированных материалов с заданными свойствами, ставит и новые диагностические задачи. Для решения современных задач диагностики наноструктур требуется адаптация к этим задачам традиционных методов (оборудования), а также развитие новых, прежде всего локальных (до масштабов 0,1 нм) методов исследования и анализа свойств и процессов, присущих объектам нанометровой геометрии и системам пониженной размерности.

Методы нанодиагностики должны быть по возможности неразрушающими и давать информацию не только о структурных свойствах нанообъектов, но и об их электронных свойствах с атомным разрешением. Для разработки нанотехнологий решающим оказывается также возможность контролировать атомные и электронные процессы *in situ*

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. В. Пасько.

с высоким временным разрешением в идеале до времени, которое равно или меньше периода атомных колебаний (до 10^{-13} с и менее). Необходима также диагностика электронных, оптических, магнитных, механических и иных свойств нанообъектов на «наноскопическом» уровне. Невозможность полного удовлетворения этих требований приводит к использованию комплекса методов диагностики нанообъектов, среди которых можно выделить поляризационную микроскопию – метод наблюдения в поляризованном свете для микроскопического исследования препаратов, включающих оптически. Оптические свойства анизотропных микрообъектов различны в различных направлениях и проявляются по-разному в зависимости от ориентации этих объектов относительно направления наблюдения и плоскости поляризации света, падающего на них. Наблюдение можно проводить как в проходящем, так и в отраженном свете. Свет, излучаемый осветителем, пропускают через поляризатор. Сообщенная ему при этом поляризация меняется при последующем прохождении света через препарат (или отражении от него). Эти изменения изучаются с помощью анализатора и различных оптических компенсаторов.

Для подготовки к исследованию частиц УНТ «Таунит» методом поляризационной микроскопии после их синтеза необходимо:

- размельчить некоторое количество УНТ в планетарной мельнице;
- полученный мелкодисперсный порошок УНТ погрузить в водный раствор;
- суспензию обработать с помощью ультразвуковой мешалки;
- зафиксировать образец до образования новых агломератов.

При подготовке образца, особое внимание необходимо уделить качеству измельчения исходного материала на планетарной мельнице, подобрав при этом оптимальный режим работы. Также на результаты поляризационной микроскопии оказывает влияние толщина материала между предметными стеклами. При исследовании толстых слоев создаются условия для наложения разных анизотропных структур друг на друга. Кроме того, при разной толщине образцов могут меняться анизотропные свойства изучаемых структур, поэтому очень важно, особенно при сравнительных исследованиях, обеспечивать постоянную толщину образцов. Рекомендуемая максимальная толщина образца не должна превышать 10 мкм.

Для данного исследования использовался микроскоп Altami 312. Принцип действия подобного рода приборов заключается в получении изображения после облучения исследуемого образца поляризационными лучами (при изменении направления поляризации света проявляются анизотропные свойства образца).

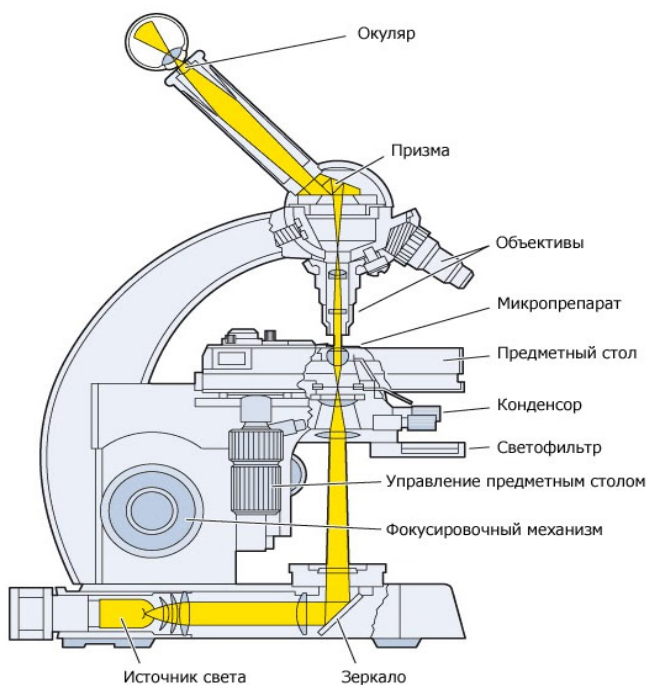


Рис. 1. Схема расположения основных элементов оптического микроскопа Altami

Используемый микроскоп Altami 312 применяется для исследований, как в проходящем поляризованном свете, так и в отраженном. Преимуществом данного микроскопа является наличие линзы Бертрана, помогающей точнее исследовать изменения, проявляющиеся при повороте предметного столика с объектом, сосредотачивая и увеличивая область наблюдения. Так же в устройстве микроскопа Altami 312, предусмотрены вращающиеся и разворачивающиеся друг относительно друга поляризаторы – поляризатор на 360° и анализатор на 180° .

Анализатор находится за объективом по ходу лучей, т.е. между объективом и окуляром (рис. 1). При скрещивании поляризаторов видимое поле должно быть равномерно темным (эффект погашения).

При достижении максимального затемнения настройка микроскопа считается законченной. Затем на предметный столик помещают исследуемый образец УНТ. Делают центровку образца относительно оптической оси, вращающегося на 360° .

*С. И. Семикина, Ю. Н. Колесникова**

СПЕЦИФИКА ПАТЕНТНОГО ПОИСКА В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Основной принцип, лежащий в основе режима защиты интеллектуальной собственности, состоит в том, что защита стимулирует исследования, технические усовершенствования и творческий процесс. Этот принцип можно проследить с конца XVI в. Если использовать аналогии, взятые из технических знаний, то можно справедливо считать патенты катализатором технического прогресса, т.е. патенты делают технические знания товаром.

Статистические данные из зарубежной практики показывают, что менее 10% общего количества патентов, находящихся в портфеле крупных корпораций, специализированных промышленных и венчурных компаний, обычно дают от 60 до 70% общих доходов всего портфеля патентов. Таким образом, инструменты защиты интеллектуальной собственности должны рассматриваться как неотъемлемая часть функции управления технологическим процессом на предприятии, которая призвана поддерживать его технологическую конкурентоспособность и обеспечивать жизнеспособность предприятия в долгосрочном плане.

В соответствии с ГОСТ Р 15.011–96 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» патентные исследования проводятся на различных этапах жизненного цикла продукции, и их результаты используются для выработки важнейших управленческих решений, в том числе при проведении НИР и ОКР, направленных на создание конкурентоспособной продукции.

Одним из важнейших факторов конкурентоспособности продукции является ее высокий технический уровень. Обеспечение этого фактора непосредственно связано с созданием и использованием в объекте разработки объектов интеллектуальной собственности. Оценка технического уровня продукции, которая является традиционным видом патентных исследований, имеет особую значимость в связи с тем, что по результатам такой оценки принимаются решения о постановке продукции на производство, снятии ее с производства, а также устанавливается цена этой продукции и формируется ее реклама и т.д.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. В. Пасько.

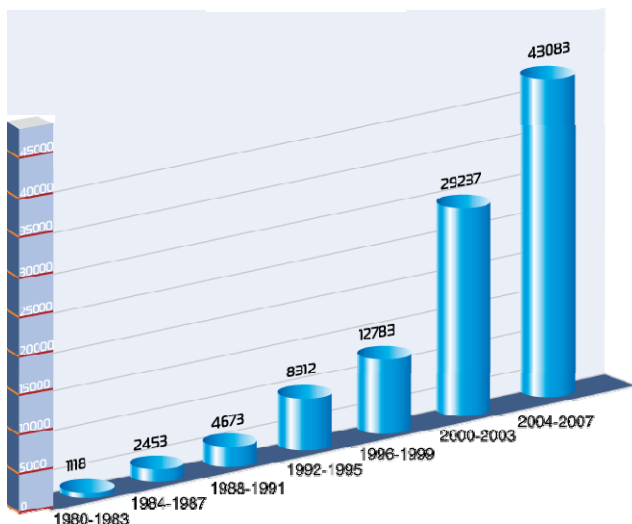


Рис. 1. Динамика изменения активности патентования изобретений в сфере нанотехнологий в мире

Тот факт, что нанотехнология является практически межотраслевой дисциплиной, ставит перед мировыми патентными ведомствами специфические проблемы, поскольку заявки на патенты применительно к нанотехнологиям подаются в различных пересекающихся технических областях.

Регламент проведения информационного поиска представляет собой совокупность требований, предъявляемых к области и объему поиска. Для определения области поиска требуется сначала сформулировать предмет поиска, а затем на основе выявленного предмета поиска определить соответствующие классификационные рубрики Международной патентной классификации (МПК), источники информации, ретроспективу поиска и страны, по которым будет проводиться поиск.

В настоящее время поиск релевантных технических решений, относящихся к объектам нанотехнологий, представляет сложную проблему, обусловленную следующими причинами:

- неоднозначностью понимания и отнесения сущности предполагаемых изобретений к объектам нанотехнологий;
- большой степенью рассеяния патентных документов по рубрикам Международной патентной классификации МПК;
- отсутствием детально разработанной классификационной схемы для класса В82 «НАНОТЕХНОЛОГИИ»;

– отсутствием, за редким исключением, в других местах МПК дробных рубрик, в явной форме отражающих различные аспекты нанотехнологий;

– различием в подходах к классифицированию или индексированию, применяемых разными патентными ведомствами, которое связано с использованием для классифицирования и индексирования объектов нанотехнологий своих внутренних схем классификации;

– отсутствием русскоязычного словаря терминов или ключевых слов, разработанного для различных объектов нанотехнологий;

– необходимостью обращаться к переводной литературе для подбора ключевых слов, необходимых для составления запроса на поиск в зарубежных базах данных [1].

Для обеспечения классификационного поиска изобретений в области нанотехнологий в рамках (МПК) в 2000 г. введен специальный класс В82 «Нанотехнология», в состав которого входит один подкласс В82В, содержащий в настоящее время только две основные группы для классифицирования и поиска изобретений, касающихся наноструктур, как таковых, (группа 1/00) и их изготовления или обработки (группа 3/00). Введение этого класса практически не решило проблемы рассеяния информации. В настоящее время предпринимаются попытки усовершенствовать структуру и содержание класса В82В.

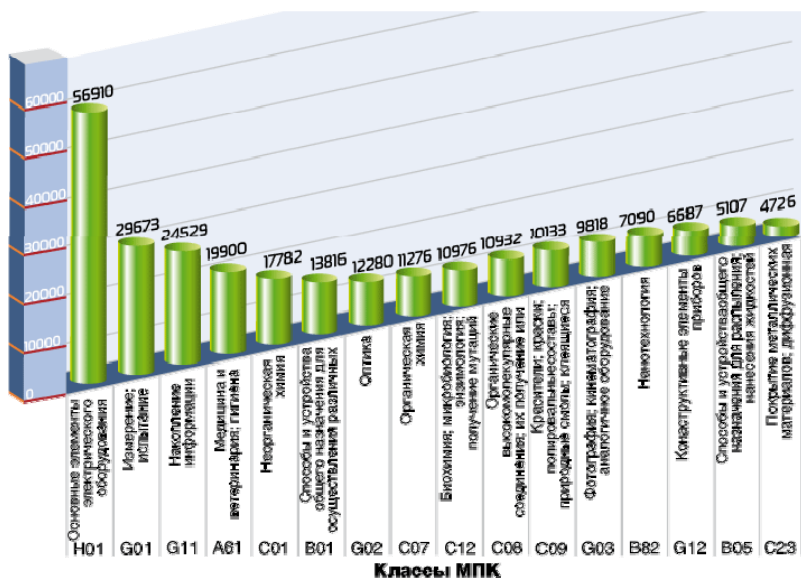


Рис. 2. Наиболее активные классы МПК, в которых патентуются изобретения, связанные с нанотехнологиями

Изучение классификационных систем зарубежных патентных ведомств показывает, что крупные патентные ведомства, получающие значительное число заявок, вынуждены у себя вводить дополнительные средства индексации, повышающие эффективность поиска по нанотехнологиям. Классификация Европейского патентного ведомства (ЕПВ) – ECLA, совпадающая в значительной степени с МПК, основана на функционально-отраслевом подходе, при этом термин «отраслевой» означает классифицирование или индексирование объекта по его применению. Патентная классификация США в этом смысле является преимущественно функциональной классификацией.

Наибольшая степень детальности обеспечивается в классификации США, в которой имеется специальный класс 977 «НАНОТЕХНОЛОГИЯ», содержащий более 250 детальных подклассов. В классификации ЕПВ для наноструктур создан специальный подкласс Y01N, в который введены шесть аспектных кодов, охватывающих шесть различных отраслей нанотехнологий и используемых в сочетании с другими рубриками ECLA. Общим для использования рубрик классификаций США и ЕПВ является то, что индексирование с помощью этих рубрик является дополнительным по отношению к основным рубрикам. При этом рубрики классификации ЕПВ и США никогда не используются самостоятельно, а только в сочетании с другими рубриками.

Таким образом, при классифицировании патентных документов по различным направлениям нанотехнологий в Европейском патентном ведомстве применяется множественное классифицирование. При этом документы по нанотехнологии широко рассеяны по разделам А, В, С, D, G и H. Для повышения точности поиска документов по каждой группе подкласса Y01N применяется набор ключевых слов.

Список литературы

1. *Сазонов, В. А.* Специфика патентного поиска в сфере нанотехнологий / В. А. Сазонов // Нанотехнологии. Экология. Производство. – 2011. – № 1(8). – С. 82 – 88.

*А. В. Щегольков, К. В. Шестаков**

ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время электронагреватели нашли широкое применение, как в бытовой, так и в промышленной сферах. В быту – это обогреватели, чайники, стиральные машины и т.д. В промышленности же электронагреватели используются в пищевых котлах, автоклавах и других варочных емкостях, в отопительных системах. Без электронагревателей сложно представить современную жизнь человечества.

На российском и зарубежном рынках бытовой техники наиболее популярными сегодня являются электрические конвекторы и масляные обогреватели. Это связано с тем, что у представленных устройств при низких эксплуатационных качествах довольно высокий КПД. Однако, как и у всей продукции, у них есть свои недостатки. Для электроконвектора недостатками являются: неравномерный нагрев помещения по высоте; возможность перегрева, влекущего за собой возможность возгорания помещения; циркуляция пыли по помещению. Для масляного обогревателя, соответственно, – довольно медленный нагрев помещения, длительный нагрев большого помещения влечет за собой увеличенные финансовые расходы, утечка масла может вызвать раздражение.

Также существует еще целый ряд электрообогревателей с разнообразными видами нагревательных элементов, которые занимают свою нишу на рынке.

Учитывая, что зимний период в России длится продолжительное время, а эффективность централизованного отопления низкая, можно убедиться, что рынок электрообогревателей довольно перспективен.

В связи с приведенными выше недостатками обогревателей актуальным видится разработка электрообогревателя на основе материалов, полученных с помощью ряда наномодифицированных веществ. Технической задачей является улучшение теплофизических параметров проектируемого обогревателя.

Нагреватель может быть выполнен в виде оболочки и наполнителя с включением в него наноструктурного углерода и электрических кон-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Г. Ткачева.

тактов. В качестве наполнителя используют различные диэлектрики. В качестве углеродного наноматериала (УНМ) – «Таунит».

Схема работы нагревателя заключается в следующем – на электрические контакты через токоведущие провода подается ток. За счет наличия в наполнителе УНМ «Таунит» происходит тепловыделение. Диэлектрическая часть накапливает это тепло, которое через оболочку в ходе теплообмена передается во внешнюю среду. Наличие наноструктурного углерода приводит к повышению теплопроводности наполнителя.

На рисунке 1 показаны ВАХ ЭТН.

Температурные зависимости теплоемкости для ЭТН с различным типом углеродного наноматериала «Таунит», «Таунит М» и «Таунит МД» приведены на рис. 2.

Из температурных зависимостей следует, что модифицирование парафина различными типами УНМ дает возможность изменить его теплофизические параметры, следствием чего является изменение положения точки фазового перехода, а также расширение границ фазового перехода. Это позволяет повысить эффективность системы теплоаккумуляции, так как расширяется диапазон температур фазового перехода, что в свою очередь приводит к увеличению накопленной теплоты на 30...50%.

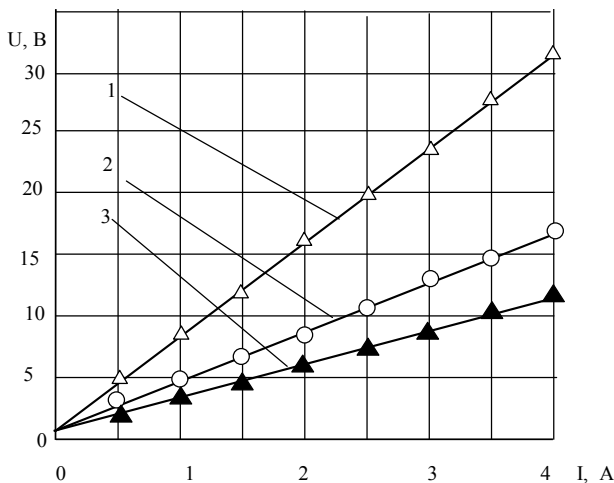


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика ЭТН:

1 – ЭТН (твердый наполнитель) с использованием цемента с 2% добавлением парафина; 2 – ЭТН на основе парафина; 3 – ЭТН на основе церезина

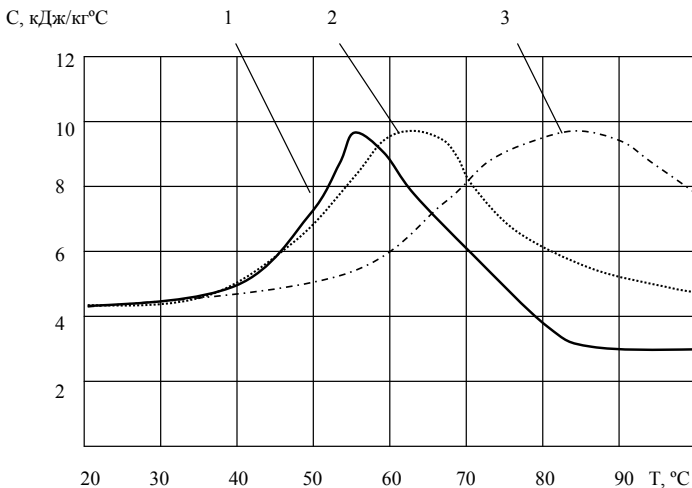


Рис. 2. Температурная зависимость теплоемкости ЭТН:

- 1 – парафин модифицированный УНМ;
- 2 – парафин модифицированный УНМ М;
- 3 – парафин модифицированный УНМ МД

В ходе проведенных исследований установлена возможность получения различных типов теплоаккумулирующих материалов с разнообразными теплофизическими и физико-механическими характеристиками, что дает возможность подстраивать под конкретные температурные режимы параметры систем теплоаккумуляции с целью повышения их эффективности.

Список литературы

1. Гуняев, Г. М. Технология и эффективность модифицирования углепластиков углеродными наночастицами / Г. М. Гуняев // Конструкции из композиционных материалов. – 2004. – № 4. – С.77 – 79.
2. Пат. 2466333 Российская Федерация, МПК⁷ F24Н7/00. Электро-теплоаккумулирующий нагреватель / В. Ф. Калинин, А. В. Щегольков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – № 2011118301/06; заявл. 05.05.2011; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 24. – 8 с.
3. Сарнацкий, Э. В. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Э. В. Сарнацкий, С. А. Чистович. – Москва: Стройиздат, 1990. – 328 с.

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

*В. С. Иконников, А. Е. Кучерова, И. В. Романцова,
З. К. Кашевич, А. Е. Бураков**

ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМАЯ ЖИДКОСТНАЯ СОРБЦИЯ НА НАНОМОДИФИЦИРОВАННОМ АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ

Электрокондиционер – аппарат для очистки воды, использующий комплекс процессов, протекающих в сложных гетерогенных системах, образуемых электродами, пористыми наполнителями и обрабатываемой водой под воздействием внешних электрических полей. Электрокондиционер применяется в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения с целью удаления ряда токсичных компонентов, а также придания воде антиоксидантных свойств [1, 2]. В качестве наполнителя-сорбента в аппаратах электрокондиционирования используются пористые сорбционные материалы, в том числе обработанные различными соединениями. В данной работе предлагается использование активированных углей.

Авторами предложен вариант применения в процессах электрокондиционирования пористых материалов, модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ), что может привести к значительному улучшению качества воды на выходе фильтра и снижению себестоимости очистки.

Морфология поверхности наномодифицированных образцов показана на рис. 1.

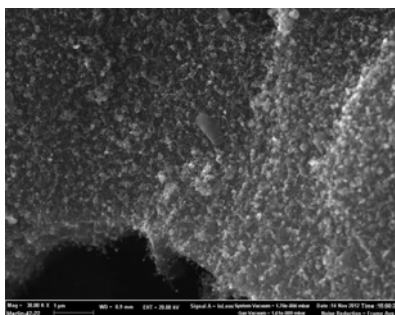


Рис. 1. СЭМ-изображения наномодифицированной поверхности активированного угля NWC

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» А. Г. Ткачева.

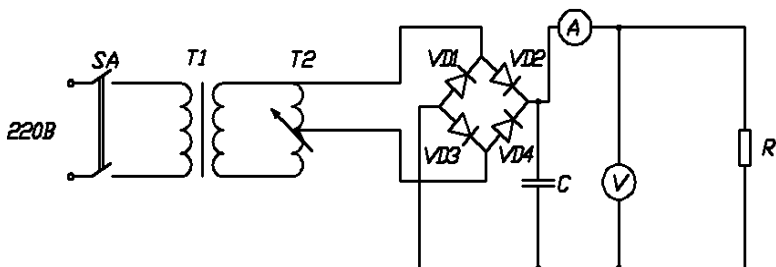


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки электрокондиционирования воды

Принципиальная электрическая схема экспериментального стенда по использованию наномодифицированных сорбентов в процессе электрокондиционирования водных сред представлена на рис. 2.

Переменное напряжение (220 В) через двухполюсный автоматический выключатель (SA) с защитой от короткого замыкания и перегрузки подается на разделительный трансформатор (T1). Разделительный трансформатор имеет коэффициент трансформации равный 1, и включается в схему из соображений обеспечения безопасности при проведении исследований, так как электрокондиционер подключен к магистрали проточной воды и имеет гальваническую связь через воду, являющуюся отличным ионным проводником. После разделительного трансформатора (T1) безопасное напряжение, не имеющее связи с землей, поступает на лабораторный автотрансформатор (T2), который варьирует напряжение от нуля до 220 В. Выход лабораторного автотрансформатора соединен с выпрямительным мостом, состоящим из четырех диодов (VD1-VD4). Диодный мост преобразует переменное напряжение в постоянное и при замыкании цепи через электрокондиционер (R) начинает течь постоянный ток. Для сглаживания полувольты выпрямленной синусоиды в схему параллельно нагрузке введен электролитический конденсатор. Напряжение на электрокондиционере устанавливают с помощью лабораторного автотрансформатора (T2) по показаниям вольтметра (V), а ток оценивают с помощью амперметра (A). В качестве вольтметра и амперметра используются два цифровых мультиметра (рис. 3).

Исследования по сравнительному анализу образцов стандартных и наномодифицированных сорбентов (универсальный активированный кокосовый уголь марки NWC), используемых для очистки водопроводной воды осуществляли следующим образом: подготавливали образцы сорбента, с различным содержанием нанотрубок (5...20% масс.),

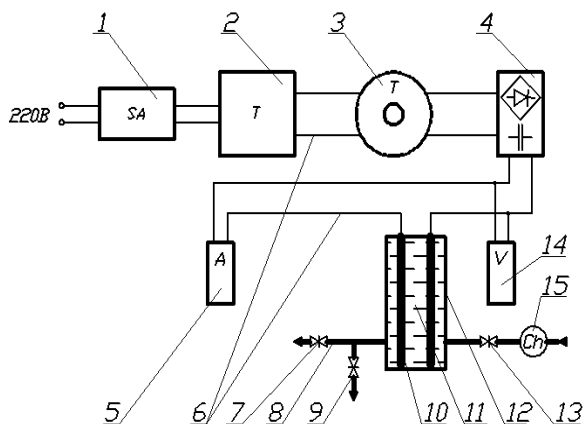


Рис. 3. Структурная схема экспериментального стенда:

- 1 – двухполюсный выключатель; 2 – разделительный трансформатор;
 3 – лабораторный автотрансформатор; 4 – диодный мост с конденсатором;
 5 – цифровой амперметр; 6 – соединительные провода; 7 – кран слива воды;
 8 – соединительные патрубки; 9 – кран забора образцов; 10 – электроды;
 11 – фильтрующий элемент; 12 – корпус фильтра; 13 – впускной кран;
 14 – цифровой вольтметр; 15 – водяной счетчик

затем загружали необходимое количество сорбента в фильтрующий элемент, промывали в течение 2...5 мин до рабочего состояния. Затем фиксировали рабочий раствор в объеме фильтра. Далее плавно подавали напряжение на электроды с помощью ЛАТРа, варьируя подачу от 100 до 260 В с шагом 20 В. Через 10 мин после подачи напряжения отбирали пробы образцов воды после обработки и промывали фильтроэлемент. По ходу эксперимента фиксировались значения напряжения и силы тока.

Активная площадь электродов искусственно ограничена термоусадочной пленкой из-за теплового воздействия на малый объем реакционной зоны при максимальных значениях силы тока и на начальной стадии экспериментов составляла 594 мм². Для каждой последующей серии экспериментов площадь увеличивалась на 440 мм².

Было изучено влияние электромагнитного поля на сорбцию ионов железа и хлора в образцах водопроводной воды при подаче на электроды фильтра постоянного напряжения величиной 100 и 250 В. В качестве наполнителя-сорбента использовался кокосовый уголь марки NWC. Данные, полученные в результате исследований, приведены в табл. 1.

1. Содержание примесей в воде после электрокондиционирования

Напряжение, В	Примеси	Уголь NWC, мг/л	Уголь NWC нано-модифицированный, мг/л
100	Fe	331	36,2
250	Fe	39,4	32,1
100	Cl	19,7	12,9
250	Cl	14,6	10,3

Полученные данные свидетельствуют об эффективности использования процесса электрокондиционирования для очистки водопроводной воды и содержимого промышленных стоков от типовых загрязнителей – ионов железа и хлора.

Использование данного экспериментального стенда позволит установить зависимости влияния электромагнитного поля на сорбционные характеристики пористых сорбентов, в том числе модифицированных УНТ.

Список литературы

1. *НПК «Медиана-Фильтр»* [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.mediana-filter.ru>.
2. *Многофункциональные фильтры для очистки воды* [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.electotec.com>.

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

УДК 661.183

*А. Е. Бураков, А. Е. Кучерова, И. В. Романцова, Ю. А. Герасимова**

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОРИСТЫЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ

Одним из наиболее перспективных фильтрующих материалов, используемых для удаления из воды примесей и загрязнений, обуславливающих, в частности, ухудшение органолептических показателей, являются пористые керамические материалы.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Г. Ткачева.

Керамику для тонкой очистки обычно изготавливают спеканием металлокерамических материалов, таких как оксид алюминия, диоксид титана или циркония и других, при сверхвысоких температурах. Макропористые подложки обеспечивают механическую устойчивость, в то время как активный мембранный слой обеспечивает разделение: микрофильтрацию, ультрафильтрацию и даже нанофильтрацию [1].

При помощи керамики осуществляют, в частности, очистку различных водных сред, например, водно-спиртовых смесей (ВСС) ликероводочной промышленности. Качество обработанных керамикой ВСС определяется содержанием сивушных масел, альдегидов и органическими характеристиками.

В данной работе рассмотрена возможность повышения качества очистки ВСС путем использования пористой керамики, модифицированной углеродными нанотрубками (УНТ).

Авторами разработана технология поверхностного наномодифицированного модифицирования пористой керамики, включающая:

- приготовление и активацию исходного раствора металлоксидного катализатора (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al) [2];
- предварительную обработку материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- процесс пропитки пористой керамики исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ;
- процесс термической обработки пропитанного образца (160...220 °С);
- процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном образце в промышленном реакторе ($t_{\text{пр}} = 650$ °С);
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, не зафиксированных на волокнах-носителях).

Получены образцы наномодифицированной керамики (рис. 1).

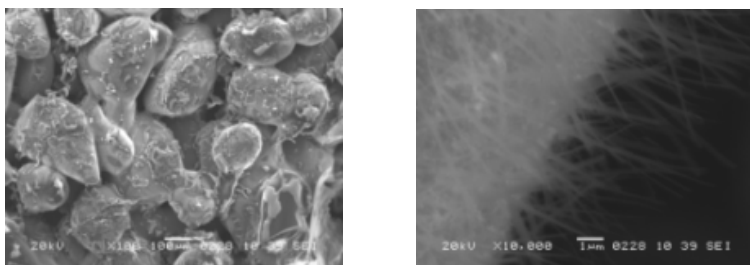


Рис. 1. Структура наномодифицированных керамических фильтрующих материалов

Для определения эффективности наномодифицирования фильтрующих материалов выполнены серии экспериментов, заключающиеся в анализе качества очистки ВСС. Результаты испытаний по обработке ВСС приведены в табл. 1.

1. Результаты газохроматографического исследования образцов спиртового раствора

Образцы ВСС	Физико-химические показатели				
	Объемная доля этилового спирта, %, не менее	Масс. конц. уксус. альдегида в 1 дм ³ безвод. спирта, мг/дм ³ , не более	Масс. концентр. сивуш. масла, в 1 дм ³ безвод. спирта, мг/дм ³ , не более	Масс. конц. сложных эфиров, в 1 дм ³ безвод. спирта, мг/дм ³ , не более	Объемная доля метилов. спирта в пересчете на безвод. спирт, %, не более
Серия № 1					
ВСС № 1, исходный	40	1,5	1,6	менее 0,5	0,002
ВСС № 1, керамика неочищенная (катализатор Ni-Co-MgO)	39,2	1,1	1,2	менее 0,5	0,002
ВСС № 1, керамика очищенная (катализатор Ni-Co-MgO)	40	1,0	1,2	менее 0,5	0,002
Серия № 2					
ВСС № 2, исходный	40	1,5	1,6	менее 0,5	0,002
ВСС № 2, керамика неочищенная катализатор Co/Mo/Mg/Al	39,6	1,5	1,6	менее 0,5	0,002
ВСС № 2, керамика очищенная катализатор Co/Mo/Mg/Al	39	1,5	1,3	менее 0,5	0,002

Анализ показывает, что после обработки ВСС наномодифицированными материалами наблюдается уменьшение массовой концентрации уксусного альдегида и сивушного масла на 20%, преимущественно для УНТ, выращенного на катализаторе состава Ni-Co-MgO.

Список литературы

1. *Вода* после биокерамического фильтра в системе обратного осмоса [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.o8ode.ru/article/dwater/purewater1/bioker.htm>

2. *Исследование* активации металлоксидных катализаторов для синтеза многослойных углеродных нанотрубок / Е. А. Буракова, А. Е. Бураков, И. В. Иванова и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 337 – 341.

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

УДК 691-415

*Д. О. Завражин, А. Ю. Симонов**

НОВЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

При проектировании строительства различных объектов большое внимание уделяется высококачественной отделке фасадов. От материалов, используемых при отделке лицевой части здания зависит не только его внешний вид, но и срок службы и тепло-энергетические характеристики.

Используемые сегодня защитные и изоляционные материалы фасадов зданий и коммуникаций (защитная обмотка теплоизоляции труб) имеют недостаточный срок службы, невысокую энергоэффективность, высокую стоимость и сложности в применении, а также потребность в частом ремонте и обновлении. Бетонные плиты, из которых сделаны многоэтажные дома, чтобы соответствовать СНИП по теплотерям, требуют дополнительной защиты и имеют проблему совместимости материалов и больших трудозатрат. Дома из ЦСП, ОСБ, СМЛ имеют плохую адгезию к защитным покрытиям, а обкладка их кирпичом увеличивает трудозатраты и нагрузку на фундамент.

Необходимость нанесения защитных покрытий в значительной степени обусловлена пористой структурой материалов ограждающих конструкций. Водяной пар проникает изнутри здания наружу сквозь стену, при этом он конденсируется внутри конструкции. В стандартных условиях это не приводит к повреждению, но во влажных поме-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Д. М. Мордасова.

щениях с недостаточной гидроизоляцией риск существенно увеличивается. Влага внутреннего воздуха может в больших объемах переходить в стену вместе с воздушными потоками через щели. При этом возникает проблема с отслаиванием краски и промораживанием каменного материала по местам утечки, снижается тепловое сопротивление ограждающих конструкций. Также водяной пар окружающего воздуха конденсируется на холодной поверхности каменного фасада.

Почвенная влага, осадочные и грунтовые воды в фундаменте могут при недостаточной гидроизоляции поступать в цоколь и далее в стену. Новые сооружения обладают высокой конструктивной влажностью. Она неизбежна при изготовлении, хранении и транспортировке стройматериалов, а также непосредственно в процессе строительства. Конструктивная влажность постепенно снижается по мере высыхания конструкции и стабилизируется на уровне, зависящем от влажности атмосферы. Чем выше температура конструкции и эффективнее проветривание, тем быстрее происходит процесс высыхания.

Выцветание, меление, отслаивание и растрескивание покрытий – все это результат ультрафиолетового излучения и перепада температур. Загрязненность окружающей среды, пыль, микробы и плесень ухудшают декоративные и защитные свойства покрытий. Промышленные выбросы в атмосферу, кислотные дожди, водорастворимые соединения двуокиси серы повреждают каменный фасад. Двуокись углерода провоцирует процесс коррозии и выветривания бетонных конструкций. Вследствие деструктивных процессов изменяются механические характеристики конструкционных материалов.

Подходящие для кирпичной кладки, штукатурки, бетона и лакированного металла покрытия долгое время сохраняют яркий привлекательный внешний вид и эластичность, защищая стены. Для каждого вида фасадной отделки выбирается подходящая пропитка и покрытие.

В большом перечне защитных фасадных покрытий можно выделить пять основных групп: фасадные краски, штукатурки и шпатлевки, гидрофобизаторы, грунтовки, облицовочный материал из металла, пластика, стекла, композитных материалов.

По оценкам статистики, в течение нескольких последних лет (начиная с 2003 г.) объем производства фасадных защитных материалов ежегодно увеличивается приблизительно на 30%.

В объеме общего производства лидирующее место последние пять лет занимают фасадные материалы на конденсационных смолах и водно-дисперсионные материалы.

Коллективом авторов с целью повышения эксплуатационных характеристик строительно-отделочных покрытий, конструктивной прочности, снижения стоимости материала и трудозатрат при изготовле-

нии, а так же возможности их дизайнерского оформления разработана технология и создан новый рулонный композиционный материал. Строительно-отделочный материал содержит внутренний фиксирующий и наружный слои, соединенные между собой неразъемно. При этом внутренний слой материала представляет собой тканевую основу из стеклоткани, фиксирующий слой выполнен в виде нанесенного на стеклоткань слоя полиуретанового клея расчетной толщины, а наружный слой представляет собой защитный слой из нанесенной на полиуретановый клей каменной, стеклянной или полимерной крошки заданной фракции. Толщина слоя полиуретанового клея изменяется в зависимости от величины размера крошки заданной фракции защитного слоя [1].

С целью дизайнерского оформления на слой клея возможно нанесение наружного защитного слоя из крошки двух и более цветов дискретно, например, в виде чередующихся разноцветных полос или геометрических фигур или с оформлением художественного изображения любого тематического или рекламного характера.

Пожаробезопасность материала обеспечивается путем покрытия наружного защитного слоя из каменной, стеклянной или полимерной крошки заданной фракции дополнительно огнестойким составом на основе полиэфирных смол, например, гелкоутом, с образованием полимербетона.

При изменении толщины слоя полиуретанового клея в зависимости от величины размера крошки заданной фракции защитного слоя обеспечивается повышенная прочность защитного слоя за счет гарантированного вдавливания разной по размеру крошки заданной фракции в слой клея. Выполнение внутреннего слоя из 100%-ной льняной ткани или соединенных между собой стеклоткани и 100%-ной льняной ткани позволяет повысить теплоизоляционные свойства строительно-отделочного материала.

На рисунке 1 изображены варианты строительно-отделочного материала с дополнительным покрытием огнестойким составом на основе полиэфирных смол и без него.

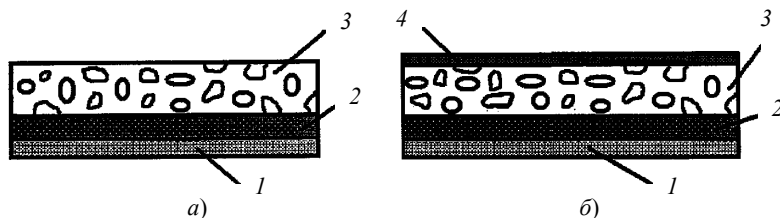


Рис. 1. Строительно-отделочный материал:
а – без покрытия; б – с покрытием огнестойким составом

Строительно-отделочный материал (рис. 1) содержит внутренний слой, представляющий собой основу из стеклоткани 1, фиксирующий слой, выполненный в виде нанесенного на стеклоткань слоя полиуретанового клея 2 расчетной толщины, а наружный слой представляет собой защитный слой 3 из нанесенной на полиуретановый клей каменной, стеклянной или полимерной крошки заданной фракции. На наружный защитный слой 3 из каменной, стеклянной или полимерной крошки заданной фракции дополнительно может быть нанесено покрытие 4 из огнестойкого состава на основе полиэфирных смол.

Технология изготовления строительно-отделочного материала состоит в следующем. На рабочий стол укладывается слой стеклоткани 1, стеклоткань расправляется и на нее наносится фиксирующий слой из полиуретанового клея 2 расчетной толщины. Далее на незатвердевший слой клея 2 наносится каменная, стеклянная или полимерная крошка заданной фракции для образования защитного слоя 3. Толщина слоя клея изменяется в зависимости от выбора величины размера фракции крошки (которая может изменяться от 0,6 до 6,0 мм) для обеспечения гарантированного вдавливания крошки в слой клея. Затем готовый материал разрезается на мерные полосы, причем длина полос может задаваться заказчиком в зависимости от размера отделочных поверхностей.

Монтаж покрытия из созданного строительно-отделочного материала осуществляется в следующем порядке. Предварительно производится подготовка поверхности с промазкой ее для обеспечения адгезии с материалом клеящимися растворами. Материал раскатывается на промазанную клеящимися растворами подготовленную поверхность, прижимается и расправляется валиком. Нанесение на наружный защитный слой дополнительного покрытия из огнестойкого состава осуществляется на месте монтажа покрытия. В этом случае материал преобразуется в полимербетон, что резко повышает его долговечность.

Рассмотренный материал идеально подходит для отделки зданий и сооружений и монтируется порулочно или панелями на бетонные, кирпичные поверхности, поверхности из гипсобетонных блочков, плит ЦСП и OSB с обеспечением высоких эксплуатационных характеристик. Материал отличается конструктивной простотой, низкой стоимостью исходных материалов и невысокие трудозатраты при изготовлении и монтаже покрытия, а так же возможность дизайнерского оформления наружного слоя покрытия. В процессе эксплуатации после покрытия материалом различного типа поверхностей (бетон, дерево, ЦСП), данный материал показал высокие механические и гидроизоляционные свойства, стойкость к атмосферным воздействиям и перепадам температуры.

Список литературы

1. Пат. на полезн. модель 92061 Российская Федерация, МПК E04F13/00, E04B1/62. Строительно-отделочный материал Симонова / Симонов А. Ю. ; заявитель и патентообладатель Симонов А.Ю. – № 2009105010/22 ; заявл. 12.02.2009 ; опубл. 10.03.2010.

Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 67.05

*В. В. Худяков**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МАШИНЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ, РЕЗИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛАСТОПЛАСТОВ

В настоящее время разрабатывается и производится большое количество резиновых, композиционных полимерных материалов, эластопластов, для которых необходим контроль ряда качественных параметров, в частности, их триботехнических показателей с помощью машин трения. Сферой применения машин трения являются различные предприятия по производству и обработке материалов и изделий, испытательные лаборатории, научно-исследовательские институты, образовательные учреждения, экспертные бюро и т.д. В зависимости от вида материалов, для исследования которых используется машина трения, необходимы различные испытательные узлы, а также программное обеспечение. Поэтому очень важна адаптация машины трения под конкретные требования заказчика, что возможно осуществить, используя информационные технологии при контроле триботехнических показателей в процессе испытания образцов на машине трения, создавая информационные системы, экспертные системы для тестирования и диагностики [1, 2].

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Г. С. Баронина.

Существует необходимость более эффективного использования информации, получаемой при исследовании трибологических процессов. Объединение компьютерных технологий и знаний о механизмах трибологических процессов обеспечивает создание информационной системы для сбора, хранения и обработки измерительной информации при проведении экспериментов контроля триботехнических показателей. Создаваемые информационные системы позволяют также проводить моделирование трибологических процессов.

При создании моделей сложных трибосистем рекомендуется разработка и применение интеллектуальной системы, которая позволит принимать решения при контроле триботехнических показателей в условиях неопределенности. Также целесообразно применять информационные технологии при проектировании узлов трения. Синтез информационной системы представляет собой разработку варианта структурной схемы системы, модели работы узла трения, базы знаний. Далее проводится анализ разработанной интеллектуальной информационной системы, узла трения, в результате которого вносятся изменения в структурную схему системы или разрабатывается другой вариант. Интеллектуальная система принимает решение о выборе соответствующего алгоритма контроля, режимных параметров для контроля триботехнических показателей исследуемого материала и сравнения их с допустимыми значениями.

Информационные технологии применяются при экспериментальных трибологических исследованиях в современных испытательных установках, например для программного управления основными режимными параметрами эксперимента: регистрации измеряемых параметров, обработке и хранении результатов. Также с помощью информационных систем можно проводить моделирование исследуемого процесса с заданием критериев и представление полученных результатов с использованием компьютерной графики.

Итак, при разработке машины трения с использованием информационных технологий необходимо решить следующие задачи при создании интеллектуальной системы:

- разработка процедурной модели контроля триботехнических показателей;
- разработка конструкции и аппаратного оснащения машины трения с применением САПР;
- составление алгоритма и программного обеспечения для управления, снятия и обработки данных в процессе испытания с машины трения;
- создание базы знаний для хранения, систематизации и представления результатов исследований.

Целью исследования является разработка конструкции и программно-аппаратного оформления машины трения для контроля композиционных полимерных материалов, резиновых изделий и эластопластов.

Данный проект направлен на решение следующих задач:

- проведение экспериментов в научно-технических и образовательных целях;
- определение триботехнических показателей полимерных композиционных, резиновых материалов, а также изделий, полученных на основе эластопластов;
- контроль качества выпускаемых изделий на промышленных предприятиях.

На рисунке 1 условно обозначены: ИМ – исследуемый материал; ПИП – первичный измерительный преобразователь; БДУ – блок дифференциальных усилителей; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ПИ – пользовательский интерфейс; БЗ – база знаний; БАМР – блок алгоритмических методов решений; МП – микропроцессор; ЗУ – запоминающее устройство; КС – каналы цифровой связи.

Исследование полимерных композиционных материалов, полученных молекулярным смешением на основе политетрафторэтилена и модифицирующих добавок КФП (кремний-фторорганический порошок), ТФП (титано-фторорганический порошок), КоФП (кобальто-фторорганический порошок) на машине трения показывает улучшение эксплуатационных характеристик, а именно снижение весового и размерного износа, что подтверждает целесообразность исследований триботехнических характеристик при разработке новых материалов и получении изделий из них.

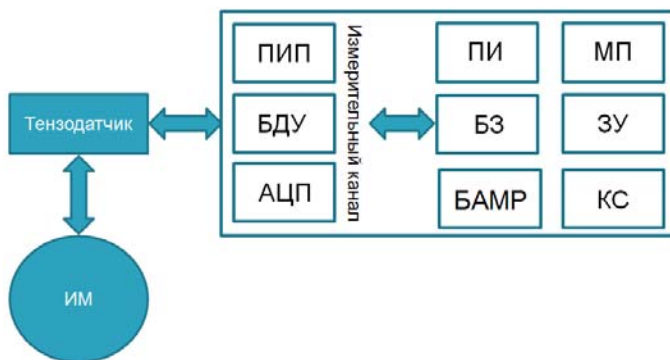


Рис. 1. Структурная схема машины трения, разработанной с применением информационных технологий

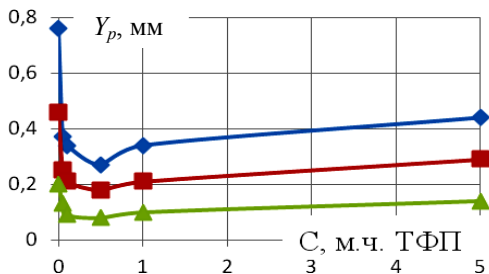


Рис. 2. Зависимость размерного износа Y_p (мм) полимерного композита ПТФЭ + ТФП от содержания модификатора ТФП

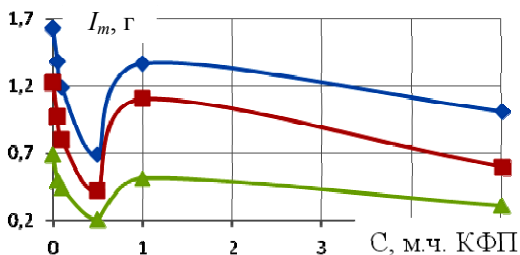


Рис. 3. Зависимость весового износа I_m (г) композиционного наноматериала ПТФЭ + КФП от содержания модификатора КФП

КФП, ТФП и КоФП добавлялись в концентрациях 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5. Зависимости размерного и весового износа композиционного наноматериала ПТФЭ + ТФП и ПТФЭ + КФП от концентрации модифицирующих добавок ТФП и КФП представлены на рис. 2 и 3.

Список литературы

1. Селиванова, З. М. Применение информационных технологий для решения задач контроля триботехнических показателей при испытании образцов на машине трения / З. М. Селиванова, В. В. Худяков // Сб. тез. Десятой Всерос. с междунар. участием школы-семинара по структурной макрокинетике для молодых ученых. – Черноголовка, 2011. – С. 73–74
2. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др. – 2-е изд., переработ. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001.

НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»

УДК 656.6

*Р. В. Воронков**

СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО В ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕМАХ

На современном этапе развития человечества все более актуальным становится освоение человеком сред с неестественными для него условиями обитания, что требует разработки новых поколений систем жизнеобеспечения, которые должны функционировать на длительных этапах автономного пребывания.

Важнейшей подсистемой в системе жизнеобеспечения (СЖО) является подсистема, обеспечивающая физиологические нормы дыхания персонала.

Специфику условий, параметры воздействия среды предвидеть заранее крайне сложно или невозможно. Кроме того, в объектах систем жизнеобеспечения протекают сложные физико-химические и биологические процессы с участием человека, а это связано с дополнительными ограничениями.

Роль человека в предотвращении аварийных ситуаций велика. Кроме того, очень велико значение профессиональной подготовки персонала при локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Для аварий в большинстве случаев существуют объективные предпосылки.

Предлагается подход к построению тренажерных комплексов для подготовки персонала, работающего в замкнутых объемах, при различных режимах функционирования технологических подсистем процесса жизнеобеспечения.

В качестве инструментария для разработки тренажерных комплексов выбрано программное обеспечение отечественного производителя ООО НПФ «КРУГ» (г. Пенза), а именно, программный пакет «КРУГ–2000», который функционально позволил решить задачи, стоящие перед тренажерным комплексом [1].

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГТТУ» С. А. Скворцова.

Тренажерный комплекс строится на основе имитационных математических моделей процессов и обеспечивает:

- моделирование динамики технологических процессов;
- изучение управления технологическими процессами в системах жизнеобеспечения;
- наглядность представления технологической информации и удобство работы оператора;
- возможность одновременной работы группы обучаемого персонала.

В состав тренажерных комплексов входят:

- автоматизированное рабочее место (АРМ) инструктора, которое обеспечивает возможность задания нештатных и аварийных ситуаций, отказа оборудования, срабатывания защит, а также наблюдения за действиями обучаемого специалиста;

- информационно-управляющие станции обучаемых, которые предназначены для формирования навыков по подготовке установки к запуску и останову, изменению технологического режима, грамотному поведению при возникновении аварийной ситуации. Отображение информации на рабочем месте обучаемого осуществляется следующими способами: динамизированными мнемосхемами технологического объекта; цифровой и текстовой информацией, отображающей состояние переменных технологического объекта; графиками и диаграммами, представляющими изменение состояния объекта во времени; видеокадрами текстовых сообщений об изменении состояния технологического объекта;

- коммутатор, который предназначен для соединения рабочего места инструктора и станций обучаемых в единую компьютерную сеть.

Предложенный подход реализован в виде тренажерного комплекса для подготовки персонала, работающего в замкнутых объемах, при различных режимах функционирования процесса адсорбционного концентрирования диоксида углерода в системе жизнеобеспечения физиологических норм дыхания экипажа космического аппарата [2].

Комплекс позволяет имитировать работу установки адсорбционного концентрирования диоксида углерода: запуск и останов, вывод на требуемый технологический режим.

Уникальность комплекса заключается в достоверности математических моделей, созданных по характеристикам реального объекта, что позволит получить знания и навыки высокого уровня.

Сбор и передача информации о процессе концентрирования углекислого газа в СЖО замкнутого объема между АРМом инструктора и станций обучаемых осуществляется по технологии OPC посредством локальной вычислительной сети. OPC-клиентом является программа,

принимающая данные от ОРС-сервера. ОРС-сервером является программа, преобразующая данные из внутреннего формата системы в формат данных ОРС и передающая их подключенным ОРС-клиентам, а также принимающая от ОРС-клиентов команды на прием данных.

Сбор и передача информации о процессе концентрирования диоксида углерода в системе жизнеобеспечения замкнутого объема между АРМом инструктора и станций обучаемых осуществляется по технологии ОРС посредством локальной вычислительной сети.

Сервис обработки и хранения информации получает данные от ОРС-сервера.

Сервер событий формирует сообщения из событий и передает их для визуализации своим клиентам.

Графический интерфейс программного пакета «КРУГ–2000» обеспечивает человеко-машинный интерфейс тренажерного комплекса.

Программный модуль тренажерного комплекса выполняет имитацию внешней среды, расчет математической модели процесса адсорбционного концентрирования углекислого газа, расчет системы управления, имитацию аварийных ситуаций в автоматическом или ручном режиме. В Программный модуль включают также генератор аварийных ситуаций, который позволяет имитировать аварийную ситуацию. Программное обеспечение модели процесса обеспечивает не только моделирование поведения процесса адсорбционного концентрирования углекислого газа, но и подготовку отображения данных, позволяющих оценить правильность действий обучаемых и уровень их подготовки.

Доступ персонала к данным и функциям обеспечивает «Менеджер пользователей».

«Менеджер задач» обеспечивает настройку запуска комплекса и постоянный контроль над работой программных средств.

Интерфейс тренажерного комплекса для подготовки персонала, работающего в замкнутых объемах при различных режимах функционирования, обусловленных различной нагрузкой персонала, представлен системой мнемосхем, главная из которых показана на рис. 1.

Тренажерный комплекс как средство обучения предоставляет обучающимся следующие функциональные возможности:

- изучение технологического процесса адсорбционного концентрирования углекислого газа и средств управления им;
- изучение влияния изменений окружающей среды на протекание процесса концентрирования углекислого газа;
- анализ влияния параметров на различные режимы работы установки и на качественные показатели процесса концентрирования углекислого газа;

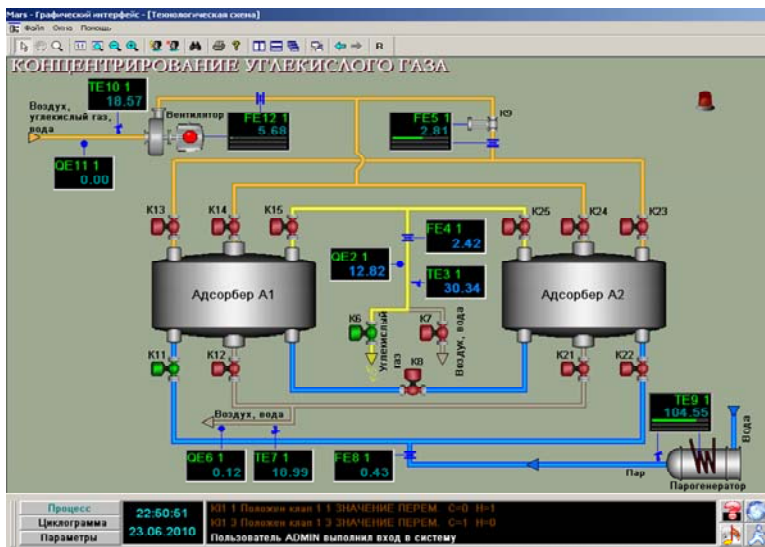


Рис. 1. Мнемосхема «Концентрирование диоксида углерода»

- обработка действий при изменении режимов работы установки концентрирования углекислого газа в СЖО замкнутого объема;
- обучение и контроль знаний технического персонала при отработке навыков работы с установкой в штатных режимах, отработка навыков принятия правильных решений при нарушениях в работе установки концентрирования углекислого газа в системе жизнеобеспечения замкнутого объема и в аварийных ситуациях.

Итогом работы на тренажере является приобретение и поддержание на высоком уровне знаний и навыков персонала, работающих в замкнутых объемах, при различных режимах функционирования процесса адсорбционного концентрирования углекислого газа.

Список литературы

1. *Модульная интегрированная SCADA «КРУГ–2000»*. Быстрый старт : руководство пользователя. – 2007. – 116 с.
2. *Калинин, Д. С.* Тренажерный комплекс для подготовки персонала, работающего в замкнутых объемах / Д. С. Калинин, С. А. Скворцов, С. С. Толстошеин // *Вестник Тамбовского государственного университета*. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 991 – 995.

*Кафедра «Информационные процессы и управления»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

А. Ю. Потлов, Д. В. Ахтямов, А. А. Трубиенко*

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СНА НА ОСНОВЕ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ И АКСЕЛЕРОМЕТРИИ

Актуальность изучения двигательной активности человека во время сна [1, 2] обусловлена высокой частотой распространенности и медико-социальной значимостью пароксизмальных состояний не только для больного и его родственников, но и для общества в целом.

Для дифференциальной диагностики пароксизмальных состояний существует определенное (общепризнанное) [3, 4] разнообразие методов. Среди них позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) даже позволяет выявлять эпилептогенные очаги в отсутствие электроэнцефалографических и структурных изменений головного мозга (ее используют в дифференциальной диагностике эпилептических и неэпилептических приступов с утратой сознания). Чувствительность и специфичность метода значительно возрастают при комбинированном применении ПЭТ с электроэнцефалографией (ЭЭГ).

Но все эти методы не слишком эффективны, так как целесообразен длительный мониторинг состояния пациента. Поэтому общепризнанным «золотым стандартом» нейрофизиологической диагностики пароксизмальных состояний и эпилепсии является видео ЭЭГ-мониторинг (ВЭЭГ) [5]. К неоспоримым достоинствам метода относится возможность фиксации биоэлектрических потенциалов мозга в момент двигательной активности пациента и оценки состояния пациента в момент появления эпилептических разрядов, что позволяет проводить детальный кинематический анализ икталной ЭЭГ. Оценка клинической значимости эпилептиформных разрядов на ЭЭГ проводится путем видеопроанализа двигательной активности пациента и результатов тестирования состояния пациента при вербальном и тактильном контакте. ЭЭГ и видеозапись демонстрируются параллельно в режиме прямого времени и записываются на цифровой носитель для последующей обработки [6, 7].

Однако данный метод имеет и свои недостатки: во-первых, его сложно применить в домашних условиях; во-вторых во время присту-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра мед. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Горбунова.

па больной может случайно снять шлем с электродами; в-третьих, высокая стоимость оборудования является значимым ограничением для этого метода.

Цель исследования – разработка метода мониторинга пароксизмальных состояний двигательной активности человека во время сна на основе пульсоксиметрии и акселерометрии в домашних условиях, отличающийся высокой эффективностью, простотой использования и относительной дешевизной.

В основе предложенного метода лежит проведение мониторинга и регистрации физических характеристик организма: двигательная активность человека, пульс и насыщенность крови кислородом, которые показывают основные симптомы приступов эпилепсии. На основе этого метода предложено разработать прибор, который будет фиксировать физические характеристики организма на основе двух основных компонентов: G-сенсора и пульсоксиметра.

G-сенсор фиксирует смещение и положение предмета в пространстве. Внутри сенсора находится небольшой шарик, расположенный в сфере из огромного количества пьезоэлектрических элементов. Смещение вызывает давление на определенные пьезоэлементы, возникает электрический ток и по его силе и месту возникновения можно судить о силе и направлении движения.

Работа пульсоксиметра основана на поглощении цвета гемоглобина. Гемоглобин, который связан с кислородом (оксигемоглобин), имеет ярко-красный цвет. Гемоглобин не связанный с кислородом (венозный гемоглобин) имеет темно-красный цвет. Работа пульсоксиметра базируется на способности связанного с кислородом гемоглобина больше поглощать волны инфракрасного диапазона (максимум поглощения приходится на 940 нм), а не связанного с кислородом гемоглобина – больше поглощать волны красного диапазона (максимум поглощения приходится на 660 нм). Таким образом, в пульсоксиметре используются два источника излучения (с длиной волны 660 и 940 нм) и два фотооптических элемента, работающих в этих диапазонах. Интенсивность излучения, измеренная фотоэлементами, зависит от многих факторов, большинство из которых постоянно. Только пульсации в артериях происходят непрерывно и вызывают изменения в поглощающей способности тканей. Изменения в количестве света, который поглотился в тканях, соответствуют изменениям в артериях. Пульсоксиметр непрерывно вычисляет разницу между поглощением сигнала в красной и инфракрасной области спектра и на основании формулы, полученной опытным путем с использованием закона Ламберта–Бэра, рассчитывает значение сатурации. Изменение поглощающей способности тканей, вызванное пульсациями в артериях, фиксируется в виде кривой плетизмограммы. А измеряя расстояние между

ее гребнями, пульсоксиметр рассчитывает частоту пульса. Измеренные значения могут быть отражены на экране, а также записаны в память прибора для дальнейшего анализа.

Режим работы нашего прибора будет зависеть от вида эпилептических припадков. Во время большого припадка у человека теряется сознание, следовательно, пульсоксиметр фиксирует слабые значения пульса. В этот же момент начинаются тонические судороги и срабатывает датчик положения в пространстве G-сенсор. Он фиксирует колебания верхнего диапазона (так как судороги при большом припадке сильнее, чем при малом), так же срабатывает пульсоксиметр, который фиксирует высокое содержание кислорода (так как в этот момент повышается тонус мышц). При клонических судорогах происходит попеременное сокращение и расслабление мышц, уменьшается тонус мышц, срабатывает датчик положения в пространстве G-сенсор и пульсоксиметр. Датчик регистрирует частоту колебаний верхнего диапазона, но по времени, происходящих дольше, чем при тонических судорогах. Пульсоксиметр регистрирует низкое содержание кислорода. Когда происходит малый припадок, происходит резкий неожиданный всплеск активности (обычно в этот момент больной внезапно вздрагивает) пульсоксиметр фиксирует сильное учащение пульса, дальше происходит полное ослабление организма и слабые судороги и G-сенсор регистрирует колебания нижнего диапазона.

В приборе (рис. 1) датчик положения в пространстве и пульсоксиметр управляются с помощью микроконтроллера.

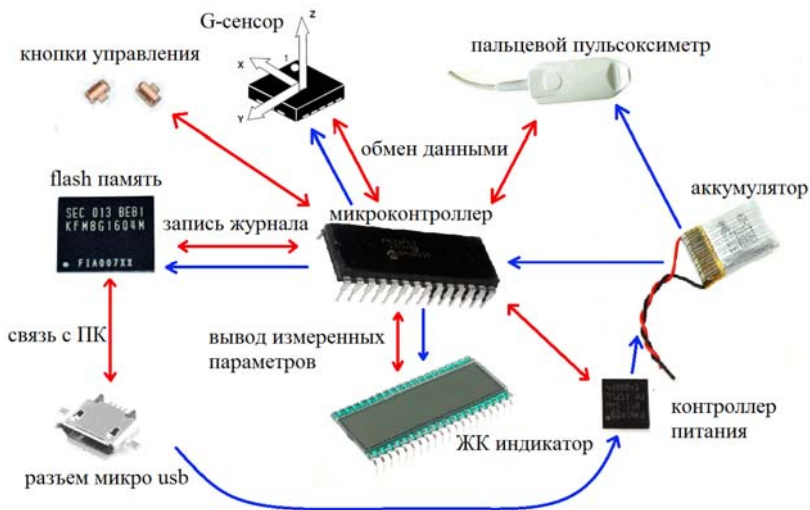


Рис. 1. Упрощенная схема прибора

Он состоит из микропроцессора небольших частот, оперативной памяти (ОП) и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). На ПЗУ микроконтроллера загружается специальная программа, написанная на языке программирования assembler. Процессор и оперативная память выполняют заданную программу, а данные о приступах эпилепсии (физические характеристики организма, продолжительность приступа, дата приступа) и журнал сохраняются на дополнительном блоке ПЗУ большей емкости.

Представленный метод мониторинга двигательной активности человека во время сна на основе пульсоксиметрии и акселерометрии в домашних условиях отличается высокой эффективностью, функциональностью, простотой использования и относительной дешевизной, а также позволит существенно уточнить и упростить дифференциальную диагностику пароксизмальных состояний и эпилептических припадков.

Высокая эффективность достигается за счет одновременного использования показаний G-сенсора и пульсоксиметра. Таким образом, прибор способен определять практически любой тип эпилептического припадков.

Функциональность нашего прибора позволяет вести журнал, отражая полную картину приступов (дата и время приступов, данные о содержании кислорода в крови, значения пульса, частоты колебаний во время судорог). На жидкокристаллическом дисплее отобразится в режиме реального времени текущее состояние организма (пульс, содержание кислорода в крови, время и дата).

Используя разъем Micro USB, можно обновить программное обеспечение для микроконтроллера через персональный компьютер, а также выгрузить из прибора журнал приступов и передать его на изучение врачу.

Для проведения мониторинга пациенту необходимо закрепить на указательном пальце левой руки пульсоксиметр и застегнуть ремешки основного блока на руке и нажать кнопку включения, мониторинг проводится в течение 24 ч.

Низкая стоимость устройства достигается за счет правильного подбора необходимых компонентов. Если сравнивать наш прибор с другими вышеперечисленными системами для регистрации и мониторинга приступов эпилепсии, то расходы на изготовление и рыночная стоимость, соответственно, в разы ниже (в 15 – 20 раз по сравнению с ВЭЭГ).

Благодаря маленькому весу прибора (менее 200 г), он не будет ощущаться на руке и мешать пациенту.

Таким образом, вышеизложенное позволяет заключить следующее:

1. Предложенный метод мониторинга пароксизмальных состояний и приступов эпилепсии, основанный на принципах пульсоксиметрии и акселерометрии отличается высокой эффективностью и удобством диагностики.

2. С помощью устройств, разработанных на базе метода мониторинга пароксизмальных состояний и приступов эпилепсии, более вероятно дифференциальная диагностика пароксизмальных состояний и эпилептических припадков у пациентов, как в медицинских учреждениях, так и в домашних условиях.

3. Благодаря низкой себестоимости производства подобных приборов, возрастают возможности на их реальное массовое практическое применение.

Список литературы

1. *Динамика* показателей ЭЭГ в состояниях сна и бодрствования у взрослых пациентов с «неконтролируемой» локально-обусловленной эпилепсией // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2012. – № 11, вып. 1. – С. 37 – 41.

2. *Эпилептические* припадки [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.medical-enc.ru/26/epilepsy-1.shtml> (Дата обращения: 17.03.13).

3. *Центральный* информационный портал по эпилепсии [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.epilepsia365.ru/pencyclopedia/show.htm?id=169> (Дата обращения: 17.03.13).

4. *Позитронная* эмиссионная томография [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.medsecret.net/nevrologiya/instr-diagnostika/482-pozitronnaja-jemissionnaja-tomografija> (Дата обращения: 22.03.2013).

5. *ВЭЭГ* мониторинг в диагностике парциальных эпилептических приступов // Журнал функциональная диагностика. – 2006. – № 2. – С. 63 – 67.

6. *Фролов, С. В.* Регистрация и анализ тремора с помощью детектора движения на основе веб-камеры / С. В. Фролов, А. В. Горбунов, А. Ю. Потлов // Биомедицина. – 2012. – № 2. – С. 80 – 83.

7. *Фролов, С. В.* Регистрация и анализ тремора с помощью веб-камеры / С. В. Фролов, А. В. Горбунов, А. Ю. Потлов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6. – Ч. 1. – С. 185 – 188.

*Кафедра «Биотехнические системы и технологии»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Т. И. Авсиевич**

РАЗРАБОТКА ФАНТОМОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТОМОГРАФОВ

Взаимодействие света с биомедицинскими объектами и биотканями характеризуется явлениями поглощения, отражения, рассеивания, переизлучения. Данные процессы несут информацию о микро- и макроструктуре биологической среды, о свойствах ее компонентов, а также о происходящих в ней биохимических изменениях.

Таким образом, оптика биотканей – одна из наиболее интенсивно развивающихся областей, находящая применение в физике, биологии и медицине, где оптические технологии применяются для исследования, а также диагностики и лечения различного типа патологий.

Использование низкоинтенсивного излучения видимого и ближних ИК диапазонов не нарушает целостности и нормального протекания физиологических процессов в живом объекте, следовательно, являясь неинвазивными, оптические методы представляют интерес со стороны медицины в качестве точных методов диагностики.

Способность живых организмов, с одной стороны, поглощать видимое и инфракрасное излучение (380...740 нм), а с другой – эффективно его рассеивать, ставит новые задачи в методах исследования сильно рассеивающих сред. Следовательно, новые методы заключаются в правильном выборе анализируемых спектральных свойств исследуемого объекта и способах построения трехмерных изображений на основе зависимостей оптических характеристик от проходящего излучения.

Биоткань содержит большое число природных флуорофоров (рис. 1), которые имеют различные спектральные области поглощения и флуоресценции, различные квантовые выходы флуоресценции, различные времена затухания флуоресценции. Некоторые из них имеют близкие и перекрывающиеся области поглощения и флуоресценции, в результате чего выходящее из ткани излучение флуоресценции имеет сложный спектральный состав.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. физ.-мат. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. Г. Проскурина.

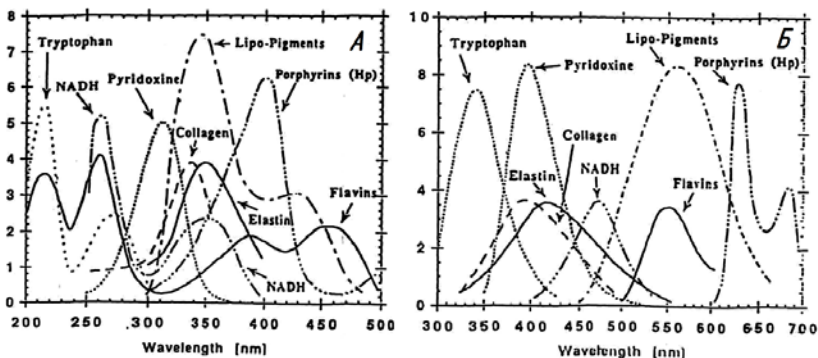


Рис. 1. Спектры поглощения и флуоресценции основных флуорофоров биотканей [1]

Наибольший вклад в общую флуоресценцию биоткани вносят так называемые эндогенные флуорофоры, самыми значимыми из которых являются аминокислоты (тирозин, триптофан), коллаген, эластин, кератин, протопорфирин IX (PPIX) и эндогенные хромофоры, имеющие интенсивные полосы поглощения в видимом диапазоне – меланин, гемоглобин.

Использование в исследовании реальных образцов тканей существенно затруднено ввиду различия спектров и интенсивности флуоресценции. Различия наблюдаются между самими пациентами, ввиду физиологических особенностей каждого из них, а также на различных участках одного и того же органа. Поэтому недостаток такого подхода состоит в необходимости накопления больших объемов экспериментальных данных, и, кроме того, каждое спектральное измерение должно сопровождаться забором образца в месте оптического зондирования с последующими гистологическими и гистохимическими исследованиями, что сопряжено с большими затратами труда и времени. Обойти данную проблему возможно с использованием оптических фантомов биотканей, которые служат материальной моделью спектрально-оптических свойств реального объекта. При этом в фантоме можно моделировать (воспроизводить) пространственную структуру, а также состав и локализацию флуорофоров и хромофоров реальной ткани. Имея дело с фантомами, исследователь может производить произвольное, независимое изменение структурных параметров и концентрации компонентов моделируемой ткани, отслеживая при этом изменения в спектрах флуоресценции и поглощения объекта.

В исследовании, в первую очередь эпителия, ввиду распространения исследования методами оптической томографии именно этого ти-

па ткани, является разделением компонентных вкладов во флуоресцентный сигнал от многокомпонентной смеси сложных многоатомных молекул. Для этого необходимо провести сопоставление результатов экспериментальных исследований с модельными, включающими в себя математическое моделирование распространения света в среде, представляющей собой физическую модель биоткани.

Заделом в данной области является разработка и исследование фантомов на основе эпоксидной смолы, с добавлением пигмента и наночастиц TiO_2 (оксид титана) для моделирования оптических свойств (поглощения и рассеяния) биотканей. На основе проведенных исследований выявлена возможность использования поздно пришедших фотонов, диффузно прошедших сквозь рассеивающий фантом, для диагностики методами оптической томографии [2].

Можно выделить три основных этапа создания фантома эпителиальной ткани, на каждом из которых решается ряд определенных задач:

1. Исследование оптических характеристик (показатель поглощения – μ_a , рассеяния – μ_s , флуоресценции и анизотропии) эндогенных флуорохромов эпителия, а также их композитов. Проведение спектрального разложения данных флуоресцентных исследований для соответствующих биообъектов с целью количественного восстановления вкладов эндогенных флуорофоров в суммарные спектры свечения. Подбор аналогов исследуемых веществ, или композитов, обладающих схожими спектроскопическими свойствами.

2. Создание фантома эпителия и его тестирование. Используемыми материалами для построения фантома могут быть поливинилхлорид, эпоксидная смола и силикон. Для придания фантому оптических свойств биологического материала, могут добавляться рассеивающие и поглощающие частицы (пигменты, оксид титана). Создаваемые фантомы деформируемы, что позволяет управлять оптическими характеристиками в зависимости от механического воздействия. Симуляция патологий в полученном фантоме.

3. Создание виртуальных моделей биологических тканей для моделирования миграции фотонов в них. Разработка аналитической модели, основанное на уравнении теории переноса излучения, а также методах его решения (теория Кубелки-Мунка, метод сферических гармоник, диффузное приближение), с использованием вероятностного метода Монте-Карло.

Для давно зарекомендованных методов томографии, таких как компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), рынок калибровочного оборудования достаточно развит, однако в основном представлен зарубежными производителями. Стремительно разви-

вающиеся методы оптической томографии (когерентная, диффузионная, доплеровская), благодаря значительным преимуществам перед КТ и МРТ, среди которых безопасность использования, ввиду отсутствия ионизирующего излучения, возможность получения изображений тканей в режиме реального времени, относительно низкая стоимость и простота конструкции оптического томографа, в скором времени могут частично заменить существующие методики. Таким образом, не вызывает сомнения актуальность направлений, связанных с развитием методов оптимизации устройств оптической томографии. Учитывая начинающийся этап внедрения оптических томографов в медицинские учреждения, очевидна востребованность в оборудовании для контроля качества работы данного оборудования.

Реализация производства фантомов может быть осуществлена на базе приборостроительного завода ТВЕС (Тулиновка, Тамбовская обл.) или совместно с предприятием ООО «Биомедтех» (ТГТУ, Тамбов), которые тесно сотрудничают с кафедрой биомедицинской техники.

Список литературы

1. *Dremin, V. V.* Assessment of the signal level during laser fluorescent diagnostics by the Monte-Carlo method / V. V. Dremin, E. A. Zherebtsov, A. V. Dunaev // Информационные технологии в науке, образовании и производстве – 2012 : сб. тр. – Орел : Госуниверситет УНПК, 2012.
2. *Проскурин, С. Г.* Использование поздно пришедших фотонов для диффузионной оптической томографии биологических объектов / С. Г. Проскурин // Квантовая электроника. – 2011. – № 41(5). – С. 402 – 406.

Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 664.8.034

*В. В. Ланцов, Е. Н. Краснослободцева**

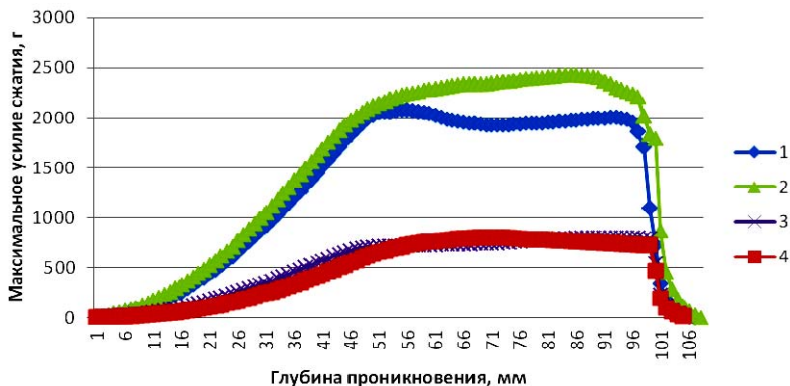
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТА

Структура плавленого сыра в зависимости от принадлежности к товарной группе, массовой доли влаги и жира может иметь вязко-пластичную или упругую консистенцию. Микроструктура готового плавленого сыра во многом зависит от способов предварительной обработки – снятия корки; от вида соли-плавителя, способствующего более полному переходу белка в жидкое состояние (белок является эмульгатором молочного жира); от механического воздействия на сыр в процессе плавления, обеспечивающего получение более тонкой дисперсии жира и белка. Во время плавления и охлаждения образуется коагуляционно-конденсационная структура, вследствие чего увеличивается прочность сырной массы. Большое влияние на реологические свойства оказывают формы связи влаги. Для коагуляционно-конденсационной структуры плавленых сыров присущи и химическая, и физико-химическая, и физико-механические формы связи воды. Во время охлаждения и хранения сыров отдельные виды связи могут взаимно трансформироваться и соотношение их меняться, что влечет за собой изменение реологических свойств [1].

Для определения реологических показателей применяются различные методы и приборы, наиболее распространены пенетрационные, позволяющие оценить напряжение сдвига. В работе использовали индентор в виде гладкого конуса, при использовании которого наблюдаются два вида деформаций: сдвиговая и сжатия и оценивается напряжение сдвига.

Введение в состав растительных компонентов при изготовлении сырных продуктов существенно изменяется структура массы и требуется дополнение рецептуры структурообразователями. Жировая фаза сырной массы выполняет роль пластификатора, являясь носителем эластичных свойств. Параказеин сыров, брынзы, творога увеличивает твердость. Соли-плавители, органические кислоты оказывают влияние на связь воды с высокомолекулярными веществами сырной массы.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Н. М. Страшнова.



**Рис. 1. Испытание плавленого сырного продукта.
График силы, приложенной к датчику**

Результаты эксперимента по измерению усилия сжатия производственных образцов колбасного копченого сыра и сырных продуктов на анализаторе текстуры СТ 3 Brookfield приведен на рис. 1.

По мере того, как достигнут порог срабатывания спускового механизма, сила увеличивается, пока не происходит продавливание поверхности, наклон кривой увеличивается, и график силы почти достигает плато.

Расчетная величина предельного давления образцов представлена в виде гистограммы на рис. 2.

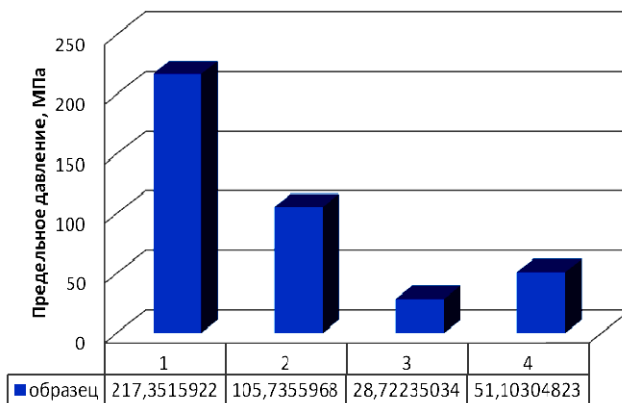


Рис. 2. Изменение величины предельного давления от природы и концентрации белка в продукте

Значения наклона кривых 1 и 2 по сравнению с 3 и 4 сильно отличаются, причем более высокие значения означают, что образцы обладают более плотной упругой консистенцией. Такой показатель консистенции, как отношение влага/СОВ, больше у образцов 1 и 2 и равен 1,9, по сравнению с 1,5 образцов 3 и 4. Это связано с тем, что введение сывороточных белков способствует разрыхлению структуры сыра и ослаблению ее прочности, из-за повышения влажности сырной массы. Для придания массе характерной плотной консистенции увеличивают дозу внесения структурообразователя, поэтому образцы 1 и 2 имеют значительно большие значения предельного давления 217,4 МПа и 105,7 МПа соответственно. Производственные образцы 3 и 4 с соотношением казеин/сывороточные белки 2,6/1 и 1,8/1 соответственно имеют предельное давление меньшее в четыре раза по сравнению с образцами 1 и 2.

Продукт сырный плавленный, 50%-ная замена молочного жира на растительный, использование крахмала как структурообразователя, в процессе охлаждения меняется. В таблице 1 приведены результаты анализа ряда характеристик состояния сырного теста образцов плавленного сырного продукта через 7, 14 и 60 суток хранения, соответственно [2].

С целью выявления зависимости между компонентным составом продукта и его консистенцией проведены эксперименты по изучению влияния соотношения казеина и белка, влаги и сухого обезжиренного вещества. Для систем с упруго-вязкой структурой, к которым относятся плавленные колбасные копченые сырные продукты, течение слоя системы вдоль боковой поверхности индентора (предельное напряжение сдвига) невозможно, в них происходят пластические деформации смятия и определяется величина предельного напряжения (табл. 2).

1. Результаты анализа реологических характеристик в образцах плавленного сырного продукта в течение хранения

№ образца	1	2	3
Время созревания, сут	7	14	60
Содержание влаги, %	52,8	52,4	51,0
Содержание жира, %	40	40	40
Соотношение влага/СОВ	3,11	2,09	1,13
Прочность	844	1114,5	1240
Адгезия	-350,5	-427	-521

2. Результаты анализа консистенции колбасного копченого сырного продукта

№ образца	1	2	3	4	5	6	7
Соотношение казеин/белок, %	62,6	67,2	71,0	74,6	76,7	79,1	80,8
Соотношение влага/COB, %	1,83	1,97	1,73	1,71	1,75	1,78	1,87
Предельное давление, кПа	8,73	11,88	7,62	12,67	10,68	9,63	7,72

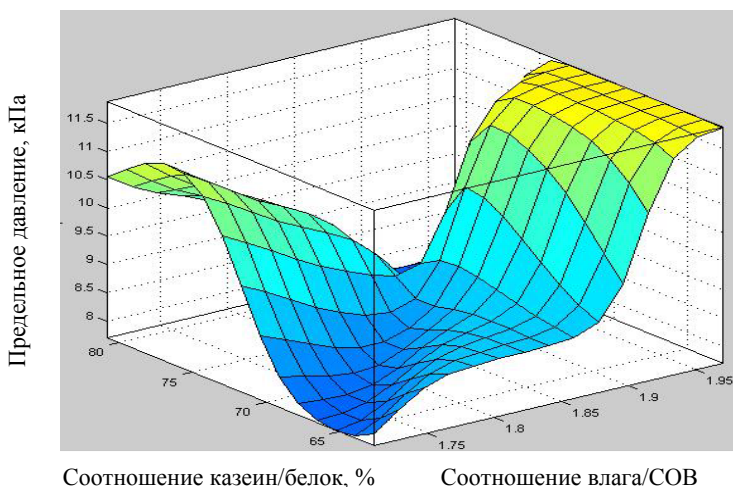


Рис. 3. Изменение консистенции колбасного копченого сырного продукта в зависимости от содержания белка и сухих веществ

На основании экспериментальных данных в пакете MathLAB построена поверхность отклика, представленная на рис. 3.

В изготовленных модельных образцах соотношение влага/COB имело незначительные колебания, в пределах от 1,71 (образец № 4) до 1,97 (образец № 2), что соответствует характерной упругой консистенции продукта. При увеличении содержания белка в плавленом колбасном копченном продукте предельное давление сначала возрастает, достигая максимального значения 11,88 кПа для образца с содержанием белка 18% от массы сухих веществ, при дальнейшем увеличении концентрации белка до 24,7% предельное давление снижается, консистенция продукта становится менее плотной, более мажущейся.

Список литературы

1. Лепилкина, О. В. Пищевая ценность сырных продуктов с растительными жирами / О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 20–21.
2. Роздова, В. Ф. Растительные белки в составе плавяных сырных продуктов / В. Ф. Роздова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 36–37.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
лаборатория завода ОАО «Орбита»*

УДК 637.344.8.

*А. С. Надеждина, М. И. Лопатина, Н. В. Романова**

РАЗРАБОТКА НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Глубокая переработка молока предусматривает рациональное использование всех его составных частей и в частности вовлечение в производство в качестве вторичного сырьевого ресурса молочную сыворотку. Актуальность данной проблемы как общегосударственной отражена в целевых индикаторах Госпрограммы развития молочной промышленности РФ на 2013 – 2020 гг. в виде показателя «Использование молочной сыворотки на пищевые цели». На основе молочной сыворотки разработаны технологии широкого ассортимента продуктов, среди которых значительная доля приходится на напитки [1]. Данное направление является экономически эффективным и в перспективе позволит пополнить сегмент продуктов лечебно-профилактического, общеукрепляющего, тонизирующего назначения.

Расширение ассортимента напитков из сыворотки достигается путем введения в их состав компонентов растительного происхождения: фруктовых сиропов и соков, овощных нектаров и пюре, в состав которых входит значительное количество биологически активных веществ – витаминов, минеральных соединений, пищевых волокон, что позволяет дополнять органический комплекс соединений сыворотки и формировать оригинальные органолептические показатели продукта.

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

С целью разработки рецептур сывороточных напитков изготовлены опытные образцы с соками, обладающие общеукрепляющими свойствами, а также прохладительные тонизирующие напитки с сиропами. Использовался ресурс из двух видов сыворотки: творожной и подсырной, образующейся при изготовлении мягкого сыра термокислотным способом в молочном цехе завода ОАО «Орбита». В качестве компонентов для изготовления ряда образцов к молочной сыворотке добавляли вишневый сок, морковный и тыквенный нектары. Выбор данных компонентов обусловлен содержанием в них полезных веществ, которые отсутствуют или содержатся в сыворотке в небольших количествах. Сравнительная характеристика содержания биологически активных веществ в сыворотке и в выбранных наполнителях приведена в табл. 1.

Тыква содержит в значительных количествах медь до 11% от суточной нормы, которая важна для образования гемоглобина, а также необходима для роста и синтеза пигмента меланина. Количество фтора в мякоти тыквы почти в четыре раза больше, чем в сыворотке. Также тыквенный сок на 10% восполняет суточную потребность в витамине С, который повышает сопротивляемость организма. Вишневый сок, благодаря высокому содержанию калия – 12,5% от суточной нормы, активизирует мышечную работу сердца. В состав морковного сока входит большое количество витамина А – 23% от суточной нормы и β-каротина – 42%, которые практически отсутствуют в сыворотке. Витамин А необходим для роста и развития организма, участвует в процессе фоторецепции, а β-каротин необходим организму как антиоксидант. В морковном соке содержится в 8 раз больше железа, чем в сыворотке и данный микроэлемент, как известно, принимает участие в процессах кроветворения, обмена кислородом, в иммунобиологических и окислительно-восстановительных реакциях [2].

1. Сравнительная характеристика содержания биологически активных веществ сыворотки и соков на 100 г

Вещество	Сыворотка	Вишневый сок	Тыквенный нектар	Морковный нектар
Витамин А	50 мкг	8 мкг	250 мкг	350 мкг
β-каротин	–	0,05 мг	1,5 мг	2,1 мг
Витамин В6	0,05 мг	–	0,1 мг	–
Витамин С	1,5 мг	7,4 мг	8 мг	3 мг
Витамин Е	0,09 мг	0,2 мг	0,4 мг	0,3 мг
Калий	146 мг	250 мг	204 мг	130 мг
Медь	12 мкг	105 мг	180 мкг	–
Фтор	20 мкг	–	86 мкг	–
Железо	0,07 мг	0,3 мг	0,4 мг	0,6 мг

2. Дегустационная оценка образцов напитка

Творожная с вишневым соком		Подсырная с вишневым соком		Подсырная с тыквенным нектаром		Подсырная с морковным нектаром	
сыворотка/ сок	балл	сыворотка/ сок	балл	сыворотка/ сок	балл	сыворотка/ сок	балл
70/30	3	70/30	4	70/30	5	70/30	4
60/40	2	60/40	4	60/40	5	60/40	4
50/50	2	50/50	3	50/50	5	50/50	4

Специалистами проведен дегустационный анализ изготовленных напитков, результаты по пятибалльной шкале приведены в табл. 2.

Напиток из творожной сыворотки с вишневым соком имел приятный аромат вишни, но явными недостатками были непривлекательный бежевый цвет и кисловатый вкус, также наблюдалось расслаивание. При сочетании прозрачной желтоватой подсырной сыворотки с ярко-красным вишневым соком у продукта был неприятный мутно-розовый цвет, но у данного напитка отмечен нежный молочно-сывороточный вкус. Более высокую оценку получили образцы напитков из подсырной сыворотки с тыквенным и морковным нектарами. Цвет добавленных нектаров дополнял цвет подсырной сыворотки, придавая продукту здоровый нежно-оранжевый оттенок. Напитки обладали молочно-сывороточным запахом и вкусом, с привкусом тыквы и моркови. Образец напитка с добавлением тыквенного нектара имел однородную, жидкую консистенцию, а образец с морковным соком получил более низкую оценку, так как его консистенция была вязкой и присутствовала незначительная опалесценция.

Наивысший балл по органолептической оценке получил образец из подсырной сыворотки с добавлением тыквенного нектара. Результаты определения пищевой и физиологической ценности 100 г напитка представлены в табл. 3.

Употребление 250 г продукта из подсырной сыворотки с тыквенным нектаром может удовлетворить на 25...30% суточной потребности в витаминах и минеральных веществах.

Как прохладительные напитки для широкого круга потребителей, изготовлены образцы с добавлением сиропа. В качестве основного сырья выступала подсырная сыворотка, которая дополнялась сиропами шиповника, лайм-мята и ананас-кокос. Сироп шиповника обогащает продукт β -каротином и аскорбиновой кислотой, придает продукту насыщенный медовый цвет и сообщает аромат шиповника.

3. Пищевая и биологическая ценность напитка с тыквенным нектаром

Белки	2,1 г
Жиры	0,1 г
Углеводы	11,08 г
Пищевые волокна	0,6 г
Органические кислоты	0,03 г
Витамин А	0,105 мг
Бета-каротин	0,45 мг
Витамин В2	0,138 мг
Витамин Е	0,174 мг
Кальций	79,5 мг
Магний	12,6 мг
Калий	0,1488 г
Фосфор	61,5 мг
Железо	0,162 мг

4. Органолептическая оценка образцов напитков с сиропом

Образец	Оценка	Характеристика
Сыворотка с сиропом шиповника	5	Цвет: медовый Вкус и аромат: аромат шиповника, сладкий насыщенный вкус Консистенция: жидкая
Сыворотка с сиропом лайм-мята	4	Цвет: сывороточный Вкус и аромат: свежий мятный аромат, сладкий вкус лайма и мяты Консистенция: жидкая
Сыворотка с сиропом ананас-кокос	4	Цвет: сывороточный Вкус и аромат: приятный вкус и аромат ананаса и кокоса Консистенция: жидкая

Сиропы лайм-мята и ананас-кокос обладают тонизирующим эффектом и приятным своеобразным вкусом. Дегустационная оценка полученных образцов проводилась по пятибальной шкале и представлена в табл. 4.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что продукты из молочной сыворотки обладают приятным вкусом и могут производиться как в качестве общеукрепляющих, так и в качестве прохладительных напитков для широкого круга потребителей. Проведенная работа носит практическое значение и позволит предприятию использовать ее в разработке новой линейки продуктов из сыворотки.

Список литературы

1. *Гаврилов, Г. Б.* Пути рационального использования молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, Э. Ф. Кравченко // *Маслоделие и сыроделие.* – 2013. – № 2.

2. *Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна.* – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
лаборатория завода ОАО «Орбита»*

УДК 637.3:664.33

*Н. Ю. Куликова, Д. А. Обжорина, А. В. Тарасова**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ НА СВОЙСТВА РАССОЛЬНОГО СЫРА

В настоящее время большинство сыродельных предприятий вынуждены использовать для выработки продукции нетрадиционное сырье – заменители молочного жира (ЗМЖ) и сухое обезжиренное молоко (СОМ) с целью частичной замены натурального молочного сырья. Введение растительного жира наряду с экономической выгодой позволяет повысить пищевую ценность продукта, уменьшить существующий дефицит полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минеральных веществ. Использование в рецептурах молочных продуктов растительных жиров изменяет их жирнокислотный состав. По данным диетологов, оптимальным считается соотношение ПНЖК (полиненасыщенные жирные кислоты) – 10%, НЖК (насыщенные жирные кислоты) – 60%, МНЖК (мононенасыщенные жирные кислоты) – 30%, что соответствует жиру «Идеальный» (табл. 1) [1].

С целью отработки технологических приемов получения рассольного сыра с растительными жирами выполнены производственные эксперименты по выбору вида растительного жира; стабилизирующей добавки для эмульсии молоко – растительный жир и изучено влияние соотношения молочный жир/растительный жир на структурно-механические свойства продукта.

Работа проводилась с растительными жирами – кокосовым жиром и ЗМЖ компании «ЭФКО» на основе пальмового масла, которые отличаются жирнокислотным составом и молочным жиром (табл. 1).

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

1. Жирнокислотный состав жиров

Жир	НЖК, %	МНЖК, %	ПНЖК, %
Идеальный	58	35	8
Молочный	59...74	29...33	2...3,9
Кокосовый	42	41	17
Пальмовое масло	39,7	46	14,3

Для изготовления двух образцов продукта в цельное молоко вносились обезжиренное молоко, стабилизатор и заменители молочного жира. В один образец вводился кокосовый жир, во второй образец – ЗМЖ. Образование сгустка в молочной смеси первого образца наблюдалось через 45...50 мин, а во второй происходило гораздо медленнее. Сгустки после отделения сыворотки помещали в рассол на сутки, а затем выполняли анализ продукта по физико-химическим показателям и рассчитывали выход по сухим веществам, по массе. Результаты представлены в табл. 2.

Органолептические показатели образцов оценены по пятибалльной шкале. Профилограмма результатов органолептического анализа образцов рассольного сырного продукта представлена на рис. 1.

Проведенный анализ продукта показал, что предпочтительными качественными показателями обладал образец сырного продукта, изготовленного с добавлением кокосового жира.

2. Результаты определения выхода продукта

Показатель	Номер образца	
	1	2
Содержание сухих веществ, %	96	88,2
Выход сыра по СВ, %	67	61
Выход сыра по массе, %	26	20,5

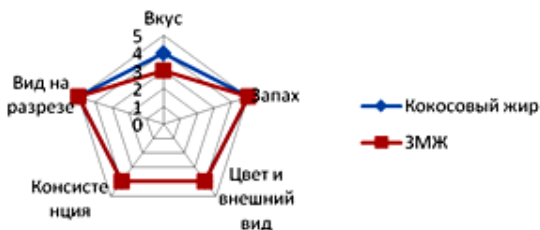


Рис. 1. Профилограмма результатов органолептического анализа образцов рассольного сырного продукта

Для обеспечения устойчивости компонентов, способствующих улучшению внешнего вида и длительному сохранению продуктов, в молочную смесь предусмотрено введение стабилизирующей добавки. Работа проводилась со следующими добавками: «СЭмикс», «Милмикс «Экстра», «ХАМУЛЬСИОН RAM-5».

В теплую молочную смесь вводили стабилизирующие компоненты в количестве 6 г и отмечали их влияние на время образования сгустка. Наименьшим временем образования сгустка обладает образец, изготовленный с использованием «ХАМУЛЬСИОН RAM-5». Также оценивались выходы продукта.

Наибольшим выходом и по массе и по сухим веществам обладал образец, изготовленный с использованием стабилизирующей добавки «ХАМУЛЬСИОН RAM-5»

Органолептические показатели образцов оценены по пятибалльной шкале. Профилограмма органолептических характеристик образцов представлена на рис. 2.

Проведенный анализ продукта показал, что предпочтительными качественными показателями обладал образец, изготовленный с добавлением эмульгатора «ХАМУЛЬСИОН RAM-5».

Известно, что на консистенцию продукта влияет соотношение жира и белка в исходной молочной смеси и соотношение влаги и жира в готовом продукте, а также содержание ненасыщенных ЖК в жире [2].

3. Результаты определения выхода продукта

Показатель	Стабилизирующая добавка		
	«СЭмикс»	«Милмикс «Экстра»	«ХАМУЛЬСИОН RAM-5»
Выход сыра по СВ, %	55	61	54
Выход сыра по массе, %	16	17	14,5
Время образования сгустка, мин	65	60	40

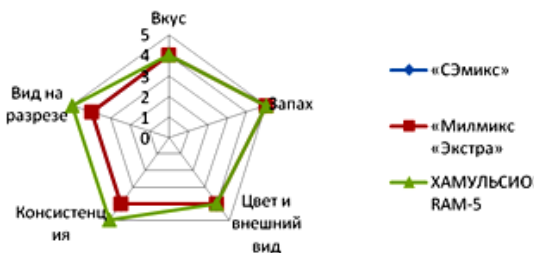


Рис. 2. Профилограмма органолептических показателей образцов

4. Результаты определения выхода продукта

Показатель	Замена молочного жира		
	0%	20%	50%
Выход сыра по СВ, %	46	54	67
Выход сыра по массе, %	12	14,5	26

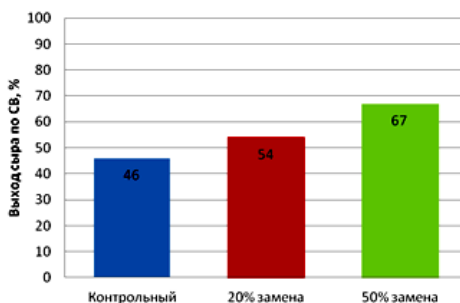


Рис. 3. Выход сыра по сухим веществам

Для изучения влияния этих факторов изготовлены образцы без замены молочного жира растительным с 20 и 50% заменой молочного жира. Установлено, что увеличение доли растительного жира в продукте ведет к уменьшению плотности консистенции.

Наибольший выход продукта при 50%-ной замене молочного жира растительным (рис. 3).

Использование растительного жира в технологическом процессе не привело к снижению качества готового продукта, а позволило снизить себестоимость и создать конкурентоспособный продукт на рынке сыров.

Список литературы

1. Лепилкина, О. В. Пищевая ценность сырных продуктов с растительными жирами / О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № . – С. 20–21.
2. Мордвинова, В. А. Новый рассольный сырный продукт «Греческий» / В. А. Мордвинова // Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 3. – С. 35.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
лаборатория завода ОАО «Орбита»*

*Д. Ю. Усиевич**

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Пряники – мучные кондитерские изделия разнообразной формы с выпуклой поверхностью, содержащие большое количество сахара и различные вкусовые добавки.

Основным сырьем для их производства являются мука пшеничная хлебопекарная, сахар-песок, жиры, молочные продукты, яйцепродукты, фруктово-ягодные виды сырья, орехи, разрыхлители, ароматические вещества.

Наиболее распространенный дефект, возникающий в пряниках при хранении – высыхание и черствение. Пряники, теряя влагу, становятся твердыми.

Целью исследования является выбор оптимальных режимов хранения сырцовых пряников и упаковочных материалов, обеспечивающих стабильность качественных характеристик продукта в процессе хранения.

В связи с этим основными задачами исследования является изучение изменения физико-химических, структурно-механических, микробиологических и органолептических показателей пряников в процессе хранения при различных температурных режимах и использования различных видов упаковки.

В качестве объектов исследования использовали пряники сырцовые двух популярных видов: «Подмосковные» и «Топленое молоко».

Различия в составе рецептур указанных изделий заключаются в большем количестве сгущенного молока в пряниках «Подмосковные», вследствие чего они обладают более стабильными характеристиками в процессе хранения, чем вторые. Также данные образцы пряников различаются формой изделия, пряники «Подмосковные» имеют овальную форму, а пряники «Топленое молоко» – форму круга с рельефными краями.

В качестве упаковочных материалов использовали полимерные упаковочные пленки двух видов:

- полиэтилен высокого давления по ГОСТ 16337–77 (ПЭВД);
- полиэтилен низкого давления ГОСТ 16338–85 (ПЭНД).

При изучении влияния температурных режимов и влияния упаковочных материалов, экспериментальные исследования проводили в условиях научно-исследовательской лаборатории кафедры «техноло-

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

гии и оборудование пищевых и химических производств» Тамбовского государственного технического университета и ОАО «Кондитерская фирма «ТАКФ».

Данные образцы пряников хранились при температурах 0, 20 и 40 °С в течение пяти месяцев. При каждой температуре исследовались образцы двух видов пряников, которые были упакованы в два вида пленки, а также образцы без упаковки. Каждые две недели проводились исследования по изменению качественных показателей – оценку проводили, анализируя комплекс органолептических показателей, физико-химических, структурно-механических и микробиологических характеристик.

В результате хранения изменяются органолептические показатели: цвет, аромат, вкус. Изменение цвета пряников происходит по нескольким причинам: в результате осахаривания происходит кристаллизация сахара на поверхности изделия, поэтому корочка становится более матовой и светлой; на изменение цвета оказывает влияние микробиологическая порча, в частности, развитие дрожжей и плесневых грибов. Размножение микроорганизмов также способствует изменению вкуса и аромата, под воздействием микроорганизмов изделие приобретает более горький вкус и специфический запах, что неблагоприятно сказывается на потребительских характеристиках пряников.

Анализ изменения массовой доли влаги пряников проводили методом высушивания навески в сушильном шкафу и на приборе «Эвлас».

В зависимости от вида пряников, температуры, наличия или отсутствия упаковочного материала, а также вида упаковочного материала характер потери влаги менялся. Характер изменения содержания влаги на примере пряников «Подмосковные» представлен на рис. 1.

Как видно из графиков, потеря влаги интенсифицируется с увеличением температуры. Так при температуре 40 °С количество потерянной влаги максимальное. Большая потеря влаги происходит в образцах пряников без упаковки, данный факт свидетельствует о том, что в процессе хранения целесообразно использование упаковочных материалов, которые обладают барьерными свойствами при миграции влаги из изделия в окружающую среду. При сравнении двух видов полиэтиленов выявлено, что в полиэтилене высокого давления влага сохраняется лучше, чем в полиэтилене низкого давления. Это связано с тем, что ПЭВД обладает меньшей пористостью и большей толщиной (50 мкм) по сравнению с ПЭНД, толщина которого составляет 25 мкм. Также полиэтилен высокого давления имеет меньшую плотность (0,91...0,93 г/см³), тогда как полиэтилен низкого давления имеет плотность 0,94...0,96 г/см³; данное свойство оказывает влияние на проницаемость кислорода сквозь пленку. Благодаря чему при хранении пряников в ПЭВД образование конденсата происходит менее интенсивно, что благоприятно сказывается на качественных характеристиках продукта.

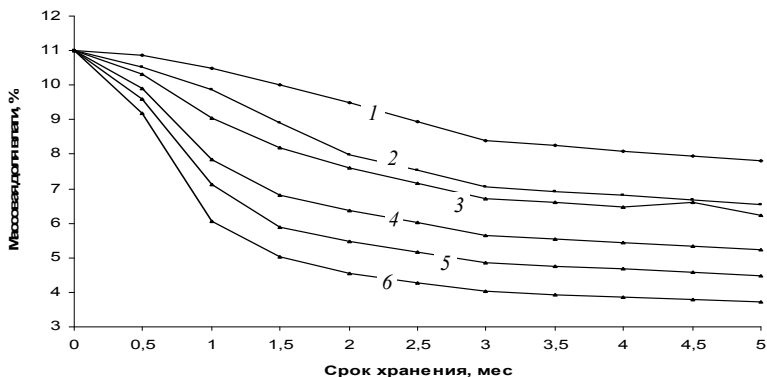


Рис. 1. Изменение влажности пряников «Подмосковные» при хранении:
 1 – ПЭВД при 10 °С; 2 – ПЭНД при 10 °С; 3 – ПЭВД при 20 °С;
 4 – ПЭНД при 20 °С; 5 – ПЭВД при 30 °С; 6 – ПЭНД при 30 °С

1. Рекомендуемые сроки хранения пряников

Вид упаковки и температурный режим	Пряники «Подмосковные»	Пряники «Топленое молоко»
ПЭВД при 10 °С	4 месяца и 2 недели	4 месяца
ПЭНД при 10 °С	3 месяца и 3 недели	3 месяца
ПЭВД при 20 °С	2 месяца и 3 недели	2 месяца
ПЭНД при 20 °С	2 месяца	1 месяц и 3 недели
ПЭВД при 30 °С	1 месяца и 2 недели	1 месяц
ПЭНД при 30 °С	1 месяц	3 недели

Максимальное количество испаренной влаги, не приводящее к существенному изменению качественных характеристик пряников, составляет 3...4%, следовательно, можно сделать вывод о возможных сроках хранения пряников с допустимыми изменениями влажности (табл. 1), учитывая, что срок годности сырцовых пряников без упаковочных материалов составляет 30 сут.

Для определения изменения структурно-механических характеристик пряников в процессе хранения произведено измерение напряжения сдвига – сопротивления продукта действию касательной составляющей приложенной силы, равному отношению этой силы к поверхности сдвига.

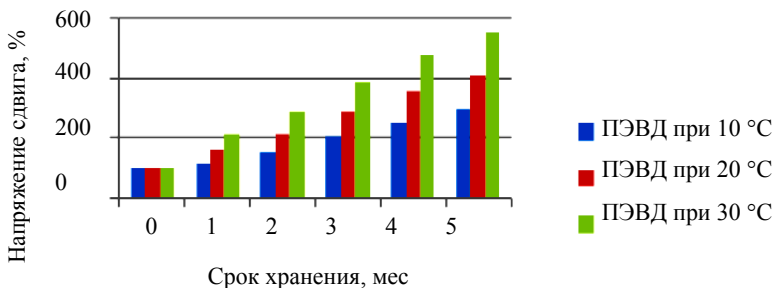


Рис. 2. Изменение напряжения сдвига у пряников «Топленое молоко» при хранении

Измерения проводили на анализаторе текстуры Brookfield. По результатам эксперимента видно (рис. 2), что предельное напряжение сдвига исследуемых образцов пряников увеличивается (на примере пряников «Топленое молоко» в упаковке ПЭВД).

К окончанию срока хранения прочность пряников достигает в среднем 300...700% от начального значения, т.е. пряники приобретают более твердую консистенцию. Данный факт объясняется процессами черствения, происходящими в продукте в результате испарения влаги [1].

Как видно из диаграмм и графиков, оптимальный срок хранения зависит от температуры. Таким образом, при хранении сырцовых пряников в упаковке при температуре 0 °С наблюдается максимальный срок хранения, который составляет пять месяцев. При хранении пряников в условиях комнатной температуры срок хранения составляет 3 – 3,5 месяца. В условиях повышенной температуры 40 °С кондиционные свойства пряников сохраняются в течение одного месяца. При хранении пряников без упаковки наблюдаются минимальные сроки хранения и в некоторых случаях недопустимые качественные показатели.

Список литературы

1. *Зубченко, А. В.* Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий / А. В. Зубченко. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 296 с.
2. *Сидоренко, С. А.* Влияние упаковочных материалов на качество пищевой продукции / С. А. Сидоренко, И. А. Дудла // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 19 – 21.

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

*М. А. Шаволина**

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В ТЕХНОЛОГИИ ЛЕДЕНЦОВОЙ КАРАМЕЛИ

Карамель – кондитерское изделие, представляющее собой твердое, хрупкое, аморфное изделие, отформованное из охлажденной карамельной массы.

При хранении леденцовой карамели одной из основных проблем является ее высокая гигроскопичность и засахаривание корпуса, поэтому актуальным является поиск технологических приемов для стабилизации потребительских характеристик в течение сроков годности.

Важнейшими факторами, влияющими на гигроскопичность карамельной массы и готовой карамели, являются: относительная влажность и температура окружающего воздуха, движение или его покой, физическое состояние вещества. Гигроскопичность зависит также от химического состава карамели, так как он влияет на растворимость вещества в адсорбированной влаге, т.е. на состав насыщенного раствора, образующегося в виде пленки на поверхности изделий.

Одним из способов снижения гигроскопичности может быть использование в рецептуре карамели пищевых волокон. Кроме того, натуральные пищевые растительные волокна могут выступать в роли обогатителей для данного вида кондитерских изделий, повышая содержание балластных веществ и снижая их калорийность. Характеристики пищевых волокон представлены в табл. 1.

Органолептическая оценка выявила, что пищевые волокна «Витацель» имеют чистый, нейтральный вкус, без посторонних запахов, следовательно, они не будут изменять органолептических свойств карамели, но и способны удерживать и подчеркивать вкус и запах других рецептурных компонентов и вносимых добавок, расширяя тем самым, вкусовые ощущения продукта.

Исследования проводили в лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств». Объектами исследования являлись леденцовая карамель и пищевые волокна «Витацель».

Порошок пшеничных пищевых волокон в карамельную массу добавляли на стадии уваривания карамельного сиропа в количестве 2,5...7,5% к общей карамельной массе.

* Работа выполнена под руководством ассистента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» П. М. Смолихиной.

1. Характеристика пищевых волокон

Наименование	Витацель 200	Уницель 200
Вкус и запах	Специфический	Специфический
Цвет	Бесцветный	Бесцветный
Внешний вид	Порошок	Порошок
<i>Физико-химические показатели</i>		
Размер частиц, микрометров	25...250	30...200
Массовая доля влаги, %, не более	4,9	9,0
Влагосвязывающая способность, мл/г	10,0	8,0
<i>Микробиологические показатели</i>		
КМАФАнМ, КОЕ/г не более	1000	25 000
БГКП (колиформы) не допустимы, г	0,1	0,1
Патогенные, не допустимы, г	25	25
Дрожжи, плесени, КОЕ/г, не более	100	500

При изготовлении контрольных образцов проверялись все основные показатели, указанные в типовых технологических инструкциях, а также физико-химические показатели согласно ГОСТ 4570–93 Конфеты. Общие технические условия.

Результаты проведенных экспериментальных исследований по изменению массовой доли влаги карамели в процессе хранения при различных температурах представлены на рис. 1 (где 1 – карамель с 7,5% пищевых волокон; 2 – карамель с 5% пищевых волокон; 3 – карамель без пищевых волокон; 4 – карамель с 2,5% ПВ).

Из полученных данных видно, что добавление пищевых волокон влияет на гигроскопичность леденцовой карамели. Однако, положительный эффект снижения гигроскопичности наблюдается только для концентрации пищевых волокон 2,5%.

Во всем исследуемом диапазоне температур хранения для образцов с добавлением 2,5% пищевых волокон снижение содержания влажности по сравнению с традиционной рецептурой наблюдается заметнее (от 0,8 до 1,6%). Это связано с более низкой активностью воды в карамели с пищевыми волокнами. Вводимые добавки имеют высокую влагоудерживающую способность за счет капиллярной структуры волокон, прочно удерживают влагу и равномерно распределяют ее по всему объему карамели.

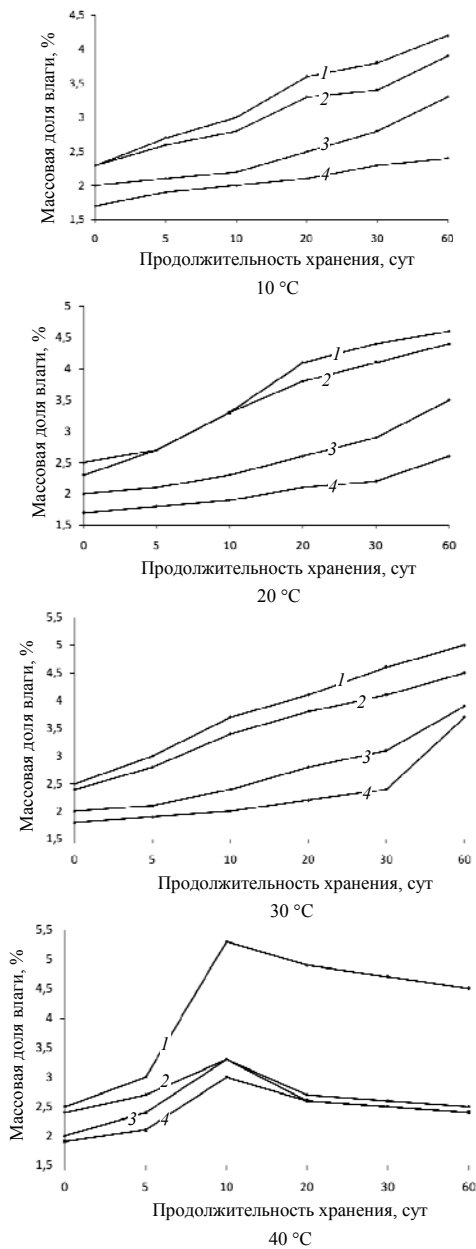


Рис. 1. Изменение влажности карамели в процессе хранения при температуре

Карамель с 5 и 7,5% порошка имеет более высокую влажность по отношению к стандартной карамели, что обусловлено влагоудерживающей способностью пищевых волокон. Однако изделия с таким содержанием порошка теряют свою аморфную структуру, становясь более мягкими и пластичными.

С повышением температуры при той же влажности скорость поглощения влаги возрастает, так как растет упругость паров, насыщающих пространство, возрастает скорость диффузии, увеличивается скорость растворения сахаров в поглощенной влаге и скорость диффузий растворенных веществ [1].

Добавление 2,5% пищевых волокон снижает гигроскопичность карамели, увеличивает стабильность образца при хранении и благотворно влияет на ее органолептические свойства, что при температуре 20 °С наиболее заметно проявляется хранения карамели.

У карамели хранившейся при температуре 40 °С и относительной влажности воздуха 62,7% в начальный период хранения (до 10 сут) наблюдали процесс адсорбции паров влаги, а при дальнейшем хранении происходит адсорбция влаги практически до ее начального содержания в карамели. Товарные качества карамели при этом сохраняются.

Для установления характера различий между образцами леденцовой карамели, изготовленных нами, применяли органолептический анализ [2].

Оценку «отлично» получила леденцовая карамель с добавлением пищевых волокон в количестве 2,5%. Оценку «хорошо» получила леденцовая карамель с добавлением пищевых волокон в количестве 5%. Леденцовая карамель с добавлением пищевых волокон в количестве 5 и 7,5% после хранения в течение двух месяцев оценена на «удовлетворительно».

Список литературы

1. *Зубченко, А. В.* Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий / А. В. Зубченко. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 296 с.
2. *Носов, О. А.* Методика балльной оценки качества конфет / О. А. Носов, Е. В. Носова, С. О. Климова // Кондитерское производство. – 2005. – № 2. – С. 50–51.

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

Н. И. Кудряшова, К. И. Долгова*

МЕСТНОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кондитерские изделия пользуются большим спросом, но основным их недостатком является несбалансированность по микронутриентному составу на фоне высокой энергетической ценности. Одними из наиболее подходящих сырьевых компонентов для их обогащения кондитерских изделий являются лекарственные и пряно-ароматические травы, овощи, фрукты в виде порошков или различных экстрактов.

В связи с развитием концепции «Сохранение здоровья через здоровое питание» с каждым годом спрос на продукцию функционального назначения в Тамбовской области и в стране в целом увеличивается. По производству плодоовощной продукции Тамбовская область занимает один из самых высоких показателей Центрально-черноземного региона [1], поэтому перспективным направлением в развитии агропромышленного комплекса является использование местного растительного сырья и продуктов его переработки в качестве функционально-технологических добавок при производстве кондитерских изделий повышенной пищевой ценности.

Целью данного исследования является получение кондитерских изделий функционального назначения путем разработки научно обоснованной технологии производства с использованием порошкообразных полуфабрикатов из местного растительного сырья.

В качестве функциональных добавок использовали порошки тыквы и моркови, содержащие витамины групп А, В, С, Е, каротиноиды и другие витаминоподобные вещества, пищевые волокна, макро- и микроэлементы (калий, кальций, железо, магний), получены комбинированной конвективно-вакуумно-импульсной сушкой, позволяющей максимально сохранить все биологически ценные вещества, входящие в состав сырья. Объектами для обогащения служили кремово-сбивные и желейные конфеты, обладающие студнеобразной консистенцией и пониженной, по сравнению с другими кондитерскими изделиями,

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. И. Муратовой.

энергетической ценностью. Для обоснования способов введения функциональных добавок в рецептурную смесь исследовали их функционально-технологические свойства.

Экспериментальные исследования по изготовлению опытных образцов кондитерских изделий и определению физико-химических, органолептических и микробиологических показателей, а также дегустация полученных изделий проводилась на базе лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

В работе применяли общепринятые и специальные методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Массовую долю влаги определяли инфракрасным термогравиметрическим методом по ГОСТ Р 8.626–2006 на приборе ЭВЛАС-2М (ОАО «Сибагроприбор», Россия), активность воды – методом зеркально охлаждаемого датчика точки росы на приборе AquaLab LITE (Decagon Deices, США), реологические свойства конфетных масс – методами ротационной вискозиметрии на приборе HAAKE VT7-R plus (Thermo Fisher Scientific, Германия), структурно-механические свойства студней (корпусов конфет) – на текстурном анализаторе СТЗ Texture Analyzer (Brookfield engineering laboratories, inc., США).

В рецептуру кремово-сбивных конфет вносили порошок моркови в количестве от 1,0 до 10,0% к массе корпуса конфет с замещением эквивалентного по сухому веществу количества сахара. Морковный порошок отличается высоким содержанием каротиноидов (65...70 мг/100 г), а его мелкодисперсный состав и содержание в рецептурной смеси сбивной массы жиросодержащего сырья позволяют максимально экстрагировать мощные антиоксиданты, повышая вероятность их усваивания организмом. В густенном молоке происходит набухание полисахаридов, что позволяет интенсифицировать процесс структурообразования с 24 ч до 45...60 мин, и получить полуфабрикат со стабильными структурно-механическими характеристиками, позволяющими осуществлять формирование корпусов методом отсадки.

При потреблении рекомендуемой нормы сбивных конфет с добавлением морковного порошка обеспечивается удовлетворение суточной физиологической потребности в каротиноидах на 30...100% (табл. 1) [2]. Температурные режимы стадии введения функциональных ингредиентов (не более 55...60 °С) позволяют максимально сохранить витаминный состав сырья.

В желейную массу вносили порошок тыквы, отличающийся большим содержанием пектиновых веществ и нежной структурой волокон, в количестве 0,5...3,0%.

1. Пищевая и энергетическая ценность сбивных конфет

Показатели	С добавлением 10% морковного порошка	Базовая рецептура
Энергетическая ценность, ккал	407,0	438,07
Белки, г	2,55	2,44
Жиры, г	22,79	22,78
Углеводы, г	47,91	55,71
Пектиновые вещества, г	0,12	–
Пищевые волокна, г	5,0	–
Витамины		
Витамин С, мг	12,8	0,47
Каротиноиды, мг	7,0	0,02

Введение порошка на стадии темперирования помимо увеличения вязкости желейной массы приводит к разрушению монолитности и образованию неравномерной структуры студня. Для предупреждения указанных недостатков порошки использовали в смеси с пектином на стадии приготовления сиропа.

При таком способе введения происходит максимальное набухание и растворение пектиновых веществ и полисахаридов порошка. Потребление рекомендуемой нормы желейных конфет с добавлением порошка тыквы обеспечивает удовлетворение суточной физиологической потребности в пектиновых веществах на 43...100% (табл. 2) [2].

2. Пищевая и энергетическая ценность желейных конфет

Показатели	С добавлением 3% тыквенного порошка	Базовая рецептура
Энергетическая ценность, ккал	341,4	352,0
Белки, г	1,15	1,15
Жиры, г	7,55	7,55
Углеводы, г	68,15	70,26
Пектиновые вещества, г	6,1	1,2
Пищевые волокна, г	4,1	-
Витамины		
Витамин С, мг	11,1	1,1
Каротиноиды, мг	0,52	-

При разработке нового вида кондитерских изделий необходимо исследование изменения потребительских характеристик при хранении для определения сроков годности.

Установлено, что благодаря высокой гигроскопичности овощные порошки связывают имеющуюся в продукте воду, предотвращают миграцию и замедляют испарение. Потеря влаги корпусом в 3 раза меньше по сравнению с контролем.

Результаты исследований показали, что овощные порошки могут выступать в качестве добавок, снижающих активность воды, что позволяет стабилизировать физико-химические и микробиологические показатели изделий в процессе хранения и увеличить их срок годности.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения в производство и реализации разработанных конфет повышенной пищевой ценности с желевыми и сбивными корпусами составляет 9800 – 11 700 р на 1 т готовой продукции.

На основе анализа комплекса экспериментальных данных и существующих технологий производства жележных и сбивных конфет, с учетом минимизации потерь БАВ в процессе технологической обработки обоснованы способы внесения функциональных ингредиентов, уточнены режимы отдельных стадий технологического цикла и разработаны технологические схемы производства жележных и сбивных конфет с использованием овощных порошков. Основными преимуществами предлагаемых технологий являются: отказ от использования синтетических вкусоароматических добавок и красителей, сокращение продолжительности производственного цикла и получение конфет со стабильными, заранее заданными характеристиками.

Список литературы

1. *Макаров, В. Н.* Кластер по производству продуктов питания функционального назначения как модель инновационного развития АПК Тамбовской области / В. Н. Макаров, А. Н. Квочкин, Ю. П. Антонова // Вестник Мичуринского аграрного университета. – 2011. – № 2. – С. 111 – 115.

2. *Muratowa, E. I.* Benutzung der regionalen Rohstoffressourcen für die Schaffung der Konditoreierzeugnisse der funktionalen Zweckbestimmung / E. I. Muratowa, P. M. Smolichina // Sammlung der Werke der internationalen wissenschaftlich-technischen Leonardo da Vinci Konferenz. – Berlin : Wissenschaftliche Welt e. – 2013. – № 1.

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

*М. С. Акимова, О. С. Харламова, Е. И. Акулинин**

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА В СПИРТОДРОЖЖЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Актуальной задачей отечественного производства хлебопекарных дрожжей является снижение себестоимости продукции при сохранении ее высокого качества. Отсутствие строгих условий асептики на производственном этапе выращивания сахаромицетов в бродильных аппаратах способствует развитию бактериальной микрофлоры, «диких» дрожжей, вносимых с сырьем, воздухом. Контаминанты, развиваясь совместно с основной культурой, негативно влияют на течение технологического процесса, а также снижают выход и качество готовой продукции по таким показателям как подъемная сила и сроки хранения [1].

Хлебопекарные дрожжи являются необходимым и важным видом сырья для хлебопечения, производства БАД и биологически активных веществ, пищевого белка и ряда лекарственных препаратов. Как товарный продукт они вырабатываются на двадцати трех дрожжевых заводах и четырех спиртодрожжевых предприятиях, функционирующих в разных регионах России. В настоящее время дрожжевые заводы России производят 6,2...7,2 тыс. т дрожжей в год, а спиртодрожжевые вырабатывают 15% от общего количества вырабатываемых дрожжей в стране.

При годовом выпуске хлебобулочных изделий около 7800 тыс. т., потребность в хлебопекарных дрожжах составляет примерно 100 тыс. т. Емкость рынка дрожжей специалисты оценивают в 110 тыс. т в год. Часть этого количества восполняется иностранными производителями пекарских дрожжей, однако это способствует сокращению собственного производства. Кроме того, импортируемая продукция, согласно экспертным оценкам, отличается невысоким качеством.

Основные тенденции развития дрожжевой отрасли следующие: реконструкция действующих предприятий, с полным техническим перевооружением; внедрение новейшего, энергосберегающего и высокопроизводительного оборудования; перевод на прогрессивные технологические схемы; использование новых штаммов сахаромицетов, отличающихся повышенной конкурентоспособностью к бактериям и грибам; применение комплексной механизации трудоемких работ и автоматизация технологических процессов [1].

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

Периодические способы выращивания по производительности уступают непрерывным, так как прирост биомассы составляет $0,15...0,16 \text{ ч}^{-1}$, против $0,30...0,31 \text{ ч}^{-1}$. Бесприточный способ выращивания дрожжей предусматривает подачу всех питательных веществ и воды при загрузке дрожжерастильного аппарата. Культуральную среду либо аэрируют, либо воздух подают периодически в небольшом количестве на протяжении всего периода выращивания дрожжей. По этому способу получают дрожжи чистой культуры в начальных стадиях и первую стадию дрожжей естественно-чистой культуры.

Непрерывный процесс обеспечивает более высокую скорость роста по сравнению с периодическими процессами при этом не наблюдается дегенерации клеток, так как дрожжи выращивают на постоянно обновляющейся полноценной питательной среде при полном обеспечении клеток кислородом. Трудность в ведении непрерывного процесса на предприятиях состоит в инфицированности культуральной среды вследствие использования нестерильного воздуха, воды, а иногда и питательной среды, что понижает качество готового продукта.

Для повышения эффективности производства хлебопекарных дрожжей в условиях спиртодрожжевого производства на ОАО «Биохим» (г. Рассказово Тамбовской области) путем обеспечения стабильного качества готовой продукции проведены поисковые работы, направленные на подбор способов подавления жизнедеятельности контаминантов на этапе брожения и накопления клеточной биомассы, а также на стадии концентрирования.

В процессе испытаний решались следующие задачи: проведены исследования кинетики роста дрожжевых клеток при дополнительной обработке бражки при дображивании лимонной кислотой; изучены изменения свойств и сроков хранения хлебопекарных дрожжей при дополнительной обработке концентрата бражки перед прессованием эмульгатором.

С целью подбора эффективного и недорогого способа подавления посторонней микрофлоры в бродильных чанах для условий базового предприятия испытаны физические и химические приемы обработки пораженной бражки. В ходе исследования установлено, что заражение бражки вызвано бактериями рода *Vac. subtilis* и *Vac. mesentericus*, характерными для мелассы [2]. В течение процесса брожения наблюдалось увеличение количества данных бактерий с одновременным уменьшением количества дрожжевых клеток и вязкости бражки. Объектом исследования служила пораженная бражка, отобранная из производственных бродильных чанов, а для диагностики опытных образцов использовали методы микроскопии и инструментального анализа, применяемые в отрасли.

Проведены исследования по изучению влияния уровня температуры тепловой обработки производственной бражки в диапазоне 40...60 °С, концентрации органической кислоты в диапазоне 0...0,4%, концентрации водного 40%-го раствора формалина в диапазоне 0...0,04% на гибель клеток бактерий – контаминантов. Результаты представлены на рис. 1 – 3.

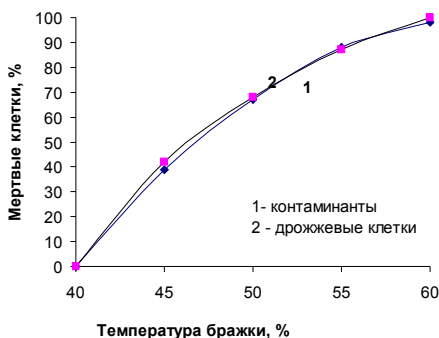


Рис. 1. Влияние температуры бражки на гибель патогенной микрофлоры

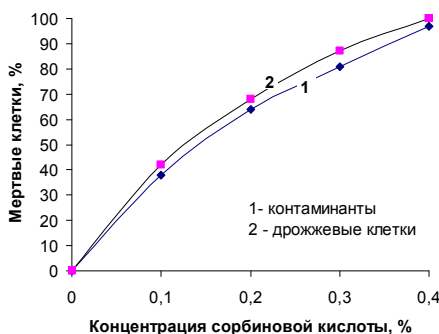


Рис. 2. Влияние концентрации сорбиновой кислоты на гибель патогенной микрофлоры

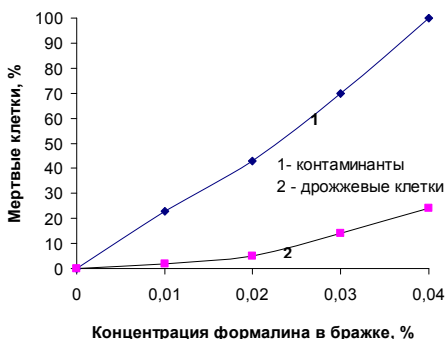


Рис. 3. Влияние концентрации формалина на гибель патогенной микрофлоры

По экспериментальным данным получены зависимости количества нежизнеспособных микроорганизмов-загрязнителей в обработанном материале (y) от уровня температуры (T) в виде регрессионного уравнения (1):

$$y = -0,185T_2 + 23,47T - 640,6; \quad (1)$$

концентрации органической кислоты (c) в виде регрессионного уравнения (2):

$$y = -378,5c_2 + 388,4c + 1,028; \quad (2)$$

концентрации водного раствора формалина (f) в виде регрессионного уравнения (3):

$$y = 15000f_2 + 1870f + 0,8. \quad (3)$$

В результате проведенных исследований установлено, что использование тепловой обработки при уровне температуры выше $45\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к гибели дрожжевых клеток наряду с контаминантами, поскольку дрожжи являются мезофилами, для которых температурный оптимум составляет $28\text{...}32\text{ }^\circ\text{C}$. Внесение органической кислоты оказывает одинаковое губительное воздействие как на микроорганизмы-загрязнители, так и на дрожжевые клетки. При этом с увеличением концентрации вносимой кислоты наблюдается увеличение процента мертвых дрожжевых клеток. Тогда как добавление раствора формалина на стадии брожения обеспечивает получение незараженной контаминантами бражки, при незначительной величине гибели дрожжевых клеток, что также позитивно отражается и на стойкости дрожжей при хранении.

В результате серии экспериментов также установлено, что изменить этот важный для производства показатель можно через регулирование pH бражки на этапе ее дображивания перед сепарированием. Изменение уровня кислотности на 0,2 единицы в течение трех часов позволяет снизить в полтора раза количество контаминантов, влияющих на сроки хранения готовой продукции.

Положительный эффект при хранении прессованных хлебопекарных дрожжей можно получить при использовании некоторых ПАВ, которыми обрабатывают дрожжевое молоко перед прессованием. Кроме того, анализ опытных образцов при хранении их в течение месяца показал возможность уменьшения потерь влаги на $5\text{...}7\%$ за счет использования этого вида добавок при сохранении в пределах нормы показателя подъемной силы.

Список литературы

1. Пономарева, О. И. Микробиологические аспекты качества хлебопекарных дрожжей / О. И. Пономарева // Пищевая промышленность. – 2008. – № 1. – С. 46 – 48.

2. Фараджиева, Е. Д. Производство хлебопекарных дрожжей : практическое руководство / Е. Д. Фараджиева, Н. А. Болотов. – Санкт-Петербург : Профессия, 2012. – 167 с.

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

УДК 664.292

*О. В. Хрушлова, М. А. Скопинцева**

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одним из важнейших направлений современного производства является создание малоотходных и безотходных технологий, вовлечение в хозяйственный оборот вторичных сырьевых ресурсов. В Тамбовской области размешены три из шести сахарных заводов крупнейшего производителя сахара в России ООО «РУСАГРО-ЦЕНТР». ОАО «Сахарный завод» филиал «Никифоровский» является самым крупным, на данном предприятии перерабатывается 6800 т свеклы и 1200 т сахара сырца в сутки, при этом среди прочих образуются два отходящих потока: свекловичный жом (507 960 т в год) и меласса (10 000 т в год). В рамках выполнения выпускных квалификационных работ поставлены задачи проектирования технологических линий по переработке данных потоков.

При этом учтено, что к основным направлениям создания малоотходных и безотходных технологий сахарной промышленности относятся: получение из сушеного жома пищевых добавок и продуктов, в первую очередь пектина, клетчатки; также использование мелассы в качестве сырья для получения фруктозы, раффинозы, лизина и других продуктов.

Анализ литературно-патентных источников показал целесообразность переработки свекловичного жома для производства пектина.

Пектин является одним из принципиально важных продуктов рынка гидроколлоидов. Потребность пищевой промышленности стра-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. В. Хабаровой.

ны в пектине достигает 10 тыс. т в год, это без учета нормы его потребления в лечебно-профилактических целях. Учитывая минимальную профилактическую норму потребления пектина – 2 г в сутки, в экологически неблагоприятных районах, его количество при круглогодичном потреблении пектиносодержащих продуктов из расчета на 100 млн. человек составляет свыше 70 тыс. т.

В настоящее время в России нет ни одного завода или предприятия, вырабатывающего пектин. Свои потребности в пектине кондитерские и фармацевтические предприятия России удовлетворяют лишь частично, благодаря импорту данного продукта.

В то же время сахарные заводы продают сухой свекловичный жом частным хозяйствам по цене 6000 р. за т. Экономически выгоднее использовать этот жом для производства пектина, цена которого варьируется от 367 от 2000 р. за кг, а выход пектина из тонны жома составляет примерно 180 кг. Очевидно, что проблема производства отечественного пектина очень актуальна в настоящее время.

Технология получения пектина из свекловичного жома включает следующие стадии. Высушенный свекловичный жом, поступающий со склада, измельчают до 1,5...2,0 мм для интенсификации процессов извлечения пектиновых веществ. Далее жом подвергается гидролизу-экстрагированию двадцатикратным количеством 1,3%-ной соляной кислоты. Процесс протекает 2 часа, при $\text{pH} = 0,6...0,8$ и температуре 75 °С. Полученная смесь направляется в фильтр-прессы для проведения грубой и тонкой очистки экстракта. Прогидролизированный жом после нейтрализации аммиачной водой направляют на корм скоту. Экстракт тонкой фильтрации поступает в катионитно-анионитный фильтр, в котором происходит удаление из экстракта красящих веществ, специфического свекловичного привкуса, катионов металлов и происходит частичная нейтрализация. Фильтры заполнены ионообменными смолами: сильноосновный катионит КУ-2-8чС и слабоосновный анионит ЭДЭ-10П, которые периодически необходимо регенерировать. После очистки экстракт поступает в отстойник для осаждения пектина с помощью 94% этилового спирта, при соотношении экстракт к спирту – 1:2. Затем из осадка удаляют лишнюю влагу и измельчают. Измельченный пектин направляется на очистку от спирторастворимых веществ. На первой стадии пектин промывают 70% этиловым спиртом. Затем коагулят обезвоживают 96% спиртом. Далее очищенный пектин направляют в вальцовую сушилку для снижения влажности до 12%. Высушенный пектин измельчают и упаковывают [1].

Разработанная технологическая схема позволяет получить свекловичный пектин с чистотой 75...77% и комплексообразующей способностью 500...600 мг $\text{Pb}^{2+}/\text{г}$, который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к пектинам пищевого и медицинского назначения.

Проведена оценка инвестиционной привлекательности проекта, которая показала, что при капитальных вложениях 214 млн. р. и норме дисконта 12% проект окупится за 1,5 года, при горизонте расчета – 4 года, при этом себестоимость продукции составит 1200 р. за кг.

Для переработки мелассы в качестве конечного продукта выбран лизин, который имеет широкое применение в медицинской промышленности, а также используется в питании спортсменов [2]. Объем российского рынка чистого лизина можно оценить в 8...8,5 тыс. т, из-за рубежа ежегодно импортируется 8 тыс. т чистого лизина, средняя цена которого составляет 3500 р. за кг, главными импортерами являются Япония, Германия и США. Сегодня на территории России не производится лизин кристаллической формы. Постройка завода по производству лизина позволит не только удовлетворять потребности в данном продукте, но и решить проблему утилизации мелассы на сахарном заводе.

Литературно-патентная проработка позволила составить технологическую схему производства чистого кристаллического лизина. Процесс требует строгих асептических условий. Выращивание производственной культуры продуцента осуществляется в ферментерах. Посевной материал в количестве 5...10% от объема питательной среды, поступает в ферментер, в качестве посевного материала используется штамм бактерий вида *Brevibacterium E-531*. Компонентами питательной среды являются: меласса, кукурузный экстракт, 4%-ный раствор соляной кислоты, 25%-ный водный раствор аммиака, мел, пеногаситель. Продуценты лизина являются биотинзависимыми, количество биотина в среде должно быть не менее 29 мкг/л.

Если снизить количество биотина, то биосинтез лизина замедляется. Источниками биотина является кукурузный экстракт и свекловичная меласса. В качестве источника углерода применяется меласса. Среди источников азота чаще всего используется кукурузный экстракт. Оптимальное соотношение углерода и азота в питательной среде составляет 11:1. Процесс биосинтеза происходит при подаче стерильного воздуха в течение 60 ч. Полученная после биосинтеза культуральная жидкость подвергается ультра- и микрофильтрации, где происходит отделение частиц с диаметром 10 Кд. Микрофильтрат с содержанием лизина 90 г/л подается в ионитный фильтр, загруженный смолой марки КУ-2-8 лизин сорбируется на смоле, затем водным раствором аммиака вымывается из нее. Элюат поступает в вакуум-выпарную установку, упаривается до концентрации лизина 600 г/л. Упаренный раствор направляется в кристаллизатор, где при температуре 10...12 °С происходит кристаллизация лизина. Суспензия подается в нутч-фильтр, где происходит отделение кристаллов от жидкости. Влажные кристаллы лизина направляются в барабанную сушилку, высушиваются до влагосодержания 2%. Кристаллы лизина отправляются

на фасовку. Данная технология позволяет получить лизин высокой очистки, который может использоваться в фармацевтических препаратах.

Рассчитаны показатели экономической эффективности проекта, которые показали, что при переработке всего 10% от общего объема мелассы, можно получить годовой объем производства лизина 299 650 кг, при этом себестоимость продукции составит 418 р. за кг. Требуемые для реализации проекта капиталовложения составят 150 млн. р. При минимальной норме дисконта 8,25% и горизонте расчета семь лет проект окупится за шесть лет.

Таким образом, можно выделить несколько социальных аспектов данных проектов:

- использование вторичных ресурсов сахарного производства выгодно как с экономической точки зрения, так и с точки зрения экологии региона;
- строительство завода позволит создать новые рабочие места непосредственно на самом предприятии;
- сырье после извлечения пектина по своим качественным показателям не ухудшается и может использоваться в качестве корма для животных и птицы;
- производство минимизирует, а впоследствии и снимет вовсе продовольственную зависимость в пектине и лизине России от Запада;
- создастся прецедент, который будет способствовать разработкам и использованию отечественного оборудования, ориентированного на производство пектина и лизина.

Разрабатываемые проекты имеют инвестиционную привлекательность, но требуют значительных капиталовложений. На данном этапе государство должно обеспечить экономическую заинтересованность предприятий в реализации таких проектов не только путем повышения размера платы за размещение отходов, но и путем льготного кредитования, установления налоговых и иных льгот при внедрении малоотходных и безотходных технологий.

Список литературы

1. *Донченко, Л. В.* Пектин основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – Москва : ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
2. *Лизин и ко* [Электронный ресурс] Биотехнология и бизнес. – URL : <http://www.rusbio.biz/ru/smi08.shtml>.

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

*А. В. Суркова, А. А. Андросова, Н. С. Левищева**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫВОРОТОЧНОГО СЫРА

Молочная сыворотка является нормальным побочным продуктом при производстве сыров, молочно-белковых концентратов и может быть отнесена к вторичным сырьевым ресурсам согласно научным заключениям Н. Липатова и А. Храмцова. Сыворотка, остающаяся после коагуляции казеина при приготовлении твердых или мягких сыров, содержит так называемый сывороточный белок, альбумин, который коагулирует при более высокой температуре. Это позволяет изготавливать еще несколько видов сыров. Например, Рикотта – традиционный итальянский молочный продукт, изготавливаемый из молочной сыворотки. Имеет приятный сладковатый вкус за счет присутствия лактозы и немалую питательную ценность. Бруност – особый сорт сыра, производимый в Норвегии и Швеции. Имеет коричневый цвет и сладковатый вкус.

Сывороточный сыр – это продукт, получаемый путем концентрирования или коагуляции сыворотки с добавлением или без добавления молока или молочного жира. В основе технологии получения сывороточных сыров лежит термическая коагуляция белка. Степень коагуляции и денатурации белков молочной сыворотки зависит от сочетания времени и температуры выдержки, а также уровня pH. Технология производства сывороточного сыра включает: сгущение молочной сыворотки концентрированно, высокотемпературную обработку, фасовку.

В условиях молочного цеха ОАО «Орбита» получают питательный продукт – «Рикотта сливочная», «Рикотта европейская». С целью совершенствования технологии получения сывороточного сыра с измененными потребительскими и органолептическими свойствами была рассмотрена возможность внесения растительной добавки и добавки, предупреждающей синергетический эффект.

Экспериментальные исследования проводили в условиях инструментально-аналитической лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» и научно-производственной лаборатории ОАО «Орбита». Изготовлены образцы мягкого сыра из смеси цельного молока и творожной сыворотки в присутствии стабилизаторов для снижения синерезиса и формирования текстуры сырной массы.

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

1. Результаты исследования стабилизационных систем

Стабилизационная система	Питер-пром гель 4134	Свиссгам-3208	Лемикс 52
До нагрева смеси	Консистенция		
	жидкая	пастообразная	жидкая
	Наличие отделившейся сыворотки		
	незначительное	отсутствует	присутствует
$\frac{\text{Влага}}{\text{COB}}$	4,47	3,39	4,9
В горячую смесь	Консистенция		
	жидкая	пастообразная	очень плотная
	Наличие отделившейся сыворотки		
	незначительное	отсутствует	незначительное
$\frac{\text{Влага}}{\text{COB}}$	5	3,39	2,2

Также изучались условия введения добавок – при комнатной температуре и в горячем состоянии смеси. Образцы имели одинаковое содержание жира, но разную влажность, кислотность и консистенцию. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Для придания продукту новых органолептических и физико-химических свойств использованы натуральные растительные добавки. Соус рябины и пюре клюквы обогатили продукт фитонцидами, губительно действующими на сальмонеллы и золотистый стафилококк, а также органическими кислотами, пектинами и витаминами. Яблочное и персиковое пюре, а также добавка «Чернослив со злаками» дополнили питательную ценность продукта пищевыми волокнами, органическими кислотами, витаминами и микроэлементами. Клубничный джем обогатил продукт фолиевой кислотой и йодом.

Органолептическая оценка образцов с добавлением растительных компонентов по пятибалльной шкале проводилась специалистами лаборатории ОАО «Орбита». Результаты исследования представлены в табл. 2.

Мягкий сывороточный сыр с добавлением натурального фруктового пюре содержит необходимые организму витамины и минералы, поэтому его можно отнести к функциональным продуктам. Применение фруктового пюре в сочетании с молочным белком мягкого сыра повышает его пищевую и биологическую ценность.

2. Результаты исследования образцов с добавлением фруктового пюре

Наименование	Влага СОВ	pH	Органолептические показатели	Балл
Соус рябины	11,5	5,7	Цвет: бежево-розовый. Вкус: слегка горьковатый. Аромат: пастеризации. Консистенция: жидкая, наблюдается отслоение жидкости	3
Пюре клюквы	11,6	5,52	Цвет: серо-фиолетовый. Вкус: кисловатый. Аромат: свойственный. Консистенция: водянистая	2
Яблочное пюре	11,6	5,62	Цвет: бежево-оранжевый. Вкус: кисловатый. Аромат: свойственный. Консистенция: плотная, однородная	4
Пюре персика	11,6	5,63	Цвет: желтоватый. Вкус: приятный, персиковый. Аромат: ярко выраженный, персиковый	3
Клубничный джем	11,5	5,67	Цвет: розово-фиолетовый. Вкус: сладковатый, клубничный. Аромат: ярко выраженный, клубничный. Консистенция плотная, однородная	3
Пюре чернослива со злаками	1,4	5,81	Цвет: темный, с включениями. Вкус: приятный, свойственный. Аромат: ярко выраженный. Консистенция плотная, однородная, пастообразная	4

По результатам исследований сделан вывод, что наиболее подходящей для конкретного случая является стабилизационная система Свисгам–3208. Данная система оптимально проявляет себя при внесении ее в нагретую смесь. При ее использовании не наблюдалось отделение сыворотки, вкус и аромат продукта соответствовали традиционным, консистенция плотная, пастообразная, однородная.

В случае с применением вкусоароматических добавок можно сделать вывод, что наилучшими образцами оказались: образец мягкого сывороточного сыра с «Персиком» и образец с «Черносливом и злаками». Они обладают наиболее приятным вкусом, консистенцией, а также соответствуют нормам влажности и жирности. Остальные образцы следует доработать.

Список литературы

1. *Липатов, Н. Н.* Молочная промышленность XXI века / Н. Н. Липатов. – Москва : АгроНИИТЭИММП, 1999. – 56 с.
2. *Технология* продуктов из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки : учебное пособие / А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко, И. А. Евдокимов и др. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2003. – 112 с.

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

УДК 637.356.2

*К. В. Анцифиров, А. В. Дегтярева, М. Н. Бакушин**

ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТВОРОЖНОГО ТЕРМИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА

На сегодняшний день среди творожных продуктов первенство прочно удерживают термизированные изделия, их основное достоинство – сохранение практически всех полезных свойств сырья при достаточно продолжительном сроке реализации [1]. Для молокоперерабатывающих предприятий осваивающих данный вид продукции важным аспектом являются следующие технологические задачи: подбор стабилизационной системы и дозы стабилизатора; изучение влияния температуры термизации на консистенцию продукта. Для решения таких задач на базе предприятия ОАО «Орбита» проведены исследования, объектом которых служили образцы творожного сыра.

Для обеспечения требуемой консистенции и для защиты молочного белка от коагуляции при обработке в среде повышенной температуры использовались следующие стабилизаторы: СТ-стабилизатор,

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

SWISSGUM D-3254, Туризин FM, БК плюс Q3, составной стабилизатор из ксантановой камеди, камеди рожкового дерева, каррагинана, желатина и модифицированного крахмала, Аквамикс термоплюс, смесь комплексная многофункциональная пищевая, Гелеон 127С. Опытные образцы изготовлены на основе творога жирного, заменителя растительных жиров, с добавками сухих молочных продуктов и вкусовых добавок.

Изготовленные образцы творожного продукта отличались видом и количеством стабилизаторов, консистенцией. Качество их оценивалось по физико-химическим и органолептическим показателям с привлечением специалистов предприятия. Результаты приведены в табл. 1.

Все используемые стабилизационные системы при изготовлении опытных образцов придали нежную, однородную консистенцию, без включений и наблюдалось незначительное отслоение сыворотки. Высокую оценку получил продукт, изготовленный со стабилизационной системой СТ – 15 баллов, образцы с включением Бека плюс Q3 и Гелион 127С несколько уступали по свойствам, а продукт со стабилизатором Аквамикс получил всего 9 баллов.

Важную роль на консистенцию творога, сыра оказывают соотношения влаги и жира. Для выявления этой зависимости определяли содержание влаги и сухого обезжиренного вещества в готовом продукте. Результаты анализа приведены в табл. 2.

1. Физико-химические характеристики полученных образцов

Показатель	Характеристика образцов				
	Туризин FK – 106	Аквамикс	Бека плюс Q3	Гелион 127С	СТ
Доза внесения, %	0,9	0,9	0,9	0,4	3,1
Доза внесения ВАД, %	1	3	10	0,12	0,4
Массовая доля влаги, %	55	58,9	58,4	56,5	59,4
Массовая доля жира, %	47,7	52,2	51,6	49,3	52,8
Сумма баллов	13	9	14	14	15

2. Влияние влаги и жира на консистенцию

Стабилизатор	Консистенция	Влага/СОВ
Составной	Плотная (близка к плавленым сырам)	4,5
СТ	Нежная, кремообразная	3,4
Аквамикс термо плюс	Грубая, не пластичная	5,3
Турризин	Нежная, кремообразная	2,3
Бека плюс Q3	Нежная, кремообразная	2,9
Гелион 127	Нежная, кремообразная	3

В результате исследований выявлено, что образцы с массовой долей влаги в пределах 55...57% и содержанием жира в пределах 52...55% обладали более нежной консистенцией свойственной для термизированного творожного сыра.

При производстве творожного сыра температура термизации играет важную роль, так как она влияет на консистенцию продукта. Правильно подобранный режим предотвращает образование грубой, крупитчатой структуры и мучнистой консистенции, обеспечивает стабильность продукта в процессе хранения [2].

Для изучения влияния температуры опытные образцы с использованием стабилизатора Swissgum D-3254, рекомендуемого для данной группы продуктов в количестве 0,3%, подвергались термообработке в диапазоне 65...80 °С.

В таблице 3 представлены данные анализа физико-химических показателей тестируемых образцов творожного сыра.

Цвет полученного теста получился светло-желтый однородный по всей массе, вкус сывороточный, творожная основа не чувствуется.

Консистенция полученных образцов при температуре 65...70 °С не соответствует творожному сыру, жир не приработался, присутствует отслоение, в полученных образцах не чувствуется творожного вкуса, присутствует резкий сывороточный и масляный вкус. Тогда как образец, который повергался температурной обработке при 80 °С имел более нежную однородную консистенцию и приятный вкус. В результате исследований можно сделать вывод, что необходимо пересмотреть рецептуру, снизить жирность продукта, увеличить соотношение творога, снизить количество сухой молочной сыворотки, так как в составе стабилизатора Swissgum уже присутствуют сывороточные белки, которые так же оказывают влияние на вкус продукта.

3. Физико-химические характеристики полученных образцов

Показатель	Характеристика образцов			
	65	70	75	80
Тобр., °С	65	70	75	80
Массовая доля влаги, %	59,4	56,9	61,4	61,4
Массовая доля жира, %	55,5	55,8	56,9	56,9
Консистенция	Неоднородная, присутствуют отслоения	Неоднородная, присутствуют отслоения	Однородная, отслоения незначительны	Самая гомогенная, без отслоений

Исследования образцов выявили, что консистенция образца с использованием стабилизатора СТ, соответствует творожному сыру, а консистенция образца с использованием стабилизатора SWISSGUM D-3254 соответствует творожному крему.

Список литературы

1. *Хлебников, В. М.* Творожный сыр – особенности производства и классификации / В. М. Хлебников // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 8 – 10.
2. *Рогожин, В. В.* Биохимия молока и молочных продуктов : учебн. пособие / В. В. Рогожин. – Санкт-Петербург : Мастерство, 2006. – 320 с.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
лаборатория завода ОАО «Орбита»*

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 66-963

*А. Г. Яценко**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

В основу процесса получения сульфаминовой кислоты, которая применяется для удаления «молочного» и «пивного» камня, а также используется в процессе диазотирования для снятия избытка азотистой кислоты, положена реакция сульфирования мочевины олеумом с последующим выделением готовой продукции на воду и фильтрацией.

На стадиях кристаллизации и фильтрации формируется гранулометрический состав целевого продукта, такие показатели, как доля основного вещества и примесей, а также выход целевого продукта. Одним из параметров процесса кристаллизации, существенно влияющим на качественные характеристики сульфаминовой кислоты, является скорость охлаждения [1]. Выход целевого продукта со стадии фильтрации, в свою очередь, зависит от степени разбавления сульфомассы. В связи с этим задачей экспериментальных исследований являлось изучение кинетики осаждения в зависимости от степени разбавления сульфомассы и определение такой скорости подачи хладагента и начальной температуры суспензии, при которых будут достигнуты требуемые качественные характеристики и выход целевого продукта.

Для изучения влияния скорости охлаждения на качественные характеристики сульфаминовой кислоты использована лабораторная установка, состоящая из термостата с термометром, привода с частотным регулятором, емкости со змеевиком и перемешивающим устройством.

Исследования проводились при различной начальной температуре суспензии (60, 70, 80 °С) и скоростях охлаждения 0,01, 0,1, 0,2 град/мин. В результате чего получены функции распределения кристаллов сульфаминовой кислоты и оценено влияние скорости

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. В. Орловой.

подачи хладагента на гранулометрический состав и насыпную плотность [2].

Для определения гранулометрического состава использовался ситовый метод анализа. Ситовому анализу подвергалась предварительно высушенная проба сульфаминовой кислоты. Перед рассевом для обеспечения сыпучести добавлялся 0,25% цеолита типа NaA. Результаты ситового анализа представлены в виде графиков на рис. 1 – 3.

Анализ полученных результатов показал, что наибольший размер кристаллов сульфаминовой кислоты 40...45 мкм с насыпной плотностью 1158,52 кг/м³ и однородный гранулометрический состав получен при скорости охлаждения 0,01 град/мин и начальной температура суспензии 80 °С.

Дальнейшее решение проблемы получения крупнокристаллической сульфаминовой кислоты с максимальным выходом и минимальными потерями решается на стадии центрифугирования. Для чего необходимо исследовать кинетику осаждения сульфаминовой кислоты под действием центробежных сил и оценить влияние кислотности на выход целевого продукта.

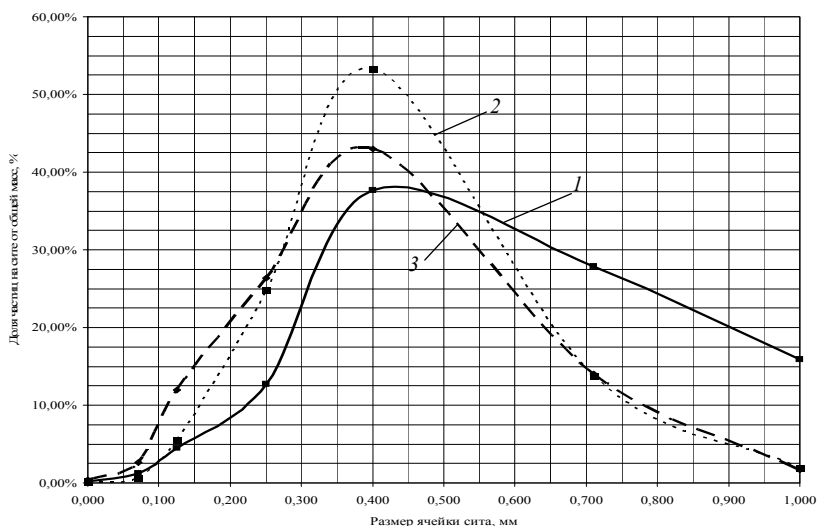


Рис. 1. Функция распределения кристаллов сульфаминовой кислоты в зависимости от скорости охлаждения при начальной температуре раствора 60 °С:
1 – 0,01 град/мин; 2 – 0,1 град/мин; 3 – 0,2 град/мин

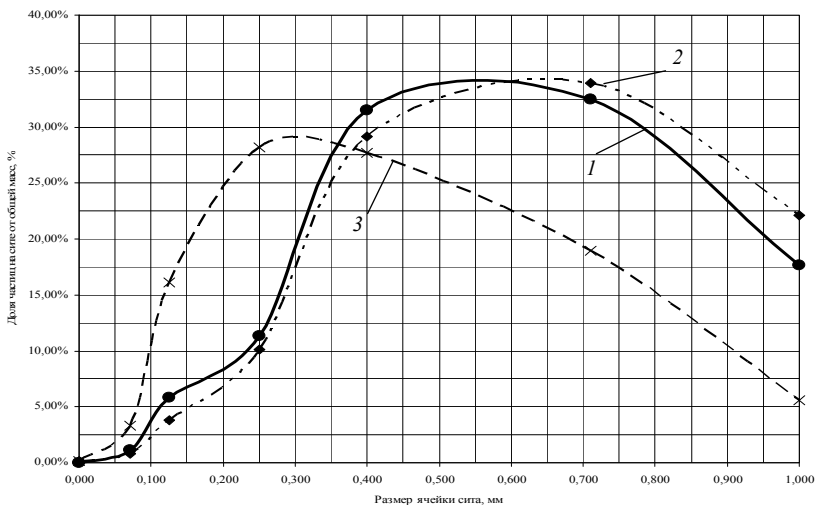


Рис. 2. Функция распределения кристаллов сульфаминовой кислоты в зависимости от скорости охлаждения при начальной температуре раствора 70 °С:
 1 – 0,01 град/мин; 2 – 0,1 град/мин; 3 – 0,2 град/мин

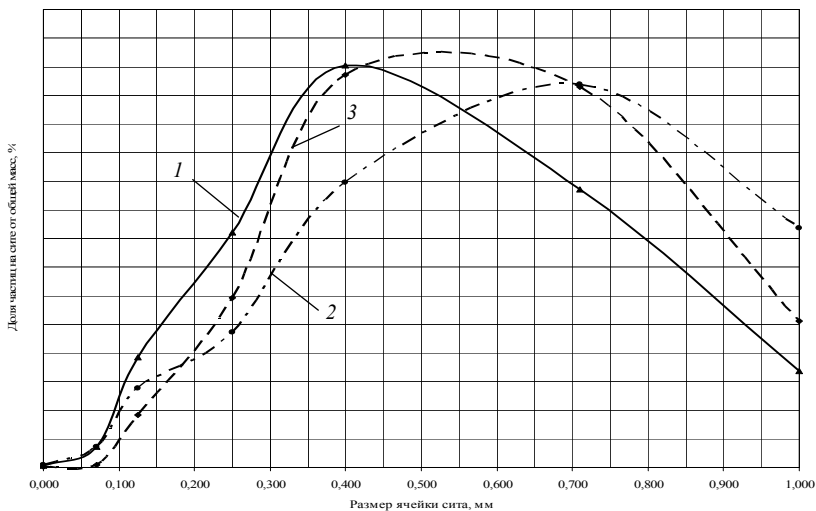


Рис. 3. Функция распределения кристаллов сульфаминовой кислоты в зависимости от скорости охлаждения при начальной температуре раствора 80 °С:
 1 – 0,01 град/мин; 2 – 0,1 град/мин; 3 – 0,2 град/мин

Результаты исследования кинетики осаждения представлены на рис. 4.

Анализ кинетики осаждения (рис. 4) показывает, что основное время при осаждении сульфомассы приходится на этап уплотнения осадка, поэтому можно рассчитать время осаждения в промышленной центрифуге учитывая различия размеров ротора лабораторной и промышленной центрифуг.

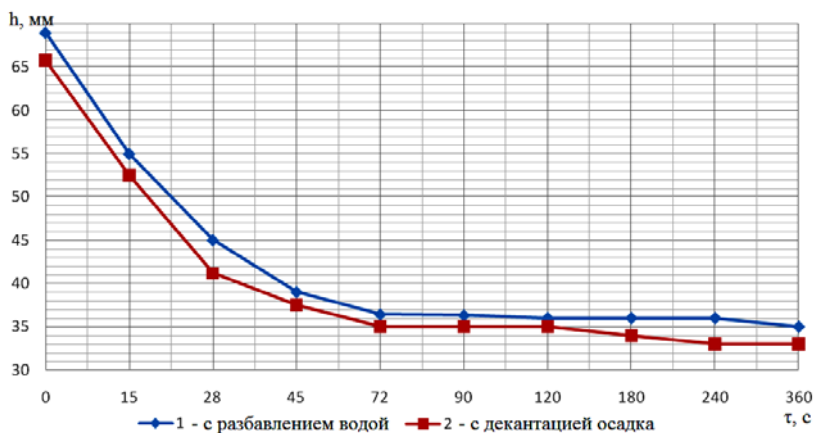


Рис. 4. Зависимость высоты осадка от времени осаждения

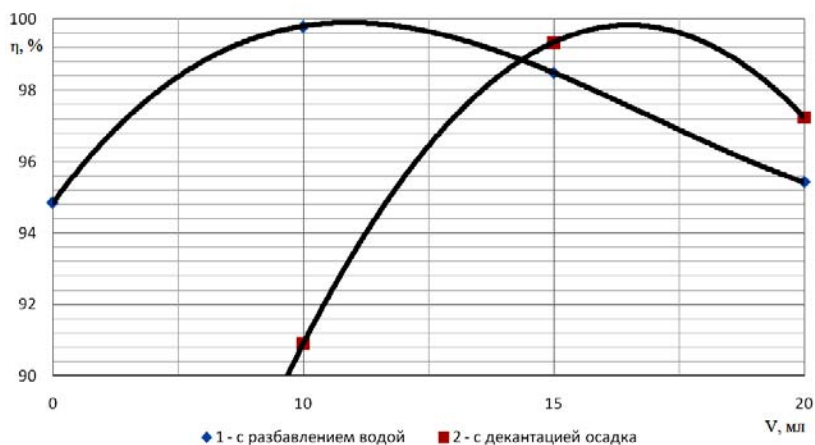


Рис. 5. Зависимость выхода продукта от добавления воды в сульфомассу и от объема воды на декантацию

Из рисунка 5 видно, что выход сульфаминовой кислоты зависит от объема воды на разбавление сульфомассы. Однако, значительное добавление воды на разбавление приводит к снижению остаточной кислотности осадка, и, как следствие, меньшее количество воды на растворение. При этом фугат содержит избыточную воду, что ведет к увеличению расхода фугата на стадии кристаллизации для достижения необходимой кислотности маточного раствора, а, следовательно, к росту потерь продукта. С другой стороны, недостаточное разбавление сульфомассы приводит к большому содержанию серной кислоты в осадке, что потребует повышенного расхода воды на растворение, что также приведет к увеличению потерь сульфаминовой кислоты.

На основании анализа экспериментальных исследований установлена нелинейная зависимость с максимум выхода при соотношении воды к сульфомассе 1:2.

Список литературы

1. *Матусевич, Л. Н.* Кристаллизация из растворов в химической промышленности / Л. Н. Матусевич. – Москва : Химия, 1968. – 304 с.
2. *Хамский, Е. В.* Кристаллизация в химической промышленности / Е. В. Хамский – Москва : Химия, 1986. – 343 с.

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

УДК 662.818.6

*Д. Ю. Федоров**

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В последние годы проблема обезвреживания и утилизации нефте-содержащих отходов весьма актуальна. Их переработка различными способами является наиболее прогрессивным и безопасным методом по сравнению с применяемым на данный момент длительным хранением нефтеотходов на территории предприятий. Разнообразие источников происхождения нефтешламов обуславливает различия их состава и физических свойств. Соотношение компонентов нефтеотходов, концентрация в них различных органических соединений и неорганических элементов могут варьироваться в широких пределах в зависимости от места и способа образования отхода, а также от продолжи-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. В. Орловой.

тельности хранения. Поэтому выбор методов утилизации нефтесодержащих отходов должны основываться, прежде всего, на данных анализов (углеводородный состав, физико-химические свойства). При этом особое внимание следует уделять способам, позволяющим не просто уничтожить отходы, а использовать органические компоненты смеси для получения товарной продукции или улучшения ее качества.

Исследованы нефтеотходы из резервуара для хранения дизтоплива и резервуар – отстойника для хранения нефтеотходов. При хранении нефтеотходов активно протекают реакции окисления, полимеризации и коагуляции, что приводит к образованию осадков и изменению физико-химических характеристик хранимых нефтепродуктов.

Соприкосновение топлива с воздухом при хранении приводит к окислению нестабильных органических соединений.

Наличие в резервуарах продуктов окисления, механических примесей и воды от предыдущей партии топлива интенсифицирует процессы окисления и накопления смол в каждой следующей партии топлива, поступающей в резервуар.

К факторам, влияющим на образование отходов при хранении нефтепродуктов, можно отнести: воздействие агрессивной атмосферы; воздействие газо-воздушной среды над нефтепродуктом; воздействие воды, скапливающейся на дне резервуара; эксплуатационные характеристики работы резервуаров; состояние металла резервуара и его покрытия; состояние покрытия на внутренней поверхности; состав нефтепродукта [1].

Элементный состав осадков хранения нефтяных топлив показывает, что в их образовании важную роль играют реакции полимеризации, присоединения, приводящие к увеличению молекулярной массы продуктов реакции. Кроме того, необходимо учитывать коллоидное состояние системы.

С этой точки зрения топливо не является гомогенной системой, в которой лишь в процессе окисления возникает твердая фаза – осадок. Неокисленные и дизельные топлива являются дисперсными коллоидными системами, дисперсной фазой в которых служат природные высокомолекулярные гетероатомные соединения, присадки и вода.

Механизм образования смол и осадков до конца не выяснен. Например, для нефтяных топлив предлагается следующая последовательность превращений. В малых концентрациях смолы образуют в нефтепродуктах истинный раствор. В процессе окисления структура и состав смол меняются, и они переходят в продукты, сохраняющиеся в растворе, но уже в виде коллоидных частиц, пептизированных смолами и высокомолекулярными углеводородами, адсорбированными на их поверхности. При дальнейшем окислении эти продукты образуют более плотные нерастворимые вещества типа карбенов и далее карбонидов, которые выпадают из раствора в виде темных частиц. При

осаждении они увлекают из раствора и значительную часть смолистых веществ, адсорбированных на их поверхности. Этим и объясняется неоднородный состав осадков. Одновременно образуются новые порции смолистых веществ из малостабильных (ненасыщенных или высокомолекулярных) углеводов и происходят их последующие превращения по изложенной схеме. Изменение фазового состояния вещества (коагуляция) происходит со скоростью значительно большей, чем окисление углеводов, поэтому при достижении условий, необходимых для окисления смол и асфальтенов, скорость образования нерастворимых продуктов резко увеличивается [2].

Так как нефтеобразный осадок хранится под открытым небом, приводя к загрязнению атмосферы и почвы, возникает проблема утилизации данного отхода. Для того чтобы утилизировать нефтеотход, необходимо установить его углеводородный состав. С этой целью проведен анализ нефтеотхода, в том числе его углеводородного состава. Для образцов нефтеотходов, отобранных из резервуара хранения дизтоплива, резервуара-отстойника прежде всего были установлены такие характеристики, как содержание летучих компонентов, воды, минерального остатка и тяжелой органики (табл. 1).

Данные более подробного анализа нефтеотхода представлены в табл. 2.

1. Основные характеристики нефтяного отхода

Наименование образца	Летучие вещества, %	Влага, %	Минеральный остаток, %	Тяжелая органика, %
Отход из резервуара для хранения дизтоплива	15,5	37,5	31,7	15,3
Отходы из резервуара-отстойника	10,6	17,4	29,8	42,2

2. Углеводородный состав нефтеотхода

Наименование образца	Железо	Сера	Карбены, карбоиды	Асфальтены	Асфальто-геновые кислоты
Отход из резервуара хранения дизтоплива	8,6	0,49	3,46	0,13	0,15
Отходы с резервуара-отстойника	9,8	0,87	8,26	3,2	1,8

В процессе старения нефтеотхода возрастает содержание карбенов, карбонидов, масел и смол тяжелой нефтяной фракции, в результате отбора нефтепродукта и протекания со временем реакций окисления, полимеризации, поликонденсации. Из-за испарения летучих углеводородов и воды увеличивается концентрация железа и серы.

Как видно из полученных данных, содержание нефтепродуктов в отходах невысоко. Кроме того, присутствуют продукты глубокого окисления углеводородных компонентов топлива (табл. 2). Поэтому их извлечение (например, путем экстракции органическими растворителями) не целесообразно.

На основании исследований состава отхода и анализа патентных данных возможно использование двух способов переработки нефтеотхода. В известных композициях для получения топливных брикетов нефтеотход используется в качестве связующего, наполнителем являются растительные отходы. Топливные брикеты имеют следующие недостатки: невысокую теплотворную способность, а также необходимость нагревания связующего до 80...180 °С.

В первом способе переработки предлагается прессование нефте-содержащего отхода из резервуара-отстойника в смеси с растительными отходами с образованием топливных брикетов, которые могут быть использованы в качестве твердого топлива. В качестве наполнителя применяются древесные отходы (опилки) и лузга зерен гречихи. Исследуемый нефтеотход довольно подвижен, так как в его составе присутствует вода, а часть вязких высокомолекулярных соединений адсорбирована на частичках механических примесей. Поэтому использование таких отходов позволяет исключить из технологического процесса стадию нагревания связующего, а значит и снизить энергозатраты на изготовление брикетов. Повышению производительности способствует использование пресса непрерывного действия. Количество нефтеотхода в смеси колеблется от 40 до 60 % (табл. 3, 4).

3. Характеристика топливных брикетов, содержащие в своем составе нефтеотход и древесные опилки

Загрузка компонентов, %		Характеристики брикета			
Опилки	Нефтеотход	Масса, г	Плотность, г/см ³	Зольность, % масс	Теплота сгорания, ккал/кг
40	60	298	2,59	22,3	5200
50	50	257	2,17	17,5	4900
60	40	215	1,75	13,2	4500

4. Характеристика топливных брикетов, содержащие в своем составе нефтеотход и лузгу переработки зерен гречихи

Загрузка компонентов, %		Характеристики брикета			
Лузга	Нефтеотход	Масса, г	Плотность, г/см ³	Зольность, % масс	Теплота сгорания, ккал/кг
40	60	293	2,41	22,3	4950
50	50	245	2,15	17,5	4750
60	40	210	1,66	13,2	4400

Прессование непосредственно после смешения осложняется выделением жидкости, не успевшей адсорбироваться на древесине, а при длительном хранении уменьшается влажность смеси и снижается прочность брикетов. Оптимальное время выдержки при прессовании 3 мин. При меньшем времени прессования топливные брикеты рассыпаются, а при большем – не отличаются по свойствам, от спрессованных в течение 3 мин.

Разработанная технология позволяет использовать не только нефтеотходы, но и растительные остатки, утилизация которых сама по себе является довольно сложной проблемой.

Второй способ переработки нефтеотхода основан на его введении из резервуара хранения дизельного топлива в состав кирпичей в качестве выгорающей добавки (порофора). Предлагаемая технология может быть осуществлена на оборудовании небольшого кирпичного завода. Содержащиеся в отходах механические примеси (песок, глина) при этом не мешают, а выполняют роль отошающей добавки.

Технологический процесс производства керамических кирпичей с использованием предлагаемой технологии упрощается по сравнению с технологией, включающей применение в качестве порофора древесные опилки. Нефтеотход накапливается в резервуаре хранения, откуда по подающей магистрали шнековым дозатором небольшими порциями вводится в смеситель. Одновременно с поступающим нефтепродуктом в смеситель подаются остальные компоненты исходной смеси – глина и вода. Процесс смешения – периодический. После завершения процесса смешения подготовленная смесь подается на формовочный шнековый экструдер. В дальнейшем технологический процесс не отличается от стандартной технологии накопления, подсушки и обжига.

Использование сырьевой смеси для изготовления кирпича, включающей глину и нефтеотходы в качестве выгорающей и отошающей добавки, приведет к снижению транспортных и технологических затрат, улучшению качества наружной поверхности кирпича и, утилизации нефтеотходов.

Список литературы

1. Глезин, И. Л. Пиролиз твердых отходов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / И. Л. Глезин, В. Н. Петров, Г. А. Тимофеев. – Москва : ЦНИИТЭ нефтехим, 1981. – 58 с.
2. Соколов, В. П. Обезвоживание нефтеотхода флотационных установок центрифугированием / В. П. Соколов, Л. А. Чикунова, В. А. Густов // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – № 11. – С. 42.

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

УДК 632.:658.011.46

А. Ю. Степанов, А. В. Алешин*

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ САПРОПЕЛЯ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ

Гуминовые кислоты (ГК) – сложная смесь высокомолекулярных природных органических соединений, содержащихся в таких природных продуктах как сапрпель, торф, биогумус и каменный уголь. ГК применяются в основном в качестве компонентов органических минеральных удобрений для сельскохозяйственной отрасли.

Сапрпель – илистые отложения пресных водоемов, содержащие большое количество органических веществ, представляют собой черную пастообразную массу, сформированную из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, а также частиц почвенного перегоя. В сельском хозяйстве применяется в качестве органоминерального удобрения для увеличения содержания в почве гумуса, азота и микроэлементов, подходит для всех типов почв и всех видов растений. В результате внесения сапрпелевого удобрения в почву, улучшается ее механическая структура, влажность и аэрируемость. В животноводстве сапрпель добавляют в рационы сельскохозяйственным животным в качестве минеральной подкормки. В медицине сапрпель используется в лечебной (физиотерапевтической) практике для аппликаций и для грязелечения. Основные характеристики исследуемого образца сапрпеля показаны в табл. 1.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. А. Промтова.

1. Основные характеристики сапропелевого коллоида

Естественная влажность, %	93,9
Предельное напряжение сдвигу, Па	Статическое 26,5
	Динамическое 73,0
Вязкость, Па·с	Пластическая 6,7
	Динамическая 0,18
Массовая доля золы на сухую массу, %	26,96
Массовая доля общего азота на сухой продукт, %	3,48
Массовая доля общего фосфора (P_2O_5) на сухой продукт, %	0,55
Массовая доля общего калия (K_2O) на сухой продукт, %	0,47
Водородный показатель pH	6,2

В задачу проведенного исследования входило изучение закономерностей процесса экстрагирования ГК в воду из сапропеля, получение жидкого гуминового удобрения двумя методами (кавитационным и гидромеханическим). Исследован процесс экстрагирования ГК из сапропеля в установке на базе роторного – импульсного аппарата (РИА), а также в емкости с ленточной мешалкой.

Благодаря воздействию РИА, интенсифицируется процесс экстрагирования гуминовых и других биологически активных веществ из сапропеля. В результате проведенного экспериментального исследования по экстрагированию ГК из сапропеля, концентрация извлеченных ГК в воде при экстрагировании в установке на базе РИА в 2 раза выше по сравнению с экстрагированием в аппарате с ленточной мешалкой.

Технология получения жидкого гуминового удобрения на основе водной суспензии сапропеля заключалась в следующем. В емкость исходной суспензии заливали щелочной раствор воды, с концентрацией 0,4% КОН (приготовление щелочного раствора осуществляли из расчета 4 г щелочи на 1 л воды) и загружали сапропель в соотношении 50:50% по общему объему реакционной массы. Обработка суспензии осуществлялась в циклическом режиме по замкнутому контуру перекачиванием шестеренным насосом из емкости исходной суспензии через роторный импульсный аппарат и обратно в емкость.

Для предварительного перемешивания суспензию обрабатывали без кавитации, пропустив весь объем суспензии через РИА, при неподвижном роторе и слабой подаче насоса. Обрабатывали суспензию, отбирая пробы после 1, 4, 10 и 36 циклов обработки в РИА.

При экстрагировании механическим способом, обработку суспензии сапропеля на основе водно-щелочного раствора производили в аппарате с ленточной мешалкой в течение 40 и 120 с. Процесс экстрагирования ГК из сапропеля в РИА проводился при температуре 22 °С при различной интенсивности обработки, которая регулировалась изменением частоты вращения ротора. Интенсивность обработки для РИА и для ленточной мешалки можно охарактеризовать по произведению ωR , где ω – частота вращения вала ротора РИА или ленточной мешалки; R – внешний радиус ротора или радиус ленты мешалки.

Концентрация ГК, содержащихся в водном растворе 50%-ной суспензии сапропеля, определялась в испытательной лаборатории ФГУ Государственный центр агрохимической службы «Тамбовский».

Эффективность процесса экстрагирования характеризовалась концентрацией ГК в водно-щелочной суспензии сапропеля после обработки в РИА и в аппарате с ленточной мешалкой (рис. 1). Как видно из рис. 1, интенсивность выделения ГК из сапропеля, обработанного за один цикл в РИА при скорости внешней поверхности ротора $\omega R = 7,85$ м/с выше по сравнению с обработкой сапропеля с использованием ленточной мешалки, со скоростью $\omega R_m = 2,93$ м/с. Внешний радиус ротора РИА равен 75 мм, радиус ленточной мешалки равен 28 мм.

Концентрация ГК после одного цикла обработки в РИА составила 3,75 г /л, что почти в 3,5 раза выше по сравнению с обработкой с использованием ленточной мешалки. Наибольшая концентрация ГК при экстрагировании в РИА составила 6,76 г/л. при обработке на скорости ротора $\omega R = 23,56$ м/с, что почти в 3 раза выше по сравнению с обработкой с использованием ленточной мешалки.

За шесть суток в образцах суспензии сапропеля, обработанных в аппарате с ленточной мешалкой, доля выделившейся воды составила 20...25% от общего объема образца. Суспензия сапропеля, обработанная в РИА, не расслаивается в течение 15 сут. Наблюдение за образцами не выявило изменения в структуре суспензии сапропеля, они имели однородную структуру и не расслаивались.

Интенсивное многофакторное воздействие на суспензию сапропеля позволяет получать тонкодисперсный продукт, который не образует осадка в течение длительного времени. Кавитационное воздействие в РИА повысило стабильность жидкого гуминового удобрения в несколько раз по сравнению с обработкой суспензии сапропеля ленточной мешалкой.

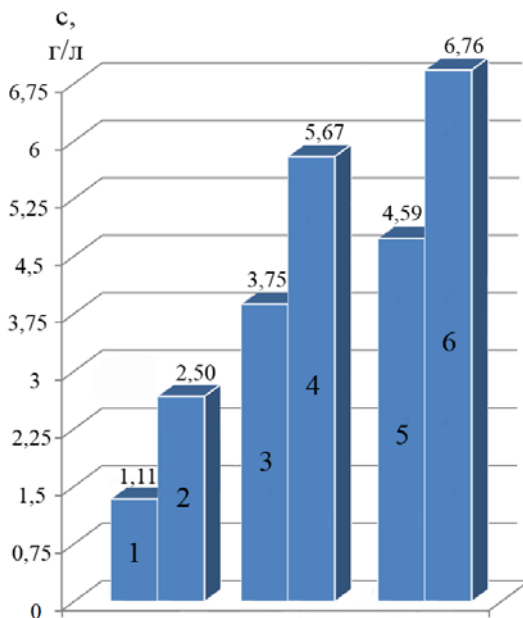


Рис. 1. Концентрация гуминовых кислот в воде при обработке 50%-ной суспензии сапропеля:

- 1, 2 – обработка в аппарате с ленточной мешалкой:
 1 – рН = 10,6, время обработки 40с, $\omega R_M = 2,93$ м/с;
 2 – рН = 10,6, время обработки 120с, $\omega R_M = 2,93$ м/с;
 3, 4, 5, 6 – обработка в роторном импульсном аппарате:
 3 – рН = 10,6, 1 цикл обработки без кавитации, $\omega R = 7,85$ м/с;
 4 – рН = 10,5, 4 цикла обработки, $\omega R = 7,85$ м/с;
 5 – рН = 10,4, 10 циклов обработки, $\omega R = 23,56$ м/с;
 6 – рН = 10,2, 36 циклов обработки, $\omega R = 23,56$ м/с

Многофакторная обработка суспензии сапропеля в РИА повышает выход гуминовых веществ за счет тонкого измельчения частиц сапропеля, разбиения агрегатов из иловых частиц, активации растворителя и частиц сапропеля. Это происходит благодаря тому, что скорость потока жидкости в канале статора велика и имеет флуктуации, поток имеет развитую турбулентность. При вращении ротора в зазоре между ротором и статором возникают большие сдвиговые напряжения. Рабочие поверхности ротора и статора воздействуют на жидкую гетерогенную среду за счет механического контакта, создавая большие срезающие и сдвиговые усилия.

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

*А. В. Алешин, Е. А. Долгова, А. Ю. Степанов**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА

Обеззараживание сточных вод производится для уничтожения содержащейся в них патогенной микрофлоры, а также устранения опасности заражения водоема при спуске в него сточных вод.

По способу воздействия на микроорганизмы методы обеззараживания подразделяются на химические (реагентные), физические (безреагентные) и комбинированные. Безреагентные методы обеззараживания жидкостей относятся к перспективным методам, так как не требуют применения специальных химических веществ, которые могут представлять опасность для человека и окружающей среды.

Кавитационное обеззараживание жидкостей – один из безреагентных методов обеззараживания жидкостей, который осуществляется с применением гидродинамических кавитаторов. Кавитаторы оказывают гидродинамическое воздействие на обрабатываемую жидкость, проявляющееся в создании локальных пульсаций давления в потоке жидкости. В зоне пульсации давления локальное давление понижается до давления насыщенного пара и происходит образование кавитационных пузырьков. Под действием пульсаций давления от кавитационных пузырьков происходит разрушение клеточной оболочки бактерий и гибель микроорганизмов.

Задачей экспериментального исследования было установление эффективности безреагентного метода обеззараживания сточных вод при обработке в статическом проточном гидродинамическом кавитаторе. Обрабатываемая жидкость под давлением прокачивалась через кавитатор, в котором происходила кавитационная обработка сточной воды.

В гидродинамических статических кавитаторах, как правило, отсутствуют движущиеся части. Конструкции кавитаторов обеспечивают многократную перестройку поля скоростей, зон пульсаций давления, в которых происходит воздействие на микрофлору. Разработан ряд конструкций проточных гидродинамических кавитаторов с различным набором элементов, с винтовыми перегородками, промежуточными камерами, дисками с отверстиями различно сечения, конусами и т.п.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» М. А. Промтова.

Наиболее эффективны и просты в изготовлении, а также в эксплуатации кавитаторы с дисковыми перегородками с отверстиями круглой формы. В них происходит локальное увеличение турбулентности, в потоке жидкости, возникают вихреобразования, отрывные течения и кавитация. Данные эффекты воздействуют на частицы жидкости, а также патогенную микрофлору и способствуют их дроблению и уничтожению. Используемый кавитатор имеет шесть дисковых перегородок с каналами круглой формы $\varnothing 1,8$ мм и два конусных элемента.

Исследуемые образцы сточных вод взяты на этапе многостадийной очистки, на стадии отстаивания в третьей очереди отстойников ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал». Данная стадия очистки предшествует стадии хлорирования, поэтому пробы воды содержат достаточно высокое число общих колиформных бактерий (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ). Содержание ОКБ и ТКБ в пробах воды на данной стадии очистки составляет в среднем $15 \cdot 10^4$ КОЕ/100 мл.

Исследуемые образцы сточных вод подвергались многократной обработке по замкнутому контуру, с различным давлением на входе в кавитатор. Количество циклов обработки составляло 2, 5 и 10 циклов. Отбор проб осуществлялся в конце каждого эксперимента, затем установка промывалась водопроводной водой и проводился следующий опыт.

Отобранные пробы были направлены на бактериологический анализ в лабораторию ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал». Результаты анализа представлены на рис. 1.

Бактериологический анализ обработанных образцов сточной воды выполнялся в соответствии с методическими указаниями МУ 2.1.5.800–99 (водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов), ИСО 9308-1 1990 г. и МУК 4.2.671–97). К общим колиформным бактериям относят грамотрицательные не образующие спор палочки, не обладающие оксидазной активностью, способные расти на дифференциальных лактозных средах (типа Эндо), ферментирующие лактозу до образования альдегида, кислоты и газа. Общие колиформные бактерии определялись методом прямого посева точно отмеренных объемов воды на среду Эндо, с последующим выращиванием посева при температуре 37°C в течение 18...24 ч и подсчетом образующих альдегид колоний.

Во время анализа был подготовлен ряд десятикратных разведений проб сточной воды. Из каждого выбранного разведения делали посев параллельно на две чашки среды Эндо и инкубировали посева бактерий в течении 24 ч.

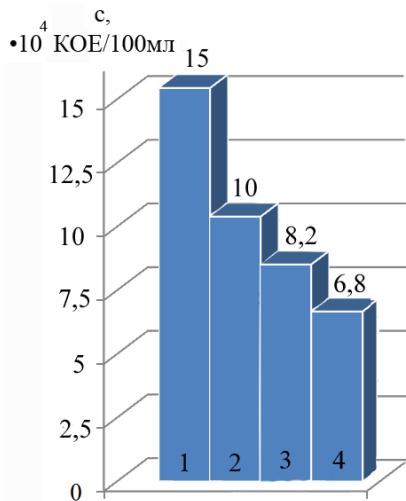


Рис. 1. Содержание колониеобразующих единиц бактерий ОКБ и ТКБ (с):

1 – исходная проба; 2 – обработка 2 цикла;
3 – обработка 5 циклов; 4 – обработка 10 циклов

Подсчет числа колоний выполнялся из чашек Эндо, посеянных из одного разведения, где число выросших изолированных колоний составляло 10...50 ед., отнесенных к общему числу колиформных бактерий.

Исходя из полученных результатов бактериологического анализа, можно сделать вывод, что содержание ОКБ и ТКБ в пробах сточной воды после обработки снижается в 1,5 – 2,2 раза. Это говорит о том, что безреагентное кавитационное воздействие установки губительно для микроорганизмов. Снижение числа бактерий показала 30-секундная, 2-цикличная обработка сточной воды. Количество бактерий ОКБ и ТКБ после 30-секундной обработки в кавитаторе снижается на 33% по сравнению с исходной пробой и составляет $10 \cdot 10^4$ КОЕ/100мл.

Наименьшее число остаточных микроорганизмов показала проба № 4 – $6,8 \cdot 10^4$ КОЕ/100мл, при 10-кратной цикличной обработке. Достигнутые результаты показывают снижение содержания бактерий ОКБ и ТКБ в 2,2 раза. По сравнению с исходным образцом, где содержание клеток патогенной микрофлоры составляло $15 \cdot 10^4$ КОЕ/100 мл, достигнут положительный эффект обеззараживания с использованием безреагентного кавитационного метода воздействия на сточную воду.

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

*Е. А. Рябова, Е. Е. Милованов, Д. С. Ремизов, Р. Д. Санталов**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АППАРАТА
ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ СМЕШИВАНИИ ЗЕРНИСТЫХ
МАТЕРИАЛОВ С ПОРЦИОННОЙ ПОДАЧЕЙ КОМПОНЕНТОВ**

В различных отраслях промышленности и на предприятиях агропромышленного комплекса одной из востребованных операций является процесс приготовления смесей из трудно смешиваемых материалов, имеющих высокую склонность к сегрегации. Сегрегация наблюдается даже при относительно небольшом различии частиц по какому-либо признаку, что значительно ухудшает качество смесей (комбикормов, посевных смесей, комплексных удобрений и др.).

Наиболее жесткие условия, препятствующие достижению однородности распределения компонентов смеси возникают в процессе непрерывного смешения при порционной подаче отдельных компонентов. Необходимость организации процесса смешения в таком режиме возникает, например, при обработке семенного зерна микроэлементами с целью повышения всхожести, сохранности и других свойств.

В настоящей работе для решения подобного рода технологических задач предложено использовать принцип управления сегрегированными потоками в барабанном насадочном аппарате. Сегрегированные потоки смеси состоят из более однородных частиц, чем технологический поток в целом, занимают доминантные для них области рабочего объема и отличаются друг от друга структурными и кинематическими характеристиками. Сегрегированные потоки в барабанном аппарате образуются вследствие взаимодействия неоднородных частиц в засыпке в нижней части барабана и распространяются на завесу падающих частиц [1]. В связи с этим, в зависимости от свойств микроэлемента смеси, будет наблюдаться его преимущественное перемещение либо в подъемной, либо в опускной части барабана. Очевидно, что при порционной подаче микроэлемента сохранится импульсный характер перемещения его отдельных порций и в сегрегированном потоке. В соответствии с разработанным техническим решением [2] для повышения эффективности смешения (обработки материала микроэлементами) путем сглаживания пульсаций подачи предлагается воздействовать на сегрегированный поток, обогащенный порционно дозируемым компонентом, импульсами, направленными навстречу

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В. Н. Долгунина.

основному технологическому потоку. Такое избирательное воздействие на целевую часть технологического потока обеспечивает усиление технологического эффекта при минимизации энергозатрат. Результатом воздействия будет интенсивное продольное перемешивание только определенного сегрегированного потока и увеличение концентрации порционно дозируемого компонента в головной части аппарата при соответствующем увеличении сглаживающего эффекта. Для уменьшения времени накопления микрокомпонента и ускоренного выхода на стационарный режим техническое решение [2] предусматривает введение буферной его массы в головную часть аппарата.

В настоящей работе приведено экспериментально-аналитическое исследование эффективности предложенного технического решения [2]. Аналитическое исследование проведено методом математического моделирования с использованием математической модели, изложенной в работе [1]. Исследование проведено с использованием экспериментальной установки с вращающимся барабаном диаметром 0,3 м и длиной 1,2 м. На внутренней поверхности барабана закреплены подъемные Г-образные лопасти, а в его центральной части неподвижно установлена насадка, выполненная в виде ряда отклоняющих элементов, направленных к загрузочному торцу барабана [2]. Насадка размещена в поперечном сечении барабана таким образом, чтобы обеспечивался ее активный контакт с сегрегированным потоком, обогащенным контрольным компонентом.

На первом этапе методом импульсного ввода индикатора исследована структура сегрегированных потоков смеси фракций +3,0...4,0 и +6,0...8,0 мм гранул полипропилена в аппарате без управления названными потоками (рис. 1).

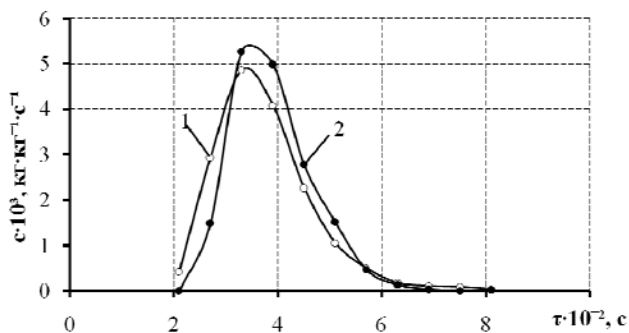


Рис. 1. Распределение фракций +3,0...4,0 (1) и 6,0...8,0 мм (2) гранул полипропилена по времени пребывания в аппарате без управления сегрегированными потоками

Анализ функций распределения по времени пребывания показывает, что их характер соответствует аппарату промежуточного типа. Наблюдаемое различие по времени пребывания в аппарате крупных и мелких частиц объясняется задерживающим эффектом подъемных лопастей в результате преимущественного истощивания крупных частиц [1].

На втором этапе аналогичным методом исследована структура потоков мелких и крупных гранул в аппарате с управлением сегрегированными потоками.

Результаты исследования, представленные на рис. 2, свидетельствуют, что воздействие обратными импульсами на сегрегированный поток, обогащенный порционно дозируемым компонентом принципиальным образом изменяет характеристику его структуры. Избирательное воздействие импульсом многократно увеличивает дисперсию распределения частиц целевой фракции по времени пребывания в аппарате, что указывает на столь же значительное возрастание сглаживающего эффекта. Важно отметить, что управляющее воздействие при этом не оказывает существенного влияния на структуру потока другого компонента о чем свидетельствует сравнение функций распределения для этого компонента в аппарате с управлением (кривая 1) и без управления (кривая 3).

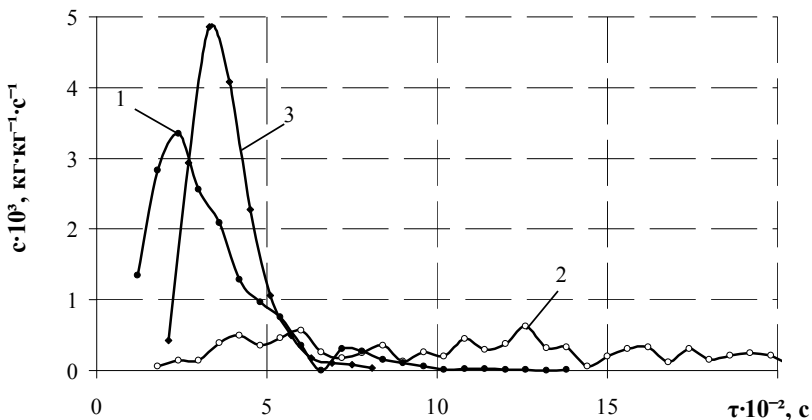


Рис. 2. Распределение фракций +3,0...4,0 (1) и +6,0...8,0 мм (2) гранул полипропилена по времени пребывания в аппарате с управлением сегрегированными потоками, фракции +3,0...4,0 мм (3) гранул полипропилена – без управления сегрегированными потоками

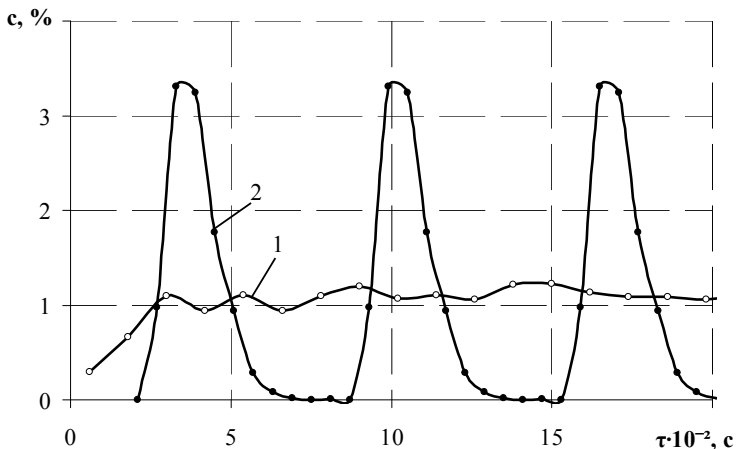


Рис. 3. Динамика процесса непрерывного приготовления смеси фракций +3,0...4,0 и +7,0...8,0 мм гранул полипропилена при порционном дозировании одного из компонентов в аппарате с управлением (1) и без управления (2) сегрегированными потоками

Результаты исследования динамики процесса непрерывного приготовления смеси фракций +3,0...4,0 и +7,0...8,0 мм гранул полипропилена при порционном дозировании одного из компонентов в аппарате с управлением и без управления сегрегированными потоками представлены на рис. 3. Для уменьшения времени выхода аппарата на стационарный режим в головной его части предварительно размещалась буферная масса контрольного компонента, которая определялась методом математического моделирования [1].

Анализ результатов показывает, что несмотря на чрезвычайно жесткие условия организации процесса смешения, заключающиеся в том, что период ввода доз порционно дозируемого компонента (600 с) значительно превышает среднее время пребывания материала в аппарате (360 с), при управлении потоками обеспечивается высокая степень сглаживания пульсации с коэффициентом вариации состава смеси менее 5%.

Результаты исследований свидетельствуют об эффективности предложенного технического решения, что подтверждается высокой сглаживающей функцией аппарата при минимальном энергопотреблении на перемешивание. Важно отметить, что при этом не нарушаются функции аппарата как теплообменного устройства.

Список литературы

1. *Mixing process organization of granular materials with portion dosage of some components* / V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov, A.A. Ukolov и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов, 2012. – Т. 18, № 1. – С. 108 – 114.

2. Пат. № 2487748 Российская Федерация, В01F 9/06. Способ смешения материалов и устройство для его осуществления / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. Н. Куди, Е. А. Рябова. – № 2011154410 ; заявл. 29.12.2011 ; опубл. 20.07.2013, Бюл. № 20.

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

УДК 66.047

*Р. Ю. Банин**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ КАПЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Под высушиванием понимается процесс удаления влаги из твердых или жидких материалов.

Аппарат, в котором происходит процесс сушки, называется сушилкой, или сушильным аппаратом, а совокупность сушильного аппарата со всеми приданными ему вспомогательными аппаратами – сушильной установкой. В зависимости от агрегатного состояния высушиваемых веществ различают сушильные аппараты для твердых веществ и для жидкостей. По способу высушивания сушилки делятся на контактные и воздушные. В первом случае высушиваемое вещество располагается непосредственно на обогреваемой поверхности, во втором – высушивание производится током газа – теплоносителя, которым чаще всего является воздух. В наших исследованиях использовалась сушильная установка для жидкостей, воздушная.

Капельная жидкость – вода, нефть, керосин и другие мало-сжимаемые жидкости, обладающие определенным объемом, величина которого практически не изменяется под воздействием внешних сил. Капельные жидкости не всегда заполняют предоставленный им объем, обычно они образуют ограниченную поверхность. Плотность у капельных жидкостей постоянна.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Ю. Пахомова.

Капельная жидкость занимает промежуточное положение между газом и твердым телом. Капельные жидкости характеризуется большим сопротивлением сжатию и малым сопротивлением растягивающему усилию. Такие вещества как вода, бензин, ртуть при комнатной температуре являются капельными жидкостями.

Способность воздуха выполнить задачи сушки определяется следующими параметрами: абсолютной и относительной влажностью, влагосодержанием и теплосодержанием влажного воздуха.

Процесс сушки, как и массообменные процессы, выражается уравнением массопередачи, объединяющим молекулярную и конвективную диффузии:

$$W = KF(P_M - P_n),$$

где W – количество испарившейся влаги; K – коэффициент массопередачи; F – поверхность раздела фаз; P_M – давление паров влаги у поверхности материала; P_n – парциальное давление паров в воздухе.

Движущая сила процесса сушки определяется разностью давления паров влаги у поверхности вещества P_M и парциального давления паров в воздухе P_n , т.е. $(P_M - P_n)$. Чем больше эта разница, тем интенсивнее идет процесс испарения влаги. При $(P_M - P_n) = 0$ наступает равновесие в процессе обмена влагой между веществом и средой. Этому состоянию соответствует равновесная влажность, при которой процесс сушки прекращается.

Скорость сушки U , г/м²с, определяется количеством влаги W , испаряемой с единицы поверхности F высушиваемого вещества за единицу времени:

$$U = W/F.$$

Удаление влаги происходит за счет испарения ее с поверхности (внешняя диффузия).

Для выявления возможного механизма процесса сушки капельных жидкостей и определения кинетики выпаривания использована лабораторная установка собственной разработки, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

С помощью макро-видеосъемки 1 наблюдали действительные преобразования капель жидкости под действием теплого потока воздуха. Установку выводили на заданный режим работы: калорифер 2 включали в сеть переменного электрического тока, нагретый им воздух с помощью вентилятора 3 подавался в стеклянную термостойкую камеру 4 . Включали секундомер для замера времени испарения капли соответствующей среды. Далее по (вмонтированной в верхней части камеры) капельнице 5 поочередно подавали жидкости с различными физико-химическими свойствами. В зависимости от рода исследуемой среды, ее плотности, вязкости время сушки капель было различным.

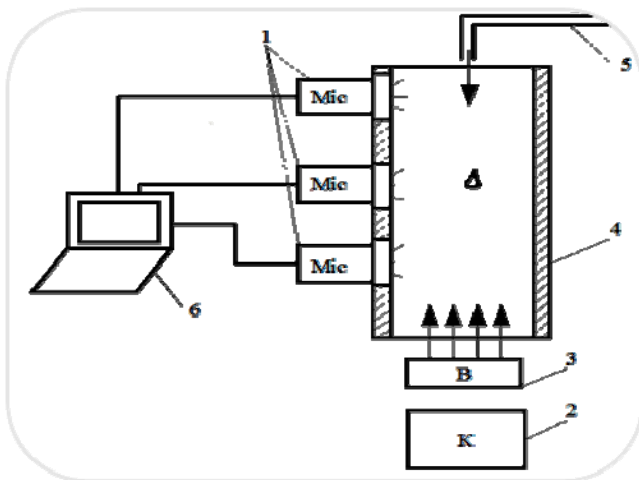


Рис. 1. Принципиальная схема установки

С помощью установленных вдоль вертикально расположенной стеклянной камеры микроскопов, соединенных с ЭВМ наблюдали изменения, происходящие в структуре капель на микроуровне.

Логично предположить, что чем выше скорость работы вентилятора, тем быстрее будет происходить процесс сушки капель исследуемых сред.

После вывода установки на оптимальный режим производили необходимые контрольные замеры показателей оборудования.

Период прогрева вещества является кратковременным и характеризуется неустановившимся состоянием процесса. Скорость сушки возрастает и к концу периода прогрева достигает максимальной величины. Далее устанавливается период постоянной скорости сушки (период внешней диффузии). В этот начальный период сушки внутренняя диффузия настолько интенсивна, что обеспечивает поступление к поверхности более чем достаточного количества влаги. Поэтому при неизменном состоянии окружающего воздуха и постоянной температуре сушки количество паров, удаляемых с постоянной поверхности испарения, в этом случае будет одним и тем же. В процессе сушки всегда присутствует начальная точка периода падающей скорости сушки, иначе говоря, критическая точка процесса сушки. В этот период скорость сушки полностью зависит от скорости диффузии влаги изнутри. Вначале скорость внутренней диффузии падает более или менее равномерно, поэтому и скорость сушки в данный отрезок времени снижается равномерно (равномерно падающая скорость сушки).

Далее процесс характеризуется неравномерно падающей скоростью сушки, которая, как отмечалось, выше, соответствует процессу углубления поверхности испарения, когда влага начинает испаряться уже в ядрах капель.

Конец сушки представляет собой равновесное влагосодержание.

Продолжительность процесса сушки, а, следовательно, и производительность ее зависят от скорости сушки. Скорость сушки является равнодействующей многих факторов. Главными из них являются:

1) природные особенности высушиваемого вещества – его структура, характер связи с водой, химический состав и т.д.;

2) количество влаги, подлежащее удалению;

3) влажность и температура воздуха; чем выше температура воздуха и ниже его относительная влажность, тем быстрее протекает сушка;

4) скорость движения теплоносителя (интенсивность работы вентилятора). Чем с большей скоростью проходит теплый воздух в сушилках, тем интенсивнее теплообмен между ним и высушиваемым веществом.

Совершенствование техники сушки в химических производствах обусловлено ужесточением требований к охране окружающей среды, необходимостью экономии энергоресурсов и улучшения обслуживания сушильных установок. Реализуются следующие направления:

1) применение технологий, при которых на сушку поступают наиболее подготовленные к ней материалы (тонкодисперсные, с широкими порами);

2) разработка типовых сушилок, пригодных для сушки больших групп материалов;

3) создание оптимальной гидродинамики в сушильных аппаратах;

4) рациональное совмещение подготовительных стадий механического обезвоживания, выпаривания (для сгущения жидкой фазы), предварительного перегрева растворов (при распылительном высушивании) и собственно сушки.

Список литературы

1. *Плановский, А. Н.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – Москва : Химия, 1972. – С. 405 – 436.

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

*Д. В. Разинькова, Д. И. Волокитина**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ШУНГИТА

В настоящее время очень широко используется технология производства нанокompозита. Композиционные материалы имеют комплекс свойств и особенностей, которые отличают их от традиционных материалов.

Полипропилен на данный момент является одним из распространенных полимеров. Для устранения существенного недостатка данного материала, а конкретнее его низкой морозостойкости и ударных характеристик, модифицируют существующие и разрабатывают новые композиционные материалы на основе полипропилена.

Что касается вторичного полипропилена, то он практически не отличается по своим физическим и химическим свойствам от первичного. Вторичный материал имеет больше свободных связей, которые являются определяющим фактором при введении наночастиц. Следует, что свойства нанокompозита на основе вторичного сырья совпадает со свойствами первичного сырья, и иногда и превосходит их. Но кроме этого использование вторичных полимерных материалов может поправить экологическую ситуацию в стране, так как количество полимерных отходов растёт, что создает угрозу окружающей среды. Наиболее эффективным методом является вторичная переработка отходов в изделия. Так же это сокращает количество использования сырья.

Существуют разные методы модификации вторичного полимерного сырья, такие как: химические, физико-химические, физические и технологические. Введение наноразмерных частиц наполнителя в полимерную матрицу образуется нанокompозит. В нанокompозитах происходит взаимодействие с полимерной матрицей на молекулярном уровне, вследствие чего происходит повышение адгезионной прочности полимерной матрицы к наночастицам образованном композиционном материале.

Наполнители можно разделить на инертные (простые) и активные (функциональные) наполнители. В первых адгезионная прочность ниже, чем у вторых. Использование инертных наполнителей позволяет

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГПТУ» А. С. Клинкава.

уменьшить затраты. Функциональные наполнители изменяют свойства так, что композиция в значительной степени соответствует предъявляемым к ней требованиям. Но в действительности полностью инертного наполнителя не бывает, который только уменьшает затраты.

При переработке вторичного полимерного сырья его свойства стараются улучшить, для этого используют функциональные наполнители. Важнейшей характеристикой наполнителей является их морфология и удельная поверхность, от которой зависит эффективность взаимодействия с полимерной матрицей. Это особенно важно в том случае, когда полимерные материалы подвергаются обработке поверхностно активными веществами, модификаторами и другими добавками.

Существуют разные модификации композиционного материала на основе полипропилена. Исходя из потентного поиска, самыми распространенными наполнителями являются: сажа, углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит», шунгит (ШН), органобентонит (ОБТ).

Введение в состав полимера иных наполнителей и модифицирующих добавок позволяет получить изделия с характеристиками и свойствами, отличными от получаемых при применении чистого полипропилена. Это могут быть красящие пигменты, декоративные наполнители, свето- и термостабилизаторы, антистатика, антифрикционные добавки.

Шунгит – это минерал, содержащий большое количество элементов, но основой является его углеродистая основа.

Физические свойства: плотность – 2,25...2,84 г/см³; пористость – 0,5...5%; прочность на сжатие 100...276 МПа; модуль упругости (E) – 0,31·105 МПа. Электропроводен, электропроводность – (1...3)×10³ См/м; теплопроводность – 3,8 Вт/м·К. Среднее значение коэффициента теплового расширения в интервале температур от +20 до +600 °С – 12×10⁻⁶ К⁻¹. Теплотворная способность 7500 ккал/кг.

Материал обладает сорбционными и каталитическими свойствами.

Шунгитовое вещество не является просто аморфным углеродом, а представляет собой смесь разнообразных углеродных аллотропов, чьи небольшие решетки соединены аморфным углеродом.

Характерным свойством шунгита является хорошая совместимость как с полярными, так и с неполярными полимерами, что позволяет получать композиции с высокими степенями наполнения.

Шунгит – активный наполнитель со специфическим взаимодействием с полимерной матрицей и другими компонентами композитного материала. Его влияние на композит зависит от типа полимера, рецептуры смесей и технологических приемов получения. Подход к оценке целесообразности введения шунгита в полимерные композиты и его количества должен учитывать эти обстоятельства.

Результаты проведенных научных исследований, литературного обзора и потентного поиска позволили разработать экспериментальную установку на основе пластографа Брабендера, для реализации процесса введения шунгита во вторичный полипропилен.

Конструкция пластографа Брабендера представлена на рис. 1.

Экспериментальная установка на основе смесителя Брабендера, как устройство, позволяющее оценивать и прогнозировать показатели качества получаемого композита, и позволяющая изменять в широком диапазоне режимные и конструктивные параметры.

Установка (рис. 1) состоит из смесительной камеры 4, станины с приводом 2, 3 и электрооборудования 1. Два ротора 5 специального профиля, вращающиеся в противоположные стороны являются смесительными органами. Вращение роторов осуществляет мотор-редуктор 2; второй ротор получает вращение от приводного через зубчатую передачу 3 с передаточным отношением 1,5. Частота вращения рабочих органов регулируется в диапазоне от 30 до 90 об/мин. Камера обогревается шестью трубчатыми электронагревателями.

Щит управления 1 (рис. 1) предназначен для управления электроприводом смесителя и поддержанием температуры в рабочей зоне.

Разработаны рабочие органы с различной геометрической частью для интенсификации процесса диспергирования и изучения влияния различных конструктивных параметров на качество получаемого материала (рис. 2). Минимальный зазор при использовании любой из предложенных конфигураций составляет $h_0 = 0,15$ мм, что обеспечивает высокую сдвиговую деформацию.

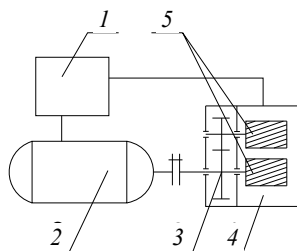


Рис. 1 Схема устройства:

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

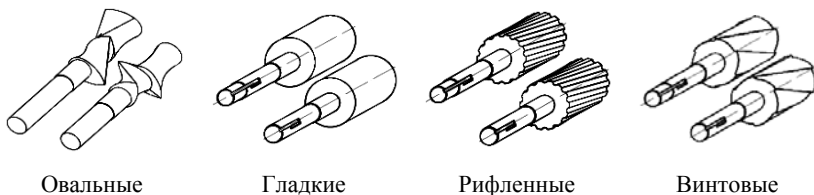


Рис. 2. Исследуемые различные фигурные части рабочих органов

Конфигурация гладких рабочих органов за короткий промежуток времени позволяет достичь максимальной деформации сдвига. Это происходит благодаря тому, что зона с минимальным зазором составляет 70% общей траектории, которую проходит материал за один оборот ротора. Но данная конфигурация фигурной части ротора не обеспечивает продольного перемещения материала вдоль оси ротора. В результате чего происходит неравномерное распределение вводимого наполнителя.

Для обеспечения продольного перемещения материала разработаны рабочие органы с наклонной нарезкой фигурной части: рифленные (фигурная часть в виде рифленных валков) и винтовые многозаходные (фигурная часть в виде многозаходной винтовой нарезки) (рис. 2).

Геометрия фигурной части овальных рабочих органов (рис. 2) представляет собой наиболее распространенную в полимерной промышленности конфигурацию двухлопастных роторов, что позволяет исследовать процесс смещения и диспергирования на оборудовании наиболее приближенным к промышленному.

Проведенные пробные испытания показали работоспособность установки и возможность получения различных композиционных материалов.

Список литературы

1. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 103 с.
2. *Ресурсосберегающая* технология переработки отходов полимерных материалов / А. С. Клинков и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов, 2013. – № 3(47).
3. *Клинков, А. С.* Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
4. *Инженерная* оптимизация оборудования для переработки полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков, М. А. Шерышев, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

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

*О. С. Примеров, Н. В. Кожарикова, Е. А. Мельник, П. В. Макеев**

РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ВАЛКОВО-ШНЕКОВОЙ УСТАНОВКЕ

Проблема обращения с отходами в промышленности пластмасс остается актуальной, несмотря на постоянное совершенствование технологии их переработки. Существующие технологии по утилизации отходов: сжигание или размещение в специально отведенных для этой цели мест – свалках или полигонах – привели к сокращению земель, загрязнению и разрушению дорогого сырья. Наиболее перспективным методом «борьбы» с отходами это их переработка.

Следует отметить, что в развитых странах сжигается только та часть ТБО, которая не предназначена для вторичной переработки, но это явление в последние время имеет тенденцию к значительному снижению. Помимо диоксинового загрязнения противники сжигания мусора приводят такие аргументы против МСЗ:

– сжигание мусора не только не способствует развитию вторичной переработке отходов, а наоборот даже, не заинтересовано в них. В печах сгорают прежде всего полимеры и органика, и получение этих компонентов из мусорной массы делает мусоросжигание нерентабельным;

– мусоросжигающие заводы не уничтожают отходы полностью. Шлак и зола от сжигания, что составляет около 30% от начальной массы твердых отходов, еще должны быть вывезены на свалки. В настоящее время МСЗ используют вышеуказанные материалы в строительной и дорожно-строительной отрасли. Но все больше и больше национальное законодательство включают золошлаки в списке опасных отходов с соответствующими правилами и ценами в погребении.

Таким образом, захоронение и сжигание не решит проблему пластиковых отходов, а превратит его в новую, опасную и непредсказуемую проблему в будущем. Поэтому Директива 94/62/ЕС законодательно необходима для перехода от простого уничтожения отходов к вторичной переработке.

Приоритетом должен быть максимальный объем переработки вторичного сырья. На практике переработанные полимеры отходов широко используются в различных отраслях управления:

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГТТУ» А. С. Клинкава.

- как структурированных или наполненных материалов в ирригационных работах (дренажные и кабельные линии), сельского хозяйства, дорожного строительства (бетон, асфальт);
- производство строительных материалов (плитка в смесях с неорганическими наполнителями, облицовочные панели для сельскохозяйственных структур, напольная плитка в промышленных зданиях, кабельных барабанов и т.д.);
- для изделий санитарно-технического назначения: химволокна, частей для автомобилей, товаров народного потребления (мебели, одежды, обуви, тканевых покрытий и т.п.) и др.;
- в качестве добавок в полимерные композиции в производстве новых упаковочных изделий [1].

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТГТУ разработана конструкция валково-шнекового агрегата (рис. 1), позволяющая перерабатывать отходы полимерных материалов и на выходе получать изделия заданного профиля [2].

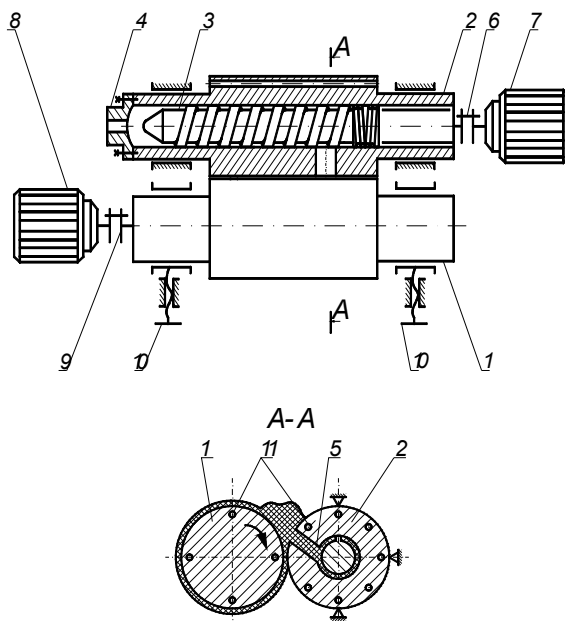
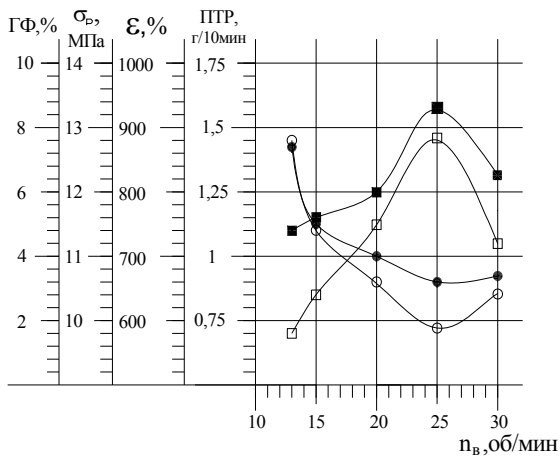
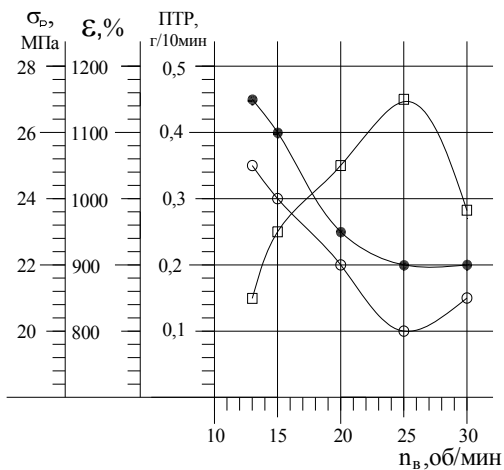


Рис. 1. Схема экспериментальной валково-шнековой установки:
 1 – валок передний; 2 – валок задний; 3 – шнек; 4 – головка формующая;
 5 – окно загрузочное; 6, 9 – муфты; 7, 8 – мотор-редуктора;
 10 – регулирующий механизм; 11 – электронагреватели



a)



б)

Рис. 2. График зависимости ПТР, относительного удлинения при разрыве, предела прочности при разрыве, содержания гель-фракции от частоты вращения валка:

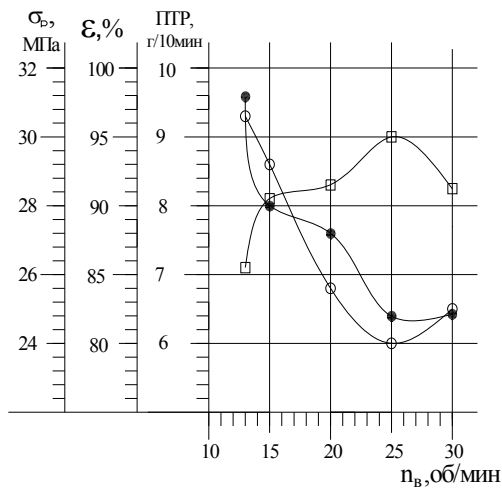
a – ВПВД; *б* – ВПНД;

○ – показатель текучести расплава полимера;

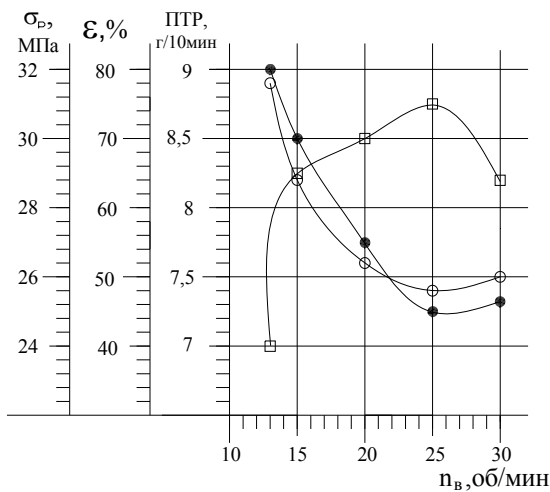
● – относительное удлинение при разрыве;

□ – предел прочности при разрыве;

■ – содержание гель-фракции



а)



б)

Рис. 3. График зависимости ПТР, относительного удлинения при разрыве, предела прочности при разрыве от частоты вращения вала:

а – ВПП; б – ВПС;

○ – показатель текучести расплава полимера;

● – относительное удлинение при разрыве;

□ – предел прочности при разрыве

Валково-шнековый агрегат работает следующим образом. Передний валок 1 вращается (количество оборотов валка: от 0 до 30 об/мин). Внутри заднего неподвижного валка 2 установлен шнек 3, привод которого осуществляется от электродвигателя 8. Отходы полимерного материала непрерывно поступают на поверхность валков с левой стороны вальцов, под действием температуры происходит плавление материала, далее он транспортируется вдоль оси валков по направлению к загрузочному отверстию 5, где за счет сдвиговых деформаций расплав продавливается в загрузочное отверстие цилиндра и, захватываясь витками шнека, перемещается в направлении к формующей головке 4 на выходе, из которой получают стренги или трубки заданного сечения.

Данная установка позволяет исследовать влияние технологических параметров процесса (скорость вращения валка, величину минимального зазора между валками, количество «запаса» материала на валках) и конструктивные параметры оборудования на прочностные показатели получаемого продукта (относительное удлинение и предел прочности при растяжении) и определять оптимальные значения суммарной величины сдвига в работающих органах валково-шнековой установки для различных отходов термопластов.

На данном оборудовании проведены экспериментальные исследования с различными отходами термопластичных полимерных материалов рис. 2 и 3 (вторичный полипропилен (ВПП), высокого давления (ВПВД) и вторичный полиэтилен низкого давления (ВПНД) и вторичный полистирол (ВПС)).

Цель экспериментов – определение технологических параметров процесса (скорость вращения шнека и валка), при которых достигаются максимальные прочностные показатели получаемого продукта (относительное удлинение и предел прочности при растяжении).

Анализируя данные зависимости, можно сделать следующие выводы: скорости оборотов валка, прочностные характеристики материала увеличиваются за счет структурирования материала, максимальное упрочнение материала наблюдается при вращения валка со скоростью 25 оборотов в минуту, при дальнейшем увеличении скорости вращения валка наблюдается ухудшение прочностных характеристик вследствие увеличения сдвиговых деформаций в зазоре между валками, что приводит к разрыву межмолекулярных связей в полимере.

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность установки с получением гранулированного вторичного полимерного сырья. Использование набора формующих головок позволяет получать изделия заданного поперечного сечения.

Список литературы

1. *Расчет* и проектирование процесса и оборудования для производства латексной пеноризины / А. С. Клинков, А. С. Кульбашный, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2012. – 96 с.

2. *Другая жизнь* упаковки / И. Н. Смиренный, П. С. Беляев, А. С. Клинков, О. В. Ефремов. – Тамбов : Изд-во Першина, 2005. – 178 с.

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

УДК 691.175.579.222.2(075)

*О. С. Примеров, Н. В. Кожарикова, Е. А. Мельник, П. В. Макеев**

ФУНКЦИИ СОВРЕМЕННОЙ УПАКОВКИ

Основные функции упаковки: рационализация, дозирование, безопасность, транспорт, хранение, маркетинг, нормативные, правовые, экологические, информационные и эксплуатационные.

1. Возможность сохранить продукты (защитная функция) – самая важная функция упаковки. Это обеспечивается, если пакет имеет надежность, безопасность и совместимость упакованных продуктов [3].

Защитная функция должна включать проектные меры для защиты упакованного продукта от влияния климатических факторов, от повреждения и ухудшения во время транспортировки и хранения, а также по охране окружающей среды и здоровья человека от неблагоприятного воздействия упакованного продукта. Особо актуальна и важна защитная функция упаковки для пищевых продуктов.

2. Стремительный прогресс упаковочной промышленности привел к ряду новых представлений об упаковке. Один из них – способность стандартизации количества содержимого в пакете. Единая система упаковки позволяет приобрести без дополнительного взвешивания в магазине 250 г масла, 1000, 500, 250, 125 г молочных продуктов и т.д. Наряду с другими функциям упаковка стала измерять количество продукта, т.е. выполнять дозирующую функцию.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Клинкова.

3. Транспортная функция упаковки – это способность упаковки к удобной перевозке упакованной продукции определенным видом транспорта на заданное расстояние в течение установленного времени в определенных условиях.

Виды транспорта: наземный (железнодорожный и автомобильный), водный (морской и речной) и воздушный (воздушно-космический).

Транспортная функция включает в себя оптимизацию дизайна упаковки, вид транспортного маршрута и транспортные свойства материала упаковки.

4. В большинстве случаев упакованный продукт не может использоваться немедленно (сохранение на складе у производителя, продавца или покупателя). Таким образом, упаковка должна обеспечить сохранение всех свойств продукта в течение длительного времени.

Функции хранения требуют от конструкции упаковки простой и четкой маркировки, возможности штапелировки на стандартных поддонах и рационального использования площади складских помещений. В случаях длительного хранения следует учитывать удобства контроля и проверки качества упакованной продукции.

5. Упаковка, выполняя функцию маркетинга, эффективно используется как средство продвижения товара на потребительский рынок. Есть три основные причины, почему важность упаковки в маркетинговой системе постоянно растет:

1) растущие требования потребителей к удобству использования продукта;

2) конкуренция за более престижные места на полках;

3) использование упаковки для рекламы продукта на месте продажи.

6. Нормативно-правовая функция упаковки, как бы производная от других функций.

Таким образом, в ходе выполнения защиты и хранения сложился комплекс санитарно-гигиенических требований к упаковке. Любой упаковочный материал может быть использован в производстве пищевых продуктов только после получения разрешения у государственных органов санитарного контроля.

Функция дозирования неразрывно связана с привлечением к упаковке нормативно-законодательных мер и весов. Для наиболее распространенных типов упаковки разработаны соответствующие нормативные документы.

7. Эксплуатационная функция включает в себя простоту обращения с упаковкой в процессе сортировки, хранения, обработки и маркетинга, а также удобство для потребителя, чтобы использовать упакованный продукт. Потребительские опросы показывают, что они находятся под впечатлением от упаковки, которая может быть повторно использована, легко открывается; оригинальный и привлекательный вид соответствуют пониманию потребителем красоты.

8. Функция рационализации – это выбор оптимального технологического пакета и всего производственного процесса в целом. С одной стороны, необходимо стремиться к экономии материальных и трудовых ресурсов при производстве тары и упаковочных материалов; с другой – к логичной организации операций упаковывания, хранения и реализации упакованной продукции. Не редко это должно учитываться уже на стадии изготовления самого продукта, чтобы оптимизировать весь производственный процесс, включая упаковывание и транспортирование.

9. Информационная функция. Упаковка представляет собой деталь, которая бросается в глаза и наглядно показывает специфику продукта:

1) идентифицировать продукт по его обычному узаконенному наименованию. В добавок к этому, она идентифицирует продукт по его качеству, неся на себя печать (имидж) компании. Качество продукции, которое компания пытается поддерживать, также может быть выражено упаковкой;

2) сообщать покупателю о том, что представляет из себя продукт и как его использовать. Она должна содержать состав, инструкции к использованию продукта, указания о том, как хранить тару или продукт;

3) способствовать приобретению продукта.

10. С экологической точки зрения упаковку нужно рассматривать, как практическое и научное направление рационального использования человеком упаковки в свете взаимодействия с биосферой.

Экологические проблемы использованной упаковки решают различными путями: увеличением объемов использования вторичной потребительской тары; сбором и вторичной переработкой традиционными способами; использованием полимерных материалов, способных растворяться в растворе и подвергаться вторичной переработке; сжиганием с использованием установок и фильтров, улавливающих вредные летучие продукты: разработкой и применения упаковки пищевых продуктов со съедобными и самодеструктурирующимися (саморазрушающиеся) упаковочными материалами.

Особое значение приобретает повторное использование отходов полимерной тары и упаковки – вторичных материалов.

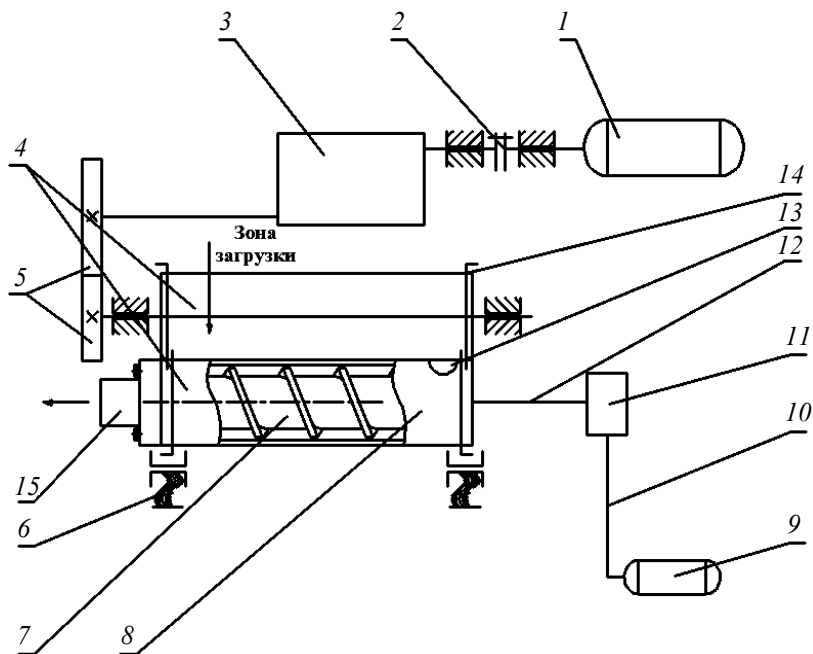


Рис. 1. Схема экспериментальной валково-шнековой установки:

- 1, 9 – электродвигатель; 2 – муфта; 3, 11 – редуктор; 4 – подвижный валок;
 5 – передаточные шестерни; 6 – механизм регулировки зазора; 7 – шнек;
 8 – неподвижный валок; 10 – ременная передача; 12 – цепная передача;
 13 – загрузочное отверстие; 14 – ограничительные стрелы;
 15 – головка формирующая трубная

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТГТУ разработано оборудование (рис. 1), позволяющие перерабатывать отходы полимерной тары и упаковки и на выходе получать изделия заданного профиля [2].

Данное оборудование работает следующим образом. Отходы полимерной тары и упаковки непрерывно поступают на рабочую поверхность валков, под действием температуры происходит плавление материала, удаление летучих компонентов, гомогенизация расплава. Далее он транспортируется вдоль оси валков по направлению к загрузочному отверстию, где за счет сдвиговых деформаций расплав продавливается в загрузочное отверстие цилиндра и, захватываясь витка-

ми шнека, расположенного в неподвижном валке, перемещается в направлении к формующей головке, на выходе из которой получают стренги или трубки заданного сечения [3].

Список литературы

1. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 103 с.
2. *Рециклинг* и утилизация тары и упаковки / А. С. Клинков, П. С. Беляев, О. В. Ефремов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 112 с.
3. *Голуб, О. В.* Упаковка и хранение пищевых продуктов : учебное пособие / О. В. Голуб, С. Б. Васильева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005. – 148 с.

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

УДК 681.5.015.24

*Н. Н. Игнатов, П. А. Мизев, П. А. Тишин**

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В настоящее время очень сильно набирает популярность применение гибридных систем на транспорте. Однако при разработке таких систем возникают проблемы, такие как отсутствие общепринятых и аргументированных процедур выбора основных параметров электро-механических устройств для гибридной транспортной техники, а именно коэффициентов редукции, числа передач, частот вращения, частот питания электрических машин, числа пар полюсов и т.д. Выбор типа электродвигателя также является сложной задачей.

Данные трудности в значительной мере сдерживают разработку улучшенных образцов гибридной техники, затрудняют единогласие специалистов – разработчиков электрических машин, электроприводов, механических устройств и специалистов-транспортников [1].

Проанализировав и обобщив представленную информацию, можно сделать вывод, что для эффективного применения алгоритмов оптимального энергосберегающего управления к гибридным объектам необходимо решить следующие задачи:

- разработать модель динамики электропривода, которая подходит для правильного решения задач оптимального управления электроприводом при всех вероятных состояниях функционирования;
- найти возможные виды функций оптимального управления и условия их наличия;
- разработать методы синтеза энергосберегающего управления динамическими режимами функционирования электропривода в различных состояниях его работы;
- создать методику конструирования системы оптимального энергосберегающего управления гибридными объектами.

Разработка модели динамики электропривода является практически основной задачей и ее решение необходимо для применения оптимального алгоритма энергосбережения.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. А. Кольтюкова.

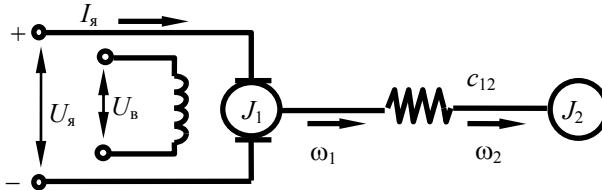


Рис. 1. Схема электропривода с двигателем постоянного тока

В результате исследования литературы можно с уверенностью сказать, что на транспорте зачастую используются двигатели постоянного тока и асинхронные двигатели.

Систему двигателя постоянного тока можно представить схемой, показанной на рис. 1; в этом случае динамический режим можно описать уравнениями:

$$\begin{aligned} U_{\text{в}} &= \frac{R_{\text{в}}}{k} (1 + T_{\text{в}} p) \Phi, \\ U_{\text{я}} &= R_{\text{я}} (1 + T_{\text{я}} p) I_{\text{я}} + k \Phi \omega_1, \\ k \Phi I_{\text{я}} - c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c1} &= J_1 p \omega_1, \\ c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c2} &= J_2 p \omega_2, \end{aligned} \quad (1)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение на якоре; J_1, J_2 – моменты инерции механизма и двигателя; c_{12} – твердость связи; φ_1, φ_2 – углы разворота вала; ω_1, ω_2 – угловые скорости; $T_{\text{я}}, T_{\text{в}}$ – постоянная времени обмоток якоря и постоянная возбуждения.

При неустойчивом магнитном потоке система (1) нелинейна, и для ее линеаризации в большинстве случаев предполагают $\Phi = \Phi_{\text{н}} = \text{const}$, $k \Phi_{\text{н}} = c$, где $\Phi_{\text{н}}$ – номинальный магнитный поток. Вследствие данных предположений модель динамики может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} R_{\text{я}} (1 + T_{\text{я}} p) I_{\text{я}} &= U_{\text{я}} - c \omega_1, \\ c I_{\text{я}} - c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c1} &= J_1 p \omega_1, \\ c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c2} &= J_2 p \omega_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Разработка более простой модели двигателя постоянного тока выполняется при следующих зачастую используемых на практике допущениях: 1) двигатель – это объект с сосредоточенными характеристиками; 2) изменение нагрузки во времени имеет кусочно-постоянный вид; 3) исходные условия нулевые; 4) коэффициенты, входящие в (1), (2), являются постоянными; 5) в основе математической модели динамики электродвигателя (ЭД) постоянного тока лежат следующие уравнения:

$$R_{\text{я}} I_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{dI_{\text{я}}}{dt} + k \omega = U_{\text{я}}; \quad (3)$$

$$M = M_{\text{н}} + J \frac{d\omega}{dt}; \quad (4)$$

$$M_{\text{н}} = f\omega, \quad (5)$$

где ω – угловая валовая скорость ЭД; M – электромагнитный момент; $M_{\text{н}}$ – статический момент валового сопротивления ЭД; f – приведенный коэффициент нагрузки.

Принимая во внимание данные допущения, модель динамики электродвигателя постоянного тока можно записать в виде дифференциального уравнения третьего порядка относительно углового расстояния θ :

$$L_{\text{я}}J \frac{d^3\theta}{dt^3} + (JR_{\text{я}} + L_{\text{я}}f) \frac{d^2\theta}{dt^2} + (fR_{\text{я}} + k^2) \frac{d\theta}{dt} = ku, \quad (6)$$

или в обычной форме

$$\begin{aligned} z_1 &= z_2(t), \\ z_2 &= z_3(t), \\ z_3 &= a_1z_2(t) + a_2z_3(t) + bu, \end{aligned} \quad (7)$$

где z_1 – угловое расстояние θ , рад; z_2 – угловая скорость ω , рад/с; z_3 – угловое ускорение, рад/с²;

$$a_1 = -\left(\frac{R_{\text{я}}}{L_{\text{я}}} + \frac{f}{J}\right); \quad a_2 = -\left(\frac{fR_{\text{я}} + k^2}{L_{\text{я}}J}\right); \quad b = \frac{k}{L_{\text{я}}J}.$$

Для решения задач синтеза и анализа оптимального управления (ОУ) в реальном времени порядок системы (7) может быть понижен, если в качестве координат фазы использовать $z_1 = \omega$, $z_2 = \frac{d\omega}{dt}$.

В данном случае модель будет иметь вид двойного аperiодического звена (ДА):

$$\begin{aligned} z_1 &= z_2(t), \\ z_2 &= a_1z_1(t) + a_2z_2(t) + bu(t). \end{aligned} \quad (8)$$

Для большего количества двигателей обычно применяются неравенства $L \ll 1$, $k \ll 1$, $J \gg 1$, при этом модель (8) становится еще более простой и принимает вид аperiодического звена (А)

$$z = az(t) + bu(t), \quad (9)$$

$$\text{где } z = \omega; \quad a = -\frac{fR_{\text{я}} + k^2}{JR_{\text{я}} + L_{\text{я}}f}; \quad b = \frac{k}{J_{\text{я}}R + L_{\text{я}}f}.$$

Передаточные функции электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения имеют следующий вид:

– при изменении напряжения на якоре

$$W(p) = \frac{K_d}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}; \quad (10)$$

– при изменении тока в обмотке возбуждения

$$W(p) = \frac{K}{(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}, \quad (11)$$

где K_d , K – коэффициенты передачи двигателя; T_1 , T_2 , T_3 , T_4 – постоянные времени, которые зависят от параметров определенного электродвигателя.

Таким образом, получена модель, пригодная для синтеза энергосберегающего управления.

Список литературы

1. *Кольтюков, Н. А.* Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов: дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков; ТГТУ. – Тамбов, 2002. – 174 с.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 536.2.08

*Н. Ю. Полунина**

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МНОГОМОДЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

В настоящее время большое значение имеет проблема повышения точности измерения теплофизических свойств (ТФС) материалов, широко используемых в строительстве, в теплотехническом оборудовании, а также многих других отраслях науки и техники.

Математическое и имитационное моделирования процессов теплопереноса применительно к тому или иному объекту исследования

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И. В. Рогова.

составляют основу современных средств измерения ТФС материалов и способствуют оптимизации режимных параметров технологических процессов и выбору рациональных конструктивных размеров измерительных ячеек, исследуемых образцов и другого производственного оборудования.

Необходимость технологического контроля и сертификации материалов по ТФС возникает при производстве и эксплуатации новых материалов различного назначения, а также при испытаниях на соответствие требованиям нормативных документов наиболее ответственных элементов сложных инженерных объектов, например, ограждающих конструкций зданий и сооружений. Это особенно важно для теплозащитных материалов, от которых зависит эффективность энергосбережения и теплопроводность которых является сертифицируемым параметром.

Проблемы энергосбережения и снижения потерь теплоты в окружающую среду существенно влияют на экологическую ситуацию, технико-экономические показатели и капитальные затраты на производственное теплотехническое оборудование.

Перспективным направлением при повышении точности определения значений ТФС современных материалов, оперативности и производительности является создание информационно-измерительных систем (ИИС).

Таким образом, поставлены и решены следующие задачи:

- разработаны и исследованы математические модели распространения тепла в системе двух тел при нагреве и остывании;
- разработаны алгоритмическое и программное обеспечения ИИС, реализующие метод определения ТФС с использованием современных информационных технологий;
- реализован опытный вариант ИИС.

С целью определения ТФС материалов (волокнистых, листовых, сыпучих) разработана ИИС [1]. Автоматизированный эксперимент по определению ТФС материала проводится на образцах цилиндрической формы диаметром от 120 до 160 мм и толщиной от 6 до 20 мм при нагреве и остывании. В основу работы ИИС положен разработанный многомодельный метод определения комплекса ТФС материалов на трех стадиях одного эксперимента. Образцы исследуемого материала подвергаются тепловому воздействию постоянной мощности в специально организованном эксперименте.

Схема ИИС представлена на рис. 1.

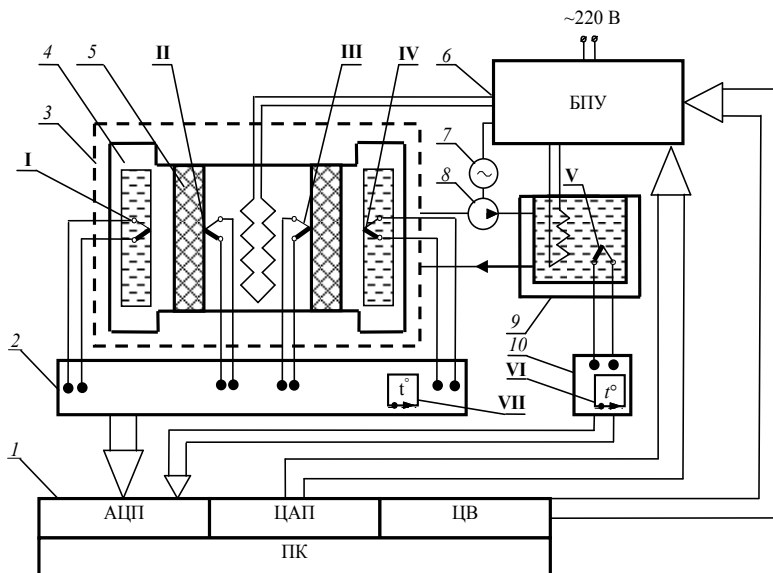


Рис. 1. Схема ИИС:

- 1 – персональный компьютер; 2 – блок холодных спаев термопар ХА; 3 – тепло-измерительная ячейка; 4 – альфа-блок;
 5 – исследуемый образец; 6 – блок питания и управления;
 7 – электродвигатель; 8 – насос циркуляционный;
 9 – термостат; 10 – блок холодных спаев термопары ХК

В состав технических средств ИИС входят: персональный компьютер (ПК) 1, оснащенный платой сбора данных АЦП/ЦАП; блок холодных спаев (БХС) 2 термопар хромель-алюмель (ХА); тепло-измерительная ячейка (ТИЯ) 3; альфа-блоки 4; блок питания и управления (БПУ) 6; циркуляционный насос 8 с электродвигателем 7; жидкостной термостат 9; блок холодных спаев термопары хромель-копель (ХК), расположенной в термостате.

Основным элементом ИИС является ТИЯ, конструкция которой предполагает установку двух образцов 5 из исследуемого материала. Образцы прижимаются с наружных сторон альфа-блоками, где при помощи жидкостного термостата поддерживаются граничные условия третьего рода.

Внутри латунного сердечника ячейки расположен электрический нагреватель, который обеспечивает создание теплового воздействия постоянной мощности на образцы из рабочего диапазона нагревателя (0...30 Вт). Регулирование мощности нагревателя обеспечивается

изменением входного напряжения в диапазоне от 0 до 30 В при помощи БПУ.

Чувствительными элементами ячейки являются четыре термопары ХА (I – IV), расположенные внутри сердечника и альфа-блоков. Дифференциальные термопары ДТП 1 и ДТП 2, образованные между термопарами I – II и III – IV, предназначены для измерения перепада температуры на обоих образцах.

Для поддержания заданного значения температуры жидкости в съемных блоках ячейки в термостате расположены термопара ХК (V). Свободные концы термопар ХА и ХК расположены в БХС 2 и в БХС 10 соответственно, температура которых определяется встроенными в них интегральными датчиками с аналоговым выходным сигналом (VI, VII).

Измерительная информация с термопар и датчиков ИИС поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) платы сбора данных при помощи разработанного программного обеспечения. Управление мощностью теплового потока нагревателя ячейки осуществляется посредством двухканального цифро-аналогового преобразователя «напряжение-ток» (ЦАП). Для включения/отключения нагревателя ячейки, насоса и нагревателя термостата в БПУ предусмотрен блок реле, которым управляет цифровые выходы (ЦВ) платы.

Теоретическую основу многомодельного метода определения ТФС материалов, реализуемого ИИС, составляют аналитические закономерности теплопереноса в системе двух тел на трех стадиях: при нагреве, на стационарной стадии и при остывании. Данный многомодельный подход позволил использовать в качестве основы математического и алгоритмического обеспечения многоканальной ИИС полученные решения краевых задач нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых тепловым потоком постоянной мощности при нагреве и остывании. С помощью разработанного программного обеспечения регистрируются термограммы (показания дифференциальных термопар ДТП 1 и ДТП 2 в режиме реального времени τ) в виде зависимости $\Delta T = f(\tau)$. На термограммах выделяются рабочие участки, на которых по расчетным выражениям определяются искомые ТФС [2].

За одну реализацию эксперимента появляется возможность определить ТФС объекта исследования с использованием различных математических моделей, адекватно отражающих реальный процесс теплопереноса в определенные интервалы времени при нагреве и остывании.

Автоматизация процессов сбора измерительной информации, управления ходом эксперимента, обработки экспериментальных данных осуществляется с помощью разработанного программного обеспечения и позволяет увеличить функциональные возможности ИИС.

Список литературы

1. *Математическая модель распространения тепла в системе двух тел* / И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, Е. П. Полунин, Н. Ю. Полунина (Тужилина) // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 1 – 3(38). С. 67 – 72.
2. *Измерительная система на базе бикалориметра, реализующая многомодельный метод определения теплофизических свойств* / И. В. Рогов, Н. Ю. Полунина (Тужилина), Е. П. Полунин, Н. Ф. Майникова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2011. – Т. 77, № 8. – С. 36 – 39.

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

УДК 536.4

А. А. Фомин, О. Н. Попов*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Все усложняющиеся задачи по повышению качества промышленной продукции, надежности объектов требуют дальнейшего совершенствования методов, средств контроля и диагностики состояний изделий из полимерных материалов (ПМ). Широкое применение ПМ обусловлено разнообразием их свойств, которые можно изменять, используя новые технологии. Гибкость молекул полимеров обеспечивает наличие ряда агрегатных и фазовых состояний, богатство морфологических структур кристаллических образований, различные физические и релаксационные состояния аморфного полимера. Введение пластификаторов, наполнителей в полимерные материалы влияет на все типы состояний и переходов в готовых изделиях при эксплуатации. Изучение суперпозиций состояний и переходов ПМ необходимо для назначения технологических режимов их переработки в изделия и последующей эксплуатации.

Применяющиеся для изучения ПМ рентгеновские методы, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия и другие требуют изготовления специальных образцов,

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. П. Жукова.

длительного времени испытания, использования дорогостоящего оборудования.

Среди существующих методов термического анализа известен метод неразрушающего определения значений температуры структурных переходов в ПМ с использованием круглого плоского нагревателя постоянной мощности, встроенного в подложку измерительного зонда [1, 2].

Следует отметить, что при распространении тепла от линейного источника постоянной мощности в цилиндрическом полупространстве нет ограничений по времени нагрева, квазистационарная стадия не реализуется, скорость нагрева, при прочих равных условиях выше. Так как эффективность метода неразрушающего контроля структурных переходов в ПМ зависит от скорости движения границы структурного перехода, а температурный градиент при реализации метода с распространением тепла в цилиндрическом полупространстве меньше, то применение линейного нагревателя постоянной мощности – перспективно.

В данной работе рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов (твердофазных, релаксационных) в ПМ, сопровождающихся тепловыми эффектами [1].

Согласно измерительной схеме, представленной на рис. 1 и 3, тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда.

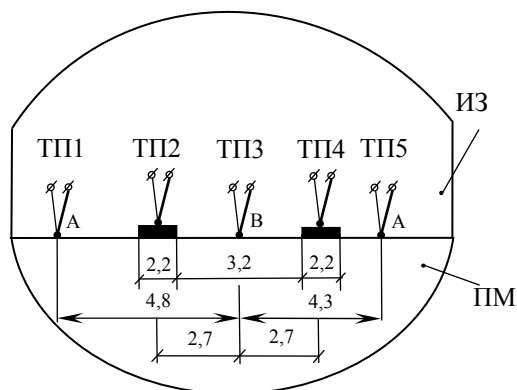


Рис. 1. Схема расположения нагревателей и термоэлектрических преобразователей

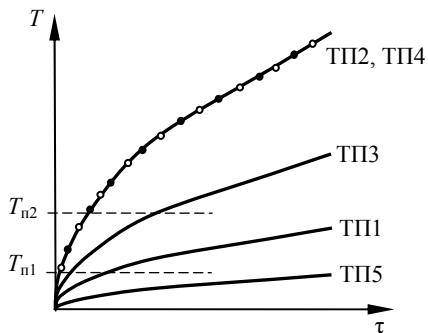


Рис. 2. Термограммы

Начальное температурное распределение контролируется одновременно пятью термоэлектрическими преобразователями (ТП), расположенными на поверхности подложки измерительного зонда. Нагреватели, выполненные в виде полос шириной $h = 2,2$ мм, расположены на расстояниях 2,75 мм по обе стороны от центральной оси измерительного зонда. Один термоприемник расположен на линии центральной оси зонда, остальные термоприемники находятся по обе стороны от нее на расстояниях 2,7 и 4,8 мм.

Известно, что при распространении тепла от линейного нагревателя постоянной мощности, на термограммах, зафиксированных на некотором расстоянии от нагревателя, можно выделить рабочие участки соответствующие распространению тепла в цилиндрическом полупространстве при регуляризации тепловых потоков. Через некоторое время τ в точке контроля, соответствующей ТП3, наложение температурных полей от Н1 и Н2 позволит реализовать определение ТФС и их аномалий по модели (рис. 2).

Возможна регистрация первой производной по времени от температуры, выражающей скорость (I) изменения этой величины на кривых температурных зависимостей от времени, что позволяет осуществлять неразрушающий контроль значений температуры структурных переходов в полимерных материалах без дополнительной калибровки измерительной системы.

В результате проведенного численного моделирования процесса теплопереноса методом конечных элементов в соответствии с измерительной схемой (рис. 3) получены термограммы в заданных точках контроля (рис. 4). Моделирование проводилось при следующих условиях: подложка измерительного зонда выполнена из пенополиуретана марки «Рипор» ($\lambda = 0,028$ Вт/(м·К), $c = 1050$ Вт/(м·К), $\rho = 50$ кг/м³);

объект исследования – полиамид блочный ПА – 6 ($\lambda = 0,3$ Вт/(м·К), $c = 1750$ Вт/(м·К), $\rho = 1550$ кг/м³). Режимные характеристики: тепловая мощность на нагревателе задавалась в интервале от 4,2 до 7,5 Вт; частота дискретизации $\Delta\tau = 0,5$ с. Структурный переход в ПА – 6, сопровождающийся эндотермическим тепловым эффектом, моделировался скачком теплоемкости в интервале от 27,5 до 29,5 °С.

На рисунке 4 представлены термограммы, полученные в точке контроля, расположенной на линии центральной оси измерительного зонда, при различных значениях теплового потока: 1) $q_1 = 5000$ Вт/м²; 2) $q_2 = 6000$ Вт/м²; 3) $q_3 = 7000$ Вт/м²; 4) $q_4 = 8000$ Вт/м²; 5) $q_5 = 9000$ Вт/м².

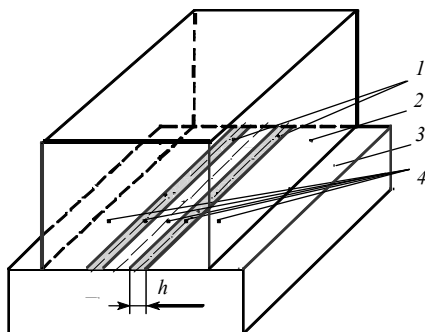


Рис. 3. Измерительная схема:

1 – нагреватель; 2 – подложка измерительного зонда;
3 – исследуемое тело; 4 – термоприемники

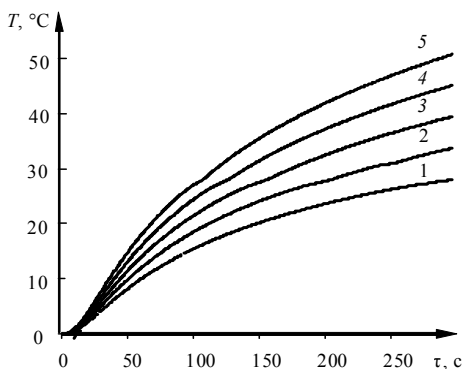
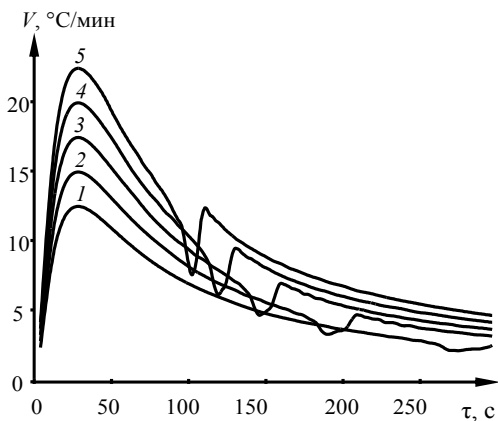
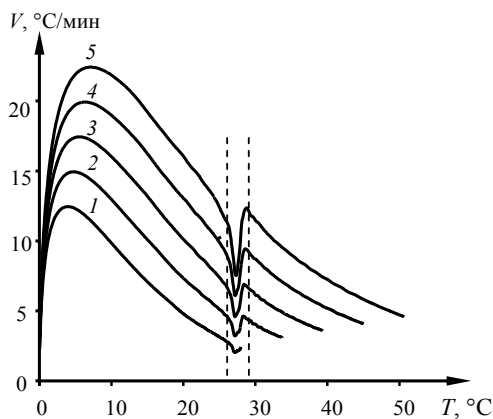


Рис. 4. Термограммы, полученные на линии центральной оси измерительного зонда при различных значениях теплового потока:

1 – $q_1 = 5000$ Вт/м²; 2 – $q_2 = 6000$ Вт/м²; 3 – $q_3 = 7000$ Вт/м²;
4 – $q_4 = 8000$ Вт/м²; 5 – $q_5 = 9000$ Вт/м²



a)



б)

Рис. 5. Зависимости:

a) $V = f(\tau)$; б) $V = f(T)$; 1 - $q_1 = 5000 \text{ Вт/м}^2$; 2 - $q_2 = 6000 \text{ Вт/м}^2$;
3 - $q_3 = 7000 \text{ Вт/м}^2$; 4 - $q_4 = 8000 \text{ Вт/м}^2$; 5 - $q_5 = 9000 \text{ Вт/м}^2$

На рисунке 5 представлены зависимости скоростей нагрева исследуемых точек поверхности изделия от времени (рис. 5, а) и от температуры (рис. 5, б). Из представленных данных видно, что твердофазное превращение в ПА-6, сопровождающееся поглощением тепла, проявилось на зависимостях $V = f(\tau)$; $V = f(T)$ в узком интервале значений температуры от 27,5 до 29,5 °С.

Список литературы

1. *Об одном методе* исследования твердофазных переходов в полимерах / Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, А. А. Балашов // Пластические массы. – 2002. – № 6. – С. 23 – 26.
2. *Измерительная система и метод неразрушающего контроля* структурных превращений в полимерных материалах / Н. Ф. Майникова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – № 1. – С. 56 – 61.

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

УДК 681.5.011: 504.062.2

И. А. Куркин, А. Н. Грибков*

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Энергосберегающие технологии позволяют не только снизить производственные затраты, но и уменьшить техногенное влияние на окружающую среду.

В условиях реального производства, затраты энергии на любой технологический процесс можно разделить на две части – разница энтальпий и энергий между исходными веществами и результатом процесса, а также потери энергии в ходе технологического процесса. С точки зрения известных на настоящий момент законов физики, уменьшить разницу энтальпий не представляется возможным. Однако, можно уменьшить потери энергии на «паразитные» процессы. Применение систем оптимального управления технологическими процессами позволяет снизить энергетические потери и получить экономические и экологические преимущества на основе более глубокого понимания законов природы.

Исторически, целью энергосбережения было уменьшение затрат энергии в различных технологических процессах и, как следствие, уменьшение себестоимости продукции.

В процессе развития мировой промышленности и увеличения техногенного влияния на окружающую среду все более актуальными становятся проблемы экологии и защиты окружающей среды, в связи

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Н. Грибкова.

с чем значительный интерес представляет собой задача анализа используемых в теории оптимального управления критериев оптимальности с новой стороны – с точки зрения уменьшения техногенно-го влияния на окружающую среду.

Классические критерии, минимизация которых проводится в теории оптимального управления, приведены в табл. 1 [1]. Рассмотрим данные критерии и области их применения более подробно.

1. Классические критерии теории оптимального управления

Вид критерия	Описание критерия
$J_e = \int_{t_0}^{t_e} u_e^2(t) dt$	Критерий минимума затрат энергии для управляющих воздействий $u_e(t)$, основанных на электричестве
$J_f = \int_{t_0}^{t_e} u_f(t) dt$	Критерий расхода топлива. Эквивалентен критерию минимума затрат энергии для управляющих воздействий, основанных на сжигаемых видах топлива
$J_s = \int_{t_0}^{t_e} dt$	Критерий максимального быстрогодействия. Минимум затрат времени на перевод объекта управления из начального состояния в конечное
$J_d = x_1^e - x_1(t_e) $	Минимальное отклонение конечного состояния (точность выхода на заданный режим)
$J_0 = \int_{t_0}^{t_e} ((x_1(t) - x_1)^2 + c u_e^2(t)) dt$	Квадратичный критерий. Минимизирует затраты электрической энергии и отклонение фазовой переменной от заданного значения
$J_{s,d} = \int_{t_0}^{t_e} dt + c(x_1^e - x_1(t_e))^2$	Максимальное быстродействие и точность
$J_{s,f} = \int_{t_0}^{t_e} (c + u_f(t)) dt$	Максимальное быстродействие и минимум расхода топлива
$J_{e,f} = \int_{t_0}^{t_e} (u_e^2(t) + c u_f(t)) dt$	Минимальные затраты энергоресурсов для гибридных объектов

Критерий минимума затрат энергии J_e используется для объектов, управление которыми производится током или напряжением, например – электрические нагреватели, вытяжные вентиляторы, электромеханические приводы, электродвигатели и т.д. При решении задач оптимального управления рассматривается весь временной интервал $[t_0, t_e]$ процесса, и минимизируются суммарные затраты энергии.

Критерий минимума расхода топлива J_f используется для объектов, управление которыми осуществляется топливом, например, паровые калориферы, газовые горелки, обогрев пеллетами и т.д. Рассматривается весь временной интервал управления процессом и минимизируются суммарный расход топлива, что при данных типах управляющих элементов эквивалентно уменьшению потерь энергии.

Критерий максимального быстрогодействия с точки зрения экологии является наиболее вредным, так как доказано, что оптимальная функция управления будет кусочно-постоянной чередой переключений с верхнего на нижний допустимые уровни, что приводит к максимальным потерям энергии в окружающую среду и максимальному увеличению энтропии. Однако критерий J_s до настоящего времени применяется и, вероятно, в ближайшее время будет использоваться для процессов, в которых потеря времени является очень большим риском – управление ракетносителями (при отклонении от оптимального курса, корректировку требуется осуществить максимально быстро), управление в нештатных режимах, чрезвычайных ситуациях (при диагностике аварийных состояний на АЭС, при опасности аварии и т.д.).

Критерий J_d используется для процессов, в которых точность результата (достижения цели управления) является наиболее важным критерием, например системы автопилота, системы наведения, позиционирования и т.д.

В комбинированных критериях коэффициент c является весовым коэффициентом, определяющим приоритет одного из критериев, входящих в J_0 , $J_{s,d}$ или $J_{s,f}$.

Наиболее перспективными с точки зрения минимизации техногенного влияния на окружающую среду являются «энергетические» критерии J_e и J_f . Эти критерии наиболее часто используются в производстве и являются хорошо изученными, в частности, методам решения задач энергосберегающего управления посвящены монографии [2, 3]. Крите-

рии J_e и J_f , применяемые к соответствующим элементам управления, эквивалентны затратам энергии на процесс. Таким образом, минимизация данных критериев позволяет минимизировать потери энергии в окружающую среду, т.е. снизить величину приращения энтропии.

С конца XX в. сильное влияние приобрела теория глобального изменения климата, согласно которой одним из основных факторов изменения климата является техногенная деятельность человека. Одним из основных факторов воздействия человека на окружающую среду в рамках этой теории является постоянное увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу вследствие использования сжигаемых видов топлива.

С точки зрения теории глобального изменения климата теперь следует не только минимизировать цену на топливо, но и уменьшать выбросы парниковых газов. Так, для получения одинакового количества тепла при сжигании угля в среднем выделяется почти в два раза больше углекислого газа, чем при сжигании природного газа. При изменении вида топлива произойдет изменение значения выбросов парниковых газов, однако вид функции управления останется неизменным, т.е. значение функции в точке экстремума изменится при неизменном положении самой точки экстремума. Аналогичная ситуация и для критерия J_e , с точки зрения различных способов генерации электроэнергии. Частично вопрос выбора топлива и вида генерации решается с помощью минимизации затрат первичной энергии.

Более интересной ситуация становится при рассмотрении гибридных объектов. Гибридными считаются объекты, имеющие несколько элементов управления с использованием различных видов топлива, например отопительные системы (с возможностью электрического обогрева), производственные аппараты с электроприводом, гибридные автомобили и т.д.

При исследовании гибридных объектов с учетом выбросов парниковых газов управляющие воздействия будут корректироваться в зависимости от типов используемого топлива, технологий получения тепла и электричества и т.д. Например, при использовании пеллет или древесины для обогрева, считается, что полученный углекислый газ в течение трех лет будет вновь поглощен растительностью, в отличие от ископаемых видов топлива, а при использовании электроэнергии от гидроэлектростанции, эксплуатационных выбросов углекислого газа также практически нет в сравнении с ТЭС или ТЭЦ.

Оптимальное управление гибридными объектами с учетом влияния на окружающую среду на настоящий момент исследовано недостаточно. Однако использование критериев и весовых коэффициентов, учитывающих эмиссию парниковых газов, является дополнительным резервом для уменьшения техногенного влияния человека с точки зрения теории глобального изменения климата.

Список литературы

1. *Атанс, М.* Оптимальное управление / М. Атанс, П. Л. Фалб ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1968. – 764 с.
2. *Муромцев, Д. Ю.* Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами : монография / Д. Ю. Муромцев. – Тамбов ; Москва ; Санкт-Петербург ; Баку ; Вена : Изд-во «Нобелистика», 2005. – 202 с.
3. *Артемова, С. В.* Информационная система оптимального управления тепло-технологическими аппаратами : монография / С. В. Артемова. – Москва ; Санкт-Петербург ; Вена ; Гамбург : Изд-во МИНЦ, 2011. – 234 с.

Материал подготовлен при поддержке проекта TEMPUS 530620

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

УДК 621.396.968

*В. Н. Глистин**

МОДЕЛЬ ДАЛЬНОМЕРА ПОСАДОЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

В настоящий момент одной из наиболее актуальных тем в радиотехнике и радиолокации является обеспечение безопасности полетов воздушных судов (ВС). Особенно это касается посадочных радиолокационных станций (ПРЛС), обеспечивающих безопасность ВС на наиболее ответственном, завершающем этапе его полета – посадке.

Используемые существующие алгоритмы функционирования автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД) не обеспечивают требуемой точности при заданном уровне безопасности движения воздушных судов. Проблема точности, устойчивости, помехозащищенности следящих устройств АС УВД обусловлена в первую очередь тем, что используемые модели движения ВС не соответствуют их реальным моделям движения, из-за неточности оценки дальности (D), скорости (v) и ускорения (a). Так используемая во второй обработке модель Зингера основана на предположении, что ускорение цели является статистической величиной [1].

В то время как изменение дальности между ПРЛС и ВС при заходе на посадку имеет нелинейный характер, это ведет к резкому увеличению ошибки оценки дальности, скорости, ускорения. Решить данную проблему возможно синтезом радиоэлектронных следящих устройств АС УВД за траекторией движения воздушного судна с использованием дополнительных сведений бортовых датчиков.

Необходимую дополнительную информацию бортовых датчиков воздушного судна можно получить от дискретно-адресных систем передачи информации, где используется индивидуально-адресный запрос. Это позволит получить данные о кинематических характеристиках цели, позволяющих точно описать движение воздушного судна [2].

Используя информацию, полученную от дискретно-адресных систем передачи, необходимую для более точного описания движения ВС относительно ПРЛС, можно записать следующую модель состояния в дискретном времени:

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Ю. Н. Панасюка.

$$\left. \begin{aligned}
D(k+1) &= D(k) + v(k)\tau + 0,5a(k)\tau^2; \\
v(k+1) &= v(k) + a(k)\tau; \\
a(k+1) &= v_{\Pi}(k)(\cos\theta(k)\sin\varepsilon_B(k)(\omega_{\theta}(k) - \omega_B(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))) + \\
&\quad + \sin\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)(\omega_B(k) - \omega_{\theta}(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))) + \\
&\quad + \cos\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)\sin(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))(\omega_r(k) - \omega_{\varphi}(k))) + \xi_a(k); \\
v_{\Pi}(k+1) &= v_{\Pi}(k) + a_{\Pi}(k)\tau; \\
a_{\Pi}(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi}\tau)a_{\Pi}(k) + \xi_{a_{\Pi}}(k); \\
\theta_{\Pi}(k+1) &= \theta_{\Pi}(k) + \omega_{\theta_{\Pi}}(k)\tau; \\
\omega_{\theta_{\Pi}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi}\tau)\omega_{\theta_{\Pi}}(k) + \xi_{\omega_{\theta_{\Pi}}}; \\
\varphi_{\Pi}(k+1) &= \varphi_{\Pi}(k) + \omega_{\varphi_{\Pi}}(k)\tau; \\
\omega_{\varphi_{\Pi}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi}\tau)\omega_{\varphi_{\Pi}}(k) + \xi_{\omega_{\varphi_{\Pi}}}(k); \\
\varepsilon_B(k+1) &= \varepsilon_B(k) + \omega_B(k)\tau; \\
\omega_B(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi}\tau)\omega_B(k) + \xi_{\omega_B}(k); \\
\varepsilon_r(k+1) &= \varepsilon_r(k) + \omega_r(k)\tau; \\
\omega_r(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi}\tau)\omega_r(k) + \xi_{\omega_r}(k);
\end{aligned} \right\} (1)$$

в свою очередь модель наблюдения будет иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned}
D_{\Pi}(k+1) &= D(k+1) + \xi_{D_{\Pi}}(k+1); \\
v_{\text{ши}}(k+1) &= v_{\Pi}(k+1) + \xi_{v_{\text{ши}}}(k+1); \\
\theta_{\text{ши}}(k+1) &= \theta_{\Pi}(k+1) + \xi_{\theta_{\text{ши}}}(k+1); \\
\varphi_{\text{ши}}(k+1) &= \varphi_{\Pi}(k+1) + \xi_{\varphi_{\text{ши}}}(k+1); \\
\varepsilon_{\text{ви}}(k+1) &= \varepsilon_B(k+1) + \xi_{\varepsilon_{\text{ви}}}(k+1); \\
\varepsilon_{\text{ги}}(k+1) &= \varepsilon_r(k+1) + \xi_{\varepsilon_{\text{ги}}}(k+1),
\end{aligned} \right\} (2)$$

где v_{Π} и a_{Π} – скорость и ускорение цели; θ_{Π} и $\omega_{\theta_{\Pi}}$ – угол наклона и скорость изменения угла наклона цели; φ_{Π} и $\omega_{\varphi_{\Pi}}$ – путевой угол и скорость изменения путевого угла цели; ε_B и ω_B – угол наклона линии визирования и его скорость изменения в вертикальной плоскости; ε_r и ω_r – угол наклона линии визирования и его скорость изменения в горизонтальной плоскости; ξ_a , $\xi_{a_{\Pi}}$, $\xi_{\omega_{\theta_{\Pi}}}$, $\xi_{\omega_{\varphi_{\Pi}}}$, ξ_{ω_B} , ξ_{ω_r} – центрированные гауссовские шумы с известными дисперсиями; $\xi_{D_{\Pi}}$, $\xi_{v_{\text{ши}}}$, $\xi_{\theta_{\text{ши}}}$, $\xi_{\varphi_{\text{ши}}}$, $\xi_{\varepsilon_{\text{ви}}}$, $\xi_{\varepsilon_{\text{ги}}}$ – дискретные центрированные гауссовские шумы измерений с известными дисперсиями [1].

Вектор состояния (1) имеет большие размеры и некоторые его составляющие слабо коррелированы. В векторе состояния (1) имеется возможность выделить несколько групп уравнений, для которых можно сформировать независимые оценки на основе измерений, провести его декомпозицию, т.е. исходный вектор состояния (1) разобьем на несколько подвекторов.

В итоге векторы состояния (1) и наблюдения (2) модели систем фильтров дальномерного канала примут следующий вид [1]:

– модель системы по оценке дальности, скорости и ускорения:

$$\left. \begin{aligned} D(k+1) &= D(k) + v(k)\tau + 0,5a(k)\tau^2; \\ v(k+1) &= v(k) + a(k)\tau; \\ a(k+1) &= v_{\text{ц}}(k)(\cos\theta(k)\sin\varepsilon_{\text{в}}(k)(\omega_{\theta}(k) - \omega_{\text{в}}(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_{\text{г}}(k))) + \\ &\quad + \sin\theta(k)\cos\varepsilon_{\text{в}}(k)(\omega_{\text{в}}(k) - \omega_{\theta}(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_{\text{г}}(k))) + \\ &\quad + \cos\theta(k)\cos\varepsilon_{\text{в}}(k)\sin(\varphi(k) - \varepsilon_{\text{г}}(k))(\omega_{\text{г}}(k) - \omega_{\varphi}(k)) + \xi_a(k); \end{aligned} \right\} (3)$$

$$D_{\text{ц}}(k+1) = D(k+1) + \xi_{D_{\text{ц}}}(k+1); \quad (4)$$

– модель системы по оценке скорости и ускорения цели

$$\left. \begin{aligned} v_{\text{ц}}(k+1) &= v_{\text{ц}}(k) + a_{\text{ц}}(k)\tau; \\ a_{\text{ц}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\text{ф}}\tau)a_{\text{ц}}(k) + \xi_{a_{\text{ц}}}(k); \end{aligned} \right\} (5)$$

$$v_{\text{цц}}(k+1) = v_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{v_{\text{цц}}}(k+1); \quad (6)$$

– модель системы по оценке угла наклона и скорости изменения угла наклона цели

$$\left. \begin{aligned} \theta_{\text{ц}}(k+1) &= \theta_{\text{ц}}(k) + \omega_{\theta_{\text{ц}}}(k)\tau; \\ \omega_{\theta_{\text{ц}}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\text{ф}}\tau)\omega_{\theta_{\text{ц}}}(k) + \xi_{\omega_{\theta_{\text{ц}}}}; \end{aligned} \right\} (7)$$

$$\theta_{\text{цц}}(k+1) = \theta_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{\theta_{\text{цц}}}(k+1); \quad (8)$$

– модель системы по оценке путевого угла и угловой скорости путевого угла цели

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{\text{ц}}(k+1) &= \varphi_{\text{ц}}(k) + \omega_{\varphi_{\text{ц}}}(k)\tau; \\ \omega_{\varphi_{\text{ц}}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\text{ф}}\tau)\omega_{\varphi_{\text{ц}}}(k) + \xi_{\omega_{\varphi_{\text{ц}}}}(k); \end{aligned} \right\} (9)$$

$$\varphi_{\text{цц}}(k+1) = \varphi_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{\varphi_{\text{цц}}}(k+1); \quad (10)$$

– модель системы по оценке угла наклона линии визирования и его скорости изменения в вертикальной плоскости

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\text{в}}(k+1) &= \varepsilon_{\text{в}}(k) + \omega_{\varepsilon_{\text{в}}}(k)\tau; \\ \omega_{\varepsilon_{\text{в}}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\text{ф}}\tau)\omega_{\varepsilon_{\text{в}}}(k) + \xi_{\omega_{\varepsilon_{\text{в}}}}(k); \end{aligned} \right\} (11)$$

$$\varepsilon_{\text{ви}}(k+1) = \varepsilon_{\text{в}}(k+1) + \xi_{\omega_{\text{в}}}(k+1); \quad (12)$$

– модель системы по оценке угла наклона линии визирования и его скорости изменения в горизонтальной плоскости

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\text{г}}(k+1) &= \varepsilon_{\text{г}}(k) + \omega_{\text{г}}(k)\tau; \\ \omega_{\text{г}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\text{ф}}\tau)\omega_{\text{г}}(k) + \xi_{\omega_{\text{г}}}(k); \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\varepsilon_{\text{ги}}(k+1) = \varepsilon_{\text{г}}(k+1) + \xi_{\varepsilon_{\text{г}}}(k+1). \quad (14)$$

Полученная модель системы дальномерного канала позволяет сохранить высокую точность и дает возможность определить все необходимые оценки фазовых координат при значительно меньших вычислительных затратах.

Список литературы

1. Лобачев, Ю. В. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами / Ю. В. Лобачев, Ю. Н. Панасюк, Б. П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУ, 2008.
2. Анодина, Т. Г. Моделирование процессов в системе управления воздушным движением / Т. Г. Анодина, В. И. Мокшанов. – Москва : Радио и связь, 1993.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК.621.391.26

*М. В. Голов**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СВЯЗЕЙ ДЛЯ СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ В УГЛОВОМ КАНАЛЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Навигация – раздел науки о способах проведения объектов из одной точки пространства в другую. Эта задача решается навигационными системами, которые позволяют определить местоположение и ориентацию движущегося объекта относительно принятой системы координат, величину и направление скорости движения, направление и расстояние до места назначения и т.д.

Для определения координат и параметров движения подвижных наземных объектов используются навигационные системы [1], вклю-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Иванова.

чающие, как правило, в свой состав: датчик скорости движения, цифровой магнитный компас, курсорвертикаль, датчики линейных ускорений; аппаратуру приема сигналов спутниковой радионавигационной системы (СРНС), цифровой вычислитель, систему отображения информации.

Применительно к такому составу навигационной системы, в работе [2] получен алгоритм для определения положения продольной и поперечных осей объекта в пространстве, имеющий вид

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_Y^*(t_{k+1}) &= \Phi_{xxY}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}_Y^*(t_k) + \Psi_Y(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}_Y(t_k) + \mathbf{K}_Y(t_{k+1}) \times \\ &\times [\Xi_Y(t_{k+1}) - \mathbf{H}_Y(t_{k+1}) \Phi_{xxY}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}_Y^*(t_k) - \mathbf{H}_Y(t_{k+1}) \Psi_Y(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}_Y(t_k)]; \\ \mathbf{K}_Y(t_{k+1}) &= \mathbf{P}_Y(t_{k+1} | t_k) \mathbf{H}_Y^T(t_{k+1}) [\mathbf{H}_Y(t_{k+1}) \mathbf{P}_Y(t_{k+1} | t_k) \mathbf{H}_Y^T(t_{k+1}) + \\ &+ \Gamma_{\Xi Y}(t_{k+1}) \Gamma_{\Xi Y}^T(t_{k+1})]^{-1}; \\ \mathbf{P}_Y(t_{k+1} | t_k) &= \Phi_{xxY}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}_Y(t_k) \Phi_{xxY}^T(t_{k+1}, t_k) + \Gamma_{xY}(t_{k+1}, t_k) \Gamma_{xY}^T(t_{k+1}, t_k); \\ \mathbf{P}_Y(t_{k+1}) &= [\mathbf{I} - \mathbf{K}_Y(t_{k+1}) \mathbf{H}_Y(t_{k+1})] \mathbf{P}_Y(t_{k+1} | t_k), \end{aligned} \quad (1)$$

где Φ_{xxY} – фундаментальная матрица размером (6×6) ; Ψ_Y – переходная матрица управления размером (6×6) ; Γ_{xY} – переходная матрица возмущения размером (6×6) ; $\mathbf{W}_Y = [\omega_Z^I, \omega_X^I, \omega_Y^I]^T$ – известный вектор управления; $\mathbf{H}_Y(t_k)$ – матрица наблюдения размером (6×6) ; $\Gamma_{\Xi Y}(t_k)$ – матрица шумов наблюдения размером (6×6) ; $\mathbf{K}_Y(t_{k+1})$ – матрица оптимальных коэффициентов передачи размером (6×6) ; $\mathbf{P}_Y(t_{k+1} | t_k)$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок прогнозирования размером (6×6) ; $\mathbf{P}_Y(t_{k+1})$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (6×6) ; \mathbf{I} – единичная матрица размером (6×6) .

К числу недостатков данного алгоритма следует отнести большую размерность векторов наблюдения и состояния, что приводит к большим вычислительным затратам. Для его реализации на каждом тактовом интервале времени требуется выполнить 2037 операций умножения и 1881 операцию сложения.

В целях уменьшения вычислительных затрат применим принцип декомпозиции вектора состояния

$$\mathbf{X}_Y(t_k) = [\psi(t_k), \gamma(t_k), \vartheta(t_k), \Delta\psi(t_k), \Delta\gamma(t_k), \Delta\vartheta(t_k)]^T$$

и представим его в виде двух векторов

$$\mathbf{X}_Y(t_k) = [\mathbf{X}_{1Y}^T(t_k), \mathbf{X}_{2Y}^T(t_k)]^T,$$

где $\mathbf{X}_{1Y}(t_k) = [\psi(t_k), \gamma(t_k), \vartheta(t_k)]^T$ размерностью (3×1) , и $\mathbf{X}_{2Y}(t_k) = [\Delta\psi(t_k), \Delta\gamma(t_k), \Delta\vartheta(t_k)]^T$ размерностью (3×1) .

Для нахождения оценок векторов $\mathbf{X}_{1Y}^*(t_k)$ и $\mathbf{X}_{2Y}^*(t_k)$ применен метод, использующий уравнения связей между наблюдениями с выходов курсовертикали $\Xi_{1Y}(t_k) = [\Psi^I(t_k), \gamma^I(t_k), \vartheta^I(t_k)]^T$ и цифрового магнитного компаса $\Xi_{2Y}(t_k) = [\Psi^{\text{ЦМК}}(t_k), \gamma^{\text{ЦМК}}(t_k), \vartheta^{\text{ЦМК}}(t_k)]^T$. Применение метода предполагает наличие информационной избыточности, когда имеется несколько измерителей, работающих на различных физических принципах, измеряющих одни и те же или функционально связанные параметры.

Оценка $\mathbf{X}_{1Y\text{KB}}^*(t_{k+1})$ вектора состояния $\mathbf{X}_{1Y}(t_{k+1})$ определяется из соотношения

$$\mathbf{X}_{1Y\text{KB}}^*(t_{k+1}) = \Xi_{1Y}(t_{k+1}) - \mathbf{X}_{2Y}^*(t_{k+1}). \quad (2)$$

$$\mathbf{X}_{2Y}^*(t_{k+1}) = \mathbf{X}_{2Y}^*(t_k) + \mathbf{K}_{2Y}(t_{k+1})[\Xi_{PY}(t_{k+1}) - \mathbf{X}_{2Y}^*(t_k)], \quad (3)$$

где $\mathbf{K}_{2Y}(t_{k+1})$ – матрица оптимальных коэффициентов передачи размером (3×3) определяется соотношениями

$$\begin{aligned} \mathbf{K}_{2Y}(t_{k+1}) &= \mathbf{P}_{2Y}(t_k) [\mathbf{P}_{2Y}(t_k) + \mathbf{\Gamma}_{2\Xi\Xi}(t_{k+1}) \mathbf{\Gamma}_{2\Xi Y}^T(t_{k+1})]^{-1}; \\ \mathbf{P}_{2Y}(t_{k+1}) &= [\mathbf{I} - \mathbf{K}_{2Y}(t_{k+1})] \mathbf{P}_{2Y}(t_k), \end{aligned} \quad (4)$$

в которых $\mathbf{P}_{2Y}(t_{k+1})$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (3×3) ; \mathbf{I} – единичная матрица размером (3×3) . Здесь для того, чтобы подчеркнуть получение оценки из наблюдения курсовертикали, введен соответствующий подстрочный индекс.

Оценка $\mathbf{X}_{1Y\text{СРНС}}^*(t_{k+1})$ вектора состояния $\mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1})$ может быть найдена также на основании наблюдений СРНС. Здесь также введен подстрочный индекс, чтобы подчеркнуть, что для получения оценки используются наблюдения СРНС. Наблюдения на выходе СРНС имеют вид

$$\Xi_{3Y}(t_k) = \mathbf{X}_{1Y}(t_k) + \mathbf{\Gamma}_{3\Xi Y}(t_k) \mathbf{N}_{3\Xi Y}(t_k), \quad (5)$$

где $\mathbf{N}_{3\Xi Y}(t_k) = [n_\psi(t_k), n_\gamma(t_k), n_\vartheta(t_k)]^T$ – вектор шумов наблюдения; $\mathbf{\Gamma}_{3\Xi Y}(t_k)$ – матрица шумов наблюдения размером (3×3) с ненулевыми элементами $\Gamma_{3\Xi Y11} = \sigma_\psi$, $\Gamma_{3\Xi Y22} = \sigma_\gamma$, $\Gamma_{3\Xi Y33} = \sigma_\vartheta$.

Комплексные алгоритмы обработки информации для определения оценки $\mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_{k+1})$ вектора состояния $\mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1})$ по наблюдениям СРНС имеют вид

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_{k+1}) &= \mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_k) + \Psi_{1Y}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}_Y(t_k) + \\ &+ \mathbf{K}_{1Y}(t_{k+1}) [\Xi_{3Y}(t_{k+1}) - \mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_k) - \Psi_{1Y}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}_Y(t_k)], \end{aligned} \quad (6)$$

где $\mathbf{K}_{1Y}(t_{k+1})$ – матрица оптимальных коэффициентов передачи размером (3×3) определяется соотношениями

$$\begin{aligned} \mathbf{K}_{1Y}(t_{k+1}) &= \mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1} | t_k) [\mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1} | t_k) + \Gamma_{3\Xi Y}(t_{k+1}) \Gamma_{3\Xi Y}^T(t_{k+1})]^{-1}; \\ \mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1} | t_k) &= \mathbf{P}_{1Y}(t_k) + \Gamma_{1xY}(t_{k+1}, t_k) \Gamma_{1xY}^T(t_{k+1}, t_k); \\ \mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1}) &= [\mathbf{I} - \mathbf{K}_{1Y}(t_{k+1})] \mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1} | t_k), \end{aligned} \quad (7)$$

в которых $\mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1} | t_k)$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок прогнозирования размером (3×3) ; $\mathbf{P}_{1Y}(t_{k+1})$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (3×3) ; \mathbf{I} – единичная матрица размером (3×3) .

Таким образом, соотношения (2) и (6) позволяют определить оценки $\mathbf{X}_{1YKB}^*(t_{k+1})$ и $\mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_{k+1})$ одного и того же вектора состояния $\mathbf{X}_{1Y}(t_{k+1})$. Оценка $\mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1})$ вектора состояния $\mathbf{X}_{1Y}(t_{k+1})$ находится как среднее значение оценок $\mathbf{X}_{1YKB}^*(t_{k+1})$ и $\mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_{k+1})$:

$$\mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1}) = \frac{\mathbf{X}_{1YKB}^*(t_{k+1}) + \mathbf{X}_{1YCPHC}^*(t_{k+1})}{2}. \quad (8)$$

После определения оценки $\mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1})$ по наблюдениям курсовертикали, ЦМК и СРНС может быть определена оценка $\mathbf{X}_{2Y}^*(t_{k+1})$:

$$\mathbf{X}_{2Y}^*(t_{k+1}) = \Xi_{1Y}(t_{k+1}) - \mathbf{X}_{1Y}^*(t_{k+1}). \quad (9)$$

Проведен расчет вычислительных затрат, необходимых для реализации предложенного алгоритма. Расчет показал, для решения алгоритма (2) – (4), (6) – (9) требуется выполнить 282 операции умножения и 285 операций сложения. Разработанный алгоритм позволяет уменьшить количество операций умножения в 7 раз и количество операций сложения в 6,5 раз.

Список литературы

1. *Иванов, А. В.* Навигационные системы подвижных наземных объектов. Алгоритмы обработки информации в угловом канале / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2013. – № 4. – С. 23 – 29.

2. *Подколзина, Л. А.* Алгоритмы обработки информации в навигационных системах наземных подвижных объектов для канала определения координат местоположения / Л. А. Подколзина, К. М. Другов // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития. – 2013. – № 4. – С. 221 – 225.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 621.391.26

*В. О. Сурков**

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Обычно под термином *навигационная система* принято понимать совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве. Навигационные системы (НС) можно разделить на множество категорий в зависимости от назначения, объема получаемой навигационной информации и используемых методов навигации. Система навигации подвижных наземных объектов (ПНО) решает задачи определения координат местоположения, параметров движения и углов ориентации подвижного объекта и обеспечивает выдачу следующих данных: координаты местоположения в заданной системе координат, вектор скорости, углы ориентации (крен, курс, тангаж), вектор угловой скорости, вектор ускорения.

В общем случае навигационные системы ПНО включают в свой состав:

- 1) измерители автономной системы;
- 2) радиотехнические системы коррекции;
- 3) вычислительное устройство;
- 4) устройство индикации;

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Иванова.

Основными для навигационных систем являются следующие режимы работы: автономный и автономный с коррекцией от радиотехнических измерителей. Наиболее подходящим режимом работы является автономный с коррекцией.

Можно выделить основные направления в совершенствовании НС для ПНО:

1. Модернизация системы, заключающаяся во введении новых устройств и систем и усовершенствования уже используемых.

При реализации данного направления необходимо определить минимально необходимый набор датчиков, который обеспечивает пользователя базовой информацией.

На начальном этапе развития широко распространен состав НС, включающий в себя курсовую систему магнитного или гироскопического типа и механический датчик скорости. Основным недостатком такой компоновки навигационной системы является значительное увеличение погрешностей в определении местоположения с течением времени, поэтому требуется применение радиотехнических систем коррекции (системы сотовой связи, радиотехнические системы дальней навигации «Чайка» и «LORAN-C» спутниковые радионавигационные системы (СРНС) (ГЛОНАСС/GPS)).

В настоящее время распространен минимальный состав навигационных систем для ПНО:

- 1) бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС);
- 2) приемник СРНС;
- 3) вычислительное устройство;
- 4) устройство индикации.

Приведенные выше устройства составляют основу навигационной системы для ПНО и позволяют получить минимальный объем навигационной информации.

Для повышения качества работы системы и получения точных и достоверных данных так же возможен ввод дополнительных датчиков и систем. В качестве дополнительных возможно применение таких датчиков, как барометрический высотомер, который позволяет обеспечить целостность информации СРНС, доплеровский измеритель скорости, механический датчик скорости и т.д. Введение дополнительных датчиков возможно при более жестких требованиях к данным системам.

Так как применение СРНС затруднительно в густо застроенных городских кварталах, карьерах, подземных парковках, то в данных условиях целесообразно применение систем сотовой связи для повы-

шения точности позиционирования. В зависимости от применяемой технологии позиционирования и стандарта сотовой сети возможно получение значений точности от 16 до 50 м [1].

Таким образом, в состав навигационной системы входят:

- 1) БИНС;
- 2) приемник СРНС;
- 3) приемник системы сотовой связи;
- 4) вычислительное устройство;
- 5) устройство индикации;
- 6) дополнительные датчики.

Однако применение систем сотовой связи в комбинации с СРНС не дает значительного уменьшения погрешностей позиционирования. По причине того, что значения погрешностей, полученные при применении данных технологий, в 10 – 100 раз больше, чем значения, полученные при применении спутниковых радионавигационных систем. Это проиллюстрировано в статье [2] и приведены соответствующие значения погрешностей при проведении моделирования. Применение систем сотовой связи в навигационных системах целесообразно лишь при пропадании сигналов от СРНС посредством использования адаптивных алгоритмов обработки информации в ЭВМ навигационной системы.

2. Введение нового программного обеспечения системы. Точность и эффективность работы НС зависит от алгоритмов обработки информации применяемых в них как при вторичной, так и при первичной обработке информации. Длительное время в НС для вторичной обработки информации использовались простейшие алгоритмы эвристического происхождения, а также методы спектрально-корреляционной теории комплексирования измерителей. В настоящее время в радиоэлектронных комплексах при вторичной обработке информации применяются оптимальные алгоритмы оценивания, базирующиеся на дифференциальных или разностных уравнениях, полученных на основе методов калмановской фильтрации. Повышение качества работы НС также можно достичь при комплексной первичной обработке информации, применяя для оптимизации комплексирования измерителей методы марковской теории оптимального оценивания.

Значительно улучшить качество работы НС может создание и последующее применение алгоритмов с возможностью обнаружения отказавших элементов, исключения их из структуры и восстановления работоспособности системы путем аппаратурной или информационной реконфигурации.

Данные операции можно производить как при первичной, так и при вторичной обработке информации в навигационных комплексах. При первичной обработке информации контроль производится в НС, имеющих несколько уровней иерархии и содержащих бортовую вычислительную систему (БВС), способную обеспечить внутреннюю реконфигурацию структуры информационной системы при решении различных задач и в случаях отказов или повреждений ее отдельных устройств и систем.

Данные алгоритмы при вторичной обработке применяются только к отдельным элементам НС и основаны на использовании нейросетевых методов и нелинейной многоальтернативной фильтрации, предполагающей использование банка фильтров Калмана.

Рассмотрим трудности, возникающие при реализации данных направлений по отдельности. Например, при реализации только первого направления основным останавливающим фактором является увеличение габаритов устройства, сложность конструкции и эксплуатации системы, которые являются следствием применения устаревших технологий производства. Также возможно снижение качества полученных данных и скорости их выдачи из-за устаревших алгоритмов обработки информации.

При реализации только второго направления также возможно снижение качества работы вследствие погрешностей, возникающих при измерениях в датчиках системы, следует учитывать объемы вычислительных затрат, которые необходимы для обработки информации, и соотнести их с текущими возможностями вычислительной техники. Для этого необходимо производить расчет объема вычислительных операций алгоритмов перед началом их эксплуатации. Невыполнение данного расчета может привести к невозможности применения данных алгоритмов в НС при текущих условиях и проблемах при выборе микропроцессоров для вычислительных машин.

Таким образом, только при совместной реализации указанных направлений и совершенствовании вычислительной техники станет возможным создание НС, удовлетворяющей современным требованиям по надежности и устойчивости.

Список литературы

1. *Сурков, В. О.* Анализ состава существующих систем навигации для подвижных наземных объектов и выбор наиболее перспективного состава, исходя из требований точности и надежности / В. О. Сурков // Современные тенденции технических наук : материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). – Уфа : Лето, 2013. – С. 20 – 24.

2. Совместная обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / А. В. Иванов, А. В. Гостев, А. А. Семенов, Л. В. Соколовская // Радиотехника. – 2012. – № 4. – С. 16 – 19.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 519.62

*А. А. Гришин**

АКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА ВТОРОГО ПОРЯДКА

Одним из видов задач фильтрации сигнала является идентификация и нахождение параметров исследуемых процессов на основе анализа входного звукового сигнала.

Матричное уравнение является основным инструментом для пошагового уточнения не только постоянных параметров, но и вектора состояния, изменяющегося со временем. На нем основаны многие рекурсивные алгоритмы, известные как алгоритм Калмана. Среди всех алгоритмов следует выделить алгоритмы фильтрации, позволяющие выделять сигнал на фоне помех.

Фильтр Калмана – это дискретный фильтр, который оценивает состояние линейной динамической системы по серии искаженных измерений. Он применяется в широком диапазоне задач от радиолокации до систем управления и считается весомой частью теории автоматического управления [1].

Основывается фильтр Калмана на линейных динамических системах как непрерывных, так и дискретизированных по времени.

Для вычисления результатов измерения в данный момент времени ему нужна оценка текущего состояния на предыдущем временном интервале работы и измерения на текущем интервале. Данное свойство отличает его от пакетных фильтров, требующих в текущий такт работы знание истории измерений или оценок. Таким образом, фильтр Калмана, как и множество других дискретных фильтров, реализован во временном, а не в частотном представлении.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. Н. Данилова.

Для фильтрации случайных сигналов рационально использовать фильтр Калмана второго порядка. Данный фильтр для векторного дискретного случая определяется уравнениями [2]

$$\left. \begin{aligned} X_k &= X_{k-1} + X1_k T; \\ X1_k &= -bX_{k-1}T + (1 - aT)X1_k + dn_k, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где X_k – напряжение сигнала; $X1_k$ – скорость изменения напряжения; a, b – коэффициенты; dn_k – белый гауссовский шум; T – длительность такта.

При использовании фильтра Калмана для получения оценок вектора состояния процесса по серии зашумленных измерений необходимо показать модель данного процесса в соответствии со структурой фильтра.

Во многих случаях количество параметров, которые задают параметры объекта, больше, чем все параметры, наблюдаемые в измерении.

Согласно формуле (1) результаты моделирования оцениваемого процесса изображены на рис. 1, где zn_k – белый гауссовский шум; $X0_k$ – оценка, c_k – истинный сигнал.

Из рисунка 1 видно, как оцениваемый процесс повторяет истинный сигнал при действии интенсивного шума.

На рисунке 2 представлен спектр мощности сигнала. Анализируемый фильтр позволяет осуществлять фильтрацию процесса в узкой полосе частот, спектр мощности которого устремлен около некоторой центральной частоты в сравнительно узкой полосе частот.

На рисунке 3 изображены сигналы, поступающие на вход фильтра: истинный сигнал Dk , уточненная оценка Xk_0 , сигнал с шумом Zk .

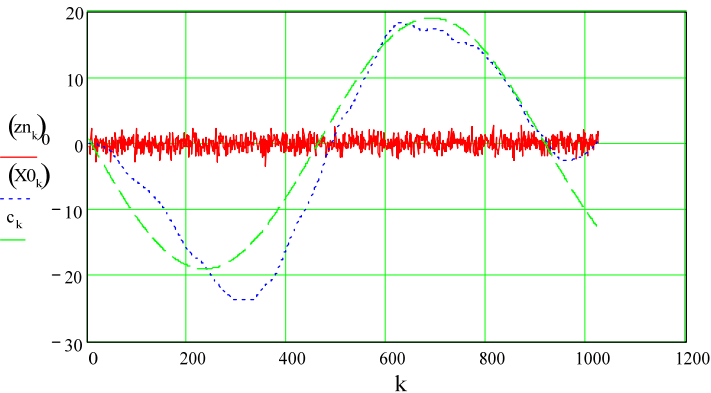


Рис. 1

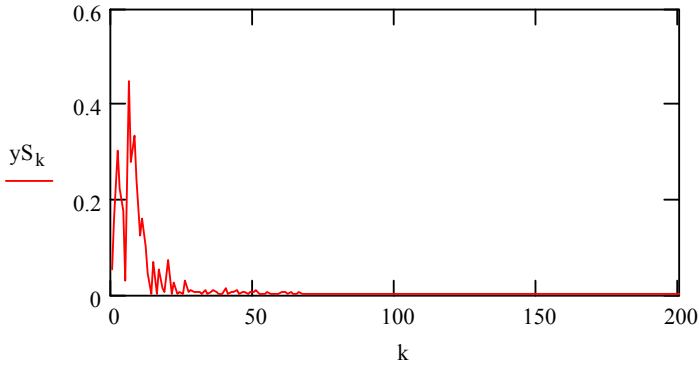


Рис. 2

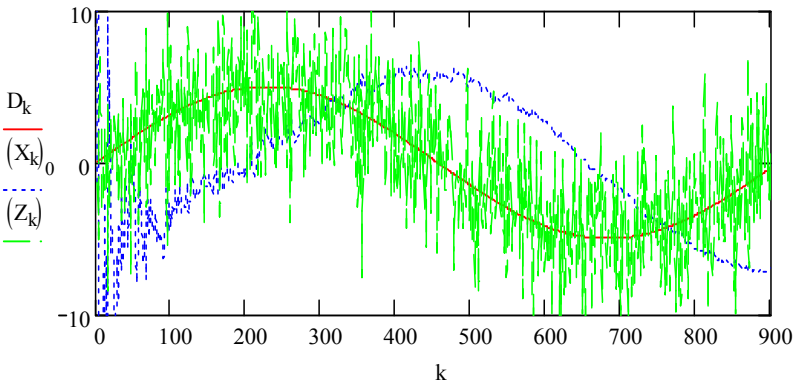


Рис. 3

Фильтр Калмана обрабатывает случайный сигнал подобно колебательному контуру, под воздействием случайного шума. Основная частота спектра мощности на выходе фильтра Калмана определяется параметром b , а ширина спектра устанавливается при помощи параметра a . При фильтрации сигналов значимым фактором является обеспечение достаточно высокой частоты дискретизации для выполнения условий теоремы отсчетов. Иначе нарушается надежность вычислений, используемых в дискретных фильтрах Калмана.

Фильтр Калмана обеспечивает выделение узкополосных стохастических сигналов в заданной полосе частот. Использование фильтра Калмана второго порядка дает возможность вычисления изменений сигнала на участках малой длительности, которая затруднена при использовании классических методов спектрального анализа.

Список литературы

1. Марпл, С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. – Момква : Мир, 1990.
2. Бендат, Дж. Применения корреляционного и спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсол. – Москва : Мир, 1983.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 519.62

*Д. А. Менькин**

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Волновые процессы часто встречаются в технике. Значительная часть механических движений, движение периодически работающих механизмов, почти все акустические явления, переменный ток, применяющийся в быту и в разнообразных технических устройствах, радиотехника и часть электроники, вся волновая оптика, волновые свойства частиц – вот далеко не полный перечень явлений и технических приложений, связанных с колебаниями и волнами.

Динамические системы биометрической идентификации/аутентификации личности основаны на использовании в качестве признаков некоторых динамических параметров и характеристик личности (ходка, рукописный и клавиатурный почерки, речь).

Биометрические системы, построенные на анализе индивидуальных особенностей динамики движений, имеют много общего. Это позволяет использовать одну обобщенную схему для описания всех биометрических систем этого класса, которая приведена на рис. 1 и отражает основные этапы обработки информации [1].

Биометрические идентификаторы обеспечивают очень высокие показатели: вероятность несанкционированного доступа – 0,1...0,0001%, вероятность ложного задержания – доли процентов, время идентификации – единицы секунд, но имеют более высокую стоимость по сравнению со средствами атрибутивной идентификации. Качественные результаты сравнения различных биометрических технологий по точности идентификации и затратам указаны на рис. 2.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. Н. Данилова.

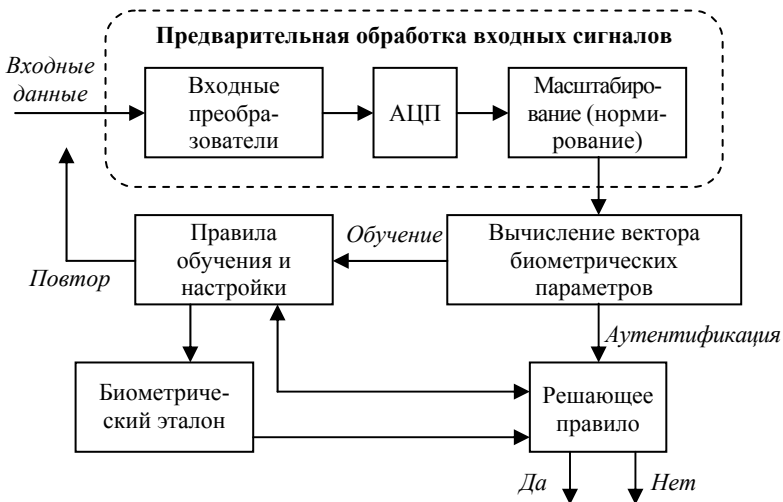


Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы идентификации личности по особенностям динамики движений

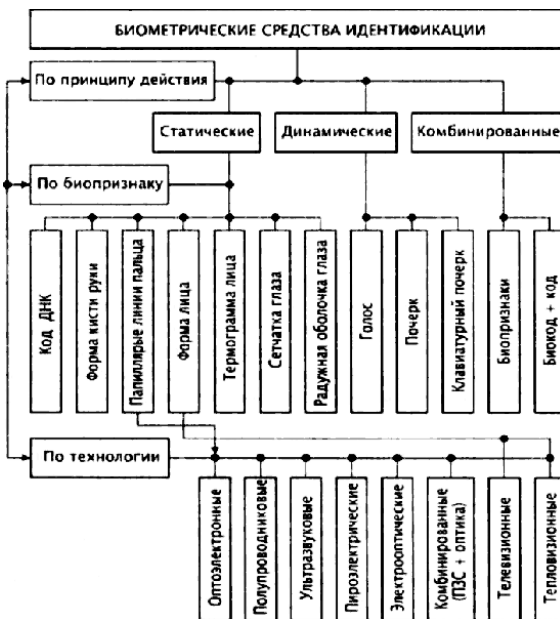


Рис. 2. Классификация современных биометрических средств идентификации

Известны разработки СКУД, основанные на считывании и сравнении конфигураций сетки вен на запястье, образцов запаха, преобразованных в цифровой вид, анализе носящего уникальный характер акустического отклика среднего уха человека при облучении его специфическими акустическими импульсами и т.д.

С целью выбора путей решения задач по оценки параметров квазигармонических процессов, проанализируем существующие методы и их возможности.

1. Составляющие движения могут быть учтены в виде задания шумов модели с соответствующими характеристиками. Но эти составляющие далеко не всегда могут моделироваться белым шумом. Неточность же задания модели приводит к тому, что в невязке появляется коррелированная составляющая. Из этого следует, что процесс, моделируемый как белый шум, содержит на самом деле еще и квазигармоническую составляющую. Такое явление, как показывает анализ, очень часто наблюдается в рассматриваемых системах. Таким образом, возмущения отслеживаемого параметра, которые встречаются в реальных системах, можно разделить на две категории: возмущения типа шума и возмущения волновой структуры. Типичные шумовые возмущения могут быть охарактеризованы в терминах их статистических свойств, таких, как среднее значение, дисперсия, спектральная плотность и т.п. Следовательно, шумовые возмущения можно математически моделировать посредством белого шума и т.п.

Кроме того, возмущения, имеющие волновую структуру, демонстрируют хорошо различимые волнообразные формы – по крайней мере на коротких интервалах времени. Спектр возмущений волнообразной структуры, как показывают оценки, имеет вид, сосредоточенный в некоторой области частот.

Рассмотрим спектры изменения отслеживаемых параметров, как функций времени.

На рисунке 3 приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) $S(f)$ для следящих систем, где линия 1 – АЧХ быстродействующего фильтра; линия 2 – АЧХ основного фильтра; α_1 и α_2 – полосы пропускания (величины обратные постоянным времени) этих фильтров соответственно.

На рисунке 4 представлены спектры $S(f)$ отслеживаемых параметров: линия 1 – плавное изменение; линия 2 – быстрое изменение; линия 3 – резкое изменение.

Из рисунков 3 и 4 видно, что обеспечить достаточно точное согласование АЧХ фильтров (рис. 3) и спектров отслеживаемых параметров (рис. 4) сразу для всех видов оцениваемых параметров не представляется возможным.

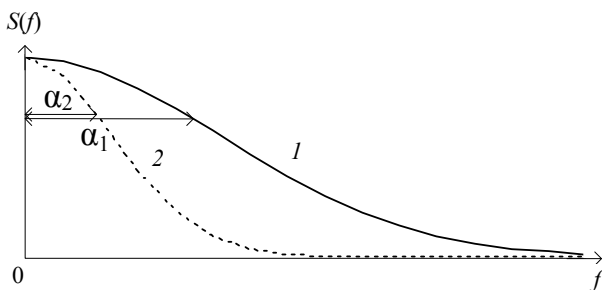


Рис. 3

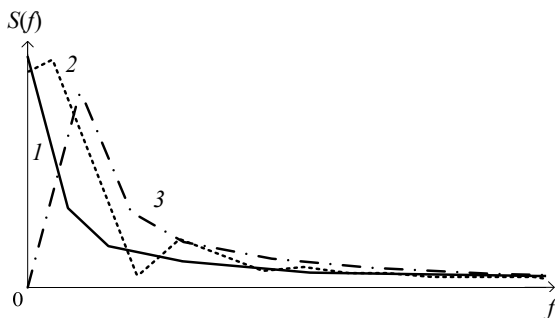


Рис. 4

В дополнение к основному и быстродействующему фильтру следует использовать фильтр, построенный на основе модели узкополосного случайного процесса, имеющий полосу пропускания похожую на спектр возмущений волнообразной структуры (рис. 4, линия 3). Такой набор фильтров, при соответствующем выборе полос, хорошо согласуется с типичными спектрами изменения отслеживаемых параметров.

2. Модель относительного движения, построенная на основе учета волнового тренда.

Модель состояния для этого случая построим на основе модели узкополосного случайного процесса. Она имеет вид

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = \omega; \\ \dot{\omega} = -a\varphi - b\omega + j; \\ \dot{j} = -\alpha j + \xi, \end{cases} \quad (1)$$

где φ – оцениваемый параметр; ω – скорость изменения оцениваемого параметра; a, b – параметры фильтра; α – параметр характеризующий средний период изменения оцениваемого параметра; ξ – гауссовский белый шум.

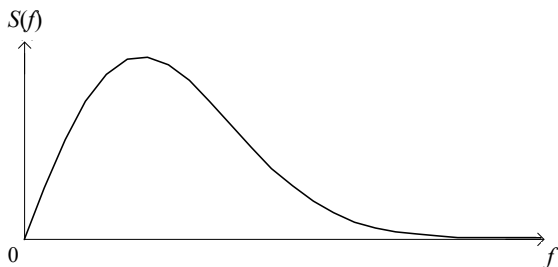


Рис. 5

На рисунке 5 приведен вид АЧХ $S(f)$ для системы.

Необходимо отметить, что для задания параметров фильтра, построенного на основе учета волнового тренда [формула (1)], задается не полоса пропускания α , как это делается например, в быстродействующем и основном фильтрах, а значения центральной частоты и половины ширины полосы пропускания.

На рисунке 6 представлена переходная характеристика $\varphi(t)$ следящей системы, построенной на основе формулы (1), где линия 1 – входное воздействие; линия 2 – реакция следящей системы.

Из рисунка 6 хорошо видно, что в отличие от реакции быстродействующего фильтра здесь имеет место перерегулирование.

Но фильтр, построенный на основе учета волнового тренда, рассчитан на работу с входным воздействием в виде отрезков гармонических функций, поэтому сравним реакцию фильтров на входное воздействие в виде отрезка синусоиды.

На рисунке 7 представлена реакция всех вышеперечисленных фильтров на входное воздействие в виде отрезка синусоиды, где линия 1 – входное воздействие; линия 2 – реакция быстродействующего фильтра; линия 3 – реакция основного фильтр; линия 4 – реакция фильтра, построенного на основе учета волнового тренда.

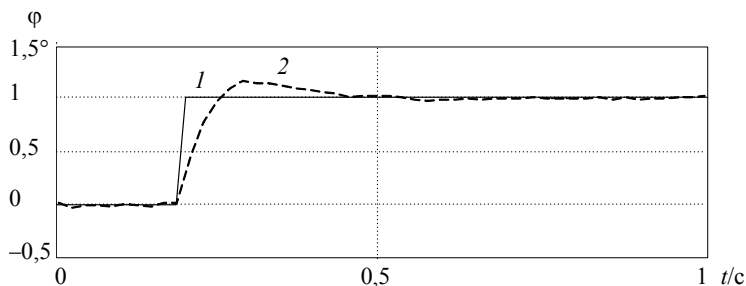


Рис. 6

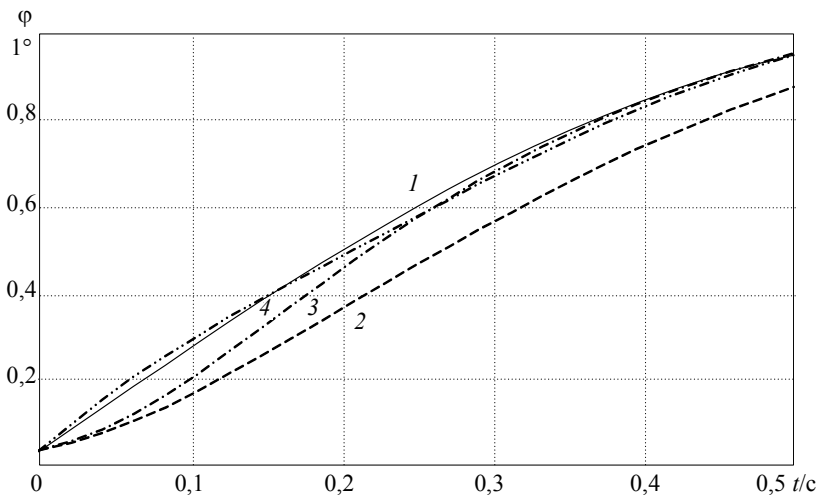


Рис. 7

Из рисунка 7 видно, что фильтр, построенный на основе учета волнового тренда, отслеживает изменение входной величины с наименьшей ошибкой.

Для проверки действительной необходимости использования каждой из рассмотренных выше моделей в составе следящей системы оценим время работы быстродействующего фильтра и фильтра, построенного на основе учета волнового тренда. Под временем работы в данном случае будем понимать время, в течение которого рассматриваемый фильтр по сравнению с остальными работал с наименьшей ошибкой. Такая проверка необходима, так как необоснованное увеличение количества моделей приводит к неоправданному усложнению алгоритма и увеличению вычислительных затрат.

Список литературы

1. *Иванов, А. И.* Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений : монография / А. И. Иванов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. – 188 с.
2. *Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах* / под ред. К. Т. Леондеса. – Москва : Мир, 1980. – 408 с.

*Д. В. Комраков**

КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

В настоящее время широкое распространение получили навигационные комплексы, определяющие текущее местоположение по сигналам глобальных спутниковых навигационных систем (СНС), таких как GPS и ГЛОНАСС. Особое место занимают системы позиционирования мобильных абонентов сотовых сетей в условиях города. Основой большинства навигационных систем для мобильных пользователей является глобальная спутниковая навигация. Причиной этого служит высокая точность позиционирования в условиях открытого пространства, которую обеспечивают даже сравнительно недорогие приемники навигационных сигналов, интегрированные в современные смартфоны. Тем не менее, условия плотной городской застройки накладывают существенные ограничения на точность определения местоположения спутниковыми навигационными системами GPS и ГЛОНАСС. Причиной этого является многолучевость распространения сигнала, его затенение и переотражение от различных зданий и сооружений.

Для городской местности характерна ситуация, когда большинство измерений искажены многолучевым распространением сигнала. При этом для вычисления координат объекта не хватает навигационной информации для обнаружения искаженных измерений. В этом случае для обеспечения контроля целостности требуется введение в навигационный комплекс дополнительной избыточности (использование информации от других навигационных систем, систем дальней навигации, наземных сетевых систем и др.).

Информационная недостаточность в навигационном комплексе, решается с применением одного из двух возможных алгоритмов. Первый из них называется RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring), а второй AAIM (Airborne Autonomous Integrity Monitoring) алгоритмами автономного контроля целостности. Далее под контролем целостности навигационной информации глобальных навигационных спутниковых систем будем понимать комплекс мероприятий по определению соответствия заданным характеристикам способности навигационных систем обеспечивать потребителей сигналами тревоги о недостоверности навигационных сигналов.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» А. В. Иванова.

На сегодняшний день в литературе описано множество различных схем его построения, основанных на одном и том же принципе, заключающемся в непрерывной вероятностной проверке, основанной на измерительной избыточности. RAIM-алгоритм решает две задачи: обнаружение отказа FD (Failure Detection) и исключение из навигационного решения аномального измерения FI (Failure Identification).

Основные функции RAIM заключаются в следующем:

- своевременно обнаружить неустойчиво работающий спутник и исключить его из обработки для навигационных определений;
- рассчитать текущую ошибку определения координат и, сравнивая расчетное значение с максимально допустимой на данном этапе, предупредить о выходе расчетной ошибки за предельные значения;
- определить геометрию спутников в заданной точке, в заданное время и предупреждать, что требуемая точность и надежность навигации по СНС в этой точке не будут обеспечены, выдавать сообщение об отказе СНС в целом и невозможности ее использования для навигации.

Обеспечение этой функции достигается обработкой сигналов, как минимум, одного дополнительного спутника. Суть заключается в том, что в целях RAIM производятся несколько независимых определений, результаты которых сравниваются между собой. По результатам этих расчетов определяется четыре устойчиво работающих спутника и по этим «отфильтрованным» спутникам производится определение навигационных параметров. При этом «фильтрующие» расчеты при работе RAIM не используются для навигационных расчетов. Но если функция RAIM отфильтровала один из пяти видимых спутников, то RAIM перестает работать. При пропадании контроля целостности должны быть предусмотрены специальные навигационные процедуры, которые способны определять текущее местоположение без использования сигналов от спутников.

Если бортовым оборудованием СНС принимается информация шести и более спутников, то процедура RAIM после исключения из обработки одного спутника и подключения другого продолжает работать и контролировать надежность навигационных определений.

Другим способом контроля целостности информации, получаемой от СНС, является сравнение этой информации с навигационной информацией, получаемой от других навигационных систем. Называется этот алгоритм AAIM. Этот способ имеет только одно преимущество по сравнению с RAIM – нет необходимости обрабатывать сигналы от одного дополнительного спутника, что позволяет продолжать навигационные определения с гарантией их достоверности при видимости только четырех спутников.

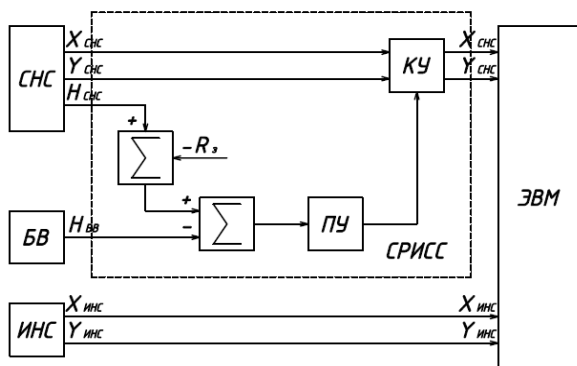


Рис. 1. Структурная схема обработки информации в навигационных комплексах подвижных объектов с контролем целостности навигационной информации с помощью барометрического высотомера

Так, в статье [1] для осуществления контроля целостности используется барометрический высотомер. Структурная схема устройства обработки информации в навигационных системах подвижных объектов, синтезированная в соответствии с алгоритмом, представленным в статье, изображена на рис. 1.

В состав схемы входят: электронная вычислительная машина (ЭВМ), спутниковая навигационная система (СНС), инерциальная навигационная система (ИНС), барометрический высотомер (БВ), пороговое устройство (ПУ), ключевое устройство (КУ) и сумматоры. Отличительной особенностью предложенной схемы обработки информации является использование выходных сигналов барометрического высотомера для осуществления контроля целостности навигационного обеспечения. С этой целью в составе предложенной системы обработки информации используется схема разрешения использования сигналов спутников (СРИСС). Схема включает в свой состав пороговое устройство (ПУ), ключевое устройство (КУ) и два сумматора. Для использования сигнала от спутниковой навигационной системы $H_{СНС}$ совместно с сигналом барометрического высотомера $H_{БВ}$ необходимо из сигнала $H_{СНС}$ вычесть радиус земли R_3 . ПУ имеет порог, соответствующий максимально допустимому значению постоянной составляющей ошибки относительной высоты ΔH_{\max} . На вход ПУ поступает оценка постоянной составляющей ошибки относительной высоты ΔH^* . КУ разрешает прохождение выходных сигналов аппаратуры приема сигналов СНС и для определения горизонтальных координат местоположения подвижного объекта, если выполняется условие $\Delta H^* \leq \Delta H_{\max}$.

Следует отметить, что в настоящее время активное развитие получают системы позиционирования с использованием сигналов от базовых станций UMTS и GSM[2], а также от существующих точек доступа Wi-Fi. При использовании навигационной информации от этих систем контроль целостности позволит повысить устойчивость решения, а объединение нескольких навигационных систем уменьшает вероятность отказа в выдаче навигационного решения и повышает точность позиционирования. При этом расширяются возможности навигационно-информационных систем по позиционированию пользователей, находящихся внутри помещений, а также в местах, где невозможен прием сигналов от глобальных спутниковых навигационных систем.

Список литературы

1. *Иванов, А. В.* Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 15 – 20.
2. *Иванов, А. В.* Определение координат местоположения объекта в сетях GSM и UMTS на основе использования информации о направлении приема сигналов от базовых станций / А. В. Иванов, Д. В. Комраков // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 70 – 75.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 621.396.967

*И. В. Князев**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛГОРИТМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕЛИ

Для обеспечения безопасности полетов, повышения пропускной способности аэропортов необходимо улучшать точностные характеристики измерительных подсистем автоматизированных систем управления воздушным движением (АСУВД). В современных АСУВД для повышения точности измеряемых координат широко используются фильтры, основанные на методах оптимальной линейной фильтрации [1]. В настоящее время существует множество алгоритмов такой обработки на практике, реализуемые в виде α - β и α - β - γ фильтров, а также фильтров с

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Ю. Н. Панасюка.

переменными коэффициентами, более точно отражающими физическую сущность процесса, и обеспечивают лучшую точность оценки координат летательного аппарата (ЛА). Алгоритмы функционирования фильтров с переменными коэффициентами базируются на различных моделях состояния и наблюдения, например зингеровская модель, высокой точностью оценивания координат отличаются фильтры, в основу которых положены модели состояния, учитывающие пространственное положение ЛА [2]. Целью данной статьи является исследование точностных характеристик фильтра с переменными коэффициентами, учитывающего пространственное положение цели.

Для анализа фильтров, применяемых для оценки фазовых координат летательных аппаратов, находят потенциальные и реальные ошибки функционирования. Для исследования потенциальных ошибок можно применять как аналитические методы, так и имитационное моделирование, а для оценки реальных ошибок возможно применение, в основном, методов моделирования (аналитические методы возможно применить только для систем малой размерности). На первом этапе необходимо определить потенциальные ошибки для того, чтобы выяснить их минимальный уровень. Если потенциальные ошибки соответствуют установленным требованиям, переходят к оценке реальных ошибок.

Для оптимальных фильтров потенциальная точность характеризуется диагональными элементами априорной ковариационной матрицы ошибок фильтрации P_0 , представляющих собой дисперсии ошибок фильтрации компонентов вектора состояния (фазовых координат) P_{011}, \dots, P_{0nn} , которые позволяют судить о качестве функционирования оптимального фильтра и характеризуют точность оценивания. Дисперсия зависит от условий применения, определяющих в модели системы Φ и H , их статистических характеристик возмущений σ_n .

Методом имитационного моделирования исследуем зависимость потенциальной точности (потенциального СКО) оценки дальности от времени, для чего воспользуемся программой, имитирующей работу синтезированного фильтра [2], найдем как

$$\begin{aligned}\sigma_D &= \sqrt{P_{011}}; \\ \sigma_V &= \sqrt{P_{022}}; \\ \sigma_A &= \sqrt{P_{033}}.\end{aligned}\tag{1}$$

Результат моделирования представлен на рис. 1. Из результатов моделирования видно, что синтезированный алгоритм обладает высокой потенциальной точностью.

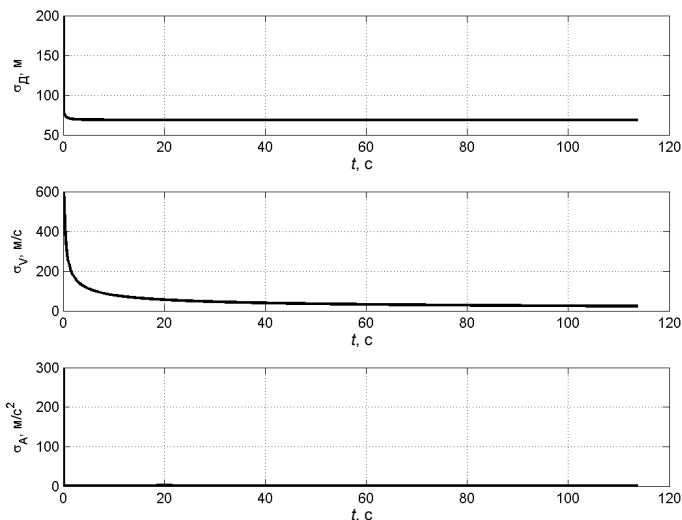


Рис. 1. Зависимости потенциального СКО дальности, скорости, ускорения от времени

Так как потенциальные ошибки соответствуют требованиям, то необходимо исследовать точность фильтрации в условиях, приближенных к реальным (в дальнейшем – реальная точность).

С помощью имитационного моделирования на ЭВМ проводятся исследования реальной точности оценок фазовых координат сопровождаемого ЛА. Имитационное моделирование на ЭВМ представляет собой имитацию входных сигналов $z_{и}$ и обработку этих сигналов с помощью алгоритма [2]. Имитация входного сигнала $z_{и}$ представляет собой изменение истинных фазовых координат и шум наблюдения $o_{и}$. Шум наблюдения $o_{и}$ имитируется датчиками случайных чисел. Знание реальных ошибок фильтрации позволяет достоверно оценить работоспособность полученных алгоритмов фильтрации в условиях, приближенных к реальным. Реальная точность оценивается по величине СКО оценок фазовых координат известной формулой

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x(k) - \hat{x}(k))^2}{N-1}}, \quad (2)$$

где σ – средняя квадратичная ошибка оценивания фазовой координаты цели; $x(k)$ – истинные значения фазовых координат цели; $\hat{x}(k)$ – оце-

точные значения фазовых координат цели k -й реализации; N – количество реализаций.

С помощью имитационного моделирования исследуем реальную точность синтезированного алгоритма, для этого воспользуемся программой, имитирующей работу синтезированного алгоритма. и программой, имитирующей входные воздействия. Для определения СКО ограничимся 100 выборками. В качестве входного сигнала будет использован закон изменения дальности во время прохождения целью типового маневра захода на посадку «большая коробочка» в качестве помехи был принят центрированный белый шум со среднеквадратическим отклонением 200 м. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

Из результатов моделирования видно, что реальная точность синтезированного алгоритма не значительно отличается от потенциальной, что обусловлено соответствием модели состояния реальной динамике полета ЛА.

В ходе имитационного моделирования также получена зависимость реального СКО скорости цели от времени, ошибка оценивания скорости цели мала (около 1,6 м/с) и постоянна, что обусловлено постоянством скорости движения ЛА в процессе прохождения маневра «большая коробочка».

Из результатов исследования видно, что точность фильтра с переменными коэффициентами, учитывающего пространственное положение цели высока и применение таких фильтров позволит значительно увеличить пропускную способность автоматизированных систем управления воздушным движением при заданном уровне безопасности.

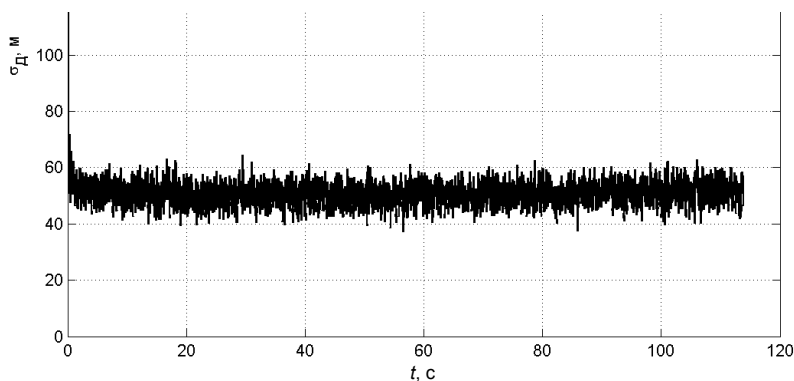


Рис. 2. Зависимость реального СКО дальности от времени

Список литературы

1. Лобачев, Ю. В. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами / Ю. В. Лобачев, Ю. Н. Панасюк, Б. П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУ, 2008.

2. Князев, И. В. Разработка модели и алгоритма радиолокационного дальномера с учетом пространственного положения цели для решения задачи управления воздушным движением / И. В. Князев // Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – 2013. – Т. 3. – С 275 – 282.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 621.391

*Р. А. Ефремов**

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА

Повышение устойчивости к воздействию преднамеренных и непреднамеренных помех и обеспечение работы в сложной электромагнитной обстановке возможно только при применении широкополосных шумоподобных сигналов. В общей теории оптимальной обработки шумоподобных сигналов (ШПС) различают взаимокорреляционные и автокорреляционные методы приема. Взаимокорреляционные методы обычно более эффективны, но в приемных устройствах в этом случае необходимо хранить копии опорных сигналов и осуществлять их синхронизацию с входным сигналом. Обеспечение синхронизации является достаточно сложной (в ряде случаев невыполнимой) задачей, если отношение сигнал/шум на входе приемника меньше единицы или сигнал в канале связи сильно искажается.

Автокорреляционные методы используют в качестве опорных сигналов задержанные копии принимаемых сигналов и не требуют специальных устройств синхронизации.

Существует два, наиболее известных, метода передачи дискретной информации основанные на автокорреляционном приеме: метод

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. А. Дахновича.

фазоразностной модуляции (ФРМ) (в котором модулируемым параметром является разность фаз двух посылок сигнала) и метод Ланге-Мюллера, который использует корреляционно-временную модуляцию.

В результате настоящего исследования разработан новый метод передачи дискретной информации, отличающийся от существующих тем, что модуляция осуществляется изменением структуры двух соседних посылок шумоподобного сигнала. При этом если передается сигнал логическая «единица», то структура передаваемого ШПС не меняется, если передается логический «ноль», то структура меняется на зеркальную копию (относительно оси времени) ранее переданной посылки сигнала. Предлагаемый метод модуляции поясняется на рис. 1.

Демодуляцию такого сигнала можно выполнить автокорреляционным алгоритмом, вычисляющим значение автокорреляционной функции (АКФ) в максимуме бокового лепестка. Для этого на приемной стороне должно быть два коррелятора, каждый из которых настроен на период следования ШПС. В первом корреляторе производится перемножение принятого сигнала с задержанной на период T копией и интегрирование на интервале T , тем самым реализуется вычисление значения АКФ.

Во втором корреляторе так же производится вычисление значения АКФ, но перед перемножением, задержанный сигнал предварительно «зеркально отображают» относительно временной оси. Структурная схема демодулятора приведена на рис. 2.

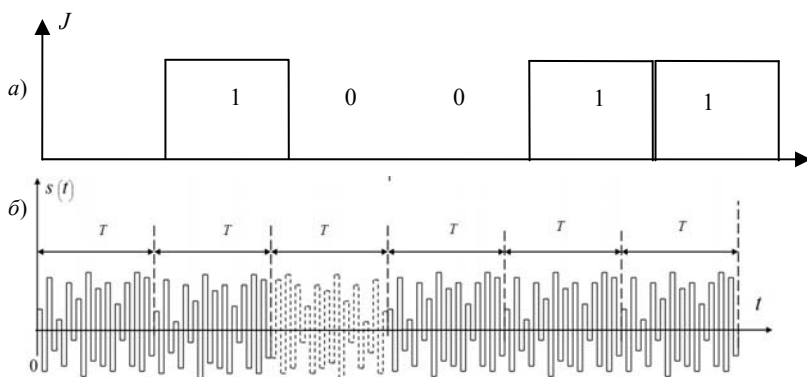


Рис. 1. Иллюстрация метода модуляции двоичных символов:

a – сигнал на входе модулятора; b – сигнал на выходе модулятора

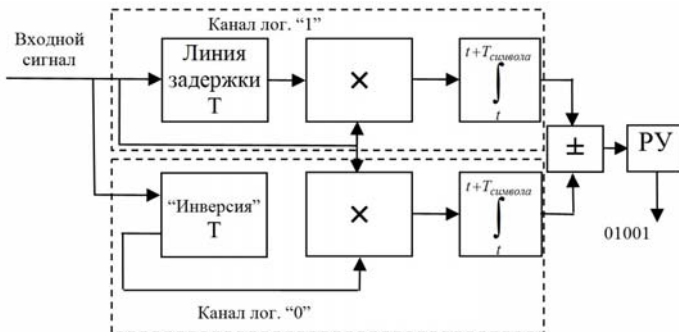


Рис. 2. Блок-схема автокорреляционного демодулятора

Решающее устройство считает принятым тот символ, который соответствует каналу с максимальным значением АКФ на выходе.

Проведем вычисление помехоустойчивости разработанного метода передачи информации.

Пусть логической «единице» соответствует сигнал $A(t)$, а логическому «нулю» $B(t)$, при этом каждый из них рассматривается на интервале двух посылок $2T$:

$$A(t) = a_0(t) + a_0(t-T), \quad B(t) = a_0(t) + a'_0(t-T),$$

где $a_0(t)$ – ШПС длительностью T , полученное путем выборки из стационарного эргодичного случайного процесса с нормальным распределением и равномерным спектром, ограниченным частотой F ; $a'_0(t)$ – является «зеркальной копией» ШПС $a_0(t)$ относительно временной оси; T – длительность символа.

Модулированный сигнал с аддитивной помехой в виде нормального случайного процесса $W(t)$ со спектральной плотностью мощности W в случае символа логической «единицы» можно представить следующим образом – $A(t) + W(t)$, а для логического «нуля» $B(t) + W(t)$. Для логической «единицы» сигнал на выходе вычитателя $C_{\text{выч}}(t)$ будет случайной величиной, которую можно записать следующим образом:

$$C_{\text{выч}}(t) = \int_0^T [A(t) + W(t)][A(t-T) + W(t-T)]dt - \int_0^T [A(t) + W(t)][A'(t-T) + W'(t-T)]dt.$$

Если выполняется условие $FT \geq 30$ [1], то ее математическое ожидание M и дисперсию D можно определить из выражений

$$M = E_A^T = AFT, \quad D = [AW + W^2/2 + A^2/2 + AW + W^2/2]FT,$$

где A – спектральная плотность мощности случайных процессов $a_0(t)$ и $a'_0(t)$; E_A^T – энергия ШПС $a_0(t)$. Выполняя аналогичный анализ для сигнала логического «нуля» и подставляя результаты в формулу вероятности появления ошибочного бита [2], получим следующее выражение:

$$P = \Phi\left(AFT / \sqrt{(A^2/2 + 2AW + W^2)FT}\right)$$

или

$$P = \Phi\left(h / \sqrt{2 + FT/h^2 + h^2/2FT}\right),$$

где F – полоса частот сигнала; $\Phi(x)$ – Гауссов интеграл ошибок; $h^2 = (A/W)FT = E_A^T/W$ – отношение энергии символа к спектральной плотности мощности помехи.

Графики вероятности символьной ошибки для описанного способа модуляции и демодуляции, а также известных способов, проиллюстрированы на рис. 3.

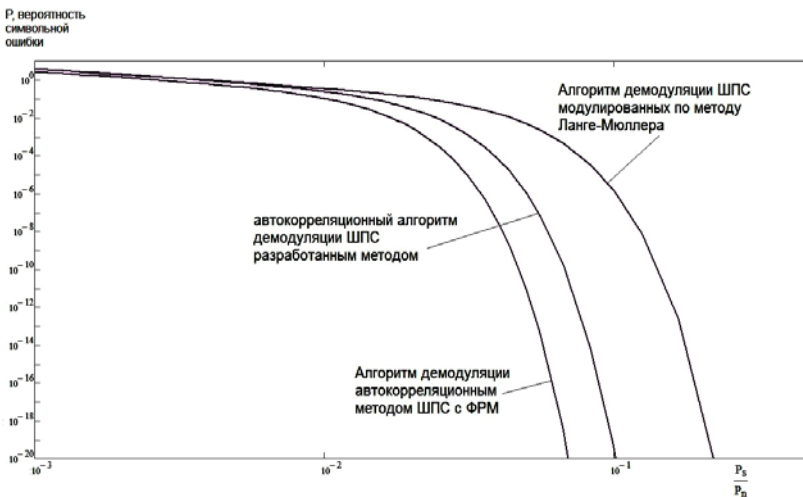


Рис. 3. Вероятность символьной ошибки для различных методов приема ШПС при $B = FT = 10\,000$

Из полученных графиков видно, что разработанный метод передачи информации уступает в помехоустойчивости методу ФРМ с автокорреляционным приемом, однако существует возможность повысить его помехоустойчивость путем использования составного ШПС и автокорреляционного алгоритма демодуляции на основе анализа значений АКФ в множестве точек, соответствующих максимумам боковых лепестков АКФ принимаемых сигналов.

Список литературы

1. *Окунев, Ю. Б.* Широкополосные системы связи с составными сигналами / Ю. Б. Окунев, Л. А. Яковлев ; под ред. А. М. Заездного. – Москва : Связь, 1968. – 168 с.

2. *Скляр, Бернард.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Бернард Скляр ; пер. с англ. – 2-е изд. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 69.032.22:631.22

*А. В. Кузнецов**

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ФЕРМ

Курс на развитие в экономике нашей страны аграрного сектора предполагает совершенствование экономических, социальных и правовых основ организации и деятельности агропромышленных комплексов. Возрастающие потребности развивающегося рынка в продуктах питания, произведенных в нашей стране с использованием новых прогрессивных технологий, удовлетворяющих требованиям стандартов и экологически чистых, порождают задачи, тесно связанные с совершенствованием технологии и методов сельскохозяйственного строительства. Их можно решить применением прогрессивных объемно-планировочных и конструктивных решений сельскохозяйственных зданий и сооружений с использованием новейших средств механизации строительства, новых строительных материалов и изделий. Особое внимание в настоящее время уделяется использованию прогрессивных технологий механизации производственных процессов на комплексах, защите окружающей среды от производственных вредностей и использованию отходов производства [1].

В связи с постоянным ростом населения планеты возникает проблема нехватки территорий сельскохозяйственного назначения. В обозримом будущем это может выразиться в дефиците продуктов питания. Указанная проблема является довольно серьезной, вследствие чего появились предпосылки создания не только высокопроизводительных агропромышленных ферм и предприятий, но и занимающих относительно небольшую территорию. Так появились вертикальные фермы.

Вертикальная ферма представляет собой высокоавтоматизированный агропромышленный комплекс, размещенный в специально спроектированном высотном здании. Вертикальные фермы имеют два главных отличия перед обычными хозяйствами и фермами:

- 1) экономия территории без вреда производительности предприятия и качеству продуктов;
- 2) современный внешний вид и высококачественная архитектурная проработка вследствие того, что вертикальные фермы проектируются как элемент городской среды и им уделяют больше внимания,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента, ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. Ф. Ельчищевой.

чем обычным агропромышленным комплексам, где все проектируется с опорой на функциональность и унификацию [2].

Вертикальные фермы сами создают все необходимые условия не только для выращивания сельскохозяйственных культур или растений, но и для животноводства. Они способны перерабатывать углекислый газ, очищать техническую воду, вырабатывать электроэнергию из биотоплива и т.п.

Существует несколько видов вертикальных ферм: растениеводческие, животноводческие и комбинированные.

Многие архитекторы преследуют цель сделать такое сооружение полностью самодостаточным, совместив в одном несколько зданий. Тогда оно будет исполнять роль не только теплицы, но и роль жилого дома, школы, детского сада, общественного и торгового центра и т.д.

В настоящее время есть несколько перспективных и необычных проектов таких зданий.

1. Проект архитектора и дизайнера Брендона Мартеллы из Сан-Диего, США (рис. 1). Представляет собой жилое здание с квартирами разной площади и категории комфортности, совмещенное с офисными помещениями и огромной, ровно в половину здания, теплицей, в которой будут выращиваться растения, овощи и фрукты. По расчетам она позволит обеспечить до 10% городского потребления и при этом разнообразить ландшафт, сделав его более природным. Здание будет построено, но о дате введения в эксплуатацию ничего неизвестно.



Рис. 1. Проект Брендона Мартеллы (Сан-Диего, США)

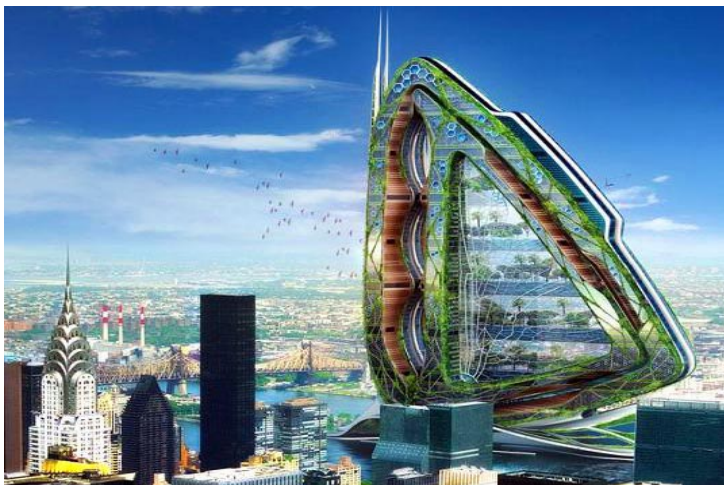


Рис. 2. Проект Винсена Калебо «Стрекоза» (Нью-Йорк, США)

2. Проект бельгийца Винсена Калебо под названием «Стрекоза» (рис. 2), предполагается возведение таких зданий в Нью-Йорке (США) недалеко от Манхэттена. Проект пока находится в стадии концепта и интересен своим внешним видом. Он представляет собой крылья стрекозы. Здание достигнет высоты в 600 м и будет иметь 132 этажа. Энергией оно будет обеспечиваться с помощью солнечных батарей и ветряков, устроенных в самом здании. Помимо выращивания сельскохозяйственных культур и содержания животноводческих ферм в здании предусмотрены квартиры, офисы, научно-исследовательские лаборатории.

3. Проект фермы «Пирамида». Его создатели – профессора Колумбийского университета Эрик Эллингсен и Диксон Деспомье. «Пирамида» олицетворяет собой концепцию «пищевой пирамиды» и представляет собой завершенную экосистему, которая может производить, не только продукцию растениеводства и животноводства, но даже рыбу и птицу.

4. Существуют проекты вертикальных ферм, которые уже воплощены в жизнь. Одним из них является вертикальная ферма «Plantagon» (рис. 3), строительство которой началось в 2012 г. в шведском городе Линчепинг. Она будет представлять собой прозрачный шар высотой с 17-этажный дом. Овощи планируется выращивать в лотках на гигантской спирали. На верх их в состоянии рассады доставят специальные подъемники; по мере созревания овощи будут автоматически, как по конвейерной ленте, спускаться вниз – к сбору урожая на первом этаже.



Рис. 3. Ферма «Plantagon» (Линчепинг, Швеция)

Второй построенной вертикальной фермой является расположенная в Бедфорском парке ферма компании FarmedHere. Данная ферма является крупнейшей вертикальной фермой в Америке и имеет площадь в 27 тыс. м². Ферма использует технологию аквапоники и дает миллионы фунтов урожая. Процесс полностью схож с гидропоникой (выращиванием растений без почвы), но добавляется одно новшество – производство рыбы тилапии, богатой полезными веществами. В итоге получаются два типа продуктов – рыба и зелень, выращенные в одном месте с небольшим расходом ресурсов, так как цикл производства закрытый.

Очевидно, что вертикальные фермы имеют неоспоримые достоинства по сравнению с обычными фермами. Они помогут уменьшить содержание углекислого газа в атмосфере, так как освободится большая площадь земли, которая может быть засажена лесом. Также эти фермы смогут полностью обеспечить быстро растущее население планеты, которое по данным ООН к 2050 г. увеличится на 40% и превысит 9 млрд., недорогими, качественными и натуральными продуктами. Без вертикальных ферм, особенно в мегаполисах, не обойтись, и это является перспективной темой для исследования их применения в нашей стране.

Список литературы

1. Демин, О. Б. Проектирование агропромышленных комплексов: учебное пособие / О. Б. Демин, Т. Ф. Ельчищева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 128 с.
2. <http://www.brandonmartella.net/p/farmed-services.html>.

*Е. В. Демченко****НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА
РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

С проблемой реконструкции жилых домов в настоящее время сталкивается не только Россия, но и многие страны Европы. В зарубежных странах вопросам реконструкции зданий отводится первостепенное значение. В сравнении с западноевропейскими странами, которые уже в середине 1990-х гг. в основном завершили процессы модернизации, реконструкции и санации четырех-пятиэтажных крупнопанельных жилых домов, возведенных по типовым проектам из сборных конструкций заводского изготовления, в России только начали разрабатываться нормы и проекты реконструкции жилых домов. Это связано с относительно молодым жилым фондом России по сравнению с другими европейскими странами, что обуславливается войнами, происходившими на территории государства. Исходя из этого, жилой фонд России можно разделить следующим образом: до революционной постройки – 6%; здания периода строительства 1917 – 1960 гг. – 24%; постройки периода 1961 г. по настоящее время – 70% [1].

В настоящее время в России рассматривается проблема реконструкций зданий, возведенных по типовым проектам из сборных конструкций заводского изготовления. Моральный износ, связанный с недостатками планировочных решений, изменения к требованиям комфортабельности жилья, уплотнения застройки, необходимость создания рабочих мест в непосредственной близости с жильем – все эти факторы определяют необходимость создания более радикальных способов модернизации и реконструкции отдельных домов и всей жилой застройки в целом. Реализация всех этих способов требует определенных финансовых затраты государства. Во Франции, например, при реконструкции и модернизации зданий используется подход с двумя формами бюджетного финансирования социального жилищного сектора. Одна представляет собой субсидирование генеральных заказчиков, которые строят, ремонтируют и реконструируют жилой фонд. Другая основана на финансовой помощи гражданам в зависимости от уровня доходов с целью облегчения выплат квартплаты. Так же используется социальная поддержка населения с низким уровнем доходов. Проводятся мероприятия по адаптации промышленных зданий и сооружений под жилье. Так, например по опыту европейских стран, доля затрат на ре-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. Н. Кожухиной.

конструктивные работы в Швеции составила 40%, в Финляндии – 51%, во Франции – до 60%, в Германии – 40...50% [1].

Зарубежный опыт восстановления, модернизации и реконструкции зданий основан на использовании нескольких моделей жилищного хозяйства чаще всего социально ориентированные (например, Швеция, Финляндия и др.)

Социально-ориентированные жилищные хозяйства характеризуются созданием квартирного акционерного общества, которое несет ответственность за здание в целом, а жилец – за собственную квартиру (если здание многоэтажное). Правление акционерного общества, выбираемое жильцами, несет ответственность за качественное и рентабельное содержание здания. Владельцы квартиры выплачивают акционерному обществу ежемесячную плату за эксплуатационные расходы и плату за выполнение работ, связанных с капитальным ремонтом или реконструкцией. На выполнение данного вида работ акционерное общество берет банковский кредит с залогом в виде земельного участка и здания. Решение о ремонте здания или реконструкции принимается большинством членов акционерного общества, что существенно упрощает дальнейшие процедуры финансирования, выбора исполнителей работ и т.п.

В Германии основной подход в организации реконструкции и санаций крупнопанельного домостроения построен на поддержке государством строительных компаний. То есть федеральные власти оказывают федеральную поддержку жилищно-строительным компаниям по проведению санации зданий. Такой подход наиболее приемлем к условиям Российской Федерации. Санация, то есть восстановление, модернизация и техническая реабилитация жилищного фонда, необходима, так как крупнопанельные жилые дома не соответствуют требованиям нормативов по энергосбережению. В Германии при решении данной проблемы разработана общегосударственная концепция комплексной санации жилых зданий, в которой рассмотрены способы и методы реконструкции.

На практике процесс реконструкции также требует большого внимания. Так, во Франции при реконструкции четырех-пятиэтажных жилых домов, помещения вестибюлей и лестниц отделываются долговечными материалами, такими как камень, керамическая плитка, лицевой кирпич, также особое внимание уделяется дизайну дверей, порталов, размещение почтовых ящиков и т.п. При необходимости осуществляется небольшая перепланировка лестничного узла, устраняют мусоропроводы из-за антисанитарии, отделяют ступени лестниц несколькими резино-пластиковыми покрытиями, устанавливают более яркое электроосвещение. В некоторых случаях во Франции и других странах при необходимости могут устраивать в первых этажах кварти-

ры для престарелых и инвалидов с соответствующей планировкой, специальным оборудованием и выходом из них прямо на приквартирные озелененные участки.

В других европейских странах распространенным приемом реконструкции жилых крупнопанельных домов является увеличение размеров квартир, отдельных помещений за счет пристройки к ним дополнительных объемов (ризалитов, эркеров, лоджий) с целью организации более просторных входов, тамбуров, расширения габаритов некоторых комнат. В скандинавских странах, таких как Швеция и Финляндия, также может использоваться пристройка малых объемов санитарно-технических блоков совместно с саунами, балконов и других пристроек. Наряду с железобетонными сборными элементами широко используются металлоконструкции, например пристройка остекленных лоджий из металлоконструкций. При этом все объемные элементы выполняются с полной заводской готовностью, затем монтируются самоходным краном. Такое конструктивное решение удобно применять, потому что оно позволяет до минимума снизить трудозатраты на строительной площадке и вести работы без отселения жильцов. Так же в зависимости от градостроительной ситуации могут использоваться методы снижения высотности зданий, разделения зданий с демонтажом промежуточных секций и снижением этажности. Достаточно распространенным методом является реконструкция крупнопанельных зданий с надстройкой мансардных этажей. Он дает относительно высокий технологический и архитектурный эффект. Практика использования данного метода показала его эффективность, так как при этом снижается стоимость дополнительной площади за счет исключения устройства фундаментов, строительства объектов инфраструктуры, подводки коммуникаций.

Многолетний опыт других стран показывает необходимость разрабатывать долговременную программу обновления и реконструкции жилого фонда государства.

Из анализа опыта других стран следует:

- на обновление, реконструкцию и модернизацию жилой застройки выделяются значительные средства, примерно 50% от всех затрат на новое жилищное строительство (Германия);
- большая доля (около 60%) реконструируемой городской застройки приходится на жилые здания (Франция) [1];
- необходимо разрабатывать программу финансирования реконструкции жилых домов;
- использование синтеза отечественного и зарубежного опыта необходимо для разработки наиболее рациональных проектов реконструкции жилой застройки.

В России не так давно началась программа реконструкции зданий, поэтому знание и опыт европейских стран позволит наиболее эффективно решить методы и способы реконструкции, модернизации и восстановления жилых домов.

Список литературы

1. *Афанасьев, А. А.* Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев. – Москва : ОАО «ЦПП», 2008. – Ч. 1. – С. 479.

2. *Кочерженко, В. В.* Технология реконструкции зданий и сооружений / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2007. – С. 224.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 691

*А. В. Ерофеев**

КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА

Под композитной арматурой (рис. 1) понимаются неметаллические стержни из стеклянных или базальтовых волокон, пропитанные термореактивными или термопластичными полимерными связующими, на отвержденной поверхности которых выполняются поперечные или спиральные ребра. Арматура, изготовленная из стеклянных волокон, получила название стеклопластиковой, а из базальтовых – базальтопластиковой.



Рис. 1. Композитная арматура

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ В. П. Ярцева.

Композитная арматура, выпускаемая диаметром от 3 до 16 мм и длиной до 12 м, предназначена для замены металлической арматуры, над которой она имеет ряд конкретных преимуществ. Данные преимущества видны при сравнительном анализе основных свойств арматуры, приведенных в табл. 1.

Из таблицы 1 видно, что прочность композитной арматуры в 3 раза выше прочности стальной. Композитная арматура в отличие от стальной не намагничивается и не проводит электричество. По своим теплофизическим свойствам она также выгодно отличается от стальной. Высокая коррозионная и химическая стойкость позволяет применять композитную арматуру в агрессивных условиях эксплуатации, где применение стальной арматуры является не целесообразным. Еще одним преимуществом композитной арматуры является то, что она в 9 раз легче стальной арматуры.

Из таблицы 2 видно, что для восприятия нагрузок диаметр стальной должен быть выше, чем диаметр композитной арматуры. А учитывая массу погонного метра арматуры видно, что количество погонных метров в тонне композитной арматуры на порядок выше.

1. Сравнительная характеристика основных свойств арматуры

Технические характеристики	Стеклопластиковая арматура	Базальтопластиковая арматура	Стальная арматура класса III (A400C)
Прочность на растяжение, МПа	1200	1300	380
Теплопроводность, Вт/м ³ С	<0,57	<0,47	52
Плотность, г/см ³	2,0	2,02	7,9
Модуль упругости, ГПа	55	71	210
Коррозионная и химическая стойкость	Высокая	Очень высокая	Низкая
Электропроводность	Не проводит электричество	Не проводит электричество	Проводит электричество
Намагничивание	Не намагничивается	Не намагничивается	Намагничивается
Огнестойкость, °С	до 180	до 280	до 650

2. Таблица заменяемости стальной арматуры класса III (A400C) композитной арматурой

Стальная арматура класса III (A400C)			Композитная арматура		
Вес, кг/п.м.	Диаметр, мм	Количество п.м. в тонне	Вес, кг/п.м.	Диаметр, мм	Количество п.м. в тонне
0,22	6	4545	0,02	4	50 000
0,40	8	2530	0,06	6	16 667
0,89	12	1126	0,1	8	10 000
1,21	14	826	0,16	10	6250
1,58	16	633	0,22	12	4545
2,00	18	500	0,31	14	3225
2,47	20	405	0,4	16	2500

Технология производства композитной арматуры объединена одной технологической линией (рис. 2) и не отличается высокой сложностью. На первом этапе ровинг из нескольких десятков бухт подается через специальные отверстия в зону подогрева нитей (рис. 2, а). На втором этапе нити поступают в ванну пропитки (рис. 2, б), где и пропитываются связующим. На выходе ванны фильеры отжимают излишки смолы и формируют стержень (рис. 2, в). Далее следует процесс окончательного формирования цилиндрического стержня арматуры путем намотки ниток (рис. 2, з). На следующем этапе производства по поверхности стержня равномерно распределяют гранулы песка (рис. 2, д), излишки которого удаляют потоком воздуха. Далее в печи круглого сечения, длина которой достигает 8 м, происходит процесс полимеризации смолы (рис. 2, е). На последнем этапе стержень арматуры остывает и отрезается.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что производство композитной арматуры является экономически целесообразным, а замена ею стальной арматуры экономит до 50% стоимости. Однако, несмотря на это существуют причины, сдерживающие производство и распространение композитной арматуры. Главной причиной является то, что нет данных по изменению свойств арматуры в реальных условиях эксплуатации. Отсутствие таких данных не позволяет четко очертить область применения композитной арматуры.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 2. Технология производства композитной арматуры:

а – зона подачи и подогрева нитей ровинга; *б* – пропитка нитей ровинга;
в – зона отжима смолы и формирования стержня; *г* – намотка нитей на стержень; *д* – посыпка стержня песком; *е* – полимеризационная печь

В настоящее время в качестве полимерного связующего чаще всего используют дорогостоящую эпоксидную смолу марки ЭД20. Однако при проведении ряда теоретических и практических изысканий представляется возможным снижение себестоимости композитной арматуры при сохранении свойств за счет замены эпоксидной смолы

на более дешевое связующее или многокомпонентную смесь смол. В случае снижения прочностных или иных характеристик композитной арматуры в связующее могут быть добавлены наночастицы.

Таким образом, поиск и патентирование новой рецептуры позволит снизить себестоимость композитной арматуры, а проведение полномасштабных исследований, направленных на изучение работы композитной арматуры в реальных условиях эксплуатации, позволят расширить область ее применения.

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВПО «ГГТУ»

УДК 674.815

*А. В. Ерофеев, Е. А. Овчаренко**

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОМ СОПРОТИВЛЕНИИ ДЕКОРАТИВНЫХ ПЛИТ

При проектировании конструкции стены толщину несущих элементов назначают исходя из прочностных требований, а толщину утеплителя – исходя из требований по теплозащите здания. Финишная отделка, которая устраивается по утеплителю и защищает его от атмосферных воздействий, является неотъемлемой частью конструкции стены. Устройство финишной отделки фасадов требует дополнительных затрат на строительство. Однако она, как и любая другая часть стены, снижает теплопотери конструкции. Таким образом, зная коэффициент теплопроводности, характеризующий способность материала проводить тепло, и тепловое сопротивление материала облицовки фасадов представляется возможным рассчитать какой толщине по теплопроводности того или иного утеплителя эквивалентен данный вид облицовки. Данный расчет позволит уменьшить толщину утеплителя, что приведет к положительному экономическому эффекту. Очевидно, что чем ниже коэффициент теплопроводности, а тепловое сопротивление выше, тем экономически выгодным является данный вид финишной отделки с позиции экономии утеплителя. Естественно необходимо при этом учитывать стоимость непосредственно финишной отделки. Таким образом, необходимо определить коэффициент теплопроводности декоративных плит и их тепловое сопротивление.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В. П. Ярцева.



Рис. 1. Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4

Коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление определяли для декоративных плит на основе фанеры с максимальным расходом материала декоративного слоя на единицу площади [1].

Для измерения коэффициента теплопроводности и определения теплового сопротивления при стационарном тепловом режиме использовался измеритель теплопроводности ИТП-МГ4 (рис. 1), принцип работы которого основан на создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым граням образца. Конструктивно прибор состоит из нагревателя – преобразователя, выполненного в виде стационарной установки и электронного блока. Стационарная установка прибора в свою очередь состоит из блока управления холодильником и нагревателем, выполненного на элементах Пельтье (охлаждение осуществляется вентилятором), устройства преобразования первичных сигналов датчиков, платиновых датчиков температуры, тепломера, а также источника питания. Установка в верхней части имеет прижимной винт, снабженный динамометрическим устройством с трещоткой для создания постоянного усилия прижатия испытываемого образца и отсчетным устройством для измерения толщины образца.

Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4 (рис. 1) подключается к сети переменного тока 220 В через сетевой шнур. После подключения ИТП-МГ4 к сети установка открывается и в нее помещается образец декоративной плиты, толщина которого предварительно измеряется штангельциркулем. Открытие установки производится путем ослабления прижимного микрометрического винта с последующим поворотом против часовой стрелки эксцентрикового замка (происходит освобождение поводка коромысла) и поднятием поводка. Для окончательного открытия установки подвижная Г-образная стенка установки отводится

на 90°, а коромысло с закрепленной на нем плитой нагревателя поднимается. После помещения образца в установки коромысло опускается. При этом зазор между образцом и плитой нагревателя устанавливается путем вращения микрометрического винта в интервале от 2 до 5 мм. Далее поводок поднимается, а Г-образная стенка закрывается. Закрепление поводка осуществляется путем его опускания в паз эксцентрикового замка с последующим его поворотом по часовой стрелке.

После включения питания электронного блока на дисплей вводятся фактическая толщина образца и устанавливаются требуемые температуры холодильника и нагревателя, которые выбираются в соответствии с рекомендациями руководства по эксплуатации измерителя теплопроводности ИТП-МГ4 в зависимости от прогнозируемой теплопроводности материала. В дальнейшем программное устройство прибора устанавливает на поверхностях образца заданные температуры и поддерживает их до тех пор, пока тепловой поток, проходящий через образец, не стабилизируется. Наблюдение за тепловым потоком осуществляется автоматически. Вычисление значений коэффициента теплопроводности и теплового сопротивления также происходит автоматически через 30 мин после начала испытания.

Вычисление коэффициента теплопроводности λ (эффективной теплопроводности) и теплового сопротивления R при стационарном тепловом режиме производится автоматически вычислительным устройством.

Значения коэффициентов теплопроводности и теплового сопротивления декоративных плит в зависимости от вида связующего и материала декоративного слоя приведены в табл. 1.

Анализ экспериментальных данных таблицы позволяет с уверенностью говорить о том, что связующее и материал декоративного слоя практически не оказывают влияния на коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление (разброс полученных данных не превышает 6%, которые частично относятся к погрешности, получаемой при проведении эксперимента).

1. Коэффициенты теплопроводности и теплового сопротивления декоративных плит

Вид связующего	Материал декоративного слоя	λ , Вт/м К	R , м ² К/Вт
Полиэфирная смола	Керамзитовый песок	0,123	0,133
	Древесные опилки	0,120	0,131
	Песок	0,122	0,135
Эпоксидная смола	Керамзитовый песок	0,121	0,132
	Древесные опилки	0,119	0,128
	Песок	0,116	0,131

Таким образом, коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление декоративных плит зависит только от теплофизических свойств основы декоративной плиты. В пользу данного вывода также говорит то, что коэффициент теплопроводности фанеры и ее тепловое сопротивление [2] попадают в интервал полученных экспериментальных данных, приведенных в таблице.

Таким образом, уже на стадии разработки новых видов декоративных плит, зная коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление проектируемой основы, можно без дополнительных испытаний прогнозировать с высокой точностью рассматриваемые свойства декоративной плиты.

Список литературы

1. *Ерофеев, А. В.* О рациональном использовании материала декоративного слоя при производстве защитных плит [Электронный ресурс] / А. В. Ерофеев, В. П. Ярцев // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – Волгоград, 2013. – № 1. – URL : <http://vestnik.vgasu.ru>.

2. *ГОСТ 3916.1–96* Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород / Госстандарт России. – Москва : ГУП ЦПП, 1999. – 16 с.

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 534.2

*Д. Г. Графский, О. А. Жоголева**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ШУМА В КВАРТИРАХ С ЯЧЕЙКОВОЙ СИСТЕМОЙ ПЛАНИРОВКИ

Для расчета шумового режима в квартирах с ячейковой системой планировки необходимо использовать надежный метод оценки энергетических параметров, формирующих общее шумовое поле квартиры, как системы акустически связанных помещений. В настоящее время разработан метод расчета уровней шума в квартирах с ячейковыми системами планировки, отвечающий таким условиям [1].

Для оценки адекватности предложенного расчетного метода нами произведены специальные экспериментальные исследования при раз-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В. И. Леденева.

личных условиях формирования шумового режима. Целью исследования являлось установление соответствия между расчетными данными и экспериментальными результатами, полученными при известных граничных условиях в помещениях и при известной мощности источника шума.

В статье в качестве примера приведены результаты сравнения расчетных уровней шума с экспериментальными данными, полученными в помещениях типовой трехкомнатной квартиры. Схема квартиры и параметры помещений квартиры приведены на рис. 1. Квартира состоит из восьми помещений, разделенных кирпичными перегородками со звукоизоляцией 41 дБ. Звукоизоляция дверных заполнений 10дБ. Звукопоглощение ограждений квартиры приведены на рис. 1.

Рассматривалась ситуация, когда источник шума располагался в комнате № 1, на высоте 1,5 м. Высота помещений 2,7 м. Уровень звуковой мощности источника в исследуемой полосе частот составляет $L_p = 90$ дБ. При экспериментах в качестве источника шума использовался всенаправленный источник звука (додекаэдр) OED-SP-012-600. Измерение уровней шума производилось шумомером ОКТАВА-101АМ.

На рисунках 2 и 3 в качестве примера приведены результаты расчетов и экспериментальные данные для октавной полосы частот 1000 Гц, а на рис. 4 и 5 – для октавной полосы частот 4000 Гц при всех открытых и закрытых дверях квартиры.

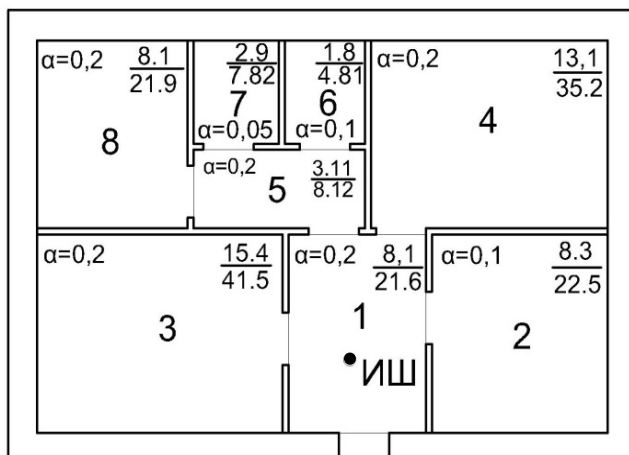


Рис. 1. Схема исследуемой типовой квартиры:
ИШ – источник шума; $S_{\text{пом}}/V_{\text{пом}}$ – площадь (числитель) и объем (знаменатель) помещения

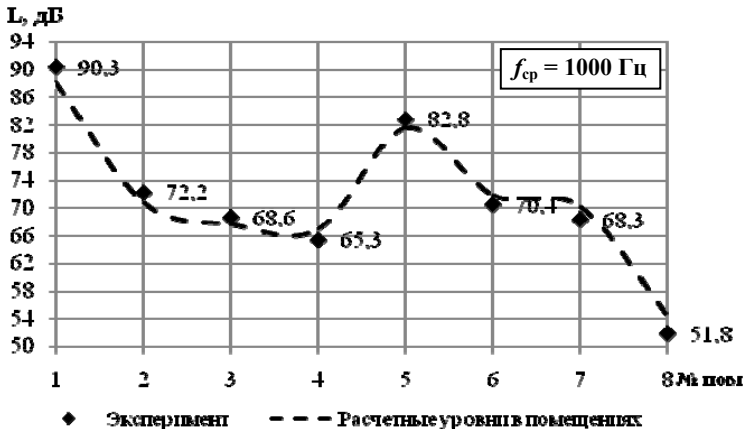


Рис. 2. Результаты расчетов уровней шума при расположении источника в 1 помещении, при всех закрытых дверях помещений квартиры, в октавной полосе $f_{cp} = 1000$ Гц

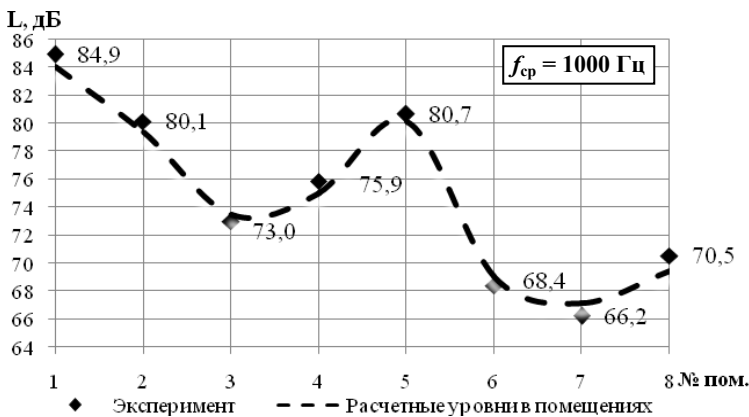


Рис. 3. Результаты расчетов уровней шума при расположении источника в 1 помещении, при всех открытых дверях помещений квартиры, в октавной полосе $f_{cp} = 1000$ Гц

Результаты теоретических и экспериментальных данных, полученные для объемов квартир с ячейковой планировочной структурой, свидетельствуют о достаточной надежности расчетов уровней шума в помещениях с использованием при расчете предложенного расчетного метода. Расхождение результатов между экспериментальными и расчетными данными не превышает 2...3 дБ.

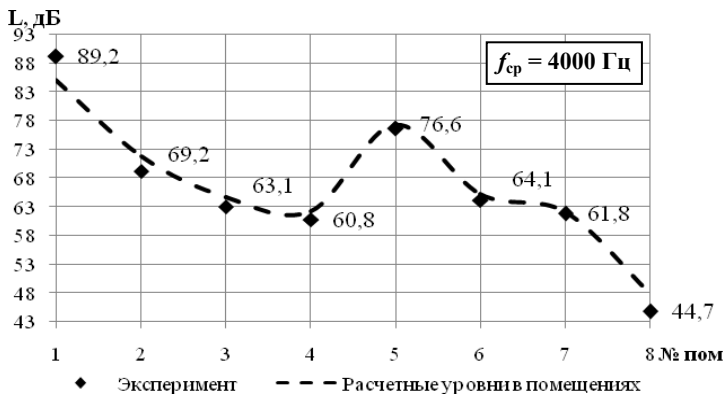


Рис. 4. Результаты расчетов уровней шума при расположении источника в 1 помещении, при всех закрытых дверях помещений квартиры, в октавной полосе $f_{cp} = 4000$ Гц

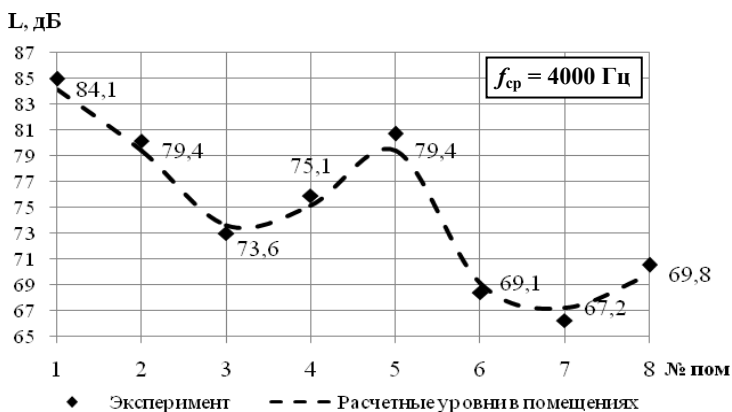


Рис. 5. Результаты расчетов уровней шума при расположении источника в 1 помещении, при всех открытых дверях помещений квартиры, в октавной полосе $f_{cp} = 4000$ Гц

Список литературы

1. Антонов, А. И. Метод расчета шума в квартирах с ячейковыми системами планировки / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев, И. Л. Шубин // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 33 – 35.

Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

УДК 37.022

*М. А. Шитикова**

МЕТОДИКА ВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИЙ КАК ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

*Кто не идет вперед, тот идет назад:
стоячего положения нет...*

В. Г. Белинский

Как показывает практика последних лет, учебный процесс рассматривается как пассивно-студенческий и активно-преподавательский. Традиционные методы ведения лекций или не работают, или дают незначительный эффект при работе лишь с определенным контингентом студентов. Поэтому критически необходимо активно искать новые способы подачи материала с внедрением элемента интерактивности. В данной статье рассмотрим последние «ноу-хау» в области подачи материала, в их числе – проблемная лекция, лекция-консультация, лекция-пресс-конференция, лекция вдвоем, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-провокация, лекция-исследование, лекция с применением техники обратной связи, визуальная лекция и др.

Проблемная лекция предполагает пошаговое представление студентам проблемных ситуаций, поиск ответов на проблемные вопросы или предъявление проблемных задач, причем решает задачи преимущественно сам преподаватель, изредка обращаясь к помощи слушателей, организуя обмен мнениями.

На лекции проблемного характера слушатели находятся в непрерывном процессе «взаимомышления» с лектором, и в результате становятся соавторами в решении проблемных задач. Почему этот метод приводит к неплохим результатам? Во-первых, знания, усвоенные подобным образом, становятся личным достоянием слушателей – слушатели таким образом «самоубеждаются»; во-вторых, усвоение происходит активно, поэтому знания глубже запоминаются (эффект обучения) и могут быть перенесены в другие ситуации (развивается творческое мышление); в-третьих, поиск решения на проблемные задачи – дейст-

* Работа выполнена под научным руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Н. В. Дюженковой.

венный тренажер для развития интеллекта (развивающий эффект); в-четвертых, содержание лекции подобного рода становится более интересным и усиливает профессиональную подготовку (эффект психологической подготовки к будущей деятельности).

Лекция-консультация рекомендуется при изучении тем с явно выраженной практической направленностью. Способов провести лекции такого рода несколько. Самый распространенный – во время первой части занятия рассказывается о передовом опыте работы определенного должностного лица или коллектива, просмотра кинофильма, видеофильма, диафильма. Студентам можно заранее подготовить более подробный раздаточный материал, содержащий этот опыт (брошюры, книги, описания). Вторая часть занятия посвящается ответам на вопросы слушателей.

Существует программированная лекция-консультация, побуждающая обучающихся включиться в обсуждение проблемы более интенсивно. Отличие от привычной нам групповой консультации в том, что лектор сам составляет вопросы и предлагает их студентам.

Разновидность лекции-консультации – *лекция-пресс-конференция*. После озвучивания темы занятия лектор просит слушателей задать ему вопросы по освещаемой проблеме в письменной форме. В течение следующих двух-трех минут студенты формулируют вопросы, вызывающие больший интерес, и передают их лектору. В качестве примера варианта проведения подобного занятия преподаватель может попросить студентов подготовить вопросы заблаговременно на этапе, предшествующем данной лекции. Итак, лектор в течение трех-пяти минут дифференцирует вопросы в зависимости от их содержания и начинает проводить лекцию. Можно выстроить ее как совокупность и последовательность ответов на заданные вопросы или как связный текст, во время изложения которого формулируются ответы. В конце лекции преподаватель анализирует ответы как логическое отражение интересов и знаний обучающихся. Если ответы на отдельные вопросы не показались исчерпывающими, то лектор раскрывает их более подробно за время, которое намеренно оставлено для этого.

Лекцию подобного рода целесообразно устраивать:

– в начале изучения раздела изучаемой программы с целью выявления потребностей, круга интересов группы, его модели, установок, предпосылок обучающихся и их возможностей;

– в середине изучения программы, когда лекция направлена на привлечение слушателей к узловым моментам курса и систематизации знаний;

– в завершение, для выявления перспектив развития усвоенного материала.

Предметная *«лекция вдвоем»* проводится преподавателями одноименной учебной дисциплины, межпредметная «лекция вдвоем» проводится лекторами двух разных дисциплин.

Важным моментом в ее подготовке является подбор педагогов – партнеров, их психологическая и интеллектуальная совместимость, примерно равный уровень компетентности, педагогическая готовность к использованию межпредметных связей.

Такая лекция предполагает написание согласованного сценария, основными элементами которого являются фиксация проблематики высказывания, режиссура (понимается как совокупность педагогических ситуаций и ролей преподавателей). Последний элемент – прогноз того, что может сказать аудитория. Ее проведение базируется на основе двух подходов: чтение лекции на «контрасте» (на различных точках зрения) или на взаимодополнении.

В случае *лекции-беседы* средствами активности служат отдельные вопросы к аудитории, организация дискуссии с ее пошаговым переходом в диспут, инкубирование условий для возникновения возможных альтернатив. Выделяют несколько ее разновидностей: лекция-диалог, лекция-дискуссия, лекция-диспут, лекция-семинар (полилог).

Главная особенность *лекции с запланированными ошибками (лекция-провокация)* в том, что лектор во вступительной части обозначает тему занятия и предупреждает о наличии ошибок в излагаемом материале без указания на их число. Ошибки бывают различных видов: логические, поведенческие, мировоззренческие, в определениях понятий, категорий и т.д. Преподаватель заносит их на отдельный плакат, который показывает слушателям обратной стороной. При этом он объясняет, что по окончании лекции у студентов будет возможность сравнить свои изыскания с лицевой стороной плаката.

Предполагается, что обучающиеся во время проведения лекции обнаруживают все запланированные недочеты и помечают их в своих конспектах. За 15...20 мин до завершения лекции необходимо осуществить изложение ошибок, выявленных студентами, подробно их проанализировать и обосновать верный ответ.

В первой части *лекции-исследования* общая познавательная задача ставится таким образом, чтобы представить обучающимся учебную проблему в общем и целом и сориентировать их на совместное с лектором выделение основных вопросов, положений темы, которые требуют более полное раскрытие и исследование.

Целесообразно в заключительной части занятия или в лекции, завершающей тему, наиболее широко периодически использовать контрольные вопросы, практические и логические задания.

При проведении лекции с применением техники обратной связи используются специально оборудованные классы для программиро-

ванного обучения, причем у каждого обучающегося должна быть персональная ЭВМ, связанная с ПК лектора. Таким образом он получит возможность с помощью технических устройств получать ответы всех студентов на поставленный им вопрос [1].

К вышесказанному будет не лишним добавить общие рекомендации: важно уметь играть на своем главном инструменте – голосе: выделять интонацией, тембром, темпом кульминационные моменты лекции, определения, практические замечания; для абстрагирования и переключения внимания, если лекция проводится в каскадной аудитории, можно подняться наверх и продолжить лекцию с нового места.

Печальна ситуация, когда опыт российских предшественников не востребован, и приходится следовать системе, наступая на грабли Запада. Однако, повинувшись обстоятельствам, русский преподаватель находится в непрерывном поиске совершенствования – как себя, так и материала, и способов его преподнесения, чтобы весьма пассивно настроенный студент нового поколения выпустился, обогащенный витаминным знанием своей специальности.

Вышеупомянутые способы проведения лекционных занятий, бесспорно, не являются эталонными и не гарантируют стопроцентное качество и немедленный результат. Однако, начав с малого, или просто – начав, вдохновившись практическим опытом наших коллег, продолжим непрерывный поиск ключей к образованию, по-советски качественному и по-современному востребованному.

Список литературы

1. *Нетрадиционные* виды лекции [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.profile – edu.ru/>

Кафедра «Менеджмент» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 330.322 (470.326)

М. И. Алехина*

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯМИ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В развитии государства, региона, города важнейшую роль играют инвестиции. Это благоприятно сказывается на деятельности предприятий, ведет к увеличению валового национального продукта, повышает активность государства.

* Работа выполнена под научным руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. В. Коробовой.

Исследования привлечения капиталовложений достаточно актуальны, так как затрагивают современные проблемы процесса инвестирования средств в отечественную экономику.

В сегодняшних условиях активизация инвестиционной деятельности в российской экономике возможна только в результате всесторонне проработанной, последовательной и эффективной инвестиционной политики государства и региона.

Инвестиционная политика региона – это комплекс взаимосвязанных целей и мероприятий по обеспечению необходимого уровня и структуры капиталовложений в экономику региона, отдельные его сферы и отрасли, повышению инвестиционной активности всех основных агентов воспроизводственной деятельности: населения, предпринимателей и государства. Проще говоря, инвестиционная политика – это деятельность, направленная на изыскание источников инвестиций и установление рациональных областей их использования. Ее цель – реализация стратегического плана экономического и социального развития области. Но в любом случае конечной целью инвестиционной политики является оживление инвестиционной деятельности, направленной на подъем экономики области и повышение эффективности общественного производства [1].

Рассмотрим направления инвестиционной политики Тамбовской области за период с 2000 по 2012 годы.

Основные тенденции развития Тамбовской области, по словам начальника управления экономической политики администрации Тамбовской области Л. И. Федоровой: «За период с 2000 по 2006 годы Тамбовская область вышла на устойчивый путь развития. Это даже отмечают независимые рейтинговые агентства. Но есть, конечно, и проблемы. Тамбовская область – аграрная область, а заинтересованность инвесторов к земле очень редкая». [2].

Если посмотреть на инвестиционный климат Тамбовской области за 2007 – 2012 годы, то мы видим, что в Тамбовской области выработана система базовых правовых норм, обеспечивающая функционирование бизнеса и власти. Работают конкурентные рынки товаров и услуг, капитала и трудовых ресурсов. Достигнута высокая степень открытости экономики. Сформировался слой развивающихся компаний, успешно конкурирующих на внутренних и внешних рынках и активно привлекающих капитал для своего развития.

С 2007 года действует закон Тамбовской области от 5 декабря 2007 года № 303 – 3 «О государственной инвестиционной политике и государственных преференциях Тамбовской области» (принят Тамбовской областной Думой 30 ноября 2007 года) (с изменениями и дополнениями)» [3]. Этот документ, установил основные принципы:

- регулируется инвестиционная деятельность в Тамбовской области;
- устанавливает виды и условия предоставления государственной помощи области субъектам инвестиционной деятельности;
- разрабатывается привлечение инвестиций на территорию региона.

Действующим в области законодательством предусмотрена государственная поддержка инвестиционной деятельности в форме предоставления налоговых льгот в части дополнительно возникших налоговых обязательств [2].

В 2009 году Постановлением администрации Тамбовской области создан Межведомственный совет по инвестиционной политике, которой является совещательным органом по вопросам стимулирования инвестиционной и предпринимательской активности на территории области. Межведомственный совет обеспечивает государственную поддержку инвестиционной деятельности и отвечает за повышение конкурентоспособности экономики по приоритетным направлениям развития [2].

Для привлечения инвесторов в Тамбовской области проводятся каждый год круглые столы:

- 29 марта 2009 года в администрации Тамбовской области – на тему: «Инвестиционная привлекательность Тамбовской области»;
- 30 мая 2011 года в администрации Тамбовской области – на тему: «Инвестиционная привлекательность и инновационный потенциал Тамбовщины: роль и уровень значимости в процессе экономического развития региона»;
- 18 мая 2010 года на базе Тамбовской торгово-промышленной палаты – на тему: «Инвестиции Тамбовской области: текущее состояние, проблемы, решения и перспективы»;
- 13 октября 2012 года на базе Тамбовского бизнес-инкубатора – на тему: «Актуальные проблемы, направленные на привлечение частных инвестиций в Тамбовскую область».

Региональными органами власти 12 октября 2012 года состоялся социальный форум на тему: «Инвестиционный паспорт Тамбовской области».

Промышленность области является реальным сектором инвестирования и обеспечения экономического роста. На сегодняшний день реализуется более 30 крупных инвестиционных проектов [4]. В том числе:

- ОАО «Пигмент» – два инвестиционных проекта по техническому перевооружению производства с государственной поддержкой из областного бюджета, реконструкция и модернизация основных технологических схем производства пигментов и антидетонационных добавок к бензинам;

- ОАО «Электроприбор» – исполняет программу «Разработка базовых технологий и конструкций лазерных гироскопических датчиков, сервисной электроники к ней». На предприятии приобретено и смонтировано современное вакуумное, металлообрабатывающее и измерительное оборудование. Общий объем инвестиций составил 205, 4 млн. р.;

- ЗАО «Тамак» проводит реконструкцию линии по производству ЦСП с приобретением высокопроизводительного оборудования, осуществляется реконструкция цеха по производству клееной древесины.

Незадействованных производственных площадей действующих предприятий также будут решаться путем привлечения сторонних инвесторов и создание новых производств:

- ЗАО «Агротехмаш-Т» осуществляет работы по созданию производства «тракторной техники 3- и 5-тягового класса» на незадействованных производственных площадях ОАО «Тамбовмаш». Планируется приобретение оборудования, создание производственного комплекса с годовой мощностью выпуска до 2,4 тыс. тракторов в год;

- ООО «Экспресс-индустрия» продолжит строительство двух заводов по производству строительных материалов;

- планируется строительство трех современных предприятий по переработке сахарной свеклы и сахара-сырца мощностью переработки 12 тыс. т свеклы и 1,5 тыс. т сахара-сырца в сутки.

Область занимает 10-е место из 83-х регионов, по инвестиционному риску в рейтинге инвестиционной привлекательности российских регионов [1].

В Тамбовской области реализуется программа социально-экономического развития региона.

Если в регион будут привлекаться инвестиции, тогда развитие Тамбовской области увеличится: откроются новые предприятия, будет приобретено новое оборудование, повысится качество выпускаемой продукции, увеличится занятость населения.

Список литературы

1. *Информационный портал все об инвестициях* [Электронный ресурс]. – URL : [www.investicii – v.ru](http://www.investicii-v.ru).

2. *Информационный портал органов исполнительной власти Тамбовской области* [Электронный ресурс]. – URL : www.tambov.gov.ru.

3. *О государственной инвестиционной политике и государственных преференциях Тамбовской области* : федер. закон № 303-З от 5 декабря 2007 г. Принят Тамбовской областной Думой 30 ноября 2007 г. с изменениями и дополнениями. – URL : base.garant.ru.

4. *Информационная биржа инвестиционных проектов* [Электронный ресурс]. – URL : www.inproex.ru.

5. *Коробова, О. В.* Региональная экономика: реструктуризация системы управления развитием региона / О. В. Коробова, Б. И. Герасимов, В. В. Быковский. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2002. – 104 с.

Кафедра «Менеджмент» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 330.322

С. Б. Овчаренко*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СРЕДЫ

Экономика любого государства вне зависимости от его размеров и месторасположения нуждается в определенном количестве инвестиций. Нашей стране необходимо большое количество капиталовложений, об этом свидетельствуют макроэкономические показатели [2].

В начале декабря Минэкономразвития Российской Федерации вновь снизило прогноз по основным экономическим показателям. В частности, прогноз по росту ВВП в 2013 г. уменьшен с 1,8 до 1,4%, в 2014 – с 3 до 2,5%, а в 2015 – до 2,8%. Как считает министр экономического развития А. В. Улюкаев, в 2014 году стагнация в экономике страны в целом продолжится, однако не уточнил, будет ли она длиться до конца года. Экономика России переживает не лучшие времена. Одним из способов ее улучшения – это привлечение дополнительных инвестиций, как со стороны отечественных инвесторов, так и иностранных.

На наш взгляд, для привлечения внимания потенциальных инвесторов к конкретному объекту или месту инвестирования следует создать систему оценки инвестиционной среды. Вся полученная и детально проработанная информация этой системы будет предоставлена специальным государственным органам, и далее распространена в специализированные СМИ. Это позволит обратить внимание государственных органов на существующие проблемы в регионе или отрасли и выработать способы их решения. А потенциальным инвесторам – уви-

* Работа выполнена под научным руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. В. Коробовой.

деть полную картину финансово-хозяйственной деятельности интересующего их объекта и сделать выводы об инвестиционной привлекательности государства, региона, отрасли.

Дадим определение системы оценки инвестиционной среды.

Система оценки инвестиционной среды представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих методов и направлений, необходимых для анализа и оценки инвестиционной среды государства, региона, города, предприятия [3].

Задачи системы оценки инвестиционной среды:

1. Сбор информации об инвестиционной среде государства, региона, города, отрасли, сбор информации об инвестиционной привлекательности предприятий.

2. Обзор показателей, характеризующих уровень инвестиционной среды государства, региона, отрасли или предприятия, и сравнение их с базовыми значениями.

3. Оценка инвестиционной среды государства, региона, города, отрасли или предприятия на основе существующих методик.

4. Проведение сравнительного анализа инвестиционной среды отдельных регионов, городов, отраслей, предприятий.

5. Выявление факторов, оказывающих существенное влияние на инвестиционной среды.

6. Выводы о состоянии инвестиционной среды государства, региона, города, отрасли, **предприятия**.

7. Предоставление рекомендаций по улучшению уровня инвестиционной среды исследуемых объектов.

Функционирование данной системы невозможно без наличия достоверной и актуальной информации по интересующей сфере.

Дадим определение информационного обеспечения системы оценки инвестиционной среды.

Информационное обеспечение системы оценки инвестиционной среды – это предоставление информации, необходимой для оценки состояния инвестиционного климата государства, региона, города, отрасли, предприятия и для проведения мероприятий по совершенствованию инвестиционного климата, предупреждения нежелательных ситуаций в инвестиционной сфере.

Движение информации от системы к пользователю (заинтересованному лицу, будь то государственные органы или отдельно взятый инвестор) проводится по следующим этапам:

На *первом этапе* происходит сбор и обработка информации.

В системе оценки инвестиционной среды сбор может быть случайным или целенаправленным, выборочным или сплошным, производным или основывающимся на определенных критериях. Выбор

конкретного метода сбора информации зависит от задач, которые ставит пользователь данной системы оценки.

На *втором этапе* – проводится первичный анализ.

Цель данного этапа заключается в том, что вся информация, которая собрана на предыдущем этапе: это макроэкономические показатели, данные Федеральной службы государственной статистики, данные рейтинговых агентств и другие полученные сведения, тщательно анализируются. Дополнительно проводится оценка инвестиционной привлекательности предприятия. Результатом данного этапа может служить составление резюме, проведение сравнительного анализа, аналитический обзор.

На *третьем этапе* отобранная информация кодируется, т.е. облекается в ту форму, в которой будет доступна и понятна получателю, например письменную, табличную, графическую и т.п. Подбирается и подходящий способ ее трансляции: устный, письменный, с помощью различного рода искусственных сигналов или условных знаков. Результат данного этапа может быть оформлен в виде сценария, доклада, сводных таблиц, аналитического обзора.

На *четвертом этапе* получатель воспринимает, расшифровывает и осмысливает информацию.

На данном этапе пользователь получает информацию о состоянии интересующего его объекта (инвестиционной среды государства, отрасли, региона или отдельного предприятия) и использует эту информацию для принятия управленческих решений.

Составной частью информационного обеспечения является его аналитическая часть. Она заключается во взаимной увязке полученной информации с интересующими экономическими показателями, без которых невозможно дать достоверную и наиболее полную оценку инвестиционной среде.

Для эффективности управления данной системой необходим качественно сформированный организационный механизм.

Под организационным механизмом системы оценки качества инвестиционной среды понимается организационная структура управления этой системы, которая строится по экономическим законам, имеет определенную структуру, обладает ресурсами и позволяет управлять коллективами людей.

Организационный механизм создает оптимальные условия, для работы всей системы, начиная от сбора исходных данных и заканчивая поиском путей совершенствования этой системы.

Разработка организационного механизма оценки качества инвестиционной среды включает шесть этапов.

На *первом этапе* устанавливаются цели и задачи деятельности организации.

На *втором этапе* определяется перечень оказываемых услуг, требования к их качеству, потребительским свойствам.

На *третьем этапе* определяются направления деятельности организации, необходимые для достижения поставленных задач.

На *четвертом этапе* определяются функции, осуществляемые организацией для достижения поставленных целей и задач.

На *пятом этапе* выявляются структурные подразделения, отвечающие за реализацию конкретных функций.

На *шестом этапе* проводится анализ, планирование и описание всех основных видов работ.

Организация эффективного функционирования и наличие качественной информационно-аналитической базы системы оценки инвестиционной среды позволит развивать инвестиционную деятельность Российской Федерации, сделать информацию более прозрачной и, как итог, повысить, а в дальнейшем и укрепить статус нашей страны на международной арене.

Список литературы

1. *Коробова, О. В.* Региональная экономика: реструктуризация системы управления развитием региона / О.В. Коробова, Б. И. Герасимов, В. В. Быковский. – Тамбов : ТГТУ, 2002. – 104 с.

2. *Коробова, О. В.* Анализ качества инвестиционной деятельности в РФ за период с 2000 по 2010 гг. на основе макроэкономических и специальных показателей / О. В. Коробова, С. Б. Овчаренко ; под общей ред. В. В. Жарикова // Организационные аспекты управленческой деятельности: теория и практика : материалы науч.-практ. конф. – Тамбов : ИП Чеснокова А. В., 2012. – 220 с.

3. *Коробова, О. В.* Теоретические положения формирования системы оценки качества инвестиционной среды предприятия // О. В. Коробова, С. Б. Овчаренко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского.– 2013. – № 1(45). – 140 – 148 с.

4. *Овчаренко, С. Б.* Организационная поддержка системы оценки качества инвестиционной среды / С. Б. Овчаренко // Вестник ВЭГУ. – 2013. – № 4(66). – С. 194 – 199.

5. *Новости@mail.ru* [Электронный ресурс] – URL : <http://news.mail.ru/economics/15999769/?frommail=1>.

Кафедра «Менеджмент» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

*М. В. Дятлук**

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗЕТЫ «АЛЬМА МАТЕР»

Газета «Альма Матер» является структурным подразделением ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ)». Официальная лицензия на деятельность в сфере СМИ получена 16 июля 1997 года, но первый, неофициальный выпуск газеты вышел еще в 1995 году. ТГТУ образован в 1958 году, как филиал Московского института химического машиностроения, в 1965 году приобрел статус самостоятельного вуза и был преобразован в Тамбовский институт химического машиностроения (ТИХМ), затем, уже в 1993 году – Тамбовский государственный технический университет. Для информационного освещения вопросов развития университета, его насущных проблем в коллективе было принято решение издавать свою внутривузовскую газету. Название газеты дословно переводится с латинского языка как «кормящая мать».

На сегодняшний день газета «Альма Матер» успешно развивается и имеет свой интернет-сайт. Газета печатается форматом А4 в Издательско-полиграфическом центре ТГТУ в цветном и черно-белом варианте, имеет восемь полос, выходит один раз в месяц тиражом 1000 экз. и распространяется в учебных корпусах университета. Приоритетными направлениями деятельности «Альма Матер» являются: содействие духовно-нравственному, идеологическому и патриотическому воспитанию; формирование у студентов вуза гражданской позиции; организация пропаганды здорового образа жизни. Газета способствует процессам демократичного общения, распространения информации, изучения общественного мнения. Кроме того, направлениями работы издания являются: организация продуктивного сотрудничества между студентами и преподавателями; изучение и освещение актуальных проблем студентов, слушателей и сотрудников вуза, их интересов.

Газета «Альма Матер», являясь PR-средством, способствует продвижению и совершенствованию конкурентной позиции ТГТУ среди вузов Тамбовской области.

* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. В. Дюженковой.

Для совершенствования продвижения «Альма Матер» в студенческие массы, увеличения количества читательской аудитории, решения проблем и задач, стоящих перед газетой, сотрудниками газеты совместно с кафедрой «Коммерция и бизнес-информатика» летом 2013 года проведено маркетинговое исследование в форме опроса. Респондентами выступали студенты, которые являются основными представителями целевой аудитории газеты «Альма Матер».

Основные цели проведенного исследования:

1. Получение достоверной информации для выявления закономерностей развития газеты.

2. Формулировка научно-обоснованных выводов о характере и закономерностях функционирования газеты.

3. Разработка необходимых рекомендаций для повышения эффективности функционирования газеты «Альма Матер».

В опросе приняли участие студенты 1 – 4 курсов, случайным образом выбранные для исследования: 28% – студенты I курса, 56% – II курса, 12% – III курса, 4% – IV курса.

Результаты анкетирования показали, что большинство опрошенных студентов являются читателями газеты «Альма Матер» (78%), среди которых 84% знакомы с газетой более одного года.

Исследование показало, что наиболее распространенный способ знакомства с газетой – ее бесплатное презентационное получение (50%), а также получение информации от сокурсников/знакомых (42%).

В основном студенты читают выпуски газеты «Альма Матер» от случая к случаю (46%), почти каждый номер читают 34%, а постоянной читательской аудиторией оказались 20% опрошенных респондентов (они читают каждый номер). Однако, часть из опрошенных студентов оказалась незнакома с электронным сайтом газеты (12% – никогда не обращались к сайту, 4% – впервые о нем слышат). Как таковая, постоянная читательская аудитория, которая обращается к сайту, отсутствует (из опрошенных лишь 6% – обращаются каждый месяц, 78% – обращались несколько раз).

Первоочередной к ознакомлению оказалась рубрика «Новости факультетов» (70%). Второе место разделили между собой «Молодежные мероприятия/фестивали/игры» и «Научные (и другие) достижения университета» (66%). На третьем месте – «Спортивная тематика/здоровый образ жизни» (48%).

Рейтинг читательских тем выглядит следующим образом:

1. Культурная сфера жизни университета – 94%.
2. Спортивная тематика – 78%.
3. Научная тематика – 76%.
4. Компьютерные технологии – 64%.
5. Материалы о студентах/преподавателях – 6%.

Как показывает рейтинг, тематика о студентах и преподавателях пользуется довольно слабым спросом, данные рубрики считаются непопулярными.

Оформление газеты (дизайн/качество печати/полиграфии) большинство респондентов (64%) оценили как среднее, 30% – полностью пришлось по вкусу, а 6% – оформление не нравится.

Содержание газеты (разнообразие и информационная насыщенность рубрик) 72% опрошенных признали частично интересным, 26% – разнообразным и интересным, а 2% – выбрали низкую оценку (рис. 1).

В рамках обработки результатов исследования выявлены следующие недостатки:

1. Часть из опрошенных студентов оказалась незнакома с электронным сайтом газеты. Как таковая, постоянная читательская аудитория, которая обращается к сайту, отсутствует.

2. Как показывает рейтинг любимых читательских тем, рубрики о студентах и преподавателях пользуются довольно слабым спросом, они считаются непопулярными.

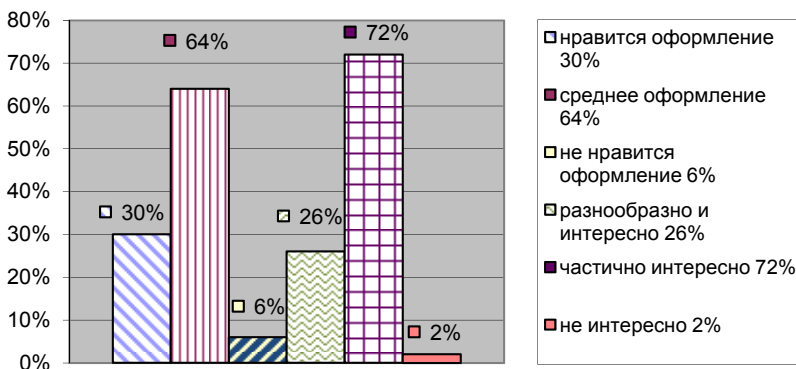


Рис. 1. Общая оценка газеты, в %

3. Оформление газеты (дизайн/качество печати/полиграфии) большинство респондентов оценили как среднее, что можно признать положительным, но необходимо стремиться улучшить качество издания и повысить степень удовлетворенности читателей.

4. Содержание газеты (разнообразие и информационная насыщенность рубрик) большинство опрошенных признали частично интересным. В целом, данный результат также можно признать положительным, но необходимо стремиться увеличить число студентов, полностью удовлетворенных разнообразием и информационной насыщенностью читаемых рубрик.

Основными аспектами совершенствования газеты «Альма Матер» как инструмента повышения эффективности формирования благоприятного имиджа университета могут быть:

1. Проблематика материалов студенческой прессы зачастую требует корректировки и уточнения: темы должны раскрываться глубже и с большей степенью анализа.

2. Газета «Альма Матер» занимает успешное место в системе вузовских СМИ. Пока функционирует высшее учебное заведение, будет развиваться и его внутривузовская газета, всегда будет находиться интересный материал к публикации. Но стоит отметить необходимость более четкого продумывания содержательно-тематической модели издания в целом.

3. Необходимо простимулировать интерес к электронному сайту газеты, что является неотъемлемо-важной частью издания. В газете можно приглашать читателей к сотрудничеству, обмену мнениями и пожеланиями с редакцией, предлагая форму «обратной связи» через сайт. Также можно проводить различные творческие конкурсы, призывая на страницах газеты зайти на сайт за более подробной информацией. Тем самым можно значительно повысить осведомленность читательской аудитории о существовании сайта, а при помощи «обратной связи» можно значительно улучшить показатели по содержанию, информационной насыщенности и разнообразию рубрик. Активное использование сайта может привлечь новых читателей, постепенно завоевывать их доверие к изданию и сформировать постоянную читательскую аудиторию.

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*О. С. Пыльнева**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ

Телекоммуникационные услуги – это целенаправленная деятельность, результатом которой является полезный эффект, обеспечивающий потребности по передаче и приему информации с помощью специального оборудования. Успешное развитие международного бизнеса в современных условиях в решающей степени зависит от качества и бесперебойного предоставления разнообразных телекоммуникационных услуг, степени их надежности и технического совершенства.

Под телекоммуникационными услугами (ТКУ) в данной статье будем понимать услуги кабельного, цифрового телевидения и услуги по предоставлению широкополосного доступа в сеть интернет.

Игроками на региональном рынке по предоставлению широкополосного доступа в сеть интернет выступают следующие компании:

1. Домолинк (Тамбовский филиал ОАО «Ростелеком») – крупнейший российский оператор.

2. ООО «Системы связи» («Зеленая точка») – группа компаний, на региональном рынке предоставляющая доступ в сеть интернет с 2005 г.

3. ООО «Ланта» – на рынке города развивается с 2003 г. и имеет огромную долю рынка и большое количество абонентов

4. ООО «Тамбовские Мультимедийные сети» (ТМС) – создано в 2007 г. и с того момента завоевывало место на рынке путем низких цен на телекоммуникационные услуги. Район присутствия – преимущественно север города.

5. ЗАО «Прокма-телеком».

6. ОАО «МТС» – крупный российский оператор связи, предоставляющий в г. Тамбове как услуги электросвязи, так и широкополосный доступ в 900 домов города и района.

Услуги кабельного/цифрового телевидения предоставляют пять организаций:

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГТТУ» Н. В. Дюженковой.

1. ООО «Системы связи» (бренд «зеленая точка») (IP ТВ).
2. ООО «Лайн-телеком» (аналоговое кабельное телевидение).
3. ОАО «Ростелеком» (бренд «Домолинк») (IP ТВ).
4. ООО «Тамбовские Мультимедийные сети» (аналоговое кабельное ТВ).
5. ООО «Ланта» (IP ТВ).

Параметры качества телекоммуникационных услуг можно разделить на три группы:

1. Показатели качества работы телекоммуникационной сети.
2. Количественные показатели качества телекоммуникационных услуг.
3. Показатели степени удовлетворенности потребителей обслуживанием.

К показателям качества работы телекоммуникационной сети относят следующие аспекты: количество и длительность разрывов соединения с сетью интернет, искажение и длительность отсутствия изображения и звука при подключенной услуге кабельного ТВ.

В группу количественных показателей качества телекоммуникационных услуг можно включить: скорость интернета, соответствующая заявленной в тарифном плане, цены на услуги интернет, цены на услуги кабельного и цифрового ТВ, дифференцированный тарифный набор на услуги, разнообразие акций и бонусов.

Оценку качества обслуживания абонентов целесообразно проводить по следующим критериям: толерантное отношение сотрудников к абонентам, индивидуальный подход к каждому абоненту, своевременное информирование о действующих акциях и бонусных программах, квалифицированная техническая поддержка (свободная телефонная линия, дистанционное решение возникающих проблем), близкое расположение офиса к месту жительства, своевременное устранение возникших технических проблем мастером по наладке и ремонту оборудования.

В результате проведенного в начале 2013 г. мониторинга путем устного опроса абонентов произведено исследование качества рынка телекоммуникационных услуг в Тамбове. Основной целью опроса являлась проверка выполнения правил обслуживания, выявление технических недостатков провайдеров и основных причин отключения пользователей от организаций, предоставляющих телекоммуникационные услуги.

По данным исследования составлен рейтинг провайдеров по качеству предоставляемых услуг (по пятибалльной шкале): ООО «ТМС» – 3,31; ОАО «Ростелеком» – 4,15; ООО «Системы связи» – 4,26; ОАО «МТС» – 4,28; ООО «Ланта» – 4,52; ЗАО «Прокма-телеком» – 4,63, ООО «Лайн-телеком» – 3,97.

1. Средний балл по каждому аспекту качества предоставляемых услуг ООО «ТМС»

Аспект оценки	Средний балл
Цены на услуги Интернет	4,7
Цены на услуги кабельного ТВ	4,5
Обслуживание абонентов	2,6
Тарифный набор на услуги	4,4
Качество предоставляемых услуг Интернет	4,1
Качество предоставляемых услуг кабельного ТВ	3,1
Разнообразие акций и бонусов	4,3

Более подробно приведем результаты оценки качества телекоммуникационных услуг ООО «Тамбовские Мультимедийные Сети». Компания предоставляет услуги кабельного телевидения и доступа в Интернет. Задачи проведенного исследования: проверить, выполняются ли правила обслуживания абонентов; выявить технические недостатки, причины отключения абонентов от фирмы «ТМС»; проанализировать слабые стороны «ТМС»; уточнить сильные стороны.

В таблице 1 приведены результаты расчета среднего балла по каждому аспекту качества обслуживания ООО «ТМС».

По данным опроса 22% респондентов подключены к сети интернет от «ТМС», 34% подключены к услугам кабельного телевидения от «ТМС», 26% – к двум услугам сразу, а 18% опрошиваемых утверждают, что пользовались услугами «ТМС» некоторое время, но впоследствии отключились.

Почти четверть опрошенных (22,2%) из тех, кто отключился от сети «ТМС» утверждают, что сделали это из-за того, что переехали на новое место жительства, где отсутствует сеть «ТМС», треть респондентов переключились, потому что их не устраивало качество обслуживания абонентов, 44,4% не устроило качество предоставляемых услуг.

Чуть меньше четверти (24%) опрошенных пользовались услугами других провайдеров, прежде чем подключиться к «ТМС»; 34% до сих пор пользуются услугами другого провайдера совместно с «ТМС»; 42% изначально подключились к «ТМС».

Из 12 абонентов других провайдеров 25% на вопрос о смене предыдущего провайдера на «ТМС» ответили, что это связано со сменой места жительства; 41,7% утверждает, что цены на услуги в «ТМС»

дешевле, чем у других провайдеров; 8,33% считает, что тарифные планы в «ТМС» больше подходят; 25% абонентов в ООО «ТМС» привлекло большее количество стимулирующих акций и бонусных программ.

Совместно с «ТМС» в квартиры абонентов проведены сети следующих провайдеров: ООО «Ростелеком» – 24,14%, ООО «Ланта» – 23,79%, ООО «МТС» – 17,59%, ООО «Системы связи» – 17,24%, и в момент опроса не пользовались услугами другого провайдера 17,24%.

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы относительно деятельности ООО «Тамбовские Мультимедийные Сети».

Количество отключений от сети «ТМС» в процентном соотношении достаточно весомо (18%). Следовательно, рекомендовано удерживать клиентов повышением качества обслуживания абонентов, например, своевременно устранять возникшие проблемы у абонентов как дистанционно по телефону технической поддержки, так и мастером по наладке оборудования, повышать качество предоставляемых услуг, тем самым вывести принцип качественного обслуживания на первый план. Эти аспекты являлись самыми слабыми сторонами у фирмы. К сильным сторонам можно было отнести низкие цены на услуги, разнообразие тарифных планов и большее количество стимулирующих акций и бонусных программ в отличие от фирм-конкурентов.

Главным конкурентом ООО «ТМС» по результатам опроса можно считать ОАО «Ростелеком», оказывающее услуги цифрового телевидения и интернета. Именно к этому провайдеру наибольшее количество абонентов подключено совместно с ООО «ТМС». По качеству оказываемых услуг лидирует «Ланта».

В результате ненадлежащего качества предоставления услуг доступа в сеть Интернет и услуг кабельного телевидения, низкого уровня обслуживания и отсутствия у руководства компании желания изменить ситуацию ООО «ТМС» было реорганизовано в ООО «PROсто Телеком», а летом 2013 г. компания полностью сдала свои позиции на рынке и передала сеть в управление ЗАО «Юго-Восток ТрансТелеКом» (торговая марка ТТК).

Список литературы

1. *Аникин, О. Б.* Мировой рынок телекоммуникационных услуг : учебное пособие / О. Б. Аникин. – Москва : ГУУ, 2003.

Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

УДК 51.001.57

*С. Г. Семержинский**

РАЗРАБОТКА САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ФИЛЬТРА

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду. Многие технологические процессы на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической промышленности, в ряде цехов машиностроительных заводов, на многих других производствах сопровождаются поступлением вредных газов и паров в атмосферный воздух. В настоящий момент весьма актуальной задачей является разработка систем и технологий непрерывной очистки воздуха от вредных веществ.

На сегодняшний день широкое распространение получила технология короткоциклового безнагревной адсорбции, которая главным образом применяется для разделения газовых смесей [1]. Основными областями применения являются: медицина, промышленность, военная техника и т.д.

Нами была поставлена задача разработки самоочищающегося фильтра, построенного на принципе короткоциклового безнагревной адсорбции, функционирование которого происходит только за счет энергии исходной сжатой газовой смеси. Самоочищающийся фильтр должен обеспечивать удаление вредных газовых примесей на длительных этапах функционирования.

В основу самоочищающегося фильтра положена двухадсорберная установка короткоциклового безнагревной адсорбции с управлением, реализованным на элементах пневмоавтоматики [2].

Упрощенная технологическая схема представлена на рис. 1.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГТТУ» С. А. Скворцова.

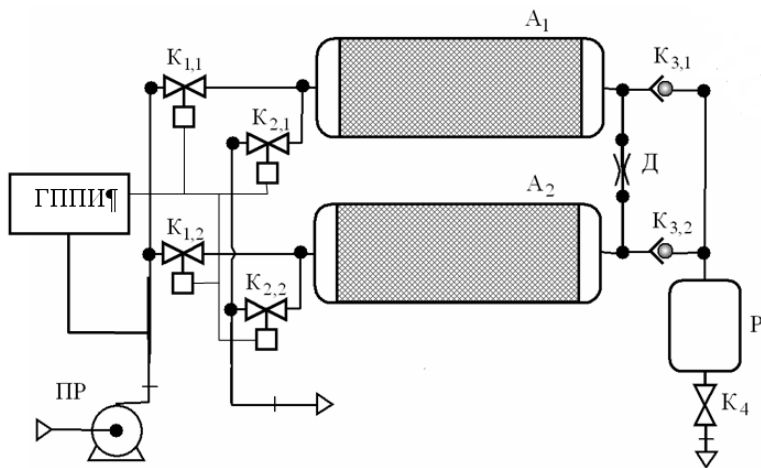


Рис. 1. Технологическая схема самоочищающегося фильтра:
 А – адсорбер; ПР – побудитель расхода; Д – дроссель; К – клапан; Р – ресивер;
 ГППИ – генератор прямоугольных пневматических импульсов

Опишем работу самоочищающегося фильтра. ГППИ генерирует на выходе прямоугольные пневматические сигналы. Клапаны $K_{1,1}$, $K_{2,2}$ являются нормально открытыми, а клапаны $K_{1,2}$, $K_{2,1}$ – нормально закрытыми. Загрязненная газовая смесь под давлением подается побудителем расхода ПР в коллектор с помощью клапанов $K_{1,1}$, $K_{1,2}$. В момент времени когда открыты клапаны $K_{1,1}$, $K_{2,2}$, клапаны $K_{1,2}$, $K_{2,1}$ закрыты. Загрязненная газовая смесь через клапан $K_{1,1}$ поступает в адсорбер A_1 , заполненный адсорбентом, который селективно поглощает вредное газовое вещество. Через обратный клапан $K_{3,1}$ выходит очищенная газовая смесь. Часть этой смеси дросселируется до давления окружающей среды в дросселе Д и противотоком выводится в адсорбер A_2 .

Взаимодействие очищенной газовой смеси с адсорбентом, насыщенным вредным веществом в течение предшествующей стадии адсорбции, приводит к десорбции вредного газового вещества, т.е. происходит регенерация адсорбента. Через клапан $K_{2,2}$ сбрасывают смесь, концентрированную вредным веществом. Переключение клапанов осуществляется через равные промежутки времени в соответствии с частотой пневматических импульсов.

Нами реализован опытный образец самоочищающегося фильтра, который представлен на рис. 2. В фильтре использованы два цилиндрических адсорбера. В качестве адсорбента использован синтети-

ческий цеолит NaX-2Г, который показывает высокую селективность поглощения молекул с ярко выраженным квадрупольным моментом. ГППИ реализован на элементах УСЭППА [2] и обеспечивает частоту пневматических импульсов от 1 до 90 с. В качестве запорной арматуры использованы пневматические реле.

Основными настроечными параметрами самоочищающегося фильтра является частота переключения клапанов и процентная величина обратной продувки по отношению к производственному потоку.

Исследования показали, что зависимости концентрации вредного вещества на выходе от частоты переключения клапанов и величины обратной продувки носят экстремальный характер, т.е. имеется единственная оптимальная величина, которая обеспечивает необходимое защитное действие фильтра.

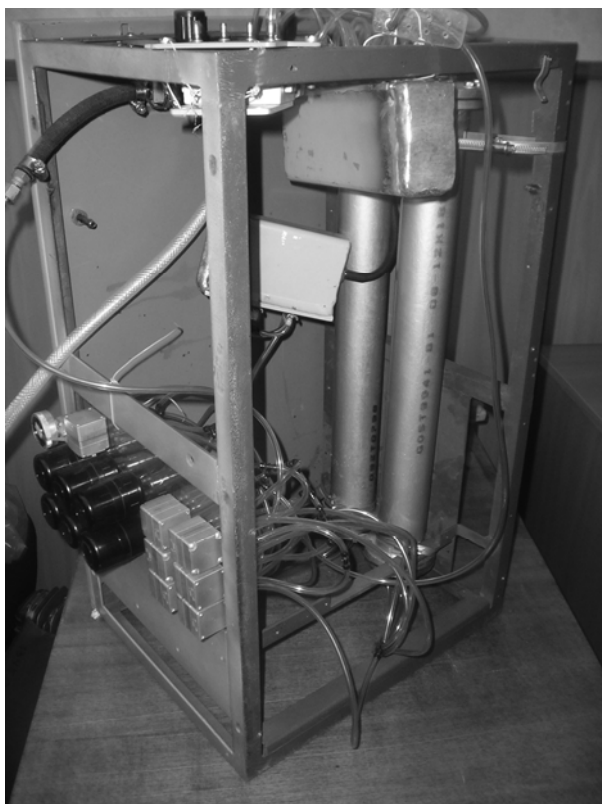


Рис. 2. Опытный образец самоочищающегося фильтра

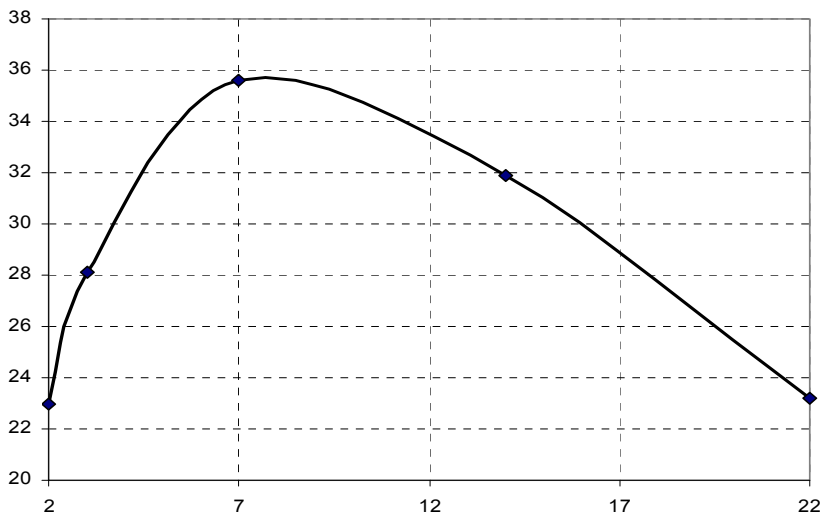


Рис. 3. Зависимость концентрации кислорода в производственном потоке от времени между переключениями клапанов

Проведены испытания фильтра на воздушной смеси, где в качестве «вредного» вещества рассматривался азот. На рисунке 3 представлена зависимость концентрации кислорода в производственном потоке от времени между переключения клапанов, оптимальная величина которой составила 8 с. Время выхода фильтра на рабочий режим составляет приблизительно 400 с.

Дальнейшим направлением работ является совершенствование конструкции фильтра и снижение габаритных и весовых характеристик, путем использования современных достижений в области адсорбционной техники.

Список литературы

1. *Шумяцкий, Ю. И.* Промышленные адсорбционные процессы / Ю. И. Шумяцкий. – Москва : КолосС, 2009. – 183 с.
2. *Мордасов, М. М.* Технические средства пневмоавтоматики / М. М. Мордасов, Д. М. Мордасов, А. В. Трофимов. – Москва : Машиностроение, 2000. – 64 с.

*Кафедра «Информационные процессы и управления»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*С. А. Меркулов, В. А. Фролов**

МОДИФИКАЦИЯ ДОРОЖНОГО БИТУМА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОМ СОВМЕСТНО С ВТОРИЧНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

В настоящее время актуальна проблема некачественных дорожных покрытий, которые быстро приходят в негодность и способствуют затратам на их ремонт и восстановление. Для повышения качества дорожного покрытия и увеличения срока его службы применяются улучшенные органические вяжущие вещества, подвергнутые процессу модификации. В качестве вяжущего используют битумы различных марок. Битумы относятся к органическим вяжущим материалам и обладают уникальными свойствами, которые позволяют их использовать в качестве «клея» для асфальтобетонных смесей. Битумы дорожные в основном используются для строительства и ремонта дорожных и аэродромных покрытий. Нефтяные дорожные битумы делятся на вязкие и жидкие. Буквы БНД означают «битум нефтяной дорожный», цифры-дроби 40/60, 60/90 указывают на допустимые для марки пределы показателей глубины проникания стандартной иглы при 25 °С, косвенно характеризующие вязкость битума.

Битумы марок БНД отличаются хорошим сцеплением с каменными материалами и имеют достаточно высокую пластичность при отрицательных температурах, стойки к климатическим воздействиям. Свойства дорожного битума обусловлены особенностями его состава и структуры. Главными показателями этого материала являются вязкость, пластичность и теплостойкость, которые взаимосвязаны [1]. Модификация дорожных вяжущих – процесс, при котором с помощью введения сторонних веществ происходит изменение конечных физико-механических свойств битума. В современном мире модификацию обычно производят полимерными материалами, которые позволяют улучшить адгезионные, прочностные и деформационные характеристики битумов, что, в свою очередь, способствует и улучшению свойств дорож-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора П. С. Беляева, канд. техн. наук, доцента О. Г. Маликова.

ного покрытия. Долговечность дорожных покрытий определяется наличием прочного сцепления битума с поверхностью минерального материала. Созданию прочной связи битума с поверхностью минерального материала способствуют поверхностно-активные вещества, как имеющиеся в составе битума, так и специально вводимые.

Конечным пунктом настоящего исследования является получение модификатора с использованием вторичных полимерных материалов, что поможет частично решить проблему утилизации отходов полимерных производств и также способствовать улучшению эксплуатационных характеристик битума. В качестве основы для модифицированного вяжущего выбран битум марки БНД 90/130. Данная марка наряду с БНД 60/90 рекомендована для применения во II дорожно-климатической зоне, к которой относится территория Тамбовской области.

Ввиду многообразия искусственных материалов, предлагаемых нефтехимическими производствами, имеется богатый выбор используемых для модификации полимеров. Условно их можно классифицировать как термопласты, эластомеры и термоэластичные искусственные материалы.

В зарубежной практике для устройства и ремонта дорожных покрытий широко используются композиционные материалы на основе битума и модификаторов, таких как сера, каучук (полибутадиеновый, натуральный, бутилкаучук, хлоропрен и др.), органо-марганцевые компаунды, термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, этилен-винилацетат (ЭВА), термопластичные каучуки (полиуретан, олефиновые сополимеры, а также блок-сополимеры стирол-бутадиен-стирола. Однако использование первичных модифицирующих материалов приводит к значительному удорожанию асфальтобетонных смесей.

Термопластичные полимеры состоят из макромолекул, соединенных между собой только физическими связями, энергия разрыва которых невелика. При этом энергия разрыва химических ковалентных связей, соединяющих мономерные звенья в цепную макромолекулу, во много раз превышает энергию разрыва физических связей, поэтому химические связи при нагревании термопластов до температуры плавления сохраняются, т.е. сохраняется химическое строение полимера.

Добавка пластимеров повышает вязкость и жесткость битумов при нормальных рабочих температурах (от -30 до 60 °С), однако не оказывает существенного влияния на эластичность модифицированных битумов. При нагревании битумов, улучшенных пластимерами,

наблюдается тенденция к разделению фаз битума и полимера, т.е. такие битумы неустойчивы к хранению, поэтому должны готовиться непосредственно перед использованием на асфальтобетонном заводе.

Эластомеры – это полимеры и материалы на их основе, обладающие при обычных температурах высокоэластичными свойствами, способные к огромным (до сотен процентов) обратимым деформациям растяжения. Эластомеры являются разновидностью реактопластов, в которых соседние макромолекулы соединены редкими химическими связями. В качестве эластомеров принято использовать натуральный или регенерированный каучук и полибутadiены.

На основе проведенного анализа литературных источников и патентного поиска разработана конструкция смесителя периодического действия.

Для повышения смесительного воздействия в разработанной конструкции используются лопастные и пропеллерные насадки. Для загрузки битума и модифицирующих добавок и выгрузки модифицированного вяжущего в конструкции предусмотрены загрузочный и сливной патрубки, соответственно. После осуществления процесса смешения битума с модификаторами в течение одного часа под действием температуры равно 160 °С его пробы подвергались лабораторным испытаниям для оценки физико-механических показателей [2].

Проведенные исследования показали, что с добавлением поверхностно-активной адгезионной присадки (ПААД) увеличивается вязкость модифицированного битума, что в дальнейшем способствует повышению внутреннего трения в асфальтобетоне и увеличивается его прочность. При этом присадка не способствует появлению эластичности у битума, поэтому совместно с присадкой необходимо введение термоэластопластов и ПЭ, что придает вяжущему эластичность и увеличивает температуру размягчения, но при этом с увеличением концентрации присадки уменьшаются показатели пенетрации и растяжимости. Увеличение температуры размягчения дорожного вяжущего уменьшает образование на дорожных покрытиях колеи в жаркие месяцы.

Из таблицы 1 видно, что наиболее лучшими показателями дуктильности обладает битум с добавлением комплексного модификатора, в состав которого входит термоэластопласт (ТЭП), полиэтилен и ПААД. Благодаря высокой растяжимости, такое вяжущее будет способствовать повышению деформативности битума при низких температурах, что предотвращает излишнее трещинообразование на дорожном покрытии в зимний период.

1. Физико-механические показатели модифицированных битумов

Модификатор	Пенетрация, П2.5*0,1 мм	Растяжимость, мм	Температура размягчения, °С	Эластичность, %
БНД 60/90	60	550	47	–
БНД 90/130	114	765	46	–
БНД 90/130 + ТЭП	111	740	55	61
БНД 90/130 + ПЭ	65	245	55	10
БНД 90/130 + ТЭП + ПЭ	39	370	75	76
БНД 90/130 + ПААД	82	750	48	0
БНД 90/130 + ТЭП + ПЭ + ПААД	66	790	72	83

Приведенная рецептура позволяет получить модифицированное дорожное вяжущее по своим физико-механическим показателям аналогичное марки БНД 60/90, которое при этом обладает повышенными показателями растяжимости и эластичности. Это позволяет использовать его наряду с БНД 60/90 и также улучшить показатели дорожного покрытия и существенно повысить его межремонтные сроки.

Список литературы

1. *Гохман, Л. М.* Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимер-асфальтобетон : учебно-методическое пособие / Л. М. Гохман – Москва : ЗАО «Экон-информ», 2008. – 117 с.
2. *Решение* проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П. С. Беляев и др. // *Строительные материалы.* – 2013. – № 10. – С. 38 – 41.

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

*А. А. Безгин**

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ

В работе дан анализ информации о загрязняющих веществах, которые широко распространены в атмосфере городов в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) России [1], занимающем площадь 227,3 тыс. км². Для этих веществ в Гигиенических нормативах утверждены предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест, которые позволяют оценить качество атмосферного воздуха в каждом городе с учетом воздействия на здоровье населения.

Для определения уровня загрязнения атмосферы используются: средняя концентрация примеси в воздухе, мг/м³ или мкг/м³ (q_{cp}); среднее квадратическое отклонение, мг/м³ или мкг/м³ (σ_{cp}); максимальная (измеренная за 20 мин) разовая концентрация примеси, мг/м³ или мкг/м³ (q_m). Загрязнение воздуха определяется по значениям средних и максимальных разовых концентраций примесей. Степень загрязнения оценивается при сравнении фактических концентраций с ПДК. Средние концентрации сравниваются со среднесуточными ПДК (ПДК_{с.с.}), максимальные из разовых концентраций – с ПДК максимальными разовыми (ПДК_{м.р.}), где ПДК – предельно допустимая концентрация примеси для населенных мест, установленная Минздравсоцразвития России.

В качестве обязательных статистических характеристик загрязнения воздуха в ФГБУ ГГО им. А. И. Воейкова используются: повторяемость, % разовых концентраций примеси в воздухе выше ПДК данной примеси (g); повторяемость, % разовых концентраций примеси в воздухе выше 5 ПДК (g_1); число случаев концентраций примесей в воздухе, превышающих 10 ПДК.

Используются три основных показателя качества воздуха: индекс загрязнения атмосферы – ИЗА, стандартный индекс – СИ и наибольшая повторяемость превышения ПДК – НП. ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций примесей, поэтому ИЗА характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. СИ – стандартный индекс, т.е. наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. Ф. Ельчищевой.

Он определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью, или на всех постах рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год. Он характеризует степень кратковременного загрязнения. НП – наибольшая повторяемость (в процентах) превышения максимальной разовой ПДК по данным наблюдений за одной примесью на всех постах территории за месяц или за год.

Комплексный ИЗА ($I(n)$) учитывает n загрязняющих веществ. Чтобы значения $I(n)$ были сравнимы для разных городов и за разные интервалы времени в одном городе, необходимо рассчитывать их для одинакового количества (m) загрязняющих веществ. Для этого по парциальным значениям I_i для отдельных примесей сначала составляется вариационный ряд, в котором $I_1 > I_2 > \dots > I_n$. Далее рассчитывается суммарный $I(m)$ для заданного и одинакового количества (m) загрязняющих веществ.

В Ежегодниках состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2007 – 2011 гг. для оценки уровня загрязнения воздуха используется ИЗА для пяти загрязняющих веществ, в которой $n = m = 5$. Комплексный ИЗА выражается целыми числами. Уровень загрязнения атмосферы считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, СИ < 5, НП < 20%, высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 до 50% и очень высоким при ИЗА равном или больше 14, СИ > 10, НП > 50%.

В ЦЧР девять городов (Тамбов [2], Брянск, Липецк, Орел, Курск, Воронеж, Белгород, Губкин, Старый Оскол) с регулярными наблюдениями, выполненными на сети Росгидромета (УГМС), и 36-ю станциями. Всего за 2011 г. выполнено 166,6 тыс. наблюдений (УГМС), 2,7 тыс. – в сети Роспотребнадзора (СЭН) и 7,2 тыс. – другими ведомствами. Выполнено сравнение уровней загрязнения воздуха в указанных городах ЦЧР по данным, приведенным в Ежегодниках (предоставил начальник Тамбовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Центрально-Черноземный УГМС» С. Н. Дудник), построены графики изменения концентраций в воздухе твердых веществ, сернистого газа (SO_2), оксидов азота (NO_2) и углерода (CO) (рис. 1 – 4).

Проведенный анализ выбросов вредных веществ позволил установить следующее. Выбросы твердых веществ в городах: Орел, Курск, Белгород, Липецк за период с 2007 по 2011 гг. уменьшились, соответственно, на 33,3; 80; 83,3 и 19,6%; В городах Воронеж, Брянск, Тамбов, Губкин увеличились, соответственно, на 5,8; 31,6; 50 и 8,5%. В городе Старый Оскол выбросы твердых веществ не изменились. В среднем по ЦЧР выбросы твердых веществ в атмосферу за указанный период уменьшились на 7%. Основным загрязнителем атмосферы твердыми веществами является г. Липецк.

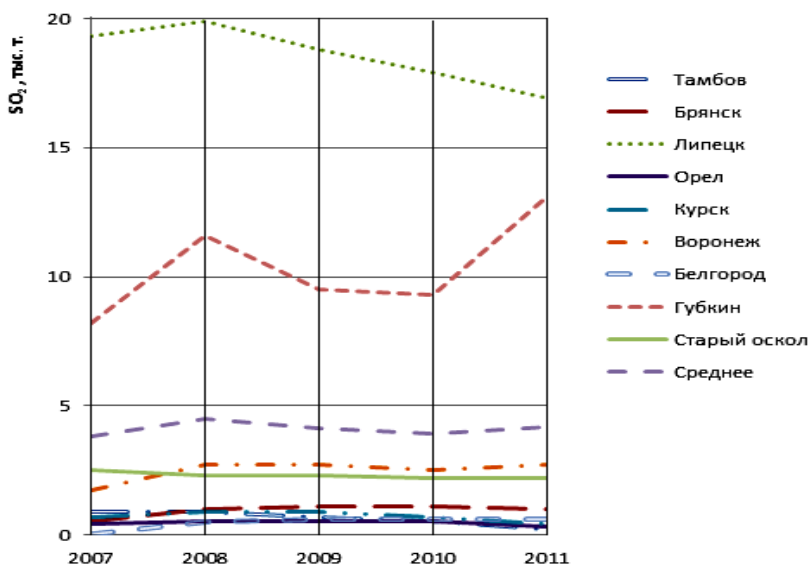


Рис. 1. Выбросы твердых веществ в атмосферу

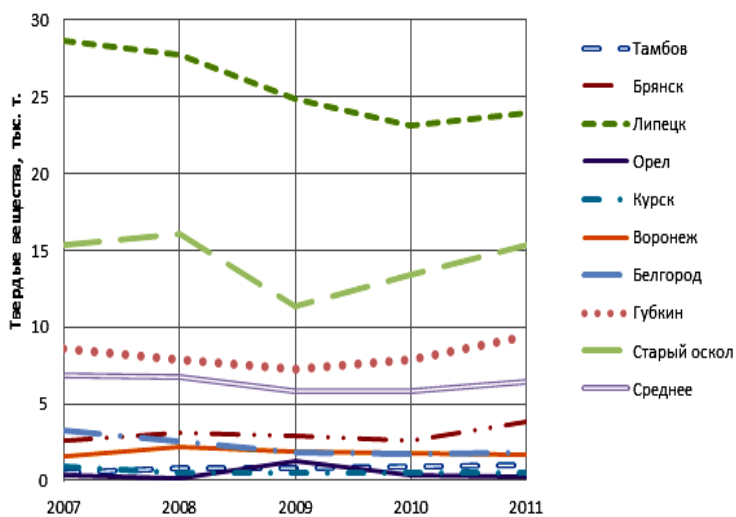


Рис. 2. Выбросы SO₂ в атмосферу

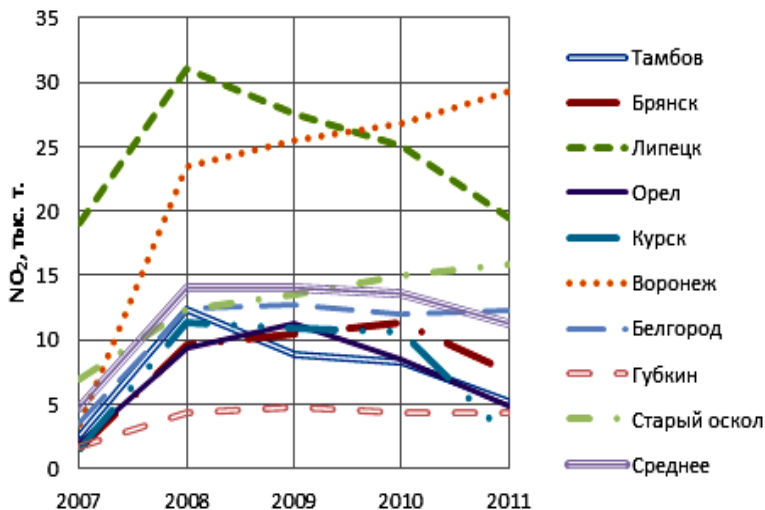


Рис. 3. Выбросы NO₂ в атмосферу

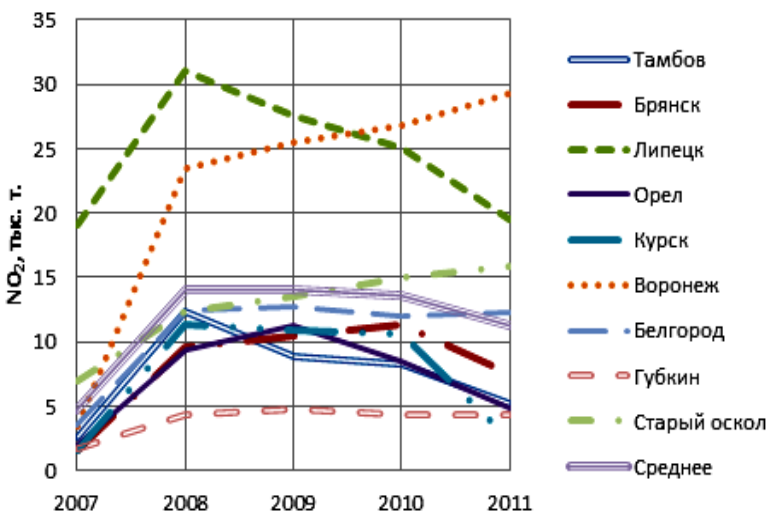


Рис. 4. Выбросы CO в атмосферу

Наблюдается тенденция уменьшения выбросов в атмосферу SO₂ в городах Тамбов, Липецк, Орел, Курск, Старый Оскол, соответственно, на 350; 14; 33,3; 75 и 13,6%. Повысился уровень загрязнения

в Брянске, Воронеже, Белгороде и Губкине, соответственно, на 50; 37; 93 и 37%. В среднем по ЦЧР за период с 2007 по 2011 гг. выбросы SO₂ в атмосферу увеличились на 8,45%.

По выбросам в атмосферу NO₂ ситуация ухудшилась. Во всех городах уровень загрязнения NO₂ резко повысился – в среднем по ЦЧР на 58%, а в Липецке незначительно – на 2%.

Выбросы в атмосферу CO увеличились в среднем по ЦЧР на 39%. Из всех городов к 2011 г. резко снизились выбросы CO в атмосферу только в Курске – на 50%, и, незначительно, в Липецке – на 1,7%. В остальных исследуемых городах выбросы увеличились в среднем на 86%.

Численность населения в городах с 2007 по 2011 гг. изменилась незначительно. Средний прирост населения по городам ЦЧР составил 1,5% – с 3528,8 до 3581 тыс. человек, лишь в Воронеже и Белгороде население увеличилось, соответственно, на 5,5 и 2,8%.

За 2007 г. суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу в ЦЧР составили 462,04 тыс. т, а за 2011 г. – 725,1 тыс. т. Среднедушевые выбросы загрязняющих веществ выросли за указанный период со 130 до 200 т (увеличились на 35%). В пересчете на площадь ЦЧР выбросы увеличились с 2,03 до 3,19 т/км² (возросли на 27,9%).

Тенденция к увеличению выбросов вредных веществ вызывает ухудшение экологической ситуации и в связи с этим опасение за здоровье населения.

Список литературы

1. *Ельчищева, Т. Ф.* Экологическая безопасность наружных ограждающих конструкций зданий при воздействии гигроскопических солей / Т. Ф. Ельчищева // Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. С. Попова. – В 4-х т. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2013. – Т. 3. – С. 47 – 56.

2. *Оценка концентраций примесей в воздухе на территории г. Тамбова за 2008 – 2012 гг.* / Т. Ф. Ельчищева, С. Н. Дудник, О. С. Барина, А. И. Дубровин // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В. И. Вернадского : сб. материалов 8-й междунар. науч.-практ. конф., 30 сентября 2013. – Тамбов : Изд-во ТМБпринт, 2013. – С. 91 – 95.

*Кафедра «Архитектура и строительство зданий»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

1. *Демидов А. Н.* ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ ПРОИЗВОДСТВА БИМЕТАЛЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА 3
2. *Стасенко К. С.* ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ 7
3. *Лобыкина Ю. И., Димитров В. В.* МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ 11
4. *Кацуба Д. С.* СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ШУМОВ НА ТЕРМОГРАММЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТРУКТУРНОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРЕ 15
5. *Алтунин К. А.* РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ 19
6. *Муравьев А. М.* ПРИМЕНЕНИЕ САПР ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В СРЕДЕ FEATURESAM 24
7. *Москвичева Т. И.* АЛГОРИТМ ДОСТУПА К ОБЪЕКТАМ В ИНФОРМАЦИОННОМ МАССИВЕ 28

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ

8. *Корнилов К. С.* СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ 32
9. *Балабанов П. В., Костров А. С.* МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ 36
10. *Рожков А. В., Васильев С. О., Антонов А. О., Попов О. Н.* НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ... 40

11. <i>Рожков А. В.</i> ЗАДАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В МЕТОДЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА	44
12. <i>Черкашин Д. Г.</i> ОБЗОР И АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНА- ВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ	48
13. <i>Маслов И. С.</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖКАДРОВЫХ РАЗНОСТЕЙ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	52
14. <i>Пудовкина Е. В.</i> МОБИЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	57

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ

15. <i>Щегольков А. В., Сапунов Г. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМОДИ- ФИЦИРОВАННЫХ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ	60
16. <i>Парамонова Е. В., Суздальцев А. П., Шишкина О. Ю., Черноятова Ю. В.</i> ПРИРОДНЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	65
17. <i>Пучкова Д. И., Паришкова М. В., Потемкин Н. С., Гурова Т. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКИХ КОМ- ПЛЕКСОВ «СОРБОМЕТР-М» И «МИКРОСАЙЗЕР 201»	70
18. <i>Паришкова М. В., Пучкова Д. И., Потемкин Н. С., Гурова Т. В.</i> ДИАГНОСТИКА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НАНОМАТЕРИАЛОВ	74
19. <i>Кучерова А. Е., Бураков А. Е., Романцова И. В.</i> НАНОМО- ДИФИЦИРОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	78
20. <i>Ботвина Ю. В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	83
21. <i>Дружинина В. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗО- ФАЗНОГО АМИДИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕ- РОДНЫХ НАНОТРУБОК	87
22. <i>Кондаков А. И., Аладинский А. А.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНО- СТИ НАНОРАЗМЕРНОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ	91
23. <i>Горский С. Ю.</i> ГАЗОФАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК: ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАЛИ- ЗАЦИИ	95

24. <i>Аносова И. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА НА ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ	99
25. <i>Сомова С. Б., Бокатанова Д. В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	104
26. <i>Богаева К. Д., Сухоруков А. К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	108
27. <i>Бокатанова Д. В., Сомова С. Б.</i> СИНТЕЗ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЛАБОРАТОРНОМ ТРУБЧАТОМ РЕАКТОРЕ	112
28. <i>Котомин Б. И., Польшиков В. Ю., Алекторов А. А., Добросоцкий А. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАМЕНИ	116
29. <i>Першин А. С., Петрова Е. А.</i> ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	120
30. <i>Семикина С. И., Колесникова Ю. Н.</i> СПЕЦИФИКА ПАТЕНТНОГО ПОИСКА В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	124
31. <i>Щегольков А. В., Шестаков К. В.</i> ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ	128
32. <i>Иконников В. С., Кучерова А. Е., Романцова И. В., Кашевич З. К., Бураков А. Е.</i> ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМАЯ ЖИДКОСТНАЯ СОРБЦИЯ НА НАНОМОДИФИЦИРОВАННОМ АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ	131
33. <i>Бураков А. Е., Кучерова А. Е., Романцова И. В., Герасимова Ю. А.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОРИСТЫЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ	134
34. <i>Завражин Д. О., Симонов А. Ю.</i> НОВЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ	137
35. <i>Худяков В. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МАШИНЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ, РЕЗИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЭЛАСТОПЛАСТОВ	141

БИОТЕХНОЛОГИЯ. БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

36. *Воронков Р. В.* СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО В ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕМАХ 145
37. *Потлов А. Ю., Ахтямов Д. В., Трубиенко А. А.* ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СНА НА ОСНОВЕ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ И АКСЕЛЕРОМЕТРИИ 149
38. *Авсиевич Т. И.* РАЗРАБОТКА ФАНТОМОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТОМОГРАФОВ 154

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

39. *Ланцов В. В., Краснослободцева Е. Н.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТА 158
40. *Надеждина А. С., Лопатина М. И., Романова Н. В.* РАЗРАБОТКА НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ 162
41. *Куликова Н. Ю., Обжорина Д. А., Тарасова А. В.* ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ НА СВОЙСТВА РАССОЛЬНОГО СЫРА 166
42. *Усиевич Д. Ю.* ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЦОВЫХ ПРЯНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ 170
43. *Шаволина М. А.* ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В ТЕХНОЛОГИИ ЛЕДЕНЦОВОЙ КАРАМЕЛИ 174
44. *Кудряшова Н. И., Долгова К. И.* МЕСТНОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 178
45. *Акимова М. С., Харламова О. С., Акулинин Е. И.* ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА В СПИРТОДРОЖЖЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 182
46. *Хрулова О. В., Скопинцева М. А.* ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА 186
47. *Суркова А. В., Андросова А. А., Левищева Н. С.* СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫВОРОТОЧНОГО СЫРА 190

48. *Анцифиров К. В., Дегтярева А. В., Бакушин М. Н.* ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТВОРОЖНОГО ТЕРМИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА 193

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ПРОЦЕССОВ

49. *Яценко А. Г.* ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ 197
50. *Федоров Д. Ю.* ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ 201
51. *Степанов А. Ю., Алешин А. В.* ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ САПРОПЕЛЯ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ 206
52. *Алешин А. В., Долгова Е. А., Степанов А. Ю.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА 210
53. *Рябова Е. А., Милованов Е. Е., Ремизов Д. С., Санталов Р. Д.* ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ СМЕШИВАНИИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОРЦИОННОЙ ПОДАЧЕЙ КОМПОНЕНТОВ 213
54. *Банин Р. Ю.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ КАПЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ 217
55. *Разинькова Д. В., Волокитина Д. И.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ШУНГИТА 221
56. *Примеров О. С., Кожарикова Н. В., Мельник Е. А., Макеев П. В.* РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ВАЛКОВОШНЕКОВОЙ УСТАНОВКЕ 225
57. *Примеров О. С., Кожарикова Н. В., Мельник Е. А., Макеев П. В.* ФУНКЦИИ СОВРЕМЕННОЙ УПАКОВКИ 230

ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

58. *Игнатов Н. Н., Мизев П. А., Тишин П. А.* РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА 235

59. *Полунина Н. Ю.* ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МНОГОМОДЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ 238
60. *Фомин А. А., Попов О. Н.* ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ 242
61. *Куркин И. А., Грибков А. Н.* АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 247

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

62. *Глистин В. Н.* МОДЕЛЬ ДАЛЬНОМЕРА ПОСАДОЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ 252
63. *Голов М. В.* ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СВЯЗЕЙ ДЛЯ СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ В УГЛОВОМ КАНАЛЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ 255
64. *Сурков В. О.* ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ 259
65. *Гришин А. А.* АКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА ВТОРОГО ПОРЯДКА 263
66. *Монькин Д. А.* ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ 266
67. *Комраков Д. В.* КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ 272
68. *Князев И. В.* ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛГОРИТМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕЛИ 275
69. *Ефремов Р. А.* ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА 279

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

70. *Кузнецов А. В.* К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ФЕРМ 284
71. *Демченко Е. В.* НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗАРУБЕЖНОГО
ОПЫТА РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ДОМОВ 288
72. *Ерофеев А. В.* КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА 291
73. *Ерофеев А. В., Овчаренко Е. А.* О КОЭФФИЦИЕНТЕ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОМ СОПРОТИВЛЕНИИ
ДЕКОРАТИВНЫХ ПЛИТ 295
74. *Графский Д. Г., Жоголева О. А.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА
ШУМА В КВАРТИРАХ С ЯЧЕЙКОВОЙ СИСТЕМОЙ
ПЛАНИРОВКИ 298

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

75. *Шитикова М. А.* МЕТОДИКА ВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИЙ КАК
ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ 302
76. *Алехина М. И.* УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯМИ
В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ 305
77. *Овчаренко С. Б.* ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗА-
ЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СРЕДЫ 309
78. *Дятлук М. В.* МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ГАЗЕТЫ «АЛЬМА МАТЕР» 313
79. *Пыльнева О. С.* ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕЛЕКОММУНИКА-
ЦИОННЫХ УСЛУГ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ 317

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

80. *Семержинский С. Г.* РАЗРАБОТКА САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ
ФИЛЬТРА 321
81. *Меркулов С. А., Фролов В. А.* МОДИФИКАЦИЯ
ДОРОЖНОГО БИТУМА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОМ
СОВМЕСТНО С ВТОРИЧНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ 325
82. *Безгин А. А.* АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА
В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ 329

Научное электронное издание

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Сборник научных статей
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск V

Редактор З. Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию О. М. Гурьянова

Подписано к изданию 12.03.2014
Заказ № 119

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон (4752) 63-81-08
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru

