

*150-летию со дня рождения  
Владимира Ивановича  
Вернадского  
посвящается*

# **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**ВЫПУСК IV**

**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»  
2013**



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 IV**

**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»  
2013

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 ист. наук, проф. С.А. Есиков; 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 техн. наук, проф. Г.М. Куликов;  
д-р хим. наук, проф. А.Б. Килимник; д-р техн. наук, проф. В.Е. Подольский;  
д-р техн. наук, проф. Ю.Ю. Громов; канд. техн. наук, доц. А.В. Майстренко;  
д-р техн. наук, проф. Н.Ц. Гатапова; д-р техн. наук, проф. А.Г. Ткачев;  
д-р техн. наук, проф. Д.М. Мордасов; д-р техн. наук, проф. Г.С. Баронин;  
М.А. Евсейчева

П781 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», 2013. – Вып. IV. – 274 с.

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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, гуманитарных и общественных наук, архитектуры и строительства; нанотехнологии и создание новых материалов; энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической и биотехнологии; информационные системы и технологии; обеспечение контроля и управления качеством продукции, процессов и услуг.

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

ББК я43

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

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

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2013

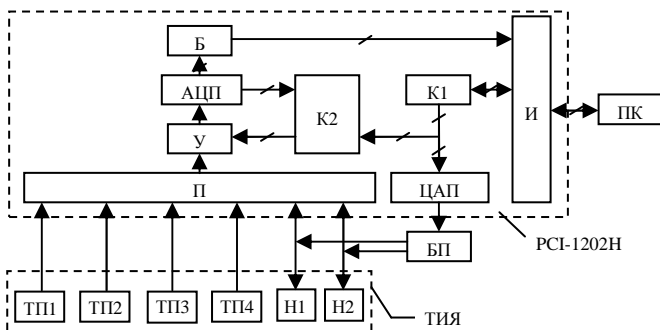
УДК 536.2.022

*Д.С. Кацуба, С.О. Юрина\**

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРОЗАВИСИМЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Теплофизические свойства являются важнейшими характеристиками веществ и материалов. Количественные расчеты тепловых и температурных полей реальных тел возможны только тогда, когда известны конкретные значения теплофизических свойств (ТФС) материалов этих тел.

Исследования температурных зависимостей ТФС твердых материалов проводили на измерительной системе (ИС), реализованной в виде комплекса, состоящего из персонального компьютера, встраиваемой в компьютер измерительно-управляющей платы АЦП/ЦАП PCI-1202, теплоизмерительной ячейки (ТИЯ) и регулируемого блока питания (БП). Электронагреватель, входящий в состав ТИЯ, обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемый образец, фиксирование температуры в заданных точках контроля термоэлектрическими преобразователями (ТП). Структурная схема ИС представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема измерительной системы**

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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.П. Жукова.

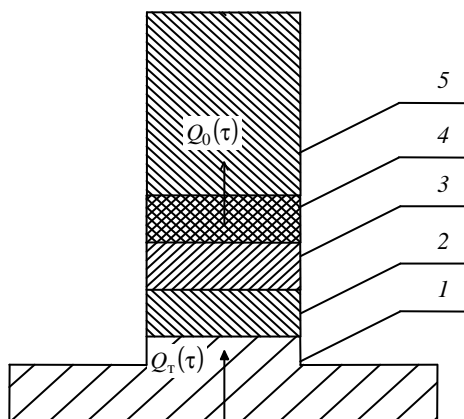
Мощность и длительность теплового воздействия встроенных в основание ТИЯ нагревателей (Н1) и (Н2) задаются программно через интерфейс (И), контроллер К1, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и БП. Регулирующий сигнал поступает на вход операционного усилителя (ОУ), включенного по неинвертирующей схеме. Сигнал с выхода ОУ подается на базу силового транзистора. ОУ поддерживает напряжение на выходе БП равное напряжению регулирующего сигнала.

Сигналы с ТП и БП поступают через мультиплексор (П), усилитель (У), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), буфер обмена (Б) и интерфейс в персональный компьютер. Контроллер К2 обеспечивает необходимый порядок опроса каналов и различные диапазоны измерения на каждом из них. Сбор информации производится при нагреве исследуемого тела.

Программное управление позволяет изменять алгоритмы, управляющие режимом эксперимента без изменения аппаратной части ИС, что делает систему гибкой и расширяет ее функциональные возможности.

Для измерения теплопроводности в приборе используется метод динамического  $\lambda$ -калориметра.

Тепловая схема метода представлена на рис. 2. Испытуемый образец 4 (в виде диска диаметром 15 мм и высотой 0,5...5 мм с притертыми контактными поверхностями), пластина 2, контактная пластина 3 и стержень 5 разогреваются тепловым потоком  $Q_0(\tau)$ , поступающим от основания 1.



**Рис. 2. Тепловая схема метода:**

1 – основание (блок нагрева); 2 – пластина; 3 – пластина контактная;  
4 – образец испытуемый; 5 – стержень

Боковые поверхности стержня 5, образца 4, пластины 2, 3 адиабатически изолированы. Стержень 5 и контактная пластина 3 изготовлены из меди, обладающей высокой теплопроводностью, поэтому перепады температуры на них незначительны.

Перед тем, как снимать экспериментальные данные, нужно градуировать измерительную систему, что подразумевает определение зависимости градуировочных параметров  $P_k$  и  $K_T$  от температуры. Для этого организуют специальные градуировочные эксперименты с образцами из меди и кварцевого стекла.

Градуировочные эксперименты осуществлялись в следующем порядке.

1. Изготавливают образец из исследуемого материала в виде цилиндра (диска) диаметром  $d = 15 \pm 0,3$  мм с высотой  $h$  в пределах  $h = 0,5 \dots 5$  мм.

Плоские поверхности образца в виде диска должны быть либо притерты шлифовальным порошком на контрольной плите, либо обработаны на плоскошлифовальном станке. Фаски на кромках дисков не допускаются.

2. Изготовленный испытуемый образец устанавливают на контактную пластину и сверху поджимают стержнем.

Опускают колпак и доводят температуру ядра ТИЯ до необходимого начального значения.

3. После достижения необходимой начальной температуры начинают проведение активной стадии эксперимента.

В процессе эксперимента осуществляется монотонный нагрев ТИЯ со скоростью  $b \approx 0,1$  К/с. Одновременно регистрируются значения температуры контактной пластины  $T_k(\tau)$  и стержня  $T_c(\tau)$ , температурные перепады  $n_o$  на образце и  $n_T$  на тепломере, а также состояние сигналов управления нагревателями блока и адиабатной оболочки.

4. Активную стадию эксперимента прекращают после достижения заданного значения предельной температуры, которая должна быть на несколько градусов ниже температуры деструкции исследуемого материала.

5. Осуществляют обработку полученных экспериментальных данных при помощи программы для градуировки измерительной системы.

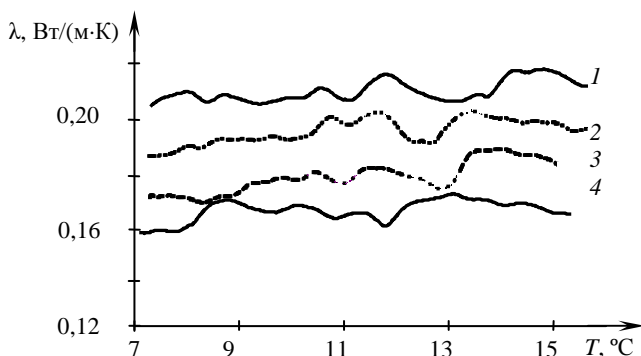
Управление нагревателями ИС производилось в автоматическом режиме.

Экспериментальные исследования температурных зависимостей теплопроводности проводились по методике, аналогичной градуировке,

на образцах, предоставленных РХТУ им. Д.И. Менделеева, из эпоксиноволачной смолы DEN 425, отвержденной метилэндиковым (МЭА) ангидридом дикарбоновой кислоты. В качестве ускорителя использован 2,4,6-трис (диметиламинометил) фенол (УП 606/2), в качестве наполнителей применены многослойные углеродные нанотрубки (УНТ) в растворе Лапролат-301 (Лапролат-301 – олигоэфирциклокарбонат).

Известно, что введение наполнителей или модификаторов в полимер влияет на теплопроводность, причем численное значение теплопроводности  $\lambda$  композиционного материала будет определяться не только количеством введенной добавки, но и характером ее взаимодействия с полимерной фазой [1].

На рисунке 3 представлены экспериментальные данные, полученные в опытах с образцами из композиционных материалов на основе эпоксиноволачной смолы.



**Рис. 3. Зависимости теплопроводности композиционных материалов (с наполнителем) от температуры. Количество наполнителя: 1 – исходный материал; 2 – 0,7%; 3 – 1,5%; 4 – 2%**

Наполнение эпоксиноволачной смолы DEN 425 углеродными нанотрубками существенно понижает теплопроводность материала (на 25%) во всем исследуемом интервале значений температуры (70...160 °C), фактически не меняя характера кривой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев и др. – Киев : Наукова Думка, 1990. – 200 с.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*



*Е.В. Пудовкина\**

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

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 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].

Целью работы является создание ИС НК качества (толщины, различных нарушений сплошности и однородности материала, определение очагов коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов) металлических и пластиковых труб, котлов, сосудов, обшивок, многослойных конструкций.

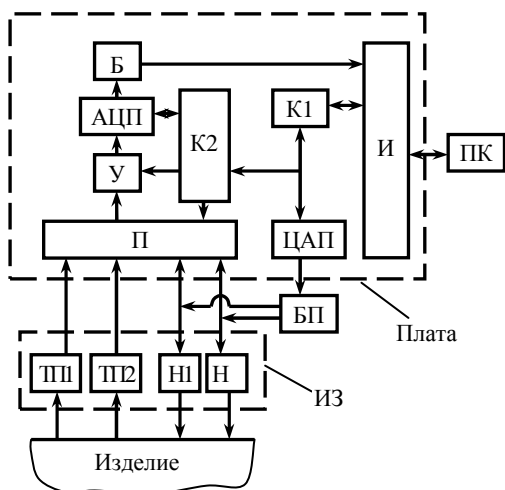
Решены следующие задачи: выполнен анализ методов и средств НК ТФС многослойных изделий; выбрана структурная схема ИС, конструкции измерительных зондов; выбрана измерительная схема метода НК; исследованы методы НК многослойных материалов и изделий.

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 ИС для технической диагностики и НК качества двухслойных изделий.

Структурная схема измерительной системы, разработанной в Тамбовском государственном техническом университете и предназначенной для неразрушающего контроля качества покрытий, представлена на рис. 1.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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. Структурная схема измерительной системы**

ИС состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, сменных измерительных зондов (ИЗ), регулируемого блока питания (БП).

ИЗ обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемый образец с помощью нагревателей (Н1 и Н2). В качестве термоэлектрических преобразователей (ТП1, ТП2) используются дифференциальные термопары, горячие спаи которых устанавливаются в плоскости контакта ИЗ с исследуемым объектом, холодный спай устанавливаются на подложку измерительного зонда.

При измерениях ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого объекта. Мощность и длительность теплового воздействия БП задаются программно через интерфейс (И), контроллер К1, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Сигналы с ТП1 и ТП2 поступают через мультиплексор (П), усилитель (У), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), буфер обмена (Б) и интерфейс (И) в ПК. Контроллер К2 обеспечивает необходимый порядок опроса каналов и различные диапазоны измерения на каждом из них. Сбор информации производится при нагреве исследуемого тела.

Измерительная схема метода представлена на рис. 2.

Первое тело представляет собой исследуемый образец, состоящий из двух слоев. Первый слой исследуемого тела имеет следующие ТФС: теплопроводность  $\lambda_1$ , теплоемкость  $c_1$ , плотность  $\rho_1$ .

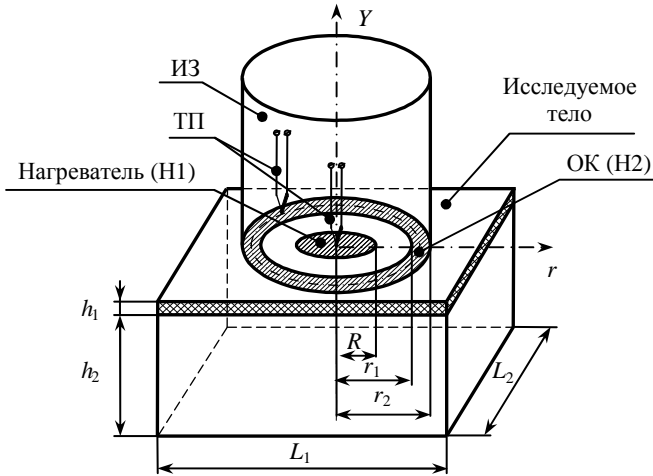


Рис. 2. Измерительная схема

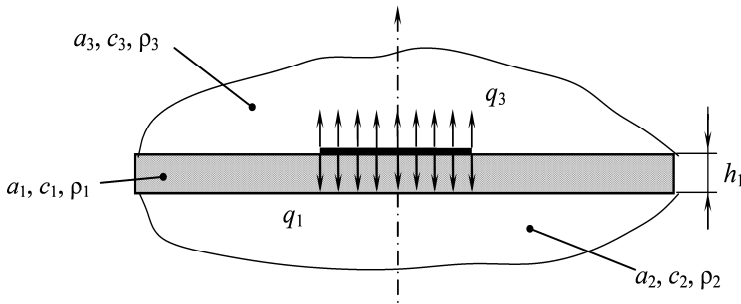


Рис. 3. Тепловая схема

Второй слой объекта имеет ТФС:  $\lambda_2, c_2, \rho_2$  (рис. 3). Толщина первого слоя –  $h_1$ , второго –  $h_2$ . Температура соприкасающихся поверхностей первого и второго слоя 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 –  $\lambda_3, c_3, \rho_3$ . 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 Н1 постоянной мощности  $q$ , выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R$ , встроенного в подложку ИЗ.

Охранное кольцо (ОК) представляет собой нагреватель Н2, предназначенный для реализации одномерного температурного поля в исследуемом объекте.

Математические модели теплопереноса от источника тепла постоянной мощности для данной двухслойной системы получены в результате решения краевой задачи теплопроводности [1].

При определении математических моделей, описывающих процесс распространения тепла в исследуемых двухслойных объектах, рассматриваются два возможных случая.

Первый двухслойный объект представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – низкотеплопроводный; второй – высокотеплопроводный. Во втором случае объект исследования – двухслойное тело, первый слой которого – высокотеплопроводный; второй – низкотеплопроводный.

ИС для НК многослойных материалов и готовых изделий из них может быть использована для определения комплекса ТФС и толщины металлических, 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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов и изделий : монография / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – М. : Машиностроение–1, 2004. – 288 с.

2. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И.В. Рогов, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, Н.В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 9 (23) – С. 93 – 99.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Е.А. Меркина\**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сформулируем задачу проектирования сложных функциональных продуктов питания. Пусть нам известен набор альтернативных вариантов сырьевых ингредиентов и эскизная технологическая схема (основные стадии) производства нового продукта питания (готового продукта). Требуется определить рецептуру  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  готового продукта, при которой основные потребительские характеристики (пищевая, биологическая, энергетическая ценность и др.) и себестоимость готового продукта  $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$  достигают оптимальных значений, а другие потребительские характеристики (например, микробиологические показатели, срок хранения и т.п.)  $\overline{g_j(x)}$ ,  $j = \overline{1, r}$  удовлетворяют требованиям технического задания на разработку рецептуры нового продукта питания, т.е.  $g_j(x) \leq 0$ ,  $j = \overline{1, r}$ .

Математическая постановка задачи проектирования оптимальной рецептуры имеет следующий вид:

$$x^* = \arg \min \{ F(x) \}, \quad (1)$$

при связях в форме иерархической модели продукта питания со сложным сырьевым составом (рис. 1), соотношениях сырьевых ингредиентов и полуфабрикатов

$$\underline{x}_i \leq x_i \leq \overline{x}_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

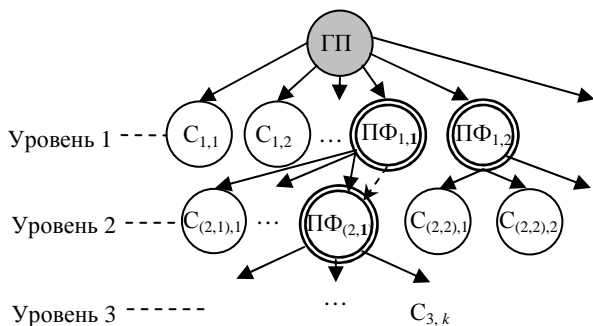
и ограничениях на другие потребительские характеристики готового продукта

$$g_j(x) \leq 0, \quad j = \overline{1, r}. \quad (3)$$

Поясним индексы на рис. 1, где показана трехуровневая иерархическая модель сложного пищевого продукта. В этой модели нумерация сырьевых компонентов и полупродуктов ведется отдельно на каждом уровне. Готовый продукт имеет индекс 0. Индексация ингредиентов представлена в виде  $(i, j)$ ,  $k$ , где  $i$  – номер иерархического уровня;  $j$  – номер полуфабриката;  $k$  – номер ингредиента.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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.Г. Толстых.



**Рис. 1. Иерархическая структура рецептуры пищевого продукта:**  
 ГП – готовый продукт; С – сырьевой ингредиент; ПФ – полуфабрикат;  
 нижние индексы – номера иерархическим уровней

Алгоритм решения задачи (1) – (3).

*Шаг 1.* Формирование допустимой области  $D$  рецептурных ингредиентов.

1.1. Заполнение  $n$ -мерного параллелепипеда (3) в соответствии с методикой И.М. Соболя [1].

1.2. Проверка выполнения ограничений на потребительские характеристики.

Для каждой сгенерированной точки  $x^{(k)}$  параллелепипеда (3) осуществляется проверка ограничений на потребительские характеристики готового продукта:  $g_i(x^{(k)}) \leq 0, j = \overline{1, r}$ . Если все  $r$  условий выполнены, точка считается допустимой, т.е. она принадлежит области  $D$ .

*Шаг 2.* Расчет основных потребительских характеристик и себестоимости (критериев оптимизации) функционального продукта питания. Для каждой точки области  $D$  осуществляется расчет основных потребительских характеристик и себестоимости. При этом формируется множество точек в критериальном пространстве  $\{F(x), k = \overline{1, N_D}\}$ , где  $N_D$  – число допустимых точек в  $LP_\tau$ -последовательности.

*Шаг 3.* Формирование области Парето  $Q$ . Производится попарное сравнение всех допустимых точек из области  $D$  по значениям критериев путем проверки выполнения условий

$$\exists n : f_n(x^{(k_1)}) < f_n(x^{(k_2)}), \quad n = \overline{1, m}; \quad k_1 = \overline{1, N_D}; \quad k_2 = \overline{1, N_D}; \quad k_1 \neq k_2;$$

$$\exists u : f_u(x^{(k_1)}) > f_u(x^{(k_2)}) \wedge \forall h \neq u : f_h(x^{(k_1)}) \geq f_h(x^{(k_2)}),$$

$$u, h = \overline{1, m}; \quad k_1 = \overline{1, N_D}; \quad k_2 = \overline{1, N_D}; \quad k_1 \neq k_2.$$

*Шаг 4.* Окончательное решение из множества эффективных точек Парето выбирается в зависимости от конъюнктуры рынка.

Приведем пример решения задачи оптимизации рецептуры сыров глазированных с орехами по пяти критериям ( $f_1(\mathbf{x})$  – стоимость;  $f_2(\mathbf{x})$  – содержание минеральных веществ;  $f_3(\mathbf{x})$  – содержание полиненасыщенных жирных кислот;  $f_4(\mathbf{x})$  – содержание витаминов;  $f_5(\mathbf{x})$  – содержание незаменимых аминокислот) с учетом трех ограничений (содержание сухих веществ в готовом продукте – не более 70%; содержание жиров – не более 28%; энергетическая ценность – не более 420 ккал). Набор рецептурных ингредиентов представлен в табл. 1.

### 1. Набор рецептурных ингредиентов

Наименование сырья, область допустимых значений, %	Содержание						Энергетическая ценность, ккал	Стоимость, р.
	сухих веществ, %	жиров, %	минеральных веществ, г	полиненасыщенных жирных кислот, мг	витаминов, мг	незаменимых аминокислот, г		
1. Творог, 50...55	38,0	18,0	1,0	1,0	52,7	8,94	236	120,0
2. Масло сливочное, 10...13	84,0	82,5	0,2	2,5	3,0	0,33	748	175,0
3. Сахар-песок, 18...22	99,85	–	0,007	–	–	–	399	25,5
4. Орехи лущеные (грецкие), 1...3	96,2	60,8	2,0	40,4	16,6	9,74	656	200,0
5. Глазурь жировая, 17...22	98,6	37,2	1,0	–	6,16	–	547	120,0

Целевые функции вычисляются по формулам

$$f_i(x) = \sum_{j=1}^4 c_{ij}x_j + c_{i,5} \left( 100 - \sum_{j=1}^4 x_j \right), \quad i = \overline{1, 5},$$

где  $x_j, j = \overline{1, 4}$  – процентное содержание творога, масла сливочного, сахара-песка, орехов лущеных, соответственно;  $c_{1,j}, j = \overline{1, 4}$  – заку-

почные цены на ингредиенты сырков, р.;  $c_{2,j}, j = \overline{1, 4}$  – содержание минеральных веществ, г;  $c_{3,j}, j = \overline{1, 4}$  – содержание полиненасыщенных жирных кислот, мг;  $c_{4,j}, j = \overline{1, 4}$  – содержание витаминов, мг;  $c_{5,j}, j = \overline{1, 4}$  – содержание незаменимых аминокислот, г.

В результате решения многокритериальной задачи оптимизации было определено множество эффективных точек, принадлежащих области Парето. Варианты рецептур представлены ниже.

1. Рецепттура с минимальной себестоимостью готового продукта

$$\widehat{\mathbf{F}}(x) = (105,83; 0,71; 1,20; 27,90; 4,61);$$

$$\widehat{\mathbf{x}} = (50,03; 10,01; 21,75; 1,10; 17,11).$$

2. Рецепттура с максимальным содержанием минеральных веществ

$$\widehat{\mathbf{F}}(x) = (110,69; 0,77; 1,98; 28,95; 4,92);$$

$$\widehat{\mathbf{x}} = (51,41; 10,23; 18,34; 2,99; 17,03).$$

3. Рецепттура с максимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот

$$\widehat{\mathbf{F}}(x) = (111,51; 0,76; 2,00; 28,68; 4,87);$$

$$\widehat{\mathbf{x}} = (50,85; 11,14; 18,01; 2,99; 17,01).$$

4. Рецепттура с максимальным содержанием витаминов

$$\widehat{\mathbf{F}}(x) = (109,33; 0,75; 1,22; 29,86; 4,94);$$

$$\widehat{\mathbf{x}} = (53,77; 10,09; 18,06; 1,06; 17,02).$$

5. Рецепттура с максимальным содержанием незаменимых аминокислот

$$\widehat{\mathbf{F}}(x) = (110,76; 0,77; 1,91; 29,28; 4,97);$$

$$\widehat{\mathbf{x}} = (52,11; 10,03; 18,00; 2,82; 17,04).$$

Окончательный выбор рецептуры из вышеприведенных вариантов производился, исходя из соотношения цена-качество с учетом органолептической оценки продукта и его физико-химических показателей. В данном случае предпочтительнее вариант с максимальным содержанием минеральных веществ и незаменимых аминокислот, так как он имеет оптимальные значения четырех критериев из пяти:

$$\mathbf{F}^* = (110,76; 0,77; 1,91; 29,28; 4,97);$$

$$\mathbf{x}^* = (52,11; 10,03; 18,00; 2,82; 17,04).$$



В данном случае применение этой методики оправдано рядом причин: 1) предполагается усложнение решаемой задачи включением в поиск не только соотношений ингредиентов, но и деревьев рецептов, что приводит ее к дискретно-непрерывному типу многокритериальных задач; 2) точность получаемого решения можно оценить при увеличении числа точек, заполняющих параллелепипед (3), причем в случаях, когда мы знаем время вычисления одной точки в параллелепипеде (3), можно сопоставить требования точности и вычислительные возможности; 3) решение задачи легко распараллеливается в условиях решения на вычислительном кластере; 4) в методике не выдвигаются требования к связности области компромиссных решений и к выпуклости системы ограничений (2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями : учеб. пособие для вузов / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М. : Дрофа, 2006. – 176 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 004.912**

*Е.В. Костерин\**

#### **РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ, АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИЗА УНИКАЛЬНОСТИ ДОКУМЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

В настоящее время существует свободный доступ к информации в Интернете. Учащимся вузов стало легче делать доклады, курсовые работы, писать статьи и дипломные работы. Они копируют большинство информации из Интернета, не вникая в суть проблемы, что негативно сказывается на знаниях. Как следствие, наши вузы выпускают специалистов низкого уровня. Также много работ выполняется в графическом виде, а средств – для поиска и анализа уникальности графического материала очень мало.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» В.Е. Дидриха.

Система анализа уникальности документов (САУД) широко используется для проверки на предмет заимствований материала из открытых источников.

Целью работы является разработка САУД для учебно-исследовательской и проектной деятельности, посредством принципиально нового подхода к процессу анализа информации в сети Интернет.

Достижение поставленной цели обеспечит повышение уровня работ учащихся вузов. Программный комплекс подразумевает повышенный контроль анализируемой информации, уникальный алгоритм анализа информации и принятия решения о ее качестве и уникально спроектированную базу данных для хранения и обработки запросов.

Построенные математические модели, алгоритмы, технологические решения, предложенные для достижения поставленной цели, лягут в основу программного комплекса для анализа уникальности документов с текстовым и графическим наполнением, с возможностью определения уровня плагиата, зависящего от положения в документе и от величины неуникальной информации.

В целом, программное обеспечение позволит повысить уровень ответственности обучаемых, улучшить качество получаемых знаний и автоматизировать процесс анализа уникальности информации.

Научная новизна САУД заключается в способе анализа информации (принятия решения об уникальности документов). Программный комплекс отличается от известных существующих программ для анализа уникальности текста, тем, что все программные продукты анализируют только текстовую составляющую, в то время как САУД анализирует документ в целом (с изображениями). Когда анализ будет закончен, программный комплекс сообщит также и о качестве работы. Например, в хороших работах, в начале текста неуникальный контент встречается чаще, чем в основной части.

На сегодняшний день представлено множество программ анализа текста, но они в большинстве своем работают через поисковые системы.

Рассмотрим имеющиеся на рынке аналоги:

1. «Антиплагиат» – это продукт, предназначенный для поиска неуникального текста и позиционирующий себя как средство для борьбы с плагиатом в учебных заведениях, и созданный на основе Интернет/Интранет технологий. Для анализа текста в нем используются уникальные алгоритмы.

2. Система «Плагиат-Информ», разработанная компанией Софт-Информ. Программа на первом этапе сравнивает сдаваемую работу с уже имеющимися в базе рефератами и курсовыми целиком. Если плагиат не отслежен, то программа повторно проверяет ее, предварительно разбив на абзацы. Программный продукт может использоваться в

рамках одного вуза и в сети вузов, что позволяет сравнивать сдаваемые работы в разных вузах между собой.

3. Advego Plagiatus – программа поиска в Интернете частичных или полных копий текстового документа.

4. eTXT Антиплагиат – программа проверки уникальности текста. Осуществляет поиск совпадений текста в Интернете.

Разрабатываемая САУД обладает схожим функционалом с программным продуктом «Антиплагиат», но в отличие от него анализирует не только текстовый материал, но и графический. Таким образом, она выдает более точные результаты уникальности.

Остальные программы направлены на анализ текста для продвигаемых ресурсов в сети Интернет. Для проверки же уникальности изображения существует, например, сервис tineye.com, однако добавлять по одной картинке для поиска не очень удобно и задачи этот сервис выполняет другие.

В создаваемую САУД должны входить следующие основные компоненты:

- 1) поисковая машина;
- 2) база данных ресурсов в сети Интернет;
- 3) сервис анализа уникальности текста;
- 4) сервис анализа уникальности изображений;
- 5) веб-интерфейс администратора;
- 6) веб-интерфейс пользователя;
- 7) набор интерфейсов прикладного программирования и протоколов взаимодействия компонентов.

Кроме того, в САУД планируется построить оптимизированную базу данных, основанную на разработанных моделях, для ускорения работы с данными.

Для анализа уникальности текста планируется реализовать метод выявления дубликатов, заключающийся в признании документов дубликатами, если у них совпадает более 6 из 12 отобранных по статистическим критериям ключевых слов [1].

Продукт должен обеспечивать:

- 1) обмен файлами, сообщениями электронной почты и другими видами информации;
- 2) независимость от пользовательской платформы;
- 3) прозрачность на уровне доступа;
- 4) масштабируемость;
- 5) целостность и конфиденциальность данных.

Программное обеспечение должно функционировать под управлением следующих операционных систем:

- 1) компоненты операторской части – ОС Linux;
- 2) компоненты клиентской части – ОС Windows, ОС Linux.

Рассмотрим контингент покупателей и предполагаемый объем платежеспособного рынка.

Согласно статистике Росстата, за 2011 год в России насчитывалось 56 тысяч средних и высших образовательных учреждений. Учитывая область применения разрабатываемой САУД, мы можем сказать, что потенциальными потребителями нашего продукта являются все образовательные учреждения РФ. Если принять за ориентир, что 5% учреждений согласны внедрить в процесс обучения разрабатываемую САУД, мы получаем 2800 образовательных учреждений. В данном случае непосредственный контингент покупателей системы составляют администрации соответствующих учреждений или муниципальные образовательные контролирующие органы.

Также были проанализированы поисковые запросы по ключевым словам, относящимся к САУД, и к учебно-исследовательской деятельности в целом. За последние 12 месяцев пользователи поисковой системы Яндекс обращались к системе со следующими запросами (в среднем за месяц):

- анализ уникальности – 197 запросов;
- уникальность текста – 15 543 запроса;
- уникальность изображений – 141 запрос;
- проверить на уникальность онлайн – 1780 запросов.

Полученные результаты дают основания полагать, что потенциальный рынок содержит не только образовательные учреждения, но и индивидуальных пользователей проектируемой САУД.

Таким образом, согласно российскому классификатору деятельности ОКВЭД разрабатываемый продукт может применяться в следующих областях:

- 80.10.3 Дополнительное образование детей;
- 80.21 Основное общее и среднее (полное) общее образование;
- 80.22.2 Среднее профессиональное образование;
- 80.30.1 Обучение в образовательных учреждениях высшего профессионального образования (университетах, академиях, институтах и в др.);
- 80.30.2 Послевузовское профессиональное образование.

Рассмотрим ориентировочную цену и себестоимость (в расчете на единицу продукции), планируемую прибыль на единицу продукта.

Учитывая ценовую политику конкурентов и существующие способы распространения продуктов, ориентировочная стоимость годовой подписки для образовательного учреждения не будет превышать 15 000 рублей.

Для индивидуальных пользователей предполагается предоставление сервиса на срок от 1 месяца, при этом месячная подписка не будет превышать 500 рублей с ограничением количества анализа документов в день (не более 15 в день).

Рассмотрим ценовую политику конкурентного продукта.

Продукт «Антиплагиат» полный пакет услуг стоит 22 тыс. р. в год. Для преподавателей бесплатно, но с ограничением по отчетам и дополнительным коллекциям.

Таким образом, в статье была рассмотрена проблема плагиата в вузах и информационные системы, позволяющие бороться с ним. А также предложены принципы построения САУД, которая позволит выполнять комплексный анализ уникальности документов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландэ, Д.В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы / Д.В. Ландэ, А.А. Снарский, И.В. Безсуднов. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.

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

**УДК 004.056.5**

*А.С. Минаев\**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ С ФЛЭШ-НАКОПИТЕЛЕЙ**

Защита данных от несанкционированного копирования (НСК) – это, прежде всего, защита авторских прав владельцев информации (литературных изданий, статей, произведений музыки и живописи, фотографий и т.д.). Отсутствие такой защиты приводит не только к потере прибыли, но и другим неприятным последствиям. К сожалению, в настоящее время попытки нарушения авторских прав на объекты интеллектуальной собственности – регулярное и повсеместное явление (особенно в Российской Федерации). Недостаток эффективности правовой защиты интересов создателей и владельцев информации приводит к необходимости создания аппаратно-программных комплексов (АПК) их защиты.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» В.Е. Дидриха.

Организации, работающие не первый год в сфере информационных технологий, обязаны пользоваться многофункциональными сложными АПК, выполняющими широкий спектр задач по защите информации от НСК. И доходы таких компаний соотносятся с затратами на обеспечение защиты. А что делать, к примеру, художникам, фотографам, журналистам, писателям, композиторам, для защиты своих произведений от кражи? А если они, к тому же, владеют лишь азами «компьютерной грамоты», не говоря уже об опыте использования СЗД от НСК? Им одним известно, сколько затрачивается усилий, времени и материальных средств для создания «конечного продукта» интеллектуальной собственности, а быть может, и настоящего произведения искусства. Из-за отсутствия на рынке программного обеспечения (ПО), отвечающего их требованиям и материальным возможностям, их «выстраданные» произведения становятся источником легкой наживы злоумышленника. Отсюда и вытекает необходимость разработки ПО, ориентированного на специфического потребителя.

Целью работы является обеспечение защиты данных от НСК с материальных носителей информации с накопителем на флэш-памяти с интерфейсом USB.

Разрабатываемый программный продукт предназначен для защиты данных от НСК потенциальным злоумышленником (в качестве которого рассматривается не только стороннее лицо, но и сам пользователь, получивший разрешение владельца информации на ознакомление с ней).

В разработку ПО входит следующий перечень работ:

- 1) постановка проблемы;
- 2) описание предметной области;
- 3) программная реализация СЗД от НСК;
- 4) отладка программы;
- 5) документирование.

Во время достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Произведен анализ существующих методов и средств защиты данных от НСК с носителей типа USB-накопитель, в результате которого был обнаружен их недостаток, а именно недостаточная защита данных от НСК пользователем, которому они были предоставлены.

2. Разработана модель средства защиты данных, основанная на криптографической защите данных с привязкой к накопителю и расшифрованием файлов в оперативную память.

3. Разработано алгоритмическое обеспечение средства защиты, а также путем анализа вариантов на основе функции полезности был выбран оптимальный криптографический алгоритм.

4. Программно реализована разработанная модель средства защиты данных от НСК с носителей типа USB-накопитель для файлов формата .txt, .jpg, .png, .tiff, .bmp, .tga, .wav.

На основе результатов анализа недостатков существующих СЗД от НСК с носителей типа USB-накопитель была предложена система, лишенная этих недостатков. В ходе проектирования системы было разработано ее алгоритмическое обеспечение и выбран криптографический алгоритм, используемый в программной реализации данного средства. В соответствии с разработанным алгоритмическим обеспечением была осуществлена программная реализация данного СЗД от НСК с носителей типа USB-накопитель.

В составе программного продукта можно выделить два основных приложения:

1) «администраторское» – модуль предварительной обработки информации – кодирует открытые данные текстовых, графических, аудио- и видеофайлов на выбранный накопитель;

2) «клиентское» – модуль работы с защищенными файлами – производит декодирование в область оперативной памяти рабочей станции и представляет вниманию пользователя данные в исходном виде при помощи включенных в состав приложения модулей чтения, имеющих ограниченный функционал.

Для защиты от посторонних лиц возможно использование криптографических методов защиты информации (КМЗИ), но при этом ключ шифрования должен вычисляться алгоритмически и не должен быть известен пользователю, дабы не дать ему возможности копировать и тиражировать доступную ему информацию. Расшифрованные файлы не сохраняются на носителе или жестком диске компьютера, а после завершения работы они удаляются.

На внешнем рынке имеются такие конкурентные АПК защиты от НСК как:

1. Transcend Elite, TDK Trans-IT, SanDisk Cruzer Enterprise, Elecom PASS, PinPad USB Stick – реализуют парольные методы защиты (за исключением Elecom PASS, который комбинирует парольную аутентификацию с привязкой к заданному ранее типу эксплуатируемых ЭВМ), что способствует защите от НСК посторонним лицом, но не обеспечивает защиты от НСК самим пользователем, что, безусловно, является существенным недостатком, как и свойственная этим комплексам необходимость наличия специализированного аппаратного обеспечения (АО) (защитить можно только USB-накопитель того же производителя, но не любой).

2. Dekart Private Disk, Flash Disk Crypto, True Crypt – реализуют КМЗИ (наибольшим преимуществом среди них обладает True Crypt, так как, во-первых, он распространяется бесплатно; во-вторых, деко-

дирование защищенных файлов осуществляется не на жесткий диск рабочей станции, а только в область ее оперативной памяти).

Но, несмотря на частные преимущества, True Сrypt не осуществляет привязки кодированных файлов к конкретному USB-накопителю и не содержит в своем составе ограниченных по функционалу модулей чтения декодированной информации, а значит, и не защищает от НСК самим пользователем. Теоретически, злоумышленник может скопировать защищенные файлы и на другой носитель, а если он обладает еще и ключевым файлом, то у него появляется возможность копировать и тиражировать похищенные данные. В случае с разрабатываемым ПО так поступить не получится.

Несколько слов о контингенте потенциальных покупателей и об объемах платежеспособного рынка: анализ поисковых запросов по ключевым словам, относящимся к данному ПО, и к деятельности по защите от НСК в целом, показал, что за последние 12 месяцев пользователи поисковой системы Яндекс обращались к ней со следующими запросами (приведены количества запросов в среднем за месяц):

- 1) защита авторских прав – 3141;
- 2) защита от копирования – 5869;
- 3) защиты персональных данных – 16 316;
- 4) криптографическая защита информации – 1724;
- 5) защита usb flash – 805.

Полученные результаты дают основания полагать, что рынок содержит множество потенциальных пользователей проектируемого ПО. Что касается схем распространения продукта, планируется осуществлять продажу сразу тремя возможными путями:

- 1) предоставлять функциональные возможности ПО в качестве услуги;
- 2) продажа лицензий (годовая подписка);
- 3) прямая продажа ПО.

Менее приоритетным из трех способов является прямая продажа, так как ПО защиты от НСК само вполне подвержено копированию, а это уже означает убытки. Так что целесообразнее осуществлять прямую продажу по завышенным ценам.

Цены конкурентных продуктов, реализующих парольную защиту, зависят в основном от цены требуемого накопителя того же производителя и составляют суммы в диапазоне от \$15 до \$25, хотя встречаются и более дорогие образцы – \$217. Цены продуктов, реализующих КМЗИ, находятся в диапазоне от \$19.95 до \$65 (указаны суммы для случая прямой продажи ПО потребителю). Предусмотрены бесплатные периоды для ознакомления с продуктом, что является сейчас по-



пулярным направлением стимулирования продаж. С учетом ценовой политики конкурентов цена продукта при прямой продаже не должна превышать \$5.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анин, Б.Ю. Защита компьютерной информации / Б.Ю. Анин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2000. – 384 с.
2. Баричев, С.Г. Основы современной криптографии / С.Г. Баричев, В.В. Гончаров, Р.Е. Серов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 175 с.
3. Белкин, П.Ю. Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности. Защита программ и данных / П.Ю. Белкин, О.О. Михальский, А.С. Першаков. – М. : Радио и связь, 1999. – 169 с.

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

**УДК 004.94**

*А.А. Руднев \**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

В ходе проведенных исследований в области химической и пищевой промышленности, машиностроения, энергообъектах и других промышленных предприятий было выявлено, что большая часть аварийных ситуаций возникает по вине человеческого фактора и достигает 80% от общего числа аварий. Поэтому внедрение в производство виртуальных тренажеров, направленных на повышение профессионального уровня персонала, является актуальной задачей. Это особенно важно для многоассортиментных производств с частой сменой ассортимента выпускаемой продукции. Отработка на виртуальных тренажерах устойчивых навыков противодействия возникновению ава-

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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.Н. Краснянского.

рийных ситуаций, а также локализации их развития, позволяет существенно повысить надежность функционирования технических систем и снизить ущерб от возникновения внештатных ситуаций.

Развитие компьютерных технологий открывает широкие возможности для разработки электронных средств обучения и тренинга персонала технических систем. Решение данной задачи предлагается осуществлять с использованием виртуальных тренажерных комплексов, которые направлены на всестороннюю подготовку оператора к решению различных производственных задач, как в штатном, так и аварийном режимах функционирования.

Тренажерные комплексы могут быть представлены в виде системы, основными компонентами которой являются: теоретическая часть (регламент, ПЛАС, обучающие видеоролики), практическая часть (тренажер в LabView, интерактивный 3D-компонент) и тесты.

В основе интерактивного 3D-компонента тренажера (рис. 1) лежат: трехмерная геометрическая модель производственной площадки, на которой размещен химико-технологический объект; функциональное обеспечение, позволяющее реализовывать на виртуальной производственной площадке все мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.



Рис. 1. Интерактивный 3D-компонент тренажера

В дополнение к функциям обучающийся получает возможность перемещаться в виртуальном пространстве производственной площадки и операторной, подходить ко всем смоделированным объектам (оборудованию, приборным щитам, средствам пожаротушения и др.) и выполнять соответствующие мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

При моделировании виртуального производственного помещения возникает задача классификации, создания и размещения множества объектов в сцене с помощью геометрических преобразований в соответствии с предъявляемыми требованиями к создаваемой модели.

Рассмотрим объекты виртуального производственного пространства в виде совокупности следующих множеств (рис. 1):

$$VirtPr = Ter \cup BSP \cup Vol \cup StM \cup SkM \cup PS \cup AS \cup TXR \cup Mat \cup SC \cup Lh ,$$

где *VirtPr* – моделируемое виртуальное производственное пространство; *Ter* – множество объектов ландшафта; *BSP* – множество объектов BSP-геометрии (Binary Space Partitioning); *Vol* – множество объемов (Volume); *StM* – множество статических моделей объектов (Static Meshes), которые импортируются в рабочую среду из сторонних редакторов; *SkM* – множество скелетных моделей (Skeletal Meshes); *PS* – множество систем частиц (Particle Systems); *AS* – множество анимации (Animation Sets); *TXR* – множество текстур; *Mat* – множество материалов; *SC* – множество звуковых сигналов (Sound Cues); *Lh* – множество источников света (Lights).

Данный тренажерный комплекс разработан для предприятия ОАО «Пигмент», в основе которого лежит технология выпуска продукта нефтеполимерной олифы «Пиропласт 2К». Он дает возможность: освоения технологического процесса и системы управления; получения практических навыков при работе с объектом при штатных условиях; обучения и приобретения практических навыков выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпушкин, С.В. Применение виртуальных тренажеров для обучения студентов химико-технологического профиля и повышения квалификации персонала химических предприятий / С.В. Карпушкин, М.Н. Краснянский, Ю.В. Чаукин // Открытое образование. – 2005. – № 6. – С. 51 – 54.

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

УДК 29.03.77

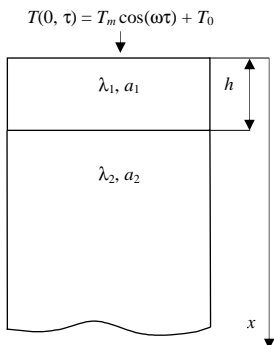
*А.В. Рожков\**

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА

В настоящее время широко распространяется и находит себе применение во многих областях науки метод периодического нагрева, который позволяет исследовать широкий класс явлений, проявляющихся в особенностях поведения тепловых свойств веществ. Метод периодического нагрева применим для определения теплофизических свойств (ТФС) твердых неметаллических материалов.

Важным преимуществом гармонического теплового воздействия (в сравнении с другими) является возможность управлять в широких пределах частотой колебаний источника, что существенно упрощает условия оптимизации режима опыта и позволяет снижать влияние теплообмена исследуемого объекта со средой. В опытах удастся непосредственно регистрировать фазовый сдвиг температурных волн.

Рассмотрим систему, состоящую из ограниченного и полуограниченного тел (рис. 1).



Ограниченная пластина (первое тело) приведена в соприкосновение со вторым (полуограниченным) телом. Термические коэффициенты первого тела:  $\lambda_1$  – теплопроводность,  $a_1$  – температуропроводность. Толщина пластины –  $h$ . Для второго тела:  $\lambda_2$  – теплопроводность,  $a_2$  – температуропроводность. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию. В начальный момент времени на поверхность ограниченного тела с начальной температурой  $T_0$  начинает действовать источник тепла с гармоническим тепловым воздействием  $T(0, \tau) = T_m \cos(\omega\tau) + T_0$ .

**Рис. 1. Математическая модель метода**

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» И.В. Рогова.

Необходимо найти распределения значений температуры ( $T_1$ ,  $T_2$ ) по длине ограниченного и полуограниченного тел, а так же значение температуры на границе двух тел ( $T_2'$ ) в любой момент времени  $\tau$ .

В математическом виде задача записывается следующим образом:

$$\frac{\partial T_1(x, \tau)}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial T_1^2(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (0 < x < h); \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2(x, \tau)}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial T_2^2(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (x > h); \quad (2)$$

$$T_1(x, 0) = T_2(x, 0) = T; \quad (3)$$

$$T_1(0, \tau) = T_m \cos(\omega\tau) + T_0; \quad (4)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(h, \tau)}{\partial \tau} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2(h, \tau)}{\partial x}; \quad (5)$$

$$T_1(h, \tau) = T_2(h, \tau); \quad (6)$$

$$T_2(\infty, \tau) = 0. \quad (7)$$

На основе математической модели (1) – (7) спланирован эксперимент, в ходе которого фиксируют температуру поверхности слоя  $T_1(0, \tau)$  и температуру на границе двух тел  $T_2(h, \tau)$ . По результатам эксперимента (рис. 2) определяют значения амплитуды колебаний температуры на поверхности ограниченного и полуограниченного тел ( $T_m$ , и  $T_{mh}$  соответственно) и фазовое смещение  $\varphi_h$  колебаний температуры ограниченного тела относительно колебаний источника мощности.

Определив значения  $T_m$ ,  $T_{mh}$ ,  $\varphi_h$ , и зная тепловую активность ограниченного тела  $\varepsilon_1$ , тепловую активность полуограниченного тела находят из выражения

$$\varepsilon_2 = 2(T_m/T_{mh})\varepsilon_1 \exp(-\varphi_h) - \varepsilon_1.$$

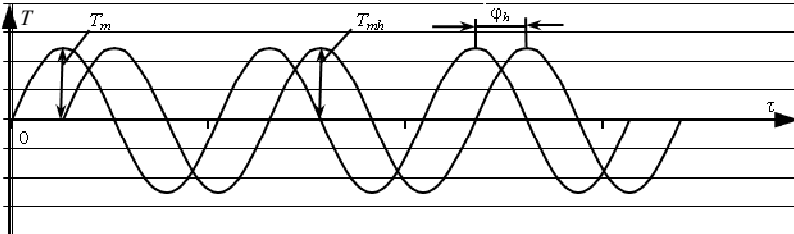
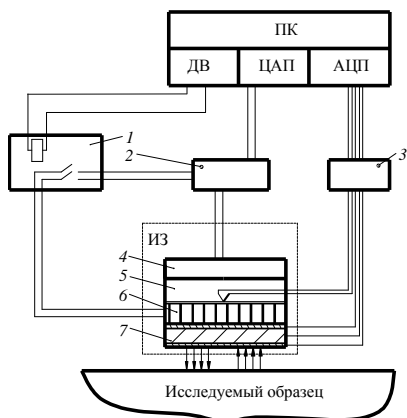


Рис. 2. Влияние температурных волн на поверхность исследуемого тела

Тепловая активность, (коэффициент тепловой активности, теплоусвояемость тепла, коэффициент теплоусвоения) характеризует теплоинерционные свойства тела в отношении его способности поглощать или отдавать тепловую энергию.

Схема измерительной системы, реализующей рассматриваемый метод, представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Схема измерительной системы:**

- 1 – блок управления; 2 – блок питания;  
3 – блок компенсации холодных спаев; 4 – вентилятор;  
5 – радиатор; 6 – элемент Пельтье; 7 – термомер

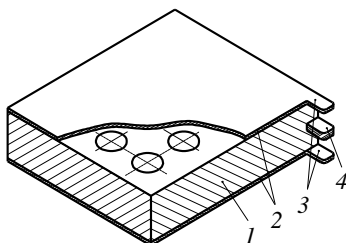
ИС состоит из измерительного зонда (ИЗ), блоков управления и питания, персонального компьютера (ПК). Подсистема управления и питания ИС включает в себя: блок управления, блок питания, блок холодных спаев термопар. Особенностью ИЗ является применение элемента Пельтье, который используется для задания периодических тепловых воздействий

Управление и регистрация измерительной информации осуществляется с помощью ПК, оснащенного многофункциональной платой сбора данных PCI-1202Н. На аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) платы сбора данных поступают сигналы от термомера и термопары. Термопара, встроенная в радиатор, регистрирует значения температуры на границе поверхности элемента Пельтье и радиатора. Сигналы с измеренными значениями термоЭДС через блок холодных спаев поступают на АЦП платы.

Напряжение на элемент Пельтье подается от блока питания через контакты блока управления, который управляется ПК через дискретные выходы (ДВ) платы. Питание вентилятора осуществляется от блока питания.

ИЗ создает гармонический тепловой поток и фиксирует значения температуры на поверхности образца. ИЗ состоит из элемента Пельтье, тепломера и охлаждающего устройства: радиатора и вентилятора.

Тепломер (или одиночный датчик теплового потока (ОДТП)) состоит из промежуточного термоэлектрода с известным коэффициентом теплопроводности, служащего вспомогательной стенкой, и двух других плоских тонкостенных термоэлектродов с токосъемными проводками, образующих термоэлектрическую цепь. При прохождении теплового потока через тепломер на гранях константанового термоэлектрода возникает термоЭДС. По токосъемным выступам термоЭДС подается на измерительную плату. Для увеличения термического сопротивления в пластине из константана высверливаются отверстия. Конструкция тепломера представлена на рис. 4.



**Рис. 4. Конструкция тепломера:**

- 1 – константановый промежуточный термоэлектрод;
- 2 – тонкостенные медные термоэлектроды;
- 3 – медные токосъемные выступы;
- 4 – константановый токосъемный выступ

Для определения тепловой активности материалов, напрямую зависящей от других теплофизических свойств, проводится эксперимент, показывающий, что она может быть найдена в зависимости от тепловой активности известного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов, Л.П. Измерения теплофизических свойств веществ методом периодического нагрева / Л.П. Филиппов. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 104 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.

*Д.И. Петров, А.А. Каратеев, Е.В. Пудовкина\**

## **МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Многослойные материалы применяются 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. Например, одна из областей применения многослойных материалов – это металлические и комбинированные слоистые конструкции в производстве подшипников скольжения.

При разработке, испытании и эксплуатации изделий из многослойных материалов необходимо иметь информацию о теплофизических свойствах как отдельных слоев, так и всей конструкции в целом, так как эти свойства определяют надежность, работоспособность, а в итоге и качество готовых объектов техники.

Среди методов и средств контроля особое место занимают контактные тепловые неразрушающие методы определения теплофизических свойств (ТФС) материалов и изделий. При этом реализация контактного метода неразрушающего контроля (НК) ТФС усложнена тем, что тепловое воздействие и получение измерительной информации в ходе эксперимента возможно осуществлять только на ограниченном участке поверхности исследуемого объекта. Поэтому наиболее важной и сложной задачей при создании теплового метода НК ТФС является разработка математической модели, адекватно описывающей реальный процесс теплопереноса в объекте исследования [1].

Анализ известных процессов измерения, их моделей и источников погрешностей показывает, что в пределах временного интервала измерения в тепловой системе происходят существенные изменения, которые не позволяют описывать весь процесс теплопереноса одной аналитической моделью с неизменными ограничениями и условиями. Неучет этого обстоятельства при определении ТФС ведет к существенному увеличению погрешностей.

---

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



Наиболее точно систематические и случайные составляющие погрешности могут быть учтены в методах контроля ТФС, основанных на регулярном тепловом режиме. Лыковым А.В. доказано, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности. Математическая модель, описывающая термограмму, в данном случае чаще всего является линейной по параметрам или легко линеаризуется. Однако основная часть этих методов базируется на моделях для тел конечных размеров (пластина, цилиндр, шар). В то время как большая часть методов НК базируется на моделях полупространств (плоского, цилиндрического, сферического) [1].

Применительно к таким моделям следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для какой-то определенной области тела. Следовательно, если проводить определение ТФС, основываясь только на участках термограммы, соответствующих регуляризации теплового режима в области нагревателей и термоприемников, то, во-первых, расчетные соотношения будут более простыми и во многих случаях линейными по параметрам, во-вторых, систематические составляющие погрешности будут либо значительно меньшими, чем случайные, либо будут носить постоянный характер, т.е. не зависеть от времени.

Таким образом, проблема разработки нового метода НК, позволяющего определить ТФС многослойных материалов как на стадии технологического контроля в процессе их производства, так и в процессе эксплуатации изделий из них, является важной и актуальной.

В данной работе представлено имитационное исследование метода НК ТФС.

Метод основан на физической модели, согласно которой тепловое воздействие на исследуемое тело с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R$ , встроенного в подложку измерительного зонда. Подложка измерительного зонда изготовлена из теплоизолятора рипора с ТФС: температуропроводностью  $a_3$ , теплопроводностью  $\lambda_3$ , теплоемкостью  $c_3$ , плотностью  $\rho_3$ . Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – низкотеплопроводный с ТФС: температуропроводностью  $a_1$ , теплопроводностью  $\lambda_1$ , теплоемкостью  $c_1$ , плотностью  $\rho_1$ ; второй – высокотеплопроводный с ТФС: температуропроводностью  $a_2$ , теплопроводностью  $\lambda_2$ , теплоемкостью  $c_2$ , плотностью  $\rho_2$ .

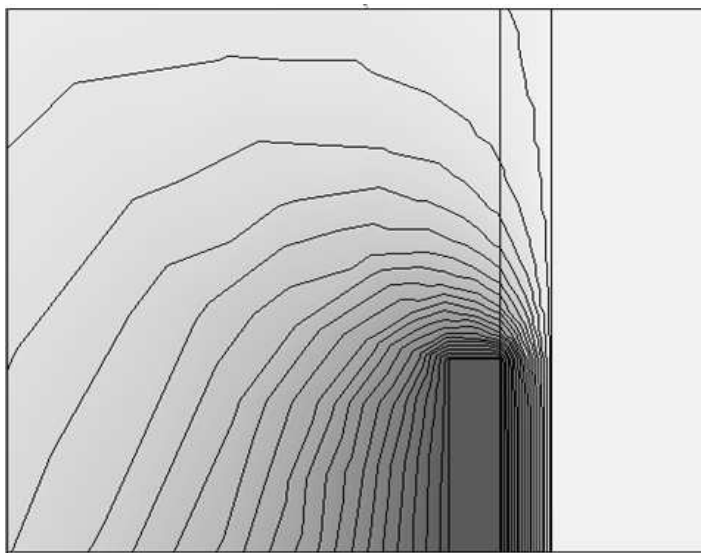
Размеры по длине и ширине исследуемого двухслойного металлополимерного тела:  $L_1$  и  $L_2$ . Толщина первого слоя –  $h_1$ , второго –  $h_2$ .

Для исследования метода воспользуемся численным моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Выстраиваем геометрию задачи, исходя из натуральных размеров двухслойного изделия и измерительного зонда, выбираем единицу длины сетки и систему координат. Следует отметить, что модель задается симметричной относительно горизонтальной оси симметрии.

Задаем: теплофизические свойства, параметры начальных и граничных условий, строим сетку конечных элементов.

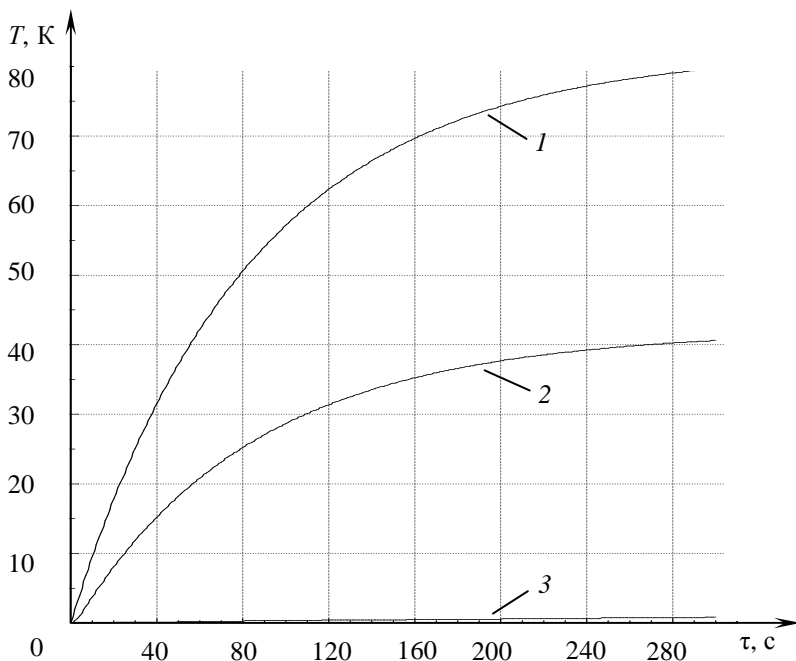
После решения задачи выводим распределение температуры по толщине объекта для момента времени 300 секунд (рис. 1).



**Рис. 1. Распределение температуры по толщине двухслойного объекта**

Выводим график распределения температуры по времени: в центре нагревателя; в центре слоя теплоизоляционного покрытия; на границе раздела теплоизоляции и металла (рис. 2).

Данные численного исследования свидетельствуют о реализации одномерного температурного поля по толщине теплоизоляционного покрытия в локальной зоне, расположенной вблизи нагревателя.



**Рис. 2. Термограммы точек контроля: в центре нагревателя на границе раздела подложка зонда – теплоизоляционное покрытие (1); в середине слоя покрытия (2); на границе раздела покрытие – металл (3)**

На рисунке 2 представлены термограммы, соответствующие распределению температуры в следующих точках контроля: в центре нагревателя на границе раздела подложка зонда – теплоизоляционное покрытие (1); в середине слоя покрытия (2); на границе раздела покрытие – металл (3).

Таким образом, численное исследование позволяет подобрать необходимые режимные параметры нагрева с целью реализации требуемых температурных характеристик на границах раздела.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 599 с.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*М.С. Башмакова, Е.В. Рязанова, А.П. Савенков\**

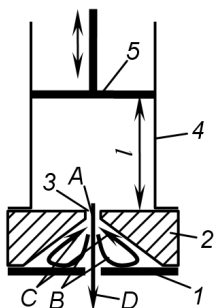
## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДВУХДИАФРАГМОВОГО ЗВУКООБРАЗОВАТЕЛЯ

Двухдиафрагмовые звукообразующие элементы (ДЗЭ) могут быть использованы для измерения расхода и физических свойств газов [1]. При протекании газа через ДЗЭ формируется акустический сигнал, содержащий несколько гармонических составляющих, амплитуды и частоты которых зависят от расхода, свойств газа и конструкции элемента.

Акустический преобразователь без резонатора, описанный в работе [1], обладает сложным выходным сигналом, характеризующимся хаотическими колебаниями с большим количеством гармонических составляющих. Нами разработан ДЗЭ с цилиндрическим резонатором, позволяющим повысить стабильность генерации колебаний [2].

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния параметров резонатора на характеристики ДЗЭ.

Частота основного тона выходного сигнала ДЗЭ зависит от скорости газового потока внутри преобразователя и его размера (рис. 1). Контролируемый газовый поток поступает внутрь резонатора 4 (входной штуцер на схеме не показан), снабженного поршнем 5, позволяющим изменять его длину. Основной газовый поток *A* ДЗЭ, выходящий из входного отверстия 3, попадает на края диафрагмы 1 и отклоняется, разворачиваясь внутри корпуса 2 преобразователя. Поток *C*, сужая поток *A*, увеличивает интенсивность потока *D* и уменьшает интенсивность потока *B*, что, в свою очередь, приводит к уменьшению потока *C*, т.е. в преобразователе существует обратная связь. В результате наличия такой обратной связи формируются колебания расхода газа в выходной диафрагме 1 и акустические колебания давления.



**Рис. 1. Схема ДЗЭ с цилиндрическим резонатором переменной длины**

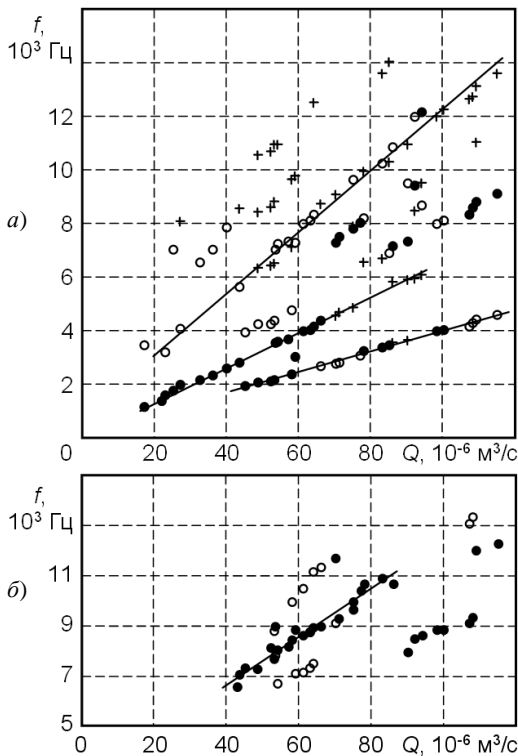
Возникновению устойчивых акустических колебаний способствует наличие

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

резонатора 4 перед входным отверстием. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния параметров резонатора на процесс звукообразования.

Наличие влияния резонатора на процесс звукообразования установлено путем проведения экспериментов с резонатором, заполненным звукопоглощающим материалом (ватой). Для проведения исследований нами использованы: источник питания сжатым газом, регулятор расхода, ротаметр типа РМ-04Г УЗ, микрофон типа WM-60АТ, персональный компьютер со звуковой картой и установленной программой CoolEdit для обработки звуковых файлов.

На рисунке 2 представлены зависимости  $f(Q)$  частот  $f$  основных спектральных составляющих выходного акустического сигнала ДЗЭ от расхода  $Q$  газа через него для пустого (а) и заполненного ватой (б) резонатора.

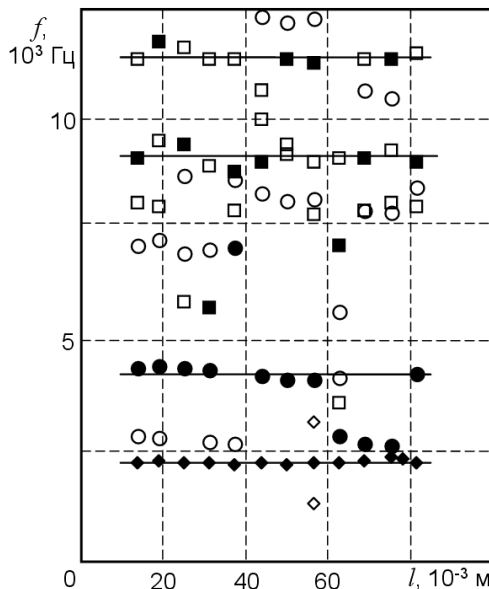


**Рис. 2. Зависимость частот  $f$  основных спектральных составляющих акустического сигнала от расхода  $Q$  газа через ДЗЭ:**  
 а – с пустым резонатором; б – с резонатором, заполненным звукопоглощающим материалом; ● – максимальная по интенсивности компонента, ○ – вторая по интенсивности компонента, + – прочие компоненты

Линиями на графиках показаны непрерывно возрастающие частоты, наличие которых обеспечивает возможность использования ДЗЭ в качестве расходомера. При заполнении резонатора звукопоглощающим материалом повышается минимальное значение расхода, при котором возникает звуковой сигнал, снижается интенсивность звукового сигнала на выходе элемента и уменьшается количество гармонических составляющих. Это доказывает, что присоединенная к элементу закрытая труба работает в режиме резонатора.

Основным геометрическим параметром акустического резонатора является его длина  $l$  (см. рис. 1). Из условия возникновения стоячих волн следует, что длина определяет резонансные частоты. Поэтому изменение длины  $l$  должно приводить к значительному изменению генерируемых в ДЗЭ частот. Для определения влияния длины  $l$  на спектр выходного сигнала ДЗЭ проведены эксперименты с различными значениями этой величины.

На рисунке 3 представлены зависимости  $f(l)$  частот  $f$  основных спектральных составляющих выходного акустического сигнала ДЗЭ от длины  $l$  резонатора для различных значений расхода  $Q$ .



**Рис. 3. Зависимость частот  $f$  основных спектральных составляющих акустического сигнала ДЗЭ от длины  $l$  резонатора:**

◆, ●, ■ – максимальные по интенсивности компоненты для расходов 36,3; 69,1; 96,6  $10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с соответственно; ◇, ○, □ – соответствующие прочие компоненты

Линиями показаны значения частот, сохраняющиеся неизменными. Из представленных данных следует, что, несмотря на существенную зависимость резонансных частот резонатора от его длины, частоты выходного сигнала ДЗЭ в основном зависят от  $l$  довольно слабо. Это можно объяснить тем, что образование звука происходит внутри ДЗЭ, и генерируемые частоты определяются только его размерами.

Представленные результаты характеризуют только спектр сигнала ДЗЭ. В ходе экспериментов было установлено, что длина  $l$  резонатора значимо влияет на амплитуду и стабильность генерируемых колебаний. При увеличении длины возрастают амплитуда колебаний и добротность резонатора.

Таким образом, из полученных результатов следует, что параметры резонатора влияют на качество работы звукообразующего элемента, не изменяя количественных характеристик звукового сигнала (частоту  $f$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 570413 СССР, В 06В 1/20, G 01N 29/00. Пневмоакустический преобразователь / В.К. Савицкий. – № 2326468/10. Заявл. 23.02.76. – Опубл. 30.08.77. – Бюл. № 32. – 2 с.
2. Мордасов, М.М. Генератор гармонических колебаний расхода газа / М.М. Мордасов, Е.В. Подшивалина, А.П. Савенков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 1. – С. 31 – 37.

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

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ

---

УДК 621:004.896

*К.А. Алтунин, Е.В. Шашкова\**

## БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ САПР ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Процесс резания представляет собой сложный комплекс физико-механических, теплофизических и других явлений, которые протекают одновременно, взаимосвязаны между собой и образуют единую систему, которая называется системой резания [1].

В системе резания рассматриваются входные, функциональные и выходные параметры.

Входные (или первичные) параметры подразделяют на определяющие, управляемые и возмущающие.

К определяющим, или обязательным, параметрам относят марку обрабатываемого материала, вид обработки резанием, точность и качество обработки и другие параметры, значения которых регламентируются технологическим процессом обработки и не могут быть изменены произвольно.

К управляемым параметрам относятся: способ получения и величина припуска заготовки; марка инструментального материала, конструкция и геометрия режущего инструмента; тип, модель станка и приспособления; режим обработки; состав и способ подачи технологической среды и др.

Среди возмущающих параметров процесса резания можно выделить систематические и случайные параметры. К числу систематических возмущающих параметров можно отнести изменение скорости, глубины резания, геометрии инструмента и другие, которые вызваны конструктивными особенностями обрабатываемых деталей и кинематикой резания.

К возмущающим параметрам резания случайной природы относятся неконтролируемые колебания физико-механических свойств заготовки и инструмента, припуска на обработку, статических и динамических характеристик оборудования и системы СПИД и др.

---

\* 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.



К выходным (или вторичным) параметрам процесса резания относят точность обработки, свойства поверхностного слоя детали, стойкость, износ режущего инструмента, производительность обработки и экономические показатели.

Так как до настоящего времени реальная физическая природа влияния входных параметров на выходные до конца не выявлена, то связь между первыми и вторыми можно рассматривать как «черный ящик», функциональные параметры которого определяются совокупным действием кинематики процесса резания и физических явлений, вызванных этим процессом. Функциональные параметры количественно характеризуют физико-химический механизм процесса резания, определяя его протекание во времени.

Исследования системы резания основаны на определении функциональных связей между ее элементами. Основными ее связями являются функция, связывающая входные параметры с процессом резания, и функция, связывающая процесс резания с выходными параметрами. Конечным результатом исследований является получение функции, связывающей получаемые выходные параметры с задаваемыми входными и складывающейся из ряда математических зависимостей, связывающих отдельные физические явления, составляющие процесс резания. Следует отметить большое число этих составляющих функций, а также сложность их аналитического определения.

Качество системы резания определяется ее механическими, тепловыми, электрическими и другими свойствами, поэтому систему резания можно разделить на ряд частных подсистем: механическую, тепловую и т.д. Все они являются замкнутыми, т.е. выход одного элемента связан со входом другого. Структурная схема процесса резания определяет как строгую аналитическую, так и вероятностную взаимосвязь входных и выходных параметров. Такой подход позволяет установить роль отдельных физических явлений и на основе этого обеспечить оптимизацию процесса резания, т.е. достижение заданного качества поверхности и точности обработки при максимальной производительности.

В работе [2] предложен алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем. На основе данного алгоритма были созданы следующие блоки системы автоматизированного проектирования (САПР) для оптимизации процесса резания [3]:

- блок задания исходных параметров, включающий в себя базу данных параметров процесса резания (таких как геометрические параметры режущего инструмента, теплофизические и физико-механические свойства обрабатываемого материала) и приложение, отвечающее за получение начальных данных, и переработку полученной информации;

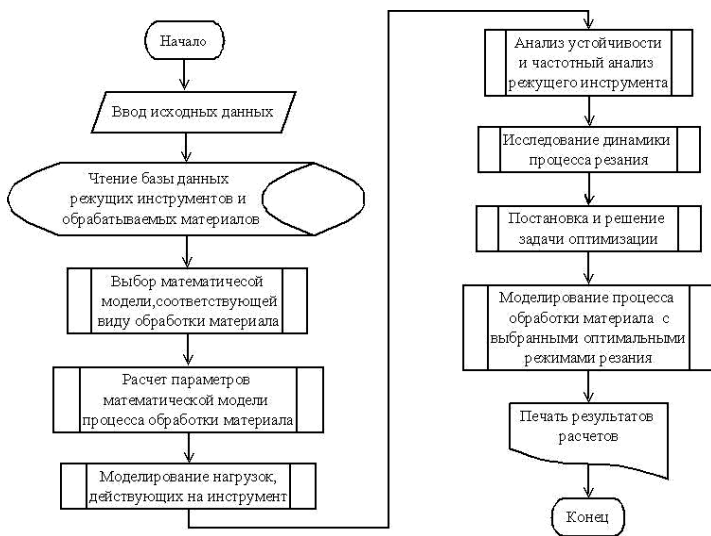
– блок расчета параметров математической модели резания. Математическая модель процесса резания построена по блочному принципу. Она включает в себя блоки определения силовых и тепловых нагрузок, возникающих во время резания;

– блок анализа результатов моделирования нагрузок, действующих на режущий инструмент, осуществленного в программах твердотельного моделирования. Данный модуль исследует напряженно деформированное состояние режущего инструмента;

– блок исследования динамики процесса резания;

– блок расчета оптимальных параметров процесса резания.

В качестве примера рассматривается токарная обработка основных металлов и сплавов, используемых в промышленности. Укрупненная блок-схема САПР представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Обобщенная блок-схема САПР**

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет наиболее полно учесть определяющие, управляемые и возмущающие входные параметры системы резания, моделирует данную систему и дает возможность выбрать оптимальные варианты выходных параметров.

Работа предлагаемой САПР требует сложных вычислений и обработки большого количества информации. Предполагается, что с целью повышения производительности системы и точности вычислений возможно применение искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей (ИНС) и методов нечеткой логики в математическом

моделировании процессов механической обработки материалов. Таким образом, данная САПР может стать интегрированной интеллектуальной системой, в которой нейросетевые технологии могут быть полезными при создании набора базовых программных моделей-блоков, наделенных определенными свойствами соответствующими некоторым реальным процессам или явлениям, для дальнейшего их комбинирования в более сложных системах.

Нейронная сеть, обладая способностью к накоплению и последующей репрезентации опытного знания, может стать достойной альтернативой полноценной математической модели и быть использованной для поиска оптимальных решений.

Также методы искусственного интеллекта могут быть применены для определения управляемых параметров системы резания. Одним из примеров применения ИНС является получение требуемой шероховатости заданным инструментом [4]. Входы ИНС при этом – вид обработки, условия резания, тип крепления заготовки, ее материал, выходы – параметры, определяющие режущий инструмент.

Таким образом, рассматривая применение различных методов искусственного интеллекта к постановке и решению задач моделирования и оптимизации процессов резания можно перейти к созданию интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов. Применение данной системы в производстве могло бы существенно повысить эффективность технологического процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжкин, А.А. Обработка материалов резанием: учеб. пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, М.М. Климов. – Ростов н/Д. : Феникс, 2008. – 411 с.
2. Пестрецов, С.И. Методика оптимального проектирования процессов лезвийной обработки материалов / С.И. Пестрецов, А.А. Родина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2010. – № 10 – 12 (31). – С. 369 – 372.
3. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов, В.Г. Однолько. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.
4. Özel, T. Predictive Modeling of Surface Roughness and Tool Wear in Hard Turning Using Regression and Neural Networks / T. Özel, Y. Karpat // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2005. – Т. 45. – С. 467 – 479.

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

*С.Б. Сомова, Д.В. Бокатанова\**

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Наиболее распространенным методом получения углеродных нанотрубок (УНТ) является каталитический пиролиз углеводородов или других органических веществ, которые являются источником углерода. Углеродные наноструктуры (нанотрубки, нановолокна) образуются в присутствии катализаторов – переходных металлов, из которых наибольшей активностью в данном процессе обладают Fe, Co, Ni, Mo, V. Как правило, комбинация двух или нескольких каталитически активных металлов, при условии их правильного выбора, обладает большей каталитической активностью в процессе роста УНТ, чем эти металлы по отдельности. Важное значение имеет также выбор матрицы, на которую нанесены соединения каталитически активных металлов. Ранее было показано, что очень эффективной является комбинация металлов Fe, Co, Mo [1] и матрица на основе смешанных оксидов магния и алюминия [2]. Особенно важное значение имеет оптимальный выбор каталитически активных металлов и состава матрицы в синтезе малослойных (однослойных и двуслойных) УНТ, поскольку эти виды УНТ, как правило, образуются с малым массовым выходом и процесс синтеза весьма чувствителен к выбору и точному контролю как состава и структуры катализатора, так и технологических режимов. Вместе с тем, для ряда применений однослойные и двуслойные УНТ обладают наиболее высокими характеристиками и потому находят применение, несмотря на высокую стоимость.

Целью настоящей работы является поиск оптимального состава катализатора для синтеза 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 м<sup>2</sup>/г.

За основу был взят ранее разработанный катализатор состава  $MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$  (не учитывая кислорода), с которым ранее был получен выход УНТ Таунит-4 1,5...2 г/г катализатора при использовании ацетона в качестве вещества-источника углерода.

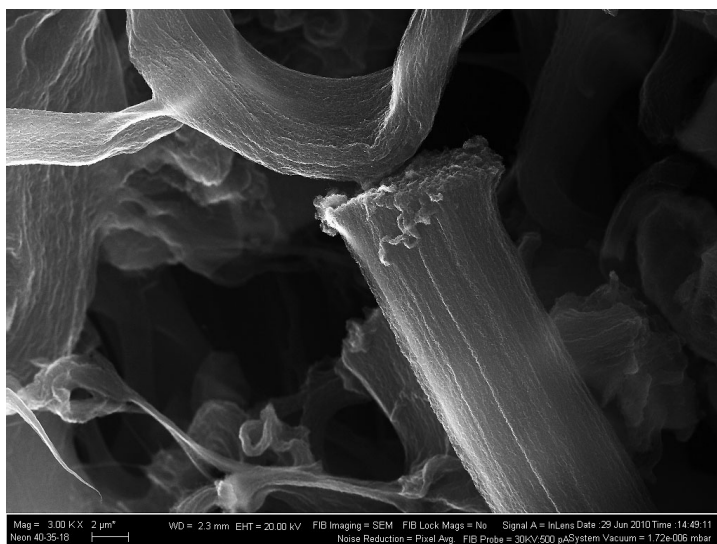
---

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

Для синтеза катализаторов применяли метод «мокрого сжигания», который включает приготовление концентрированного водного раствора, содержащего нитраты металлов и лимонную кислоту, с последующей термической обработкой до 600 °С, в результате которой образуется высокодисперсный катализатор, состоящий из смешанных на атомном уровне оксидов металлов (Co, Fe, Mo, Mg, Al).

Тестирование катализаторов проводили в экспериментальном лабораторном трубчатом реакторе. Синтез УНТ проводили при 800 °С при скорости подачи аргона 0,5 л/мин и ацетона 18,3...19,4 мл/ч (жидкого). Перед пуском этой газовой смеси проводили предварительное восстановление катализаторов водородом в течение 10 мин при той же температуре.

На рисунке 1 показано типичное изображение получаемых УНТ в электронном сканирующем микроскопе.



**Рис. 1. Изображение (СЭМ) малослойных УНТ, синтезированных из ацетона на катализаторе  $\text{MgAl}_{0,3333}\text{Co}_{0,08333}\text{Fe}_{0,03666}\text{Mo}_{0,0133}$ .**

Как видно из рисунка, нанотрубки растут в данных условиях в виде длинных пучков, состоящих из множества параллельно расположенных индивидуальных нанотрубок, что является характерным для малослойных УНТ.

Для оптимизации состава нами была проведена серия синтезов катализаторов различных составов, приведенных в таблице. Варьирование соотношения каталитически активных металлов показывает, что

из катализаторов С-1 – С-3, содержание молибдена в базовом составе С-1 оптимальное. В то же время, уменьшение содержания железа в С-4 по сравнению с С-1 существенно увеличивает выход УНТ. Из сравнения катализаторов С-6 и С-7 видно, что уменьшение содержания кобальта тоже увеличивает выход УНТ. Таким образом, предварительно оптимальным соотношением каталитически активных металлов среди изученных составов обладает катализатор состава С-4, однако, вполне вероятно, выход УНТ можно еще увеличить при дальнейшем варьировании состава с учетом полученных результатов. Это будет являться предметом дальнейших исследований.

**Выходы углерода (УНТ) на катализаторах различного состава.  
Синтез УНТ из ацетона в течение 30 мин при 800 °С**

Катализатор	Состав катализатора	Выход УНТ, г/г катализатора
С-1	$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (базовый состав)	2,5
С-2	$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0100}$ (молибдена в 1,333 раза меньше чем в С-1)	2,2
С-3	$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,01777}$ (молибдена в 1,333 раза больше чем в С-1)	1,6
<b>С-4</b>	<b><math>MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,0275}Mo_{0,0133}</math></b> <b>(железа в 1,333 раза меньше чем в С-1)</b>	<b>3,1</b>
С-5	$MgAl_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,04888}Mo_{0,0133}$ (железа в 1,333 раза больше чем в С-1)	2,7
С-6	$MgAl_{0,3333}Co_{0,0625}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (кобальта в 1,333 раза меньше чем в С-1)	2,6
С-7	$MgAl_{0,3333}Co_{0,1111}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (кобальта в 1,333 раза больше чем в С-1)	2,0
С-8	$Mg_{0,6666}Ca_{0,3333}Al_{0,3333}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (1/3 магнезия заменена на кальций)	0,1
С-9	$MgAl_{0,3666}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (алюминия в 1,100 раза больше чем в С-1)	2,5
С-10	$MgAl_{0,3030}Co_{0,08333}Fe_{0,03666}Mo_{0,0133}$ (алюминия в 1,100 раза меньше чем в С-1)	2,1

Как показали проведенные эксперименты, без предварительного восстановления катализаторов водородом выход УНТ значительно меньше. Таким образом, формирование кластеров каталитически активных металлов является необходимым условием для эффективного синтеза УНТ в данной системе. Следует отметить, что при использовании в качестве веществ-источников углерода углеводородов восстановление катализаторов может происходить за счет самого углеводорода и стадии предварительного восстановления не требуется.

Представляло интерес также изучение влияния состава матрицы на выход УНТ. Как видно из таблицы, небольшое увеличение количества алюминия (состав С-9) не влияет на выход УНТ, в то время как уменьшение содержания алюминия (С-10) снижает выход. Замена части магния на кальций (состав С-8) снижает выход УНТ почти до нуля. Чтобы объяснить влияние состава матрицы катализатора на выход УНТ, следует отметить, что увеличение атомного отношения магния к алюминию и особенно замена магния на кальций существенно меняет кислотно-основные свойства этих смешанных оксидов, а именно, увеличивает основные свойства и уменьшает кислотные.

Известно, что кислотно-основные свойства катализатора, в первую очередь определяемые составом матрицы, существенно влияют на процесс роста УНТ в процессах CVD. Можно предположить, что это влияние в первую очередь связано с активацией органических молекул, являющихся источником углерода, на поверхности катализатора. Вероятно, активация молекул ацетона или промежуточных соединений, образующихся в результате его термических превращений, лучше осуществляется на кислотных, чем на основных центрах на поверхности катализатора.

## СПИСОК ЛИТРАТУРЫ

1. Синтез пучков многостенных углеродных нанотрубок на катализаторе  $\text{FeCoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$  / А.Г. Ткачев, А.В. Мележик, М.А. Смыков и др. // Химическая технология. – 2010. – Т. 11. – Вып. 12. – С. 725 – 732.
2. Влияние состава матрицы на активность металлооксидных катализаторов в CVD процессе получения углеродных нанотрубок / А.В. Мележик, И.В. Романцова, Т.П. Дьячкова и др. // Журнал прикладной химии. – 2012. – Т. 85, № 5. – С. 782 – 787.

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

*Д.В. Бокатанова, С.Б. Сомова\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА СИНТЕЗ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

Углеродные нанотрубки (УНТ) характеризуются высокой удельной поверхностью, обладают армирующей способностью для композиционных материалов; на их основе могут быть созданы эффективные материалы для химических источников тока, гибкие электрохимически активные композиционные материалы. Для ряда применений наиболее высокими характеристиками обладают однослойные (ОНТ) и двуслойные (ДНТ) углеродные нанотрубки. Однако известные в настоящее время методы получения таких УНТ характеризуются малым выходом целевого продукта, малой конверсией веществ-источников углерода в УНТ и образованием вредных побочных продуктов, в связи с чем стоимость ОНТ и ДНТ весьма высока, и это ограничивает их применение в технике. Эффективность процесса получения малослойных УНТ определяются составом и структурой катализатора, выбором вещества – источника углерода, технологическими режимами, такими как температура, время контакта, способ организации контакта газообразных компонентов с частицами катализатора, конструкцией реактора и многими другими параметрами, которые в настоящее время невозможно выбрать на основе теоретических расчетов. Поэтому экспериментальное исследование технологических режимов синтеза малослойных УНТ в экспериментальном реакторе имеет важное значение для создания опытного производства малослойных УНТ.

Целью настоящей работы является оптимизация технологических режимов CVD-синтеза УНТ типа Таунит-4, который представляет собой малослойные УНТ с числом углеродных слоев от 1 до 4, в лабораторном трубчатом реакторе. В частности, ставится задача сопоставить пропан-бутан и ацетон в качестве веществ-источников углерода в данном процессе, найти оптимальные скорости подачи газообразных компонентов в реактор.

В качестве катализатора применяли сложный металлоксидный катализатор, содержащий оксиды Co, Fe, Mo, Mg, Al.

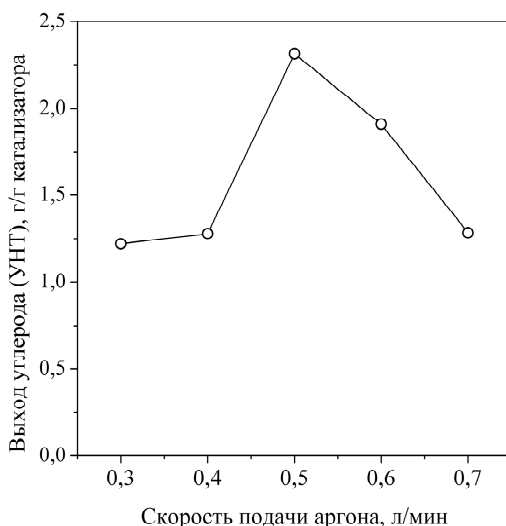
---

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



Синтез катализаторов проводили методом термического разложения растворов, содержащих нитраты металлов, молибдат аммония и лимонную кислоты в рассчитанных количествах. Навеску катализатора (0,2000 г) помещали в реактор на графлексовой подложке и предварительно восстанавливали водородом в течение 10 мин при 800 °С, после чего в реактор пускали рабочую газовую смесь, состоящую из аргона и вещества-источника углерода (пропан-бутан или ацетон). Синтез УНТ проводили в течение 30 мин при 800 °С.

На рисунке 1 показана зависимость выхода углерода (УНТ) от скорости подачи аргона при постоянной скорости подачи в реактор пропан-бутана.



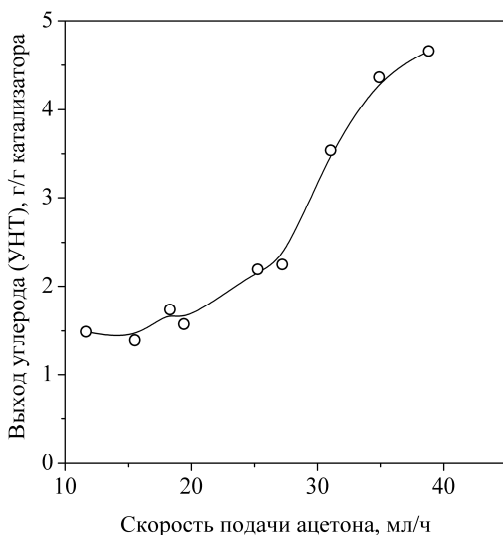
**Рис. 1. Зависимость выхода углерода (УНТ) от скорости подачи аргона. Скорость подачи пропан-бутана 0,1 л/мин, 30 мин при 800 °С.**

Экстремальные зависимости выхода УНТ от скорости подачи инертного газа-носителя в реактор, подобные показанной на рис. 1, ранее были описаны в работах [1, 2] и интерпретированы как следствие того, что рост УНТ на катализаторе протекает с участием промежуточных нестабильных соединений, образующихся за счет газозафазных термических превращений исходных веществ-источников углерода, а именно, пропан-бутана или ацетона. Предполагалось, что в случае пропан-бутана происходит образование этилена и пропилена в качестве реакционноспособных веществ, из которых затем растут УНТ

на поверхности катализатора [1]. В случае ацетона в качестве промежуточного соединения предполагалось образование кетена [2].

Для процессов роста УНТ с участием промежуточных соединений характерно существенное влияние режима предварительного прогрева газовой смеси и времени контакта на выход УНТ, что и подтверждается данными рис. 1.

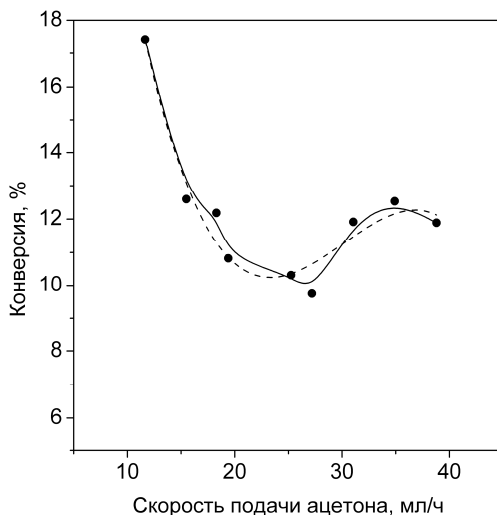
На рисунке 2 приведена зависимость выхода углерода (УНТ) от скорости подачи ацетона при постоянной скорости подачи аргона.



**Рис. 2. Зависимость выхода углерода (УНТ) от скорости подачи ацетона при постоянной скорости подачи аргона (0,5 л/мин), 30 мин при 800 °С**

В данном случае суммарная объемная скорость подачи газовой смеси меняется мало, поскольку основную ее часть составляет газ-носитель (аргон). Поэтому вместо экстремальной зависимости наблюдается монотонный рост относительного массового выхода УНТ по мере увеличения скорости подачи ацетона. При этом выходы УНТ из ацетона значительно выше, чем из пропан-бутана в тех же условиях.

Кроме относительного массового выхода УНТ важным технологическим параметром является конверсия вещества-источника углерода в углерод УНТ, которую можно рассчитать как отношение экспериментально наблюдаемого выхода углерода в % к теоретически возможному, если бы все атомы углерода из ацетона перешли в углеродные нанотрубки. Эта зависимость показана на рис. 3. Пунктиром показана полиномиальная (3-го порядка) аппроксимация.



**Рис. 3. Зависимость конверсии от скорости подачи ацетона при постоянной скорости подачи аргона (0,5 л/мин), 30 мин при 800 °С**

Как видно из рис. 3, с увеличением скорости подачи ацетона конверсия проходит через минимум, в то время как выход монотонно растет (рис. 2). Таким образом, наиболее выгодным режимом получения УНТ в данных условиях является применение в качестве источника углерода ацетона при подаче ацетона со скоростью около 35 мл/мин. Полученные данные могут быть использованы при масштабировании процесса с учетом времени нахождения вещества-источника углерода в горячей зоне реактора и времени контакта с катализатором, которые могут быть рассчитаны из конфигурации реактора со скоростями подачи газообразных компонентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мележик, А.В. Влияние параметров технологических режимов на выращивание углеродных нанотрубок методом каталитического пиролиза углеводородов / А.В. Мележик, М.А. Смыков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 904 – 909.
2. Синтез углеродных нанотрубок из ацетона / А.В. Мележик, М.А. Смыков, Е.Ю. Филатова и др. // Химическая технология. – 2012. – № 4. – С. 197 – 206.

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

*О.Ю. Яцишина, А.Е. Бураков, Я.Е. Гурьев, А.Е. Кучерова\**

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГИДРОАДСОРБЕНТ – НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ**

Активированный уголь (АУ) – наиболее распространенный сорбент, способный эффективно очищать различные жидкие смеси от примесей и вредных соединений. Он используется в фармакологической, химической, пищевой и других областях.

АУ имеет огромное количество пор и поэтому обладает очень развитой удельной поверхностью (1 г активного угля, в зависимости от технологии изготовления, имеет поверхность от 500 до 1500 м<sup>2</sup>), вследствие чего обладает высокой гидроадсорбцией и широко применяется для высококачественной очистки водных сред.

Известно множество работ, связанных с повышением эффективности сорбционной способности АУ, в частности, для этого используют модификаторы различной природы.

В данной работе предложено модифицировать АУ углеродными нанотрубками (УНТ).

Синтез углеродных фуллереноподобных структур – нанотрубок – перспективное направление развития коммерческого использования нанотехнологий, декларированного в решении Правительства Российской Федерации, а комплекс уникальных свойств, которыми обладают данные материалы, способен существенно улучшить эксплуатационные характеристики современных функциональных материалов.

Целью работы является разработка технологии получения высокоэффективного наномодифицированного АУ для сферы тонкой очистки водных сред.

Авторами данной работы процесс наномодификации АУ предложено осуществлять методом пиролитического синтеза высокопористой структуры УНТ.

Представленная в работе технология – сложный химический процесс, во время которого на поверхности АУ под действием высоких температур из частиц катализатора вырастают УНТ. Она включает в себя следующие этапы:

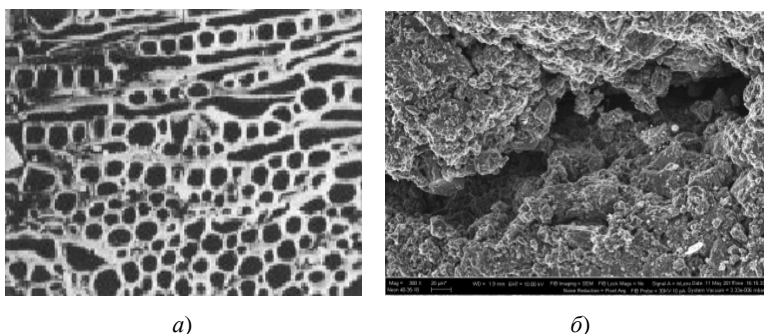
– приготовление исходного раствора гетерогенной металл-оксидной каталитической системы (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al) [1];

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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.

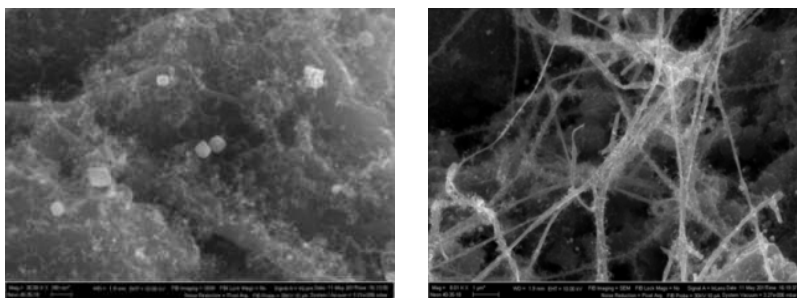
- подбор и предварительная обработка материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- процесс пропитки образца АУ исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ;
- процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 160...220 °С;
- процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном образце в промышленном реакторе ( $t_{\text{пр}} = 650 \text{ °С}$ );
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, не зафиксированных на материале).

Авторами получены экспериментальные образцы наномодифицированного АУ, сравнительные СЭМ-изображения структуры которого представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Структура АУ:**  
*a* – стандартная; *б* – модифицированная УНТ

Фотографии различной структуры УНТ на поверхности носителя (АУ) представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Структура АУ, модифицированного УНТ**

Удельная поверхность исследуемых образцов АУ составляла порядка 700 м<sup>2</sup>/г, модифицированного УНТ – составила около 870 м<sup>2</sup>/г.

При равномерном распределении катализатора на поверхности АУ происходит формирование сплошного нановолокнистого слоя углерода. Зарождение УНТ происходит непосредственно на поверхности АУ, что обеспечивает хорошую адгезию между выращенным слоем УНТ и основой.

Качество и характеристики структуры УНТ могут меняться в зависимости от выбранной технологии приготовления катализатора, путем варьирования рецептуры и параметров процесса пропитки катализатором образцов модифицируемого АУ. Немаловажную роль играет процесс синтеза, его технологические параметры.

По заключению Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (ИОНХ РАН) экспериментальные образцы АУ, поверхность которых модифицирована УНТ, эффективно удаляют медь (II) и хлороформ из водного раствора (табл. 1).

### 1. Результаты сравнительных испытаний АУ

Объем раствора, л	Загрязнитель	Эффективность удаления с помощью угля, %	Эффективность удаления с помощью угля, модифицированного нанотрубками, %
10	Сульфат меди(II) (Cu <sup>2+</sup> )	0	5
10	Хлороформ (CHCl <sub>3</sub> )	0	13

Данные таблицы подтверждают эффективность удаления примесей из водных растворов наномодифицированным АУ, что доказывает целесообразность использования УНТ в структуре угля.

Осуществлена сравнительная диагностика водно-спиртовых смесей, обработанных наномодифицированным АУ, в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ). Для образцов до и после очистки проводили газохроматографический анализ, определяли щелочность, жесткость, величину рН, содержание микроэлементов и окисляемость (табл. 2).

## 2. Результаты физико-химического, микроэлементного анализа водно-спиртовых смесей

Определяемый показатель	Исходная сортировка	Сортировка после наномодифицированного материала
Щелочность (HCL)	0,1	0,3...0,55
Водородный показатель, pH	6,2	7,2...8,2
Жесткость, ° Ж	0,04	0.25...1,0
Окисляемость по Лангу, мин	10,5	11,4...15,2
Прозрачность, Т	95	96...100

Наномодифицированный АУ удаляет запах, цвет, снижает содержание органических веществ и позволяет улучшить органолептические свойства водно-спиртовых смесей.

Представленные данные в таблицах показывают, что применение наномодифицированного АУ существенно улучшает качество водных растворов и водно-спиртовых смесей.

АУ, модифицированный УНТ, – высокотехнологичный продукт для сферы экологического мониторинга и здоровья человека, способный сформировать новый сектор рынка сорбентов.

Российский рынок сорбентов достаточно велик (емкость на 2011 г. – \$1,5 млрд.), следовательно, продукт, имеющий более высокие значения показателей качества, чем существующие аналоги, способен привлечь новых потребителей и в перспективе стать импортозамещающим.

Потребителями данной продукции будет широкий круг промышленных организаций, а также НИИ и специализированных центров, работающих в высокотехнологичных и техногенных областях деятельности, связанных с производством и потреблением значительных объемов сверхчистых жидких сред.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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 «ТГТУ»*

*А.Е. Кучерова, А.Е. Бураков, А.С. Заикин\**

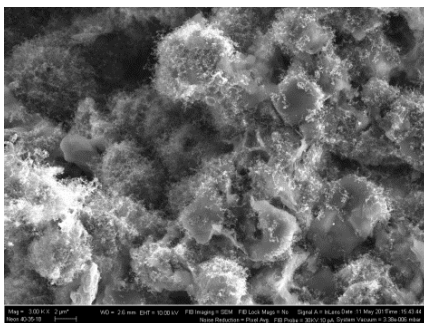
## **НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОДНЫХ СРЕД**

В настоящее время получение углеродных нанотрубок (УНТ) стало особенно актуальным в связи с их применением в очистке жидких сред. Одним из наиболее перспективных применений УНТ является высокоэффективная очистка функциональных жидких сред, в частности, водно-спиртовых смесей (ВСС).

Качество водочных изделий напрямую зависит не только от качества исходного сырья (воды и спирта), но и от степени очистки сортировок. Исследования очистки ВСС касаются преимущественно удаления определенной группы примесей, в частности метанола, альдегидов, сивушных масел и т.д. Для удаления этих примесей перспективно использовать синтетические цеолиты.

Цеолиты являются высокоэффективными сорбентами для разделения многокомпонентных смесей. Процессы разделения основаны на двух свойствах цеолитов: молекулярно-ситовом действии и резко выраженной избирательной адсорбции полярных молекул.

В данной работе рассмотрена возможность повышения качества ВСС путем использования синтетических цеолитов, структура которых модифицирована синтезированными путем газофазного химического осаждения УНТ (рис. 1).



**Рис. 1. Структура модифицированного цеолита**

---

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



В основе технологии получения наномодифицированных цеолитов лежит метод каталитического пиролиза углеводов на подложке-носителе. Авторами разработана технология поверхностного наноуглеродного модифицирования цеолитов, включающая:

1) 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.);

3) процесс пропитки цеолита исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ;

4) процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 160...220 °С;

5) процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном образце в промышленном реакторе ( $t_{\text{пр}} = 650$  °С);

6) процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, незафиксированных на волокнах-носителях).

Опытные партии образцов исходного синтетического цеолита NaX и цеолитов с нанесенными слоями УНМ в присутствии катализаторов Ni-Co-MgO; Ni-Mo-MgO и Ni-Fe-Co-MgO были продиагностированы в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ).

Результаты определения жесткости, щелочности, окисляемости, величины рН, содержания микроэлементов и газохроматографического анализа до и после фильтрования приведены в табл. 1.

Данные газохроматографического анализа свидетельствуют, что после обработки снижалось содержание уксусного альдегида, не идентифицированные пики не появлялись. Данные физико-химического анализа показывают снижение жесткости – от 0,2 до 0,15 °Ж, рост величины рН от 9 до 9,05...9,2 и снижение концентрации хлоридов от 4,4 до 2,4...3,6 мг/дм<sup>3</sup>. Также повышалась окисляемость ВСС, отмечено незначительное улучшение органолептических показателей (на 0,04 балла).

Таким образом, показана эффективность применения для тонкой очистки ВСС синтетических цеолитов, модифицированных УНТ, синтезированными на золь-гель катализаторе (рецептура Ni-Co-MgO).

# 1. Результаты газохроматографического, физико-химического и микроэлементного анализов

Показатель	Наименование образца					
	Исходная сортировка	После обработки цеолитом				
		станд.	с УНМ, нанесенными на катализаторах			
			Ni-Co-MgO	Ni-Mo-MgO	Ni-Fe-Co-MgO	
<b>Газохроматографический анализ</b>						
Массовая концентрация, мг/дм <sup>3</sup> в 1 дм <sup>3</sup> безводного спирта						
Уксусный альдегид	2,3	2,3	<b>2,1</b>	2,2	2,1	
2-пропанол	1,5	1,5	<b>1,5</b>	1,5	1,5	
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	0,02	0,003	0,003	0,003	0,003	
<b>Физико-химический анализ</b>						
Жесткость, °Ж		0,2	0,2	<b>0,15</b>	0,15	0,15
Щелочность, см <sup>3</sup> 0,1 н раствора НСl на 100 см <sup>3</sup>		2,0	2,0	<b>2,0</b>	2,0	2,0
Окисляемость по Лангу, мин		15,2	15,2	<b>17,2</b>	17,0	16,4
Разность в окисляемости, мин		–	–	<b>2,0</b>	1,8	1,2
Водородный показатель (рН)		9,0	9,05	<b>9,2</b>	9,2	9,15
Содержание, мг/дм <sup>3</sup> :						
железа		следы	следы	следы	следы	следы
сульфатов		2,0	2,0	<b>2,0</b>	2,0	2,0
хлоридов		4,4	3,6	<b>2,4</b>	3,6	2,8
силикатов		2,2	2,4	<b>2,3</b>	2,3	2,4
<b>Органолептический анализ</b>						
Дегустационная оценка, балл		9,25	9,26	<b>9,29</b>	9,27	9,26
Разность в дегустационной оценке (балл)		–	0,01	<b>0,04</b>	0,02	0,01

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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 «ТГТУ»*

*А.М. Ифанов, Е.В. Пономарев, Д.С. Слепов\**

## **АППАРАТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДОБАВОК В БЕНЗИНЫ**

В условиях повышения требований к экологическим качествам автомобилей, масел и топлив, задача поддержания в работоспособном состоянии отечественной и подержанной импортной техники в определенной степени решается за счет применения специальных ремонтно-эксплуатационных препаратов и технологий безразборного сервиса, в том числе на основе нанотехнологий, наноматериалов.

Противоизносные присадки стали необходимы в связи с разработкой и применением малосернистых дизельных топлив, поскольку топлива со сниженным содержанием серы характеризуются плохими противоизносными свойствами. В результате, уже через пять тысяч километров пробега выходят из строя топливные насосы высокого давления. Аналогичные проблемы возникают в бензиновых двигателях: с механическими узлами топливных насосов, с направляющими всасывающих клапанов, с компрессионными кольцами. Считается, что при содержании серы в топливе, менее 0,05%, требуется применение специальных противоизносных присадок, позволяющих на порядок продлить срок службы топливной аппаратуры и других узлов.

Данная проблема достаточно остро стоит как в промышленно развитых странах, так и в России.

Наноструктурированная добавка предназначена для увеличения детонационной стойкости, повышения стабильности работы двигателя и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов, снижения расхода бензина (~ на 15...20%), а также исключает смолообразование и обеспечивает существенное снижение токсичных выбросов (СО, СН) автомобильного транспорта. Не содержит в составе металлического компонента, значительное снижение детонационной активности достигается благодаря оптимальному соотношению компонентов и наноструктурированных материалов. Подходит для улучшения качества любых бензинов.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В.П. Тарова.

Добавка представляет собой высокодиспергированный коллоидный раствор наноматериала «Таунит» в изопропиловом спирте. Для ее изготовления создана установка получения наноструктурированных добавок в бензины, одной из основных частей которой является ультразвуковой проточный аппарат.

Ультразвуковое диспергирование – тонкое размельчение твердых веществ или жидкостей, переход веществ в дисперсное состояние с образованием золя под действием ультразвуковых колебаний. Оно позволяет получать высокодисперсные (средний размер частиц – микроны и доли микрон), однородные и химически чистые смеси (суспензии) твердых частиц в жидкостях.

Установка представляет собой комплекс из трех аппаратов, связанных между собой технологическими трубопроводами.

Изопропиловый спирт при помощи погружного насоса поступает в емкость  $V \sim 1 \text{ м}^3$  для хранения спирта.

Из емкости спирт электронасосом подается в установку для получения присадок в бензины, которая состоит из аппарата с мешалкой и рубашкой  $V \sim 0,12 \dots 0,15 \text{ м}^3$ , насоса для бензина и ультразвукового проточного диспергатора, размещенных на общей раме.

Принцип действия установки для получения присадок в бензины заключается в следующем:

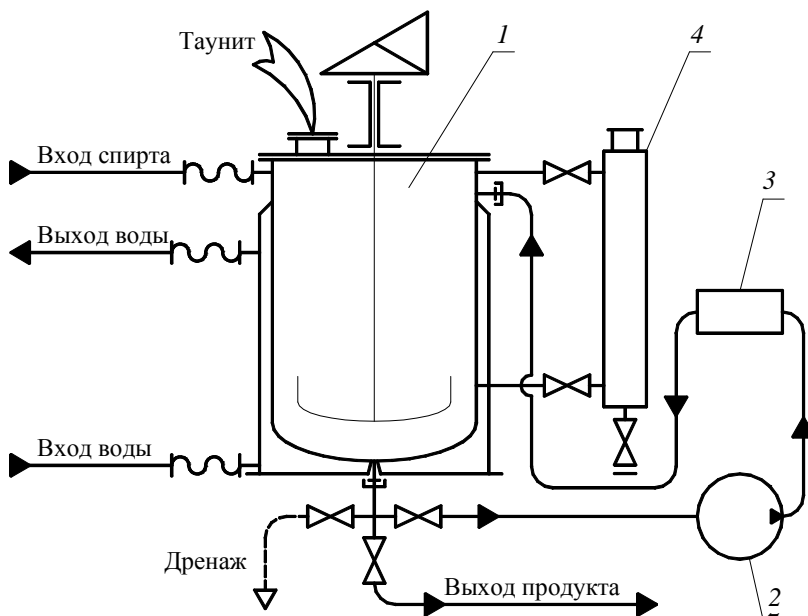
1. В аппарат с мешалкой и рубашкой 1 подается  $\sim 120$  л изопропилового спирта. Уровень среды в аппарате контролируется по уровню 4.

2. Через отверстие в крышке аппарата, засыпается порция углеродного наноматериала «Таунит» и ПАВ, в течение 10...15 минут они перемешиваются.

3. В течение 10...60 минут смесь изопропилового спирта и наноматериала несколько раз проходит через ультразвуковой проточный диспергатор 3 при помощи насоса 2 (мешалка не выключается), в результате чего образуется устойчивая суспензия «Таунита» и ПАВ в спирте.

Во время работы диспергатора в рубашку аппарата подается вода для охлаждения смеси, температура суспензии измеряется термопреобразователем.

Ультразвуковое диспергирование (измельчение) происходит за счет кавитации и взаимного трения быстро движущихся и соударяющихся частиц в две фазы. В первой фазе (протекающей в течение нескольких десятков секунд) измельчение происходит благодаря наличию в исходных частицах большого количества микротрещин, и поэтому трение частиц о жидкость и их взаимные соударения играют определяющую роль.



**Рис. 1. Схема установки для получения присадок в бензины:**

1 – аппарат с мешалкой и рубашкой; 2 – насос для бензина;  
3 – ультразвуковой проточный диспергатор; 4 – уровнемер

Во второй фазе измельчение происходит за счет кавитационных ударных волн, формирующих в частицах новые микротрещины.

Высокоэффективное измельчение возможно лишь в присутствии поверхностно-активных веществ, снижающих поверхностную энергию диспергируемых тел и работу диспергатора (рис. 1).

Готовый продукт электронасосом подается в аппарат с мешалкой, откуда затем разливается по канистрам.

Перед тем как разливать суспензию назад, необходимо на 15...20 минут включить мешалку.

Кнопки включения и выключения мотор-редукторов мешалок и насосов находятся в шкафу управления, который должен быть расположен вне взрывоопасной зоны.

Ультразвуковой проточный диспергатор имеет свой шкаф управления, который также должен быть расположен вне взрывоопасной зоны.

## 1. Эффективность применения наноструктурированных добавок в различных агрегатах техники

Показатели эффективности	Значения
Повышение эффективной мощности двигателя, %	2...7
Снижение расхода топлива, %	3...9
Снижение расхода масла на угар, %	30 ... 70
Снижение токсичности отработавших газов двигателя (среднее значение по компонентам), %	15...35
Снижение уровня шума узлов трения трансмиссий, редукторов, %	5...10
Увеличение продолжительности выбега автомобиля (снижение механических потерь в двигателе и трансмиссии), %	9...15
Повышение компрессии в цилиндрах двигателя, %	на 5...25

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткачев, А.Г. Углеродный наноматериал «Таунит» – структура, свойства, производство и применения / А.Г. Ткачев // Перспективные материалы. – 2007. – № 3. – С. 5 – 9.

2. Промтов, М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М.А. Промтов. – М. : Машиностроение, 2004. – С. 86 – 97.

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

УДК 535.375.5

*И.Г. Проценко\**

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЫ В ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВАХ**

Как известно, основной продукцией металлургической промышленности являются стали, около 90% – углеродистые и 10% – легированные. Помимо основы – железа, в их состав входят различные примеси, причем наличие последних, не всегда оказывает положительное влияние на свойства.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Ю.А. Брусенцова; канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И.С. Филатова.

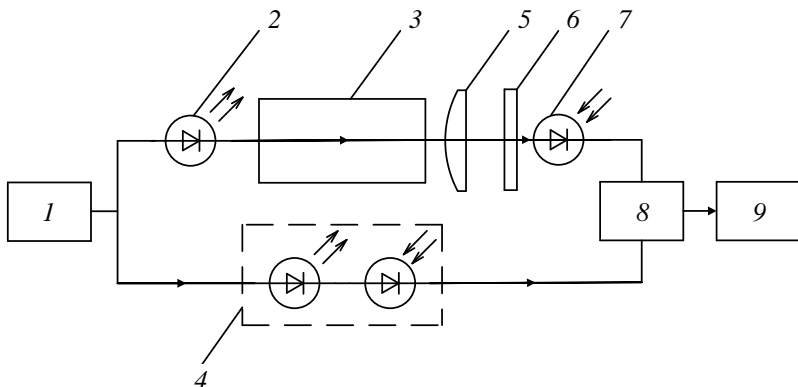
Наибольшее негативное влияние оказывает сера. Нерастворимая в железе в любых количествах, она образует сернистые соединения – сульфиды железа, которые входят в состав эвтектики, образующейся при 988 °С. Она располагается, как правило, по границам зерен и делает стали не поддающимися горячей обработке давлением при температуре прокатки.

Существующие методы определения данного параметра широко известны, находят применение в лабораторных условиях, однако существенным их недостатком является то, что они не позволяют проводить экспресс-анализ непосредственно на производстве.

Целью работы является определение содержания серы непосредственно над расплавом стали, путем регистрации длины волны вторичного излучения над расплавом.

Для реализации данной методики определения вредных примесей в лабораторных условиях используется экспериментальная измерительная установка (рис. 1), позволяющая при прохождении светового луча непосредственно через пары над расплавом анализируемого материала определять наличие вредных примесей за счет смещения спектра регистрируемого излучения.

Наблюдаемое в ходе ряда экспериментов изменение длины волны излучения над расплавом на величину порядка 50...60 нм можно объяснить или рассеиванием светового потока или с помощью люминесценции паров анализируемого материала.



**Рис. 1. Структурная схема экспериментального прибора:**

- 1 – источник питания; 2 – источник ультрафиолетового излучения;
- 3 – область анализируемой пробы вещества; 4 – мостовая схема;
- 5 – собирающая линза; 6 – интерференционный светофильтр;
- 7 – фотоприемник; 8 – устройство сравнения;
- 9 – система регистрации и обработки информации

С классической точки зрения процесс рассеивания заключается в том, что световой поток, проходящий через вещество, вызывает колебание электронов в атоме. Он, дифрагируя на неоднородностях среды, дает дифракционную картину, характеризующуюся довольно равномерными распределениями интенсивности по всем направлениям. Причиной появления оптических неоднородностей является флуктуационная плотность, т.е. наблюдаемая в пределах малого объема отклонение плотности от его среднего значения. Эти флуктуации вызваны беспорядочным движением молекул вещества. Вызванное ими рассеивание принято называть молекулярным [1]. Возможно, именно оно определяет изменение цвета излучения, вследствие неупорядоченного перемещения частиц анализируемого вещества, образования областей сгущения или разрежения пространства.

Используя теоретические положения, можно попытаться объяснить наблюдаемое в ходе экспериментов изменение длины волны излучения, посредством которого регистрируется наличие серы в парах над расплавом. Однако, стоит заметить, что результаты дополнительных проведенных экспериментов полностью опровергают теоретические предположения. В частности, согласно теории рассеивания света, при изменении угла отклонения приемника излучения от главной оптической оси интенсивность рассеянного излучения должна изменяться плавно (рис. 2, а), тогда как на практике данный эффект не наблюдается (рис. 2, б). Таким образом, применение закона Рэлея для описания процесса свечения паров серы, находящихся в газообразном состоянии над расплавом исследуемого материала, не представляется возможным. Следовательно, рассеивание светового потока источника излучения частицами анализируемого материала не наблюдается.

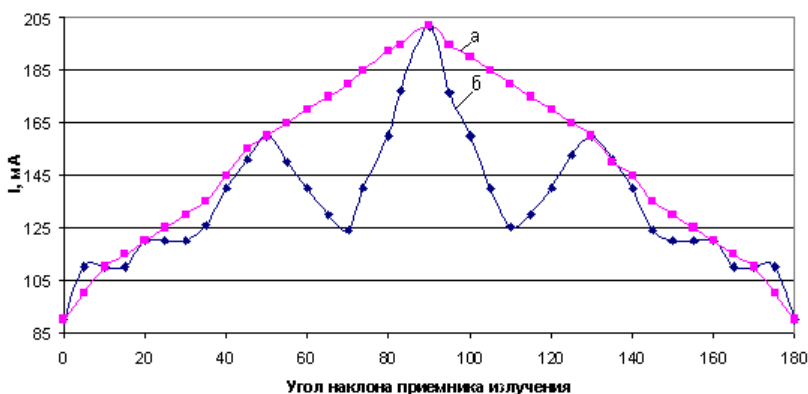


Рис. 2. Зависимость интенсивности от угла наклона приемника излучения



Рассмотрим изменение длины волны излучения с точки зрения флуоресценции паров анализируемого материала. В ходе данного процесса система излучает энергию, и для ее возбуждения необходимо подводить энергию извне, например, с помощью лазерного излучения. Для возбуждения люминесценции обычно используется спектральная область, соответствующая диапазону длин волн анализируемого материала. Поглощение молекулой кванта света в этой области спектра приводит к переходу электрона на более высокий энергетический уровень, происходит за  $10^{-15}$  с, что соответствует периоду колебания световой волны. За время поглощения света молекулой заметно не изменяется ни положение, ни импульс ядер атомов молекулы.

Молекула в основном состоянии может поглотить свет с частотой  $\nu$ , если существует некоторое состояние, имеющее большую энергию, нежели первоначальное состояние.

$$E_n - E_0 = h\nu .$$

При поглощении света молекула переходит на один из колебательных подуровней возбужденного электронного состояния. Для излучательного перехода между двумя состояниями одинаковой мультиплексности характерно явление флуоресценции. При комнатной температуре практически все молекулы находятся на нулевом колебательном подуровне основного состояния, поэтому поглощение происходит с этого уровня. Испускание флуоресценции происходит с нулевого колебательного подуровня первого возбужденного состояния. Поэтому общим переходом в поглощении и испускании является переход между нулевыми колебательными подуровнями основного и возбужденного состояний.

Частоту перехода несложно определить при пересечении спектров поглощения и испускания, что соответствует правилу Стокса. Согласно ему свет испускания характеризуется большей длиной волны, чем поглощенный телом, вызывающим флуоресценцию. Таким образом, правило Стокса позволяет утверждать, что максимум полосы поглощения смещен в сторону коротких волн относительно полос флуоресценции. Иными словами, это подтверждает, что длина волны флуоресценции смещена в сторону инфракрасного диапазона длин волн [2], что подтверждается экспериментально.

С целью проверки полученных в лабораторных условиях результатов и подтверждения флуоресценции паров серы над расплавом, на спектральном приборе УМ-9 был проведен ряд экспериментов, результаты которых подтвердили, что максимум флуоресцентного излучения приходится на спектральную область между синим и зеленым диапазоном длин волн.

Таким образом, наблюдаемое в ходе ряда экспериментов изменение длины волны излучения на величину порядка 50...60 нм, объясняется люминесценцией паров вредной примеси в стали.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И.В. Курс общей физики : учеб. пособие для студентов вузов. Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2005. – 496 с.
2. Экспериментальные методы химической кинетики : учебник / под ред. Н.М. Эмануэля, М.Г. Кузьмина. – М. : МГУ, 1985. – 384 с.

*Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**539.2-022.532**

*И.В. Аносова, М.О. Телегин\**

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ УНТ СЕРИИ «ТАУНИТ» ПОЛИАНИЛИНОМ**

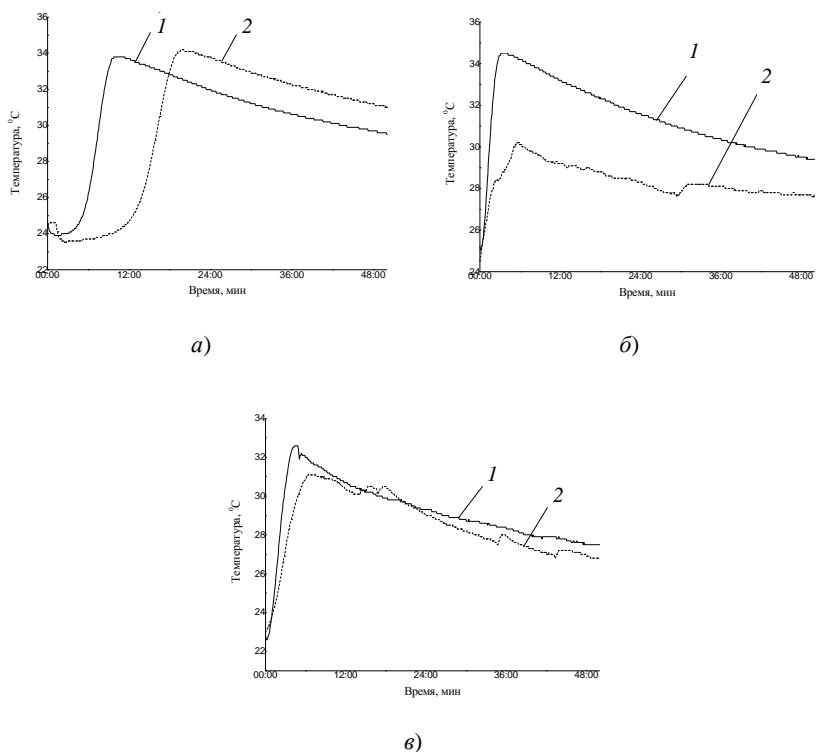
Композиты на основе углеродных нанотрубок (УНТ), модифицированных полианилином (ПАНИ), обладающим электронной проводимостью, имеют перспективы широкого применения в качестве материалов для электрохимических конденсаторов и накопителей энергии [1]. Для успешной реализации технологий получения композитов ПАНИ/УНТ в опытно-промышленных масштабах необходимо детальное изучение процессов, происходящих при протекании окислительной полимеризации анилина на поверхности УНТ, оптимизация условий этой реакции, исследование свойств получаемых материалов.

В настоящей работе исследованы процессы модифицирования полианилином углеродных нанотрубок «Таунит-М» ( $d = 8...15$  нм,  $l \approx 2$  мкм;  $S_{уд} = 300...320$  м<sup>2</sup>/г) и «Таунит-МД» ( $d = 30...80$  нм,  $l \geq 20$  мкм;  $S_{уд} = 180...200$  м<sup>2</sup>/г). В качестве окислительного реагента использовался персульфат аммония. Исследовалось влияние начального рН среды на закономерности и эффективность протекания процессов модифицирования УНТ полианилином и электрохимические свойства конечных продуктов.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. хим. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т.П. Дьячковой.

Анализ температурных профилей окислительной полимеризации анилина, протекающей как без темплата (рис. 1, *a*), так и на поверхности углеродных нанотрубок (рис. 1, *б* и *в*) показывает экзотермический характер процессов. В первом случае (рис. 1, *a*) в начале реакции имеется индукционный период, в течение которого температура практически не изменяется. За ним следует участок резкого подъема температуры. При проведении синтеза в присутствии углеродных нанотрубок продолжительность индукционного периода значительно сокращается: на поверхности «Таунита-МД» его продолжительность 1–2 минуты, на поверхности «Таунита-М» – менее 1 минуты. При изменении кислотности среды в присутствии УНТ продолжительность индукционного периода не изменяется.



**Рис. 1.** Изменение температуры во время окислительной полимеризации анилина в отсутствие темплата (*a*) и в присутствии УНТ «Таунит-М» (*б*) и «Таунит-МД» (*в*) при начальном значении pH, равном 1 (1) и 2 (2)

Имеется два фактора, вызывающих ускорение реакции в присутствии УНТ [2]. Во-первых, на поверхности углеродных нанотрубок возможна адсорбция олигомерных фрагментов, которые образуются в ходе реакции. Второй связан с тем, что углеродные нанотрубки, являясь электропроводниками, способны участвовать в передаче электронов от молекул восстановителя (анилина) к частицам окислителя (пероксисульфат-ионам).

Увеличение кислотности среды вызывает заметное ускорение окислительной полимеризации анилина в отсутствие УНТ. Индукционный период реакции в этом случае сокращается с 5 до 10 минут. Максимум температуры также достигается быстрее при более низком рН. Однако значение температуры в точке экстремума практически не изменяется и составляет (около 34 °С).

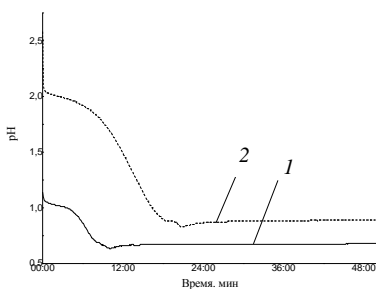
При протекании окислительной полимеризации анилина в присутствии УНТ кислотность среды способствует более быстрому достижению максимума температур лишь в незначительной степени. Температурные профили реакций, протекающих на поверхности «Таунита-МД» при рН = 1 и рН = 2 практически совпадают. При модифицировании «Таунита-М» различия при разных концентрациях ионов  $H^+$  более очевидны. В менее кислых средах реакция сопровождается меньшим тепловым эффектом, однако скорость достижения максимума температуры практически не изменяется.

Различия во влиянии УНТ разной морфологии на протекание окислительной полимеризации обусловлены тем, что на поверхности «Таунита-М», обладающего более высокой удельной поверхностью, и количество активных центров реакции больше.

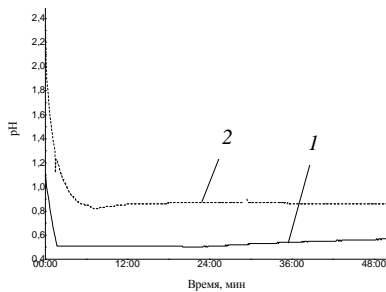
На рисунке 2 представлены результаты измерения рН среды в ходе окислительной полимеризации анилина без УНТ и в их присутствии. Протекающие реакции сопровождаются снижением рН, так как их продуктом являются сильные кислоты. Существует корреляция между положением экстремальных точек на температурных профилях и на зависимостях рН от времени. Минимальное значение рН достигается за тот же промежуток времени, что и максимум температуры. Во время индукционного периода реакции рН так же, как и температура, изменяется незначительно (рис. 2, а).

При начальном рН = 2 кривые изменения кислотности среды во времени при реакциях окислительной полимеризации анилина в присутствии углеродных нанотрубок разных типов практически совпадают (рис. 2, б и в).

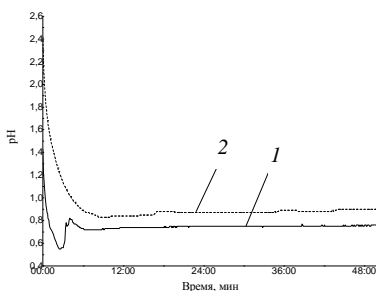
При начальном рН = 1 протекание реакции на поверхности «Таунита-М» сопровождается падением рН до 0,5, после чего кислотность



а)



б)



в)

**Рис. 2. Изменение рН среды в ходе окислительной полимеризации анилина в отсутствие темплата (а) и в присутствии УНТ «Таунит-М» (б) и «Таунит-МД» (в) при начальном значении рН, равном 1 (1) и 2 (2)**

среды не изменяется. В присутствии «Таунита-МД» рН сначала падает до такого же значения (0,5), затем растет и стабилизируется на уровне рН = 0,7. Очевидно, в данном случае УНТ оказывают некоторое буферное действие на систему.

Выход полианилина в реакциях окислительной полимеризации и его массовая доля в полученных композитах УНТ/ПАНИ представлены в табл. 1. Эффективность протекания окислительной полимеризации в более кислых средах выше, о чем свидетельствует более высокий выход полианилина от теоретически возможного. Если при начальном рН = 1 введение УНТ в реакционную массу способствует увеличению выхода полианилина, то в менее кислых средах введение «Таунита-М» снижает этот показатель, а «Таунита-МД» – практически не изменяет его.

## 1. Выход полианилина и его массовая доля в композиционных материалах

Начальный уровень pH	Темплат	Выход, %	Массовая доля ПАНИ, %	Удельная электропроводность, Ом <sup>-1</sup> ·см <sup>-1</sup>
1	–	87,4	100	3,39
	Таунит-М	93,01	83,5	1,17
	Таунит-МД	98,5	84,3	2,35
2	–	85,1	100	24,76
	Таунит-М	78,7	81,06	0,84
	Таунит-МД	85,26	82,26	0,53

Очевидно, в более кислых средах не только увеличивается скорость реакции окислительной полимеризации анилина, но доля продуктов с более высокой молярной массой и обладающих более высокой электропроводностью (табл. 1). Кажущееся увеличение электропроводности композитов, полученных при начальном pH среды, равном 2, связано, прежде всего, со снижением массовой доли полианилина в них.

НИР выполнена при поддержке РФФИ (грант 12-03-9755).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mandić, Z. Polyaniline as cathodic material for electrochemical energy sources. The role of morphology / Z. Mandić, M.K. Roković, T. Pokupčić // *Electrochimica Acta*. – 2009. – Vol. 54. – P. 2941 – 2950.
2. Multi-wall carbon nanotubes coated with polyaniline / E.N. Konyushenko, J. Stejskal, M. Trchova, J. Hradil, J. Kovařova, J. Prokeř, M. Cieslar, J.-Y. Hwang, K.-H. Chen, I. Sapurina // *Polymer*. – 2006. – Vol. 47. – P. 5715 – 5723.

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

*И.Н. Зеленов, В.Ю. Польшиков, А.А. Добросоцкий, А.А. Алекторов\**

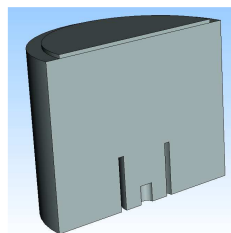
## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВНОЙ СМЕСИ В ДИФфуЗИОННОЙ ГОРЕЛКЕ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Разработка безопасной и энергоэффективной технологии синтеза углеродных наноструктурных материалов при горении топлива в диффузионном режиме в присутствии катализаторов является весьма актуальной задачей.

Для идентификации процессов, протекающих при сжигании топлива в горелочных устройствах, необходимо спрогнозировать ход и параметры гидродинамических и тепло-массообменных процессов. Моделирование течения с горением является наиболее сложной задачей движения газа. Данная проблема может эффективно решаться в системе вычислительной гидродинамики FlowVision (компания «ТЕСИС», г. Москва). Виртуальный эксперимент в системе вычислительной аэрогидродинамики, в отличие от натуральных испытаний, значительно снижает трудоемкость подготовительных мероприятий, упрощает экспериментальную часть работы, более наглядно и детально раскрывает суть происходящих процессов при горении топливных компонент в диффузионной горелке с «реальными» размерами и расходами газов.

Для моделирования процесса в диффузионной горелке с кольцевым соплом для подачи воздуха построена 3D-модель газовой области в системе T-Flex CAD 3D (рис. 1).

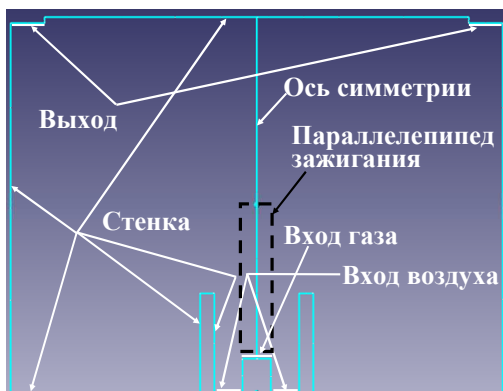
Геометрия из T-Flex CAD экспортировалась через обменный формат Stereo Lithography (stl) и подгружалась в систему FlowVision. В препроцессоре выбиралась осесимметричная задача, устанавливались начальные параметры соответствующие нормальным условиям, из стандартной библиотеки загружались свойства компонентов, подаваемых на горение (воздух и пропан-бутан), и свойства продуктов сгорания для заданной смеси, создавался фильтр одноразового зажигания в параллелепипеде и задавались граничные условия (названия границ указаны стрелками на рис. 2).



**Рис. 1. Разрез  
3D-модели  
диффузионной  
горелки**

---

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



**Рис. 2. Граничные условия при моделировании процесса в диффузионной горелке**

В качестве начальных значений и физических параметров модели задавались начальная температура  $T = 293$  К; давление  $101\,325$  Па; пульсация  $0,03$ ; масштаб турбулентности  $0,01$  м, стехиометрический коэффициент  $k_m = 15,67$  (для топливной смеси пропан-бутан + воздух); температура воспламенения  $750$  К; диапазон коэффициента избытка окислителя, в котором горение поддерживается самопроизвольно  $\alpha = 0,02 \dots 3$ , выбиралась пульсационная модель химической кинетики процесса.

Для расчетной подобласти генерировалась начальная прямоугольная сетка с разбиением на  $50$  участков по координатным осям.

Рассматривался процесс горения обогащенной топливной смеси, обеспечивающий высокий выход углеродного депозита ( $\alpha = 0,4$ ;  $k_m = 6,9$ ), при этом задавались следующие параметры:

- «Стенка» – тип границы «Стенка», логарифмический закон изменения скорости;
- «Вход газа» – тип границы «Вход/Выход», температура  $20$  °С, концентрация  $1$ , нормальная массовая скорость  $0,1139 \cdot 10^{-4}$  кг/(м<sup>2</sup>·с);
- «Вход воздуха» – тип границы «Вход/Выход»; температура  $20$  °С, концентрация  $0$ , нормальная массовая скорость  $0,10834$  кг/(м<sup>2</sup>·с);
- «Выход» – тип границы «Свободный выход»;
- «Параллелепипед зажигания» – для расчета «холодного» течения – «Неактивный», для расчета горения – «Одноразовый».

Процесс моделирования включал два этапа. На первом рассчитывалось «холодное» течение газовых компонент без горения. При этом обеспечивалось некоторое распределение коэффициента избытка



окислителя  $\alpha$  внутри горелки, при котором горючее достигает границы «Выход». После того как было получено распределение коэффициента избытка окислителя, проводилась инициация процесса горения в «параллелепипеде зажигания» с использованием подготовленного фильтра зажигания (переключение режима «Неактивный» в режим «Одноразовый»).

Расчет проводился до стационарного состояния, которое контролировалось по погрешности основных расчетных переменных (точность расчета  $10^{-4}$ ).

Для диффузионной горелки с заданным расходом горючего и окислителя получены распределения коэффициента избытка окислителя (рис. 3, а), скоростей (рис. 3, б) и температуры (рис. 3, в).

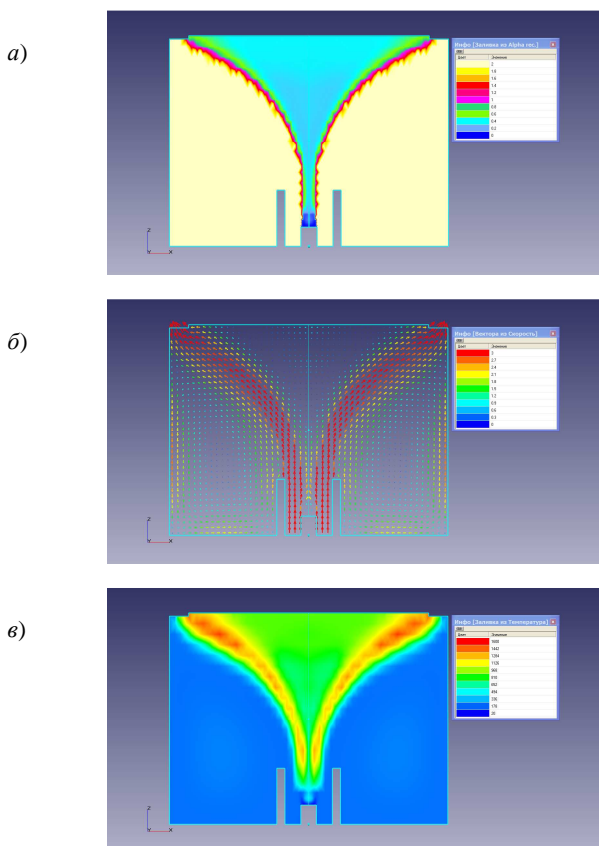


Рис. 3. Результаты моделирования

Анализ результатов моделирования показывает, что в горелке при раздельной подаче горючего и окислителя с заданными параметрами наблюдается неоднородное смесеобразование с коэффициентом избытка окислителя близким к стехиометрическому вблизи границы расширяющегося «конуса», образованного истекающим из центрального сопла горючим. Область богатой топливной смеси, в которой может образовываться углерод в конденсированной фазе, сосредоточена в конусе под центральной частью подложки-саженакопителя.

На векторном поле скоростей видно, что по периферии наблюдается циркуляция потока продуктов сгорания (не происходит проскок компонентов топливной смеси без реагирования). То есть в установленном режиме можно эффективно регулировать соотношение окислитель/горючее, варьируя их расход на входе в горелку.

На подложку-саженакопитель при заданных расходах поступают продукты сгорания с разной температурой.

Следует отметить, что при более мягких режимах горения с меньшим расходом компонентов пламя имеет фактически цилиндрическую форму от среза сопла и расширяется на конус малой высоты только вблизи подложки-саженакопителя. При этом диаметр конуса в области сечения подложки-саженакопителя зависит от расходов газовых компонент.

Все сделанные заключения в полной мере подтвердились при физическом моделировании процесса диффузионного горения на лабораторной установке. При этом наряду с качественными показателями, подтверждены и количественные результаты, в частности с погрешностью 5% определена температура в ядре потока под подложкой-саженакопителем.

Таким образом, система вычислительной гидродинамики FlowVision является эффективным средством моделирования и получения достоверных сведений о процессах при диффузионном горении топливных смесей.

Однако следует отметить, что расчет даже с использованием современных средств компьютерной техники требует значительных затрат времени. Результаты моделирования, представленные на рис. 3, были получены за 8 часов непрерывного расчета на компьютере с четырехядерным процессором Intel® Core™ i5-750 с тактовой частотой ядра 2,66 ГГц.

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

*В.В. Конкина, М.В. Паршикова, Д.И. Пучкова, И.Н. Шубин\**

## **ДИАГНОСТИКА УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА «ТАУНИТ» И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ**

Анализ состояния и тенденций развития объектов nanoиндустрии в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что одной из наиболее перспективных областей нанотехнологий является синтез углеродных наноматериалов (УНМ) – структур, представляющих собой новую аллотропную форму углерода в виде замкнутых, каркасных, макромолекулярных систем. УНМ обладают рядом уникальных свойств, обусловленных упорядоченной структурой их нанофрагментов: хорошая электропроводность и адсорбционные свойства, способность к холодной эмиссии электронов и аккумулярованию газов, диамагнитные свойства, химическая и термическая стабильность, большая прочность в сочетании с высокими значениями упругой деформации. Материалы, созданные на основе УНМ, могут успешно использоваться в качестве структурных модификаторов конструкционных материалов, аккумуляторов водорода, элементов радиозлектроники, добавок в смазочные материалы, лаков и красок, высокоэффективных адсорбентов, газораспределительных слоев топливных элементов.

В Тамбовском государственном техническом университете совместно с ОАО «Тамбовский завод "Комсомолец" им. Н.С. Артемова» выполнены комплексные работы по созданию промышленных методов получения УНМ с использованием CVD – процесса.

Синтезируемый продукт, который реализуется под торговой маркой «Таунит», представляет собой одномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка черного цвета.

На кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» Тамбовского государственного технического университета были проведены исследования пористой структуры и величины удельной поверхности УНМ «Таунит» и его модификаций.

Удельная поверхность УНМ находится в зависимости от их физических характеристик (диаметра, количества стенок и т.д.); зная ее, можно определить основные физические параметры наноматериалов. Удельная поверхность является макроскопическим параметром, который может быть полезен для выбора как условий синтеза УНМ, так и получения их с заданными параметрами.

---

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

Для измерения удельной поверхности и исследования пористой структуры углеродных наноразмерных материалов используется автоматизированный комплекс «Сорбтометр М».

Сорбтометр предназначен для измерения объема газа-адсорбата (азота, аргона либо иного инертного газа), адсорбируемого на поверхности дисперсных и пористых материалах, при температуре жидкого азота и различных значениях пропорционального состава газовой смеси с целью получения изотермы адсорбции (десорбции). Результаты измерений используются для расчета удельной поверхности, объема микропор и мезопор, внешней удельной поверхности и других текстурных характеристик исследуемых материалов.

Наиболее известным и простым по реализации методом определения поверхности образца в зависимости от величины физической адсорбции является одноточечный метод БЭТ. Этот метод может быть рекомендован для оценочных экспресс-измерений удельной поверхности партий образцов, незначительно отличающихся по своим химическим свойствам (рис. 1).

Многоточечный метод БЭТ дает результаты более надежные по сравнению с одноточечным методом. Однако использование этого метода существенно увеличивает время измерения изотермы адсорбции (вместо одной точки измеряются несколько).

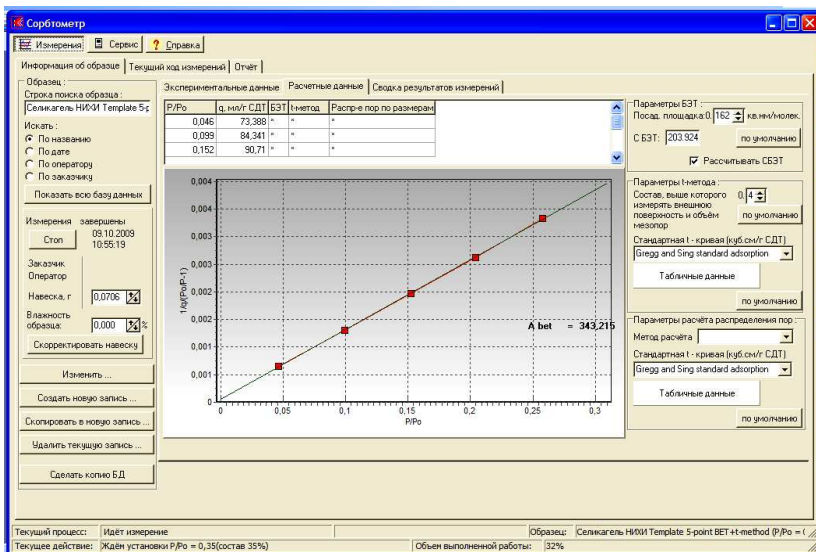


Рис. 1. Определение поверхности образца (метод БЭТ)

В связи с интегральным характером метода (расчетная емкость монослоя не учитывает возможность присутствия микропор и других нерегулярных адсорбционных центров, природа адсорбции на которых существенно отличается от регулярной адсорбции на открытой регулярной поверхности), этот метод не рекомендуется использовать для микропористых образцов (активные угли, цеолиты и т.п.).

Определение удельной поверхности мезопор и объема микропор проводится сравнительным методом ( $t$ -методом). Более правильно называть этот метод «методом сравнения со стандартом». Под стандартом сравнения понимается изотерма адсорбции, измеренная на непористом материале с регулярной поверхностью (рис. 2).

Практическим применением аналитического комплекса «Сорбтометр-М» является контроль удельной поверхности и пористой структуры УНМ, разрабатываемых на кафедре ТТПН. На сегодняшний день проведены исследования УНМ «Таунит» ТУ 2166-001-02069289–2007, а также «Таунит-М» и «Таунит-МД». В результате анализа были получены данные по удельной поверхности и пористости УНМ, приведенные в табл. 1.

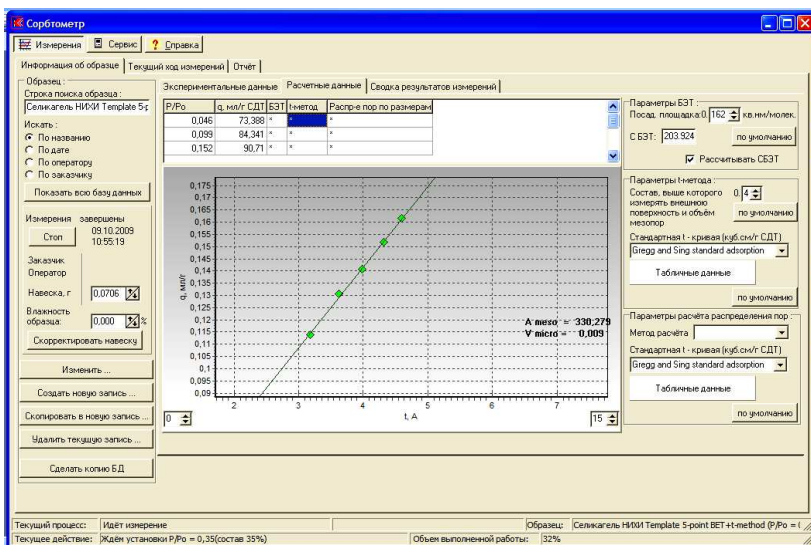
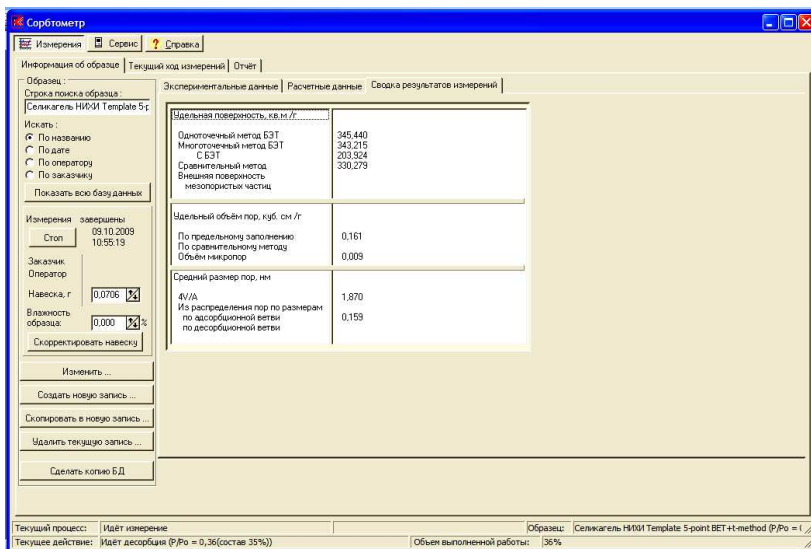


Рис. 2. Определение удельной поверхности и объема микропор образца сравнительным методом ( $t$ -метод)

**Таблица 1**

Образец	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г			удельн. объем пор, см <sup>3</sup> /г	ср. размер пор, нм
	одноточ. метод БЭТ	многоточ. метод БЭТ	сравнит. метод (t-метод)		
«Таунит»	197,390	197,725	165,447	0,094	1,902
«Таунит-М»	340,637	342,322	338,560	0,159	1,869
«Таунит-МД»	265,889	261,668	267,501	0,119	1,789



**Рис. 3. Сводная таблица результатов анализа УНМ**

Итоговая сводная таблица результатов анализа УНМ представлена на рис. 3.

Таким образом, автоматизированный комплекс «Сорбтометр-М» может эффективно использоваться для анализа физических характеристик углеродного наноматериала «Таунит» и его модификаций, а также адсорбентов, катализаторов, пигментов и т.д., как в научных исследованиях, так и при производстве указанных материалов для контроля качества сырья и готовой продукции.

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

*С.И. Семикина\**

## **ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НАНОТЕХНОЛОГИИ**

Отличительной чертой современной мировой экономики является исключительно важная роль в ней инноваций. Последние представляют собой создание нового знания, либо ранее неизвестной комбинации уже существующих знаний, воплощенных в новых продуктах или технологиях. Современные нововведения имеют гораздо более радикальный характер, их распространение проходит значительно быстрее и затрагивает гораздо больше областей мировой экономики [1].

По оценкам экспертов, реализуемая на мировых рынках наукоемкая продукция основана в целом на применении 50 – 55 макротехнологий, среди которых важное место занимают нанотехнологии. Однако, в России пока еще отсутствует четкий механизм коммерциализации изобретений и инфраструктуры, способствующей внедрению в экономику инноваций. В связи с этим возникает необходимость решения ряда практических вопросов правовой защиты интеллектуальной собственности (ИС) в этой новой сфере.

В российской литературе затрагиваются различные аспекты правовой защиты интеллектуальной собственности для обеспечения высокой эффективности в процессе коммерциализации научных разработок. На мировом уровне одним из главных нормативных актов в сфере интеллектуальной собственности является Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (Соглашение ТРИПС), которое является одним из договоров Всемирной торговой организации. Существовавшие в России несоответствия норм национального законодательства нормам Соглашения ТРИПС теперь во многом устараны путем введения в действие четвертой части Гражданского кодекса Российской Федерации, положения которой обеспечивают сближение с нормами Соглашения ТРИПС.

Специфичная черта нанотехнологий – их междисциплинарный, комплексный характер, т.е. возможность использования одного и того же изобретения во многих областях: химии, биологии, электронике, медицине, сельском хозяйстве, промышленности, экологии. Это означает, что эксперт в области нанотехнологий должен иметь разносто-

---

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

ронную подготовку, иначе выданный патент не будет обеспечивать защиту, адекватную масштабам объекта патентования.

Рассматриваемые актуальные проблемы и возможности патентования объектов современных нанотехнологий связаны с ориентацией использования созданных изобретений как в собственном производстве, так и для целей их коммерциализации, в частности, продажи лицензий на полученные патенты. Такой подход требует на стадии создания формул изобретений закладывать в совокупность их существенных признаков аспекты, повышающие коммерческую привлекательность и цену получаемых охранных документов. Это предопределяет целесообразность перехода от практики описательного изложения существенных признаков оптимального варианта созданного изобретения к формированию такой их совокупности, которая создавала бы над изобретением дополнительные объемы правовой охраны, защищающие все возможные варианты, модификации и даже перспективу совершенствования изобретения [2].

Особенности современных нанотехнологий предопределяют ряд специфических аспектов патентования их объектов, в частности, материалов, способов изготовления, а также конструктивных существенных признаков наноустройств.

В числе специфических аспектов в отношении патентования материалов следует отметить их используемые нанокolicества. Здесь необходимо учитывать при формулировке их существенных признаков в процессе работы над созданием формулы изобретения, что и состав конечных нанокolicеств изготавливаемых материалов, и их параметры и свойства (механические, электрические, химические и др.) существенно отличаются от состава, параметров и свойств тех же исходных материалов в массивном их состоянии, из которых были изготовлены их нанокolicества.

Нередко при формулировке существенных признаков, определяющих в качестве объектов предполагаемых изобретений материалы, использованные в наноустройствах, следует не только учитывать, но и указывать специфику технологических способов изготовления их нанокolicеств. Это часто предопределяет также необходимость разрабатывать и патентовать одновременно и способы измерения, индикации, контроля и т.п. состава и существенных параметров, факторов и свойств патентуемых материалов.

Для патентования современных технологий в качестве способов изготовления наноустройств необходимо учитывать, во-первых, групповой подход к их изготовлению, во-вторых, значительное количество технологических операций и, в-третьих, разнородность этих операций. А также возникает проблема упрощения сложных формул изобре-



ния, поскольку необходимо защитить большое количество существенных признаков, но с точки зрения коммерческой привлекательности разделение формулы на автономно патентуемые совокупности операций нерационально.

В ряде случаев патенты не выдаются ввиду возникновения значительных трудностей с экспертизой заявок на изобретения в области нанотехнологий. В других случаях пределы предоставляемой защиты прав неадекватны объекту охраны: патентная защита либо недостаточно обширна, либо наоборот, слишком расширена. Последнее может дать патентообладателю возможность контроля над определенной областью в сфере нанотехнологий и, как следствие, серьезно затормозить распространение и применение нового знания, а соответственно – развитие отрасли в целом.

При патентовании разработок в сфере нанотехнологий не всегда возможно достоверно сказать, соответствуют ли они «критерию новизны». Здесь две причины: во-первых, нанотехнологии представляют собой новую область знания; во-вторых, ввиду междисциплинарности нанотехнологическая патентная база разбросана по разным областям знания. Разумный выход видится в создании единой патентной базы данных в сфере нанотехнологий.

В 2007 г. в системе Роспатента в рамках НИР «Исследование международного опыта систематизации изобретений, относящихся к нанотехнологиям, и анализ путей совершенствования поиска соответствующих патентных документов» были проведены исследования проблем классифицирования и поиска патентных документов по тематике, относящейся к области нанотехнологий.

На основе анализа зарубежных и отечественных публикаций, касающихся существующих понятий «нанотехнологии» и «объекты нанотехнологий» были предложены определения данной отрасли знаний, как комплексной дисциплины, а также характеристики объектов нанотехнологий, в соответствии с которыми они могут относиться к данной отрасли. Кроме того, исходя из зарубежной практики патентования, выявлены области техники, содержащие изобретения, относящиеся к нанотехнологиям, а также проблемы патентования и организации процесса экспертизы.

Также был разработан и проведен сопоставительный анализ подходов к разработке широко тематических общепромышленных рубрикаторов и патентных классификаций для области нанотехнологий. В качестве примеров для исследования были выбраны классификации Европейского патентного ведомства, патентного ведомства США и фирмы Дервент (коммерческой корпорации Томсон) и проведено их сравнение с Международной патентной классификацией.

Сопоставительный анализ показал недостаточную эффективность для поиска релевантных технических решений классификационной схемы класса В82 седьмой версии Международной патентной классификации (МПК). В связи с этим в восьмой версии МПК появилась новая детально разработанная версия класса В82.

Уже на первом этапе исследований была подтверждена необходимость создания специальной коллекции патентных документов, отражающих все направления нанотехнологий, на основе поступающих в Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) заявок отечественных и зарубежных заявителей. С этой целью в августе 2007 г. был выпущен Приказ по ФИПС, в соответствии с которым на всех заявках, поступающих в Институт, в обязательном порядке должны представляться рубрики МПК подкласса В82В, охватывающие наноструктуры (группа 1/00) и их изготовление или обработку (группа 3/00).

Подготовлены общие рекомендации для выполнения поисков отечественных изобретений в области нанотехнологий с использованием как российской базы данных, так и зарубежных мультинациональных баз данных, например esp@cenet и DWPI (база данных Дервента).

Подготовлен также список ключевых слов, рекомендуемых для составления запроса на поиск по различным направлениям нанотехнологий.

Кроме того, приводятся статистические данные о патентовании российских изобретений, в том числе и за рубежом, а также о прогнозируемом росте числа подаваемых в области нанотехнологий заявок отечественных заявителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриенко, Л. Кодекс для нано. Российские нанотехнологии нуждаются в обновлении законодательной базы / Л. Андриенко // Российская газета. Экономика. Нанотехнологии. – 2010. – № 5614 (238). – С. 14.
2. Линник, Л.Н. Особенности и практические аспекты патентования объектов нанотехнологий для целей их защиты и коммерциализации [Электронный ресурс] / Л.Н. Линник. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://www.linnik-patent.com/>

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

*А.С. Першин, Е.А. Петрова\**

## **ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

При оценке предложений в области нанотехнологий необходим экспертный анализ ее соотношения с соответствующими концептуальными признаками, такими как проектирование, разработка и контролирование процессов в наномасштабном диапазоне.

Та же проблема возникает и в отношении новых материалов, выделении из них относящихся не только по наномасштабу, но и обладающих свойствами революционно выделяющими их наноэффектами в сравнении с традиционными материалами, имеющих на порядки более высокие характеристики, оправдывая тем самым огромные затраты на их разработку и сложнейшие операции в нанодиапазоне, на совершенствование измерительной и диагностической техники для контролирования и оценки требуемых эффектов.

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.

Сейчас можно констатировать, что часть известных методов диагностики не пригодна, другая часть требует адаптации к наноматериалам, а значительная часть характеристик может быть определена только с помощью новых методов, отражающих свойства веществ в наносостоянии.

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 [1]. Для разработки нанотехнологий решающим оказывается также возможность контролировать атомные и электронные процессы

---

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

*in situ* 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 необходимо выделить основные группы методов:

- электронная микроскопия высокого разрешения, которая исторически явилась первым методом, реально обеспечивающим визуализацию структуры объектов с атомным разрешением. К этому методу примыкают различные модификации электронной микроскопии, обеспечивающие проведение химического анализа нанообъектов, исследования *in situ*, поверхностно-чувствительные методы, такие как отражательная электронная микроскопия, микроскопия медленных электронов и другие. Во многих случаях электронная микроскопия высокого разрешения является единственным источником получения информации о внутренней структуре и структуре границ раздела таких нанообъектов, как квантовые ямы и квантовые точки;

- методы сканирующей электронной микроскопии, которые вплотную приближаются по разрешению к атомному разрешению, сохраняя возможность получения информации без существенного (разрушающего) воздействия на исследуемые объекты с получением разнообразной информации о химическом составе нанообъектов, их электрических (метод наведенного тока), оптических (катодолюминесценция) и других свойствах. Для получения информации об объеме нанообъектов развиты методы электронной томографии;

- сканирующая туннельная микроскопия, являющаяся поверхностно-чувствительным методом визуализации атомной структуры твердых тел; проведение спектроскопических исследований с атомным разрешением вместе с привлечением возможностей для *in situ* экспериментов при повышенных и пониженных температурах, использование других методов зондовой микроскопии и возможности манипулирования на уровне отдельных атомов делает эти методы важнейшим инструментом для нанотехнологий и нанодиагностики;

- рентгендифракционные методы, особенно с использованием высокой светимости синхротронных источников, они дают уникальную информацию об атомной структуре нанообъектов без их разрушения;

- методы электронной спектроскопии для химического анализа, ожеэлектронной спектроскопии, методы фотоэлектронной спектроскопии, романовской и ИК-спектроскопии, метод фотолюминесцен-

ции, которые активно развиваются с повышением разрешающей способности, что делает эти методы весьма полезными при диагностике нанобъектов.

Дальнейшее развитие всевозможных методов диагностики (в частности, диагностики, встроенной в технологию), учитывающих специфику нанобъектов и их характерные размеры, является неотъемлемой частью развития высоких технологий получения и анализа свойств наноструктур нового поколения. При этом формирование комплексных методов практической диагностики диктуется как технологическими задачами получения наноструктур и создания на их базе следующего поколения электронных и оптических устройств (транзисторов, лазеров и др.), так и их специфическими физическими, физико-химическими и топологическими свойствами, часто не укладывающимися в рамки стандартных представлений о свойствах вещества.

Новый качественный уровень исследований и разработок возможен только на современной экспериментальной базе, в основе которой – исследовательские многофункциональные комплексы, позволяющие существенно расширить возможности экспериментов и интенсифицировать процесс их проведения.

Повышение эффективности использования исследовательских комплексов должно обеспечиваться за счет их высокой загрузки, что успешно осуществляется в специально создаваемых центрах коллективного пользования научным оборудованием (ЦКП).

Центры коллективного пользования решают важную задачу – обеспечивают возможность проведения исследований широкому кругу ученых и научных коллективов на современном и дорогостоящем оборудовании, создают возможность повышения эффективности использования такого оборудования.

Преимуществом выступает также концентрация не только техники, но и специалистов, в совершенстве владеющих этой техникой, способных выполнять любые задачи данного профиля. При этом важное значение для ЦКП имеет формирование собственных долгосрочных программ исследований с учетом заявок заинтересованных организаций.

В настоящее время в большинстве развитых стран сформирована сеть исследовательских центров коллективного пользования научным оборудованием различного профиля и дорогостоящими установками и комплексами.

Инфраструктура инновационной деятельности в России в целом сравнительно развита. За последние 10 лет по всей стране при поддержке государства созданы сотни объектов инновационной инфраструктуры – технопарков, бизнес-инкубаторов, центров трансфера технологий, центров коллективного пользования и т.д.

В Тамбовской области в области нанотехнологий функционируют ЦКП «Получение и применение полифункциональных наноматериалов» (Тамбовский государственный технический университет), ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы», «Нанохимия и экология» (Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина).

Основными задачами ЦКП являются:

1. Повышение эффективности использования дорогостоящего оборудования.

2. Обеспечение доступности специалистам и пользователям к современной инфраструктуре сектора исследований и разработок на принципах коллективного пользования научным оборудованием, привлечение высококвалифицированного персонала к научно-исследовательской деятельности на современной материально-технической базе.

3. Повышение уровня научных исследований и качества образования путем формирования современных исследовательских комплексов, отвечающих мировым стандартам по техническим и эксплуатационным характеристикам приборного парка.

4. Переподготовка и повышение квалификации научных сотрудников (студентов, аспирантов, докторантов) на базе современного научного оборудования.

5. Разработка новых и совершенствование существующих методов и методик научных исследований мирового уровня в рамках приоритетного направления «Индустрия наносистем и материалов» и критического направления «Нанотехнологии и наноматериалы».

6. Содействие в выполнении фундаментальных, поисковых и прикладных исследований вузов и других заинтересованных организаций.

7. Проведение школ, конференций, симпозиумов; развитие межвузовских и международных научно-технических связей.

8. Развитие новых, прогрессивных форм инновационной деятельности, научно-технического сотрудничества с научными и образовательными учреждениями, а также промышленными предприятиями на региональном и общероссийском уровнях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов, П.С. Копьев, Р.А. Сурис и др. // Нано- и микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С. 3 – 13.

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

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

В зависимости от обрабатываемого материала, геометрии инструмента, режимов и иных условий резания стружкообразование при резании может протекать устойчиво с образованием непрерывной сливной стружки или неустойчиво с образованием стружки надлома, элементной, суставчатой. Неустойчивость стружкообразования является выражением неустойчивости напряженного и деформационного состояния объема материала, подвергаемого пластическому деформированию при резании. Неустойчивость стружкообразования вызывает, как правило, неустойчивость динамической системы станка во всем диапазоне режимов обработки. Возникают колебания системы, качество обработанной поверхности резко ухудшается, поверхностный слой металла разрушается и т.д.

Устойчивость стружкообразования и виброустойчивость процесса резания могут быть обеспечены, в том числе соответствующим выбором конструктивных и режимных параметров процесса резания. Эти два параметра необходимо увязывать с динамикой резания, прежде всего, со скоростью резания. Такой подбор может быть осуществлен на основе анализа частотных характеристик и передаточных функций. При этом необходимо учитывать критерии устойчивости системы.

В частности, исследование динамики процесса резания может быть осуществлено на основе построения амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) процесса резания и АФЧХ упругой системы «заготовка–режущий инструмент». По форме первой АФЧХ делается вывод о необходимости нахождения оптимальных геометрических параметров режущего инструмента с точки зрения обеспечения устойчивости процесса резания, а по форме второй АФЧХ (при использовании известных критериев устойчивости систем) – о необходимости повышения виброустойчивости системы.

Устойчивость процесса стружкообразования рассмотрим для плоской площадки и опишем в виде произведения двух передаточных функций [1]:

$$W_p = W'_p W_{\alpha\gamma},$$

где  $W'_p = \frac{K_p}{1 + T_p^2 \omega^2} - i \frac{K_p T_p \omega}{1 + T_p^2 \omega^2}$ ,  $K_p$  – коэффициент резания,  $T_p$  – постоянная времени резания (стружкообразования);

$W_{\alpha\gamma} = 1 - T_{\alpha\gamma}^2 \omega^2 + iT_{\alpha\gamma} \omega$ ,

---

\* 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.

$T_{\alpha p} = \sqrt{T_{\alpha} T_p}$ ,  $T_{\alpha \gamma} = T_{\alpha} - T_{\gamma}$ ,  $T_{\alpha}$  – постоянная времени заднего угла;  $T_{\gamma}$  – постоянная времени переднего угла;  $\omega$  – частота колебаний.

Упругую систему (УС) заготовка – режущий инструмент представим как УС в виде колебательного звена, передаточная функция которого имеет вид

$$W_{yc}^* = \operatorname{Re}_{yc}^* + i \operatorname{Im}_{yc}^*,$$

где  $\operatorname{Re}_{yc}^* = \frac{K_{yc}^* (1 - T_1^2 \omega^2)}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}$  – вещественная часть АФЧХ, мм/кг;

$i \operatorname{Im}_{yc}^* = -\frac{K_{yc}^* T_1^2 \omega^2}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}$  – мнимая часть АФЧХ, мм/кг;  $K_{yc}^*$  – при-

веденная статическая характеристика (податливость) системы, мм/кг;

$T_1 = 1/\omega_c$  – инерционная постоянная времени, с;  $T_2 = \frac{\lambda}{\pi} T_1$  – постоян-

ная времени демпфирования, с;  $\lambda$  – логарифмический декремент;

$\omega_c = 2\pi f_c$  – собственная круговая частота колебаний, с<sup>-1</sup>;  $f_c$  – число собственных колебаний в секунду или, иначе, собственная частота колебаний в Гц.

Передаточная функция разомкнутой системы с учетом динамической характеристики процесса резания имеет следующий вид [2]:

$$W_{\text{раз}}'' = W_{yc}^* W_p' = \frac{K_{yc}^* K_p}{(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)(T_p p + 1)}.$$

Построив АФЧХ по отрезку  $\operatorname{Re}_{yc}^*$ , можно судить о виброустойчивости системы. Чем больше отрезок  $\operatorname{Re}_{yc}^*$ , отсекаемый характеристикой ЭУС на отрицательной ветви вещественной оси, тем меньше предельная ширина срезаемого слоя и ниже виброустойчивость системы. Эта закономерность хорошо согласуется с другой: чем больше отрезок, отсекаемый характеристикой ЭУС на положительной вещественной оси, тем ниже технологическая жесткость системы и тем меньше точность обработки или, иначе, – тем сильнее влияние деформаций системы на точность обработки.

Анализ процесса резания по частотным характеристикам и передаточным функциям является довольно трудоемким. Нами предлагает-



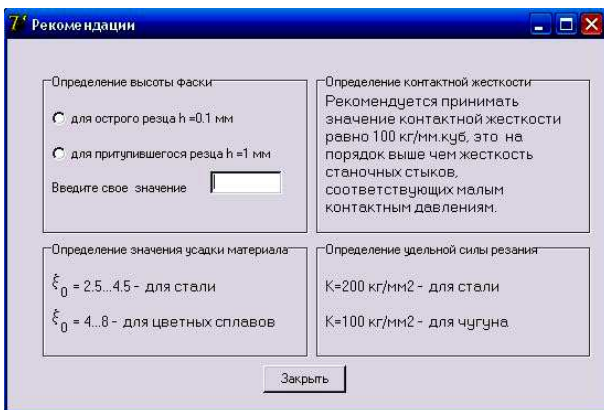
ся программа построения АФЧХ упругой системы «заготовка-режущий инструмент» и анализа устойчивости стружкообразования и виброустойчивости процесса резания на основе методов, описанных в работах [1, 2].

Главная форма приложения содержит панели «Данные для расчета характеристик системы» и «Данные для расчета устойчивости системы», а также графический редактор, в котором осуществляется построение графиков (см. рис. 1).

Рис. 1. Главная форма приложения

На панели «Данные для расчета характеристик системы» отображается информация, необходимая для расчета динамических характеристик резания ( $W'p$ ,  $W\alpha\gamma$ ,  $Wp$ ). С целью облегчения заполнения данных полей создана кнопка «Выбор параметров». После нажатия на нее открывается вспомогательная форма (рис. 2), на которой отображаются рекомендации по выбору некоторых параметров для расчета. Расчет динамических характеристик резания осуществляется после нажатия на соответствующие кнопки главной формы приложения (рис. 1). После расчета характеристик в поле графического редактора производится построение графиков.

Панель «Данные для расчета устойчивости системы» предназначена для анализа устойчивости системы по критерию Найквиста.



**Рис. 2. Вспомогательная форма приложения**

После добавления необходимых параметров для вычислений пользователь может приступить к анализу, нажав кнопку «Расчет». Программой будет построена АФЧХ передаточной функции разомкнутой системы, вычислен отрезок, отсекаемый графиком на отрицательной вещественной оси и определена предельная ширина срезаемого слоя после которой система при данной скорости резания потеряет устойчивость.

В конце работы программы, нажав кнопку «Выводы» (рис. 1), можно просмотреть рекомендации по изменению конструктивных и режимных параметров процесса резания, способствующие достижению устойчивости процесса.

Разработанная программа может быть использована в качестве модуля исследования процесса резания, входящего в систему автоматизированного проектирования (САПР) процессов резания [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудинов, В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М. : Машиностроение, 1967. – 359 с.
2. Орликов, М.Л. Динамика станков / М.Л. Орликов – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 272 с.
3. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов, В.Г. Однолько. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

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

*Д.В. Таров, Э.А. Вилищук, А.В. Таров\**

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕАКТОРА ПИРОЛИЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

Реактор предназначен для синтеза многослойных углеродных нанотрубок (МСУНТ) методом газофазного химического осаждения углерода на поверхности катализатора.

Модернизация реактора пиролиза заключается в использовании таблетируемого катализатора, равномерно распределенного по всему объему рабочей зоны и относительно нагревательных элементов. Происходит значительное увеличение производительности при минимальных размерах аппарата, по сравнению с реакторами, в которых катализатор находится в виде насыпного слоя. Увеличение производительности в этом случае может быть осуществлено только путем увеличения подложки с насыпным слоем катализатора, что приводит к увеличению габаритных размеров аппарата в целом и соответственно его себестоимости.

Конструкция модернизированного реактора представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, установленный на неподвижной раме. Для обеспечения загрузки катализатора на аппарате открывается крышка, направление движения которой ограничивается двумя направляющими, жестко соединенными с рамой. Открытие и закрытие крышки происходит при помощи пневмоцилиндра, запуск которого происходит с пульта управления. На крышке расположены штуцера для отвода отработанных газов, к которым присоединен радиатор для их охлаждения. Для выгрузки готового продукта из реактора предусмотрен бункер, располагающийся в нижней части аппарата. Материал из бункера удаляется при помощи шнека, запуск которого также происходит с пульта управления. Для наблюдения за процессом пиролиза в корпусе аппарата располагается штучер с закрепленной на нем видеокамерой, изображение с которой передается на монитор, расположенный в комнате оператора. Для улавливания частиц, уносимых во время процесса пиролиза, на системе отвода отработанных газов установлен фильтр, принцип работы которого заключается в том, что частицы материала вместе с отработанными газами проходят через слой жидкости и остаются в ней, образуя коллоидный раствор, что является инновацией по сравнению с предыдущими моделями реактора каталитического пиролиза. Нагрев рабочей зоны реактора пиролиза происходит за счет тепла,

---

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

вырабатываемого термоэлектрическими нагревателями, вмонтированными в крышку аппарата. Также предусмотрен предварительный нагрев пропан-бутановой смеси при помощи теплообменника, представляющего собой прямоугольный корпус с расположенным внутри него змеевиком и термоэлектрическими нагревателями. Также на аппарате предусмотрены штуцера для подачи пропан-бутановой смеси, подачи и отвода аргона, предназначенного для вытеснения остатков кислорода из рабочей зоны аппарата перед началом процесса пиролиза.

Контроль параметров технологического процесса обеспечивается следующими устройствами: термоэлектрический преобразователь (контроль температуры) установлен в рабочей зоне реактора пиролиза и на выходе пропан-бутановой смеси из теплообменника; датчик давления, установленный на крышке реактора для измерения давления в рабочей зоне; газоанализатор (для контроля процентного содержания кислорода) установлен в системе отвода отработанных газов из реактора.

Подача пропан-бутановой смеси в реактор пиролиза осуществляется при помощи системы подготовки газа, включающей в себя фильтр для осушки, электромагнитный клапан для аварийного перекрытия подачи газа, которое происходит автоматически при возникновении аварийной ситуации (превышение давления, превышение температуры и т.д.), регулятор и измеритель расхода, который управляется с пульта управления. Все параметры технологического процесса вводятся с пульта управления, расположенного в комнате оператора. Предусмотрен как ручной, так и автоматический режим проведения процесса пиролиза.

Принцип работы реактора пиролиза заключается в следующем. На крышке реактора закрепляются подвесы с нанизанным на них таблетированным катализатором. С опусканием крышки одновременно происходит запуск нагревателей в рабочей зоне и теплообменнике, а также начало подачи аргона. При достижении заданной температуры в рабочей зоне реактора прекращается подача аргона и начинается подача пропан-бутановой смеси, расход которой задается оператором. По истечении требуемого времени, необходимого для осуществления пиролиза (задается оператором), прекращается подача пропан-бутановой смеси, отключаются нагревательные элементы в рабочей зоне и теплообменнике. Затем производится вытеснение отработанных газов из рабочей зоны реактора путем подачи аргона до достижения необходимой температуры в рабочей зоне реактора. После достижения заданной температуры производится открытие крышки реактора при помощи пневмоцилиндра, а также открытие крышки бункера. Выгрузка материала из бункера производится при помощи шнека, при этом также идет слив суспензии из фильтра, получившейся во время пиролиза. В то же время происходит снятие подвесов и закрепление новой партии таблетированного катализатора. Фильтр заполняется жидкостью и происходит повторный цикл вышеописанного процесса.

Немаловажным фактором в увеличении производительности модернизированного реактора является тот факт, что подача газа осуществляется равномерно относительно таблетированного катализатора за счет турбулизации потока на входе в рабочую зону.

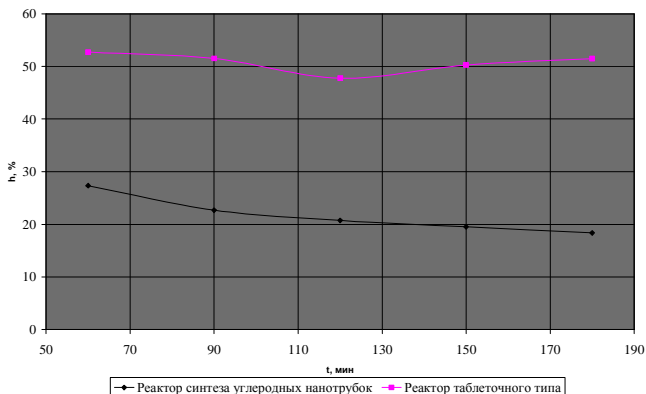
Для подтверждения высокой производительности реактора таблеточного типа проведено сравнение с типовым реактором синтеза углеродных нанотрубок.

Данный реактор содержит корпус, снабженный нагревателями и узлом дозирования и осаждения катализатора. Он выполнен из двух соединенных замками частей, причем его верхняя часть соединена с трубопроводами подачи углеродсодержащего газа и отбора газообразных продуктов пиролиза. В нижней части корпуса установлен диск, соединенный с приводом вращения. Узел дозирования и осаждения катализатора выполнен в виде отдельного аппарата осаждения, содержащего основание, снабженное соединенным с приводом вращения диском, и съемную крышку с системой подачи и осаждения катализатора, на поверхность установленного на диске контейнера. Между корпусом реактора и аппаратом осаждения установлен манипулятор для перемещения контейнера, причем корпус реактора и аппарат осаждения объединены в единый агрегат, связующим звеном между которыми служит манипулятор для перемещения контейнера. Аппарат осаждения соединен с системой вакуумирования и содержит дозатор катализатора и устройство для герметизации. Дозатор катализатора выполнен в виде приемной чашки и распылительного устройства, соединенного линией подачи сжатого воздуха. Приемная чашка выполнена в виде установленной на регулируемой по высоте стойке полусферы с профилированными краями. Манипулятор для перемещения контейнера содержит захватное устройство и поворотную стойку с механизмом выдвижения. Контейнер выполнен в виде кольца с отбортованными краями.

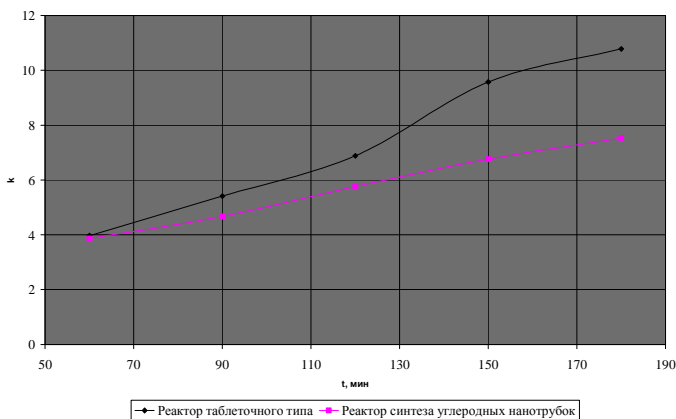
Проведен ряд экспериментов по определению степени конверсии и коэффициента выхода готового материала относительно времени пиролиза. Степень конверсии – величина, рассчитываемая относительно содержания углеводорода в общем объеме поданной пропан-бутановой смеси и выходу готового продукта. Коэффициент выхода – величина, рассчитываемая относительно массы загружаемого катализатора.

Результаты экспериментов приведены в виде двух графиков (рис. 1. и 2).

Из графиков, представленных на рис. 1 и 2 видно, что степень конверсии ( $h$ ) и коэффициент выхода ( $k$ ) готового материала на реакторе таблеточного типа значительно выше, чем на реакторе синтеза углеродных нанотрубок, что приводит к уменьшению себестоимости материала.



**Рис. 1.** Зависимость степени конверсии относительно времени пиролиза



**Рис. 2.** Зависимость коэффициента выхода от времени пиролиза

При создании условий для получения УНМ в значительных количествах следует принять во внимание, что связь производительности и качества получаемого материала в зависимости от вида газового сырья проявляется кинетикой процесса. Немаловажным является также доступность сырья и безопасность производства.

Полученные углеродные нанотрубки позволяют создавать композиционные материалы с высокой прочностью при сверхвысоких упругих деформациях. Для многих технологических процессов привлекательна высокая удельная поверхность материала нанотрубок. В ходе роста образуются случайным образом ориентированные спиралевидные нанотрубки, что приводит к образованию значительного количества по-

лостей и пустот нанометрового размера. В результате удельная поверхность материала нанотрубок достигает значений около 600 м<sup>2</sup>/г. Столь высокая удельная поверхность открывает возможность их использования в фильтровальных и других аппаратах химических технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур : монография / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. – М. : Машиностроение–1, 2007. – 316 с.

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

**УДК 616.379-008.64**

***О.О. Голубятников\****

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ**

Усиление процессов международного сотрудничества, мобильности учащейся молодежи, повышения престижности российского образования приводит к увеличению числа иностранных граждан среди учащихся российских вузов. В то же время уровень здоровья иностранных студентов вызывает особые опасения, потому что не только отсутствуют сведения об исходном состоянии их здоровья, но и существует повышенная вероятность его резкого ухудшения, так как стрессорное влияние учебной деятельности и других социальных факторов усугубляется напряжением адаптационных механизмов, связанных со сменой климатических условий проживания. Тем более, что климато-географические условия Тамбовского региона являются экстремальными для уроженцев Африки, Средней Азии и многих других регионов, резко отличающихся по комплексу ландшафтно-климатических характеристик (уровню инсоляции, температурному режиму, влажности воздуха и т.д.). Следствием этого является повышенный риск возникновения различных заболеваний, в том числе и инфекционных.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» В.В. Дубровина.

Вместе с тем экспресс-оценка состояния здоровья иностранных студентов вызывает особые затруднения, связанные с языковыми, организационными и другими проблемами.

В Центре фундаментальных основ ТГУ имени Г.Р. Державина разрабатываются, апробируются и внедряются методы комплексной экспресс-оценки соматического, психологического и репродуктивного здоровья иностранной молодежи, а также создание программно-аппаратного комплекса оценки состояния здоровья иностранных студентов. Одной из задач программной части комплекса является выбор языка опроса, что существенно повышает точность диагностики и позволяет проводить самообследование с получением заключения об уровне здоровья и рекомендаций о способах его улучшения.

На сегодняшний день в России не существует автоматизированной комплексной оценки состояния здоровья иностранных граждан. Существует лишь оценка некоторых подсистем, в частности, существует несколько оценок психоэмоционального состояния, которые применимы также и к иностранцам, поскольку в большинстве случаев они представлены в виде тестовых заданий, которые испытуемому необходимо выполнить за определенное время. В таких тестах нет разницы, кто именно проходит тестирование иностранец или русский. Естественно, данные тесты не отражают состояние здоровья в целом, а лишь касаются отдельных подсистем. А комплексные оценки существуют только для россиян. Таким образом, идея создания ПАК оценки состояния здоровья иностранных граждан является уникальной.

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) включает в себя:

- программное обеспечение, включающее в себя базы данных СУБД MicrosoftAccess и программу тестирования и обработки результатов;

- аппаратную часть, представленную реографом-полианализатором РГПА-6/12 «РЕАН-ПОЛИ», с помощью которого производится регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) по одному каналу, а также ростомером, весами и калипером фирмы «ТВЕС» (рис. 1).

В статье рассматривается программное обеспечение комплекса «Паспорт здоровья».

Программа реализована в виде тест-опросника и подготовлена таким образом, что студенту не потребуется каких-либо специальных знаний в области ПК. Студенту предлагается ответить на вопросы теста, выбирая ответы из предложенных ему вариантов, либо, в редких случаях, набрать ответ на клавиатуре самому.

Программа является мультязычной. В связи с тем, что многие иностранцы сталкиваются с некоторыми языковыми трудностями, в программе предусмотрен выбор (наряду с русским) одного из двух языков: английский и французский.





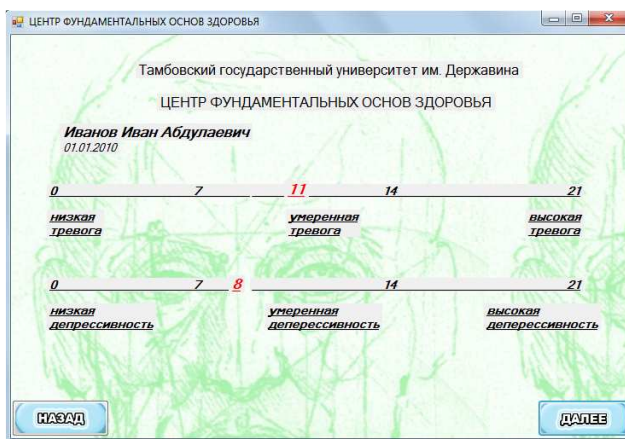
**Рис. 1. Аппаратная часть комплекса**

Экспресс-оценка включает в себя 13 подблоков, объединенных в пять независимых блоков:

1. Адаптация сердечно-сосудистой системы.
2. Психоэмоциональное состояние:
  - 1) самочувствие, активность, настроение;
  - 2) тревога и депрессия;
  - 3) диагностика уровня агрессии.
3. Состояние нервной системы
4. Качество жизни:
  - 1) качество сна;
  - 2) качество жизни;
  - 3) никотиновая зависимость;
  - 4) алкогольная зависимость;
  - 5) репродуктивное здоровье.
5. Биологическая индивидуальность:
  - 1) соматотип;
  - 2) определение асимметрии мозга;
  - 3) индивидуальная минута.

Для каждого блока подготовлен ряд вопросов, на которые студенту необходимо дать ответ. За каждый ответ студенту начисляется определенный балл. В конце прохождения тестирования студент получает «Паспорт здоровья», в котором отражены результаты тестирования и рекомендации (рис. 2). В программе также предусмотрен вывод паспорта здоровья на печать.

Программное обеспечение комплекса было протестировано в ТГУ им. Державина и получен сертификат о государственной регистрации программ для ЭВМ. Тестирование проводилось на 200 студентах-иностранцах.



**Рис. 2. Результирующая шкала тревоги и депрессии**

Дальнейшая работа в данном направлении заключается в:

- модернизации программного обеспечения «Паспорт здоровья»;
- создании научных основ для разработки адаптированных методик комплексной оценки состояния здоровья студентов из различных климато-географических регионов, с последующим уменьшением риска возникновения различного рода заболеваний;
  - выявлении взаимосвязей между картами болезней регионов;
  - демонстрации наличия/отсутствия взаимосвязей субъективной оценки стрессогенных факторов и объективных показателей напряженности адаптационных механизмов у студентов, что практически значимо при прогнозировании развития и обострения различных патологических состояний;
- представлении научно обоснованных формирований практических рекомендаций по корректной организации учебного графика для студентов-иностранцев и максимальному смягчению негативных эффектов, сопутствующих смене климато-географических и социальных условий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная оценка здоровья иностранных граждан / А.В. Гулин, С.В. Шутова, Л.И. Григорова и др. – Тамбов : Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2010. – 55 с.
2. Лукин, С.Н. Понятно о Visual Basic. NET : самоучитель / С.Н. Лукин. – М. : Диалог-МИФИ, 2055. – 736 с.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 504.062(075)

*А.И. Истомина\**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ДИСТАЛЬНЫХ ФАЛАНГ ПАЛЬЦЕВ**

Контроль артериального давления крайне важен для профилактики и лечения артериальной гипертензии, распространенность которой в разных странах составляет от одной трети до половины всех обследованных. Данные современных исследований показали, что активное привлечение пациентов к регулярному контролю артериального давления приводит к снижению смертности от инсульта головного мозга на 48%, а последующий адекватный контроль артериального давления приводит к снижению риска повторного инсульта на 28%.

В настоящее время известны три способа измерения АД: инвазивный (прямой), аускультативный и осциллометрический.

Аускультативный метод Н.С. Короткова на сегодняшний день признается официальным эталоном неинвазивного измерения АД для диагностических целей и при проведении верификации автоматических измерителей АД. Он обладает повышенной (относительно осциллометрического) устойчивостью к движениям руки.

Однако аускультативный метод чувствителен к шумам в помещении, точности расположения микрофонов относительно артерии, разворотам манжеты с микрофонами на руке в ходе длительного мониторинга.

Оба неинвазивных метода оказываются неэффективными при выраженных нарушениях ритма сердца. В этой ситуации чрезвычайно затруднительно и врачебное определение артериального давления, поскольку проблематичен сам алгоритм осуществления методики, приемлемый для нерегулярных сокращений сердца.

В последние годы все большее внимание привлекают новые неинвазивные методы определения АД.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» В.М. Строева.

Существует прибор для измерения артериального давления и анализ пульсовой волны на лучевой артерии, в основе работы которого лежит технология EBVP («Evidence-Based Blood Pressure» – измерение артериального давления методом аппланационной тонометрии).

Высокочувствительный датчик надежно фиксируется в проекции лучевой артерии и не причиняет пациенту ни малейшего дискомфорта и не затрудняя венозный отток.

В отличие от традиционных систем суточного мониторинга артериального давления (использование которых невозможно без манжет и компрессоров), данная система не нарушает сон и повседневную жизнь пациентов.

Основным недостатком, присущим всем системам суточного мониторинга артериального давления, является высокая стоимость и соответственно недоступность для массового применения.

Снизить стоимость систем мониторинга артериального давления можно, применив менее точный, но более простой метод измерения.

Такая система должна только информировать о повышении уровня АД, после чего необходимо принять меры по нормализации давления.

Известно, что рост АД вызывает рост периферического кровотока и соответствующее увеличение температуры пальца [1].

Также известно, что средний уровень АД повторяет изменение систолического давления (см. рис. 1). Поэтому по среднему уровню АД можно судить об изменении максимального уровня АД.

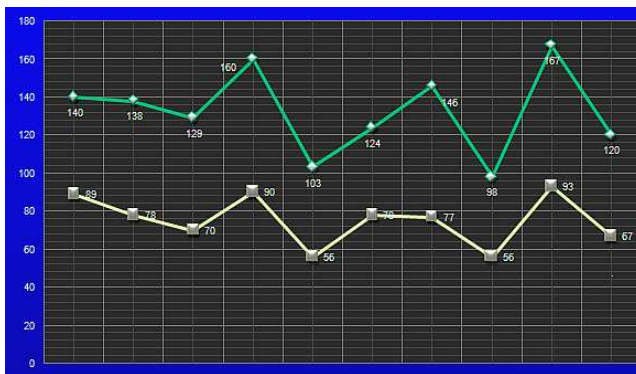
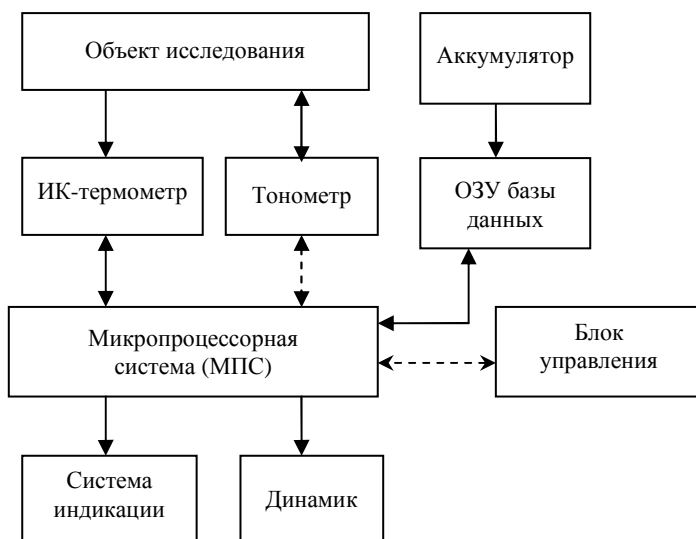


Рис. 1. Графики систолического и диастолического давлений

На рисунке 2 представлена блок-схема аппаратной реализации метода определения артериального давления. Она включает в себя объект исследования, инфракрасный термометр, тонометр, микропроцессорную систему, ОЗУ базы данных, аккумулятор, блок управления, систему индикации и динамик.



**Рис. 2. Блок-схема аппаратной реализации метода определения артериального давления**

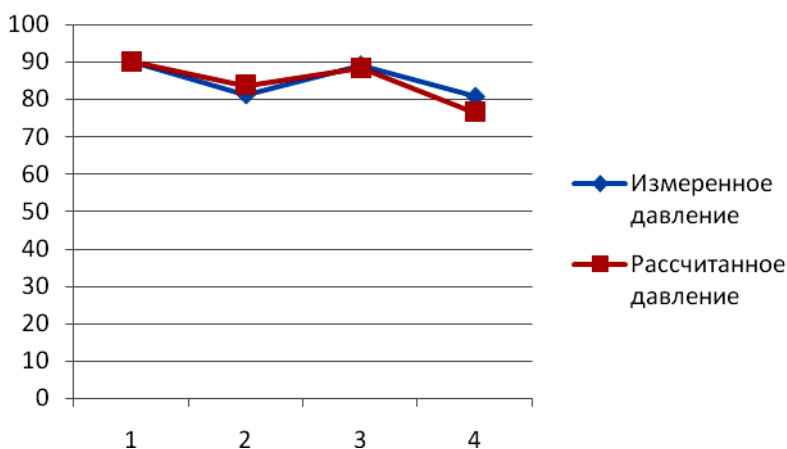
Аккумулятор обеспечивает отдельное питание ОЗУ базы данных. МПС выполняет роль управляющей измерительной системы, которая задает прибор, использующийся в данном измерении, момент его включения, момент считывания данных с их последующей обработкой. Обмен данными между МПС и приборами осуществляется через USB-порты. Тонометр и блок управления подключаются к схеме только на этапе предварительной настройки с целью определения поправочного коэффициента. Значение поправочного коэффициента и измеренных с помощью инфракрасного термометра температур хранятся в ОЗУ базы данных. Средняя температура для серии измерений сравнивается со значениями, которые находятся в ОЗУ базы данных, и путем интерполяции получается более точное значение давления. Результаты измерений выводятся в систему индикации. Формируется звуковой сигнал при превышении давлением порогового значения.

Программная реализация метода определения артериального давления включает в себя два этапа – предварительную настройку и измерение. Первый этап начинается с запуска тонометра и измерения давления  $P_{исх}$ . Затем производится запуск инфракрасного термометра и определяется значение температуры дистальной фаланги указательного пальца. Измерения температуры производятся с интервалом 10 с до тех пор, пока количество измеренных значений температуры не станет равным 18.

По полученным данным вычисляется среднее значение температуры  $T_{\text{ср}}$ . Используя значения  $P_{\text{исх}}$  и  $T_{\text{ср}}$ , вычисляется поправочный коэффициент. Все результаты заносятся в базу данных.

Второй этап включает в себя проведение измерений температуры с помощью инфракрасного термометра с интервалом в 10 секунд. По полученным значениям методом скользящего окна вычисляется средняя температура  $T_{\text{ср}}$ , для которой в базе данных находится ближайшее значение давления. Если уровень полученного давления будет больше порогового значения, то выдается звуковой сигнал.

На рисунке 3 представлены результаты определения давления по температуре дистальных фаланг пальцев.



**Рис. 3. Результаты определения давления по температуре дистальных фаланг пальцев**

Таким образом, подтверждена возможность определения среднего уровня артериального давления по температуре дистальных фаланг пальцев. Применение разработанного метода позволит создать дешевую и простую в эксплуатации систему мониторинга АД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недорезов, Л.В. Модель процесса биоуправления при мониторинге кожной температуры / Л.В. Недорезов, Е.Г. Веревкин. – Новосибирск, 1996.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Е.В. Власова\**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА ПО АРТЕРИАЛЬНОМУ ДАВЛЕНИЮ**

Сахарный диабет это многопричинное и развивающееся по разным механизмам заболевание, обусловленное абсолютной или относительной недостаточностью гормона инсулина, что приводит к развитию прекращения усвоения глюкозы, повышению ее уровня в крови и последующему изменению жирового, белкового, водно-электролитного обменов. Эти нарушения обмена веществ провоцируют многочисленные сосудистые осложнения (макро- и микроангиопатии) с глазными, неврологическими, почечными, печеночными и другими нарушениями.

Поскольку число людей, страдающих сахарным диабетом, неуклонно растет и порой заболевание протекает латентно, необходимо периодически при обследованиях измерять уровень содержания глюкозы в крови.

В ежедневной медицинской практике на современном этапе применяются инвазивные методы определения концентрации глюкозы в крови, такие как редуктометрические, колориметрические, ферментативные. Редуктометрические и колориметрические методы редко используются в клинической практике из-за своей высокой токсичности и низкой точности. Ферментативные методы более безопасные и точные. Самым точным из всех вышеперечисленных методов является ферментативный глюкозоксидазный, он также является наиболее распространенным в клинической практике. Перспективным направлением развития лабораторной диагностики является разработка и внедрение неинвазивных методов определения концентрации глюкозы в крови. Определять ее можно по температуре, по анализу выдыхаемого воздуха, по артериальному давлению.

Наиболее перспективным является способ определения концентрации глюкозы в крови по уровню артериального давления, запатентованный для предварительной диагностики сахарного диабета 2 типа и может широко применяться при профилактических обследованиях населения [1].

Обследование проводят утром, натощак, путем измерения параметров систолического и диастолического артериального давления последовательно на левой и правой руках пациента, а в качестве кри-

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» Е.И. Глинкина.

терия для определения концентрации глюкозы в крови используют безразмерный коэффициент корреляции, представляющий собой отношение наибольшего из измеренных значений систолического артериального давления на левой и правой руках к наименьшему из измеренных значений диастолического артериального давления на левой и правой руках. При этом каждому значению коэффициента корреляции соответствует единственное значение показателя концентрации глюкозы в крови, которое определяют опытным путем.

Повышение безопасности способа достигают за счет исключения забора крови для проведения анализа, так как обследование проводят путем измерения параметров артериального давления (АД) при помощи сфигмоманометра и фонендоскопа. Уменьшения затрат достигают вследствие применения для диагностики универсальной измерительной аппаратуры, имеющей более низкую стоимость.

Параметры кровяного давления в наибольшей степени характеризуют системное функциональное состояние организма в норме и патологии. У здоровых людей, в норме, уровни систолического и диастолического АД соответственно на обеих руках одинаковы или отличаются незначительно, а их отношение согласно критериям ВОЗ составляет  $1,5 \pm 0,02$ . В случае заболевания изменяются как абсолютные показатели АД, так и их соотношение на левой и правой руках.

Взаимозависимость нарушений углеводного обмена и заболеваний сердечно-сосудистой системы считается очевидной, так как организм является гомеостатической, саморегулирующейся системой, приспособляющейся к условиям существования. Отношение показателей систолического АД к диастолическому АД однозначно и качественно характеризует уровень гликемии. Методом математической статистики выведены эмпирические уравнения, описывающее эту взаимозависимость.

К преимуществам предлагаемого способа диагностики по сравнению с инвазивными относится сокращение времени обследования, возможность быстрой обработки результатов на ЭВМ и постановки диагноза, выявление скрытых форм сахарного диабета.

На основе выборки большого числа пациентов разного возраста с различной степенью тяжести протекания заболевания были выведены эмпирические уравнения, из которых рассчитаны коэффициенты корреляции. В дальнейшем эти, единые для всех, коэффициенты применялись для определения уровня концентрации глюкозы в крови. С одной стороны статистическая аппроксимация большой выборки пациентов ведет к универсальности применения метода, но в то же время не учитывает индивидуальных особенностей человеческого организма. Это ведет к возникновению методической погрешности для конкретного пациента.

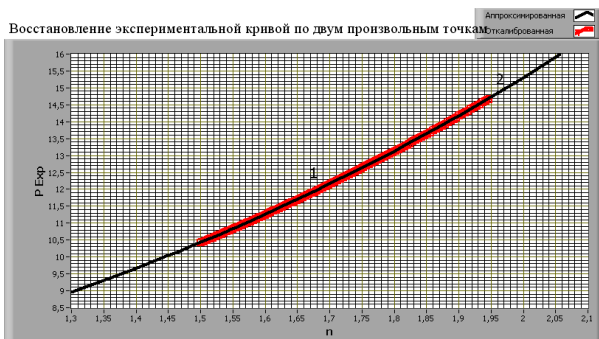
Индивидуальный подход к расчету информативных параметров снижает методическую погрешность способа определения concentra-



ции глюкозы в крови. Такой подход возможно реализовать путем статистической аппроксимации экспериментальных данных одного пациента.

Для реализации статистического анализа необходима большая выборка, т.е. для одного человека необходимо сделать множество измерений артериального давления и уровня глюкозы в крови. Причем для точного расчета необходимы именно инвазивные измерения уровня глюкозы. Чтобы вычислить информативные параметры: предельное отношение максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению и предельное содержание глюкозы в крови проводят статистическую аппроксимацию зависимости уровня глюкозы (измеренного инвазивно) от отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению. Для аппроксимации используют экспоненциальную зависимость, так как она отражает физический смысл процесса в явном виде с минимумом информативных параметров. Из полученного выражения легко определить эти параметры. Причем калибровочная характеристика и ее информативные параметры могут быть определены для каждого человека индивидуально, что снизит методическую погрешность по сравнению со способом-прототипом, основанным на большой выборке пациентов с различной степенью заболевания.

Однако, статистический подход не очень удобен (рис. 1, кривая 2). Его можно заменить методами образцовых сигналов, развитием которых является калибровка [2] (рис. 1, кривая 1).



**Рис. 1. Зависимость уровня глюкозы в крови от отношения давлений:**

1 – построенная по статистическому методу; 2 – построенная методом образцовых сигналов для известных границ диапазона

Предлагается адаптивная калибровка по измерениям образцовых мер границ диапазона, по аналогии с измерением диффузионного тока в полупроводниках по вольтамперной характеристике. Мерами калибровки в

предлагаемом способе выбраны предельное отношение максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению и предельное содержание глюкозы в крови.

Технический алгоритм калибровки реализует процесс измерения глюкозы по артериальному давлению в явном виде с минимумом информативных параметров. Рассчитывают уровень содержания глюкозы в крови по формуле

$$P(n) = P_0 \exp^{n/n_0},$$

где  $P_0$  – предельное содержание глюкозы в крови (взято из экспериментальных данных), ммоль/л;  $n$  – текущее значение отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению;  $n_0$  – предельный параметр отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому.

Калибровка по двум мерам границ диапазона адекватно отражает физику процесса, и ее применение позволяет решать задачу определения глюкозы в крови *аргiоi*, тем самым, повышая метрологическую эффективность предлагаемого способа по сравнению со способом-прототипом за счет снижения методической погрешности.

Таким образом, больным сахарным диабетом необходим постоянный контроль уровня глюкозы в крови. Вектор развития методов определения уровня глюкозы в крови направлен от инвазивных методов к неинвазивному методу определения концентрации глюкозы по артериальному давлению.

В ходе исследования выяснена низкая метрологическая эффективность существующего способа определения концентрации глюкозы по артериальному давлению и предложен путь ее повышения путем калибровки. Доказано, что целесообразно производить адаптацию информативных параметров калибровки к физической модели, отражающей оптимальным образом зависимость уровня глюкозы в крови от отношения максимального систолического артериального давления к минимальному диастолическому артериальному давлению, для каждого конкретного человека, используя для этого метод образцовых мер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эльбаев, А.Д. Диагностические аспекты взаимосвязи параметров гемодинамики и уровня глюкозы в крови / А.Д. Эльбаев, Х.А. Курданов, А.Д. Эльбаева // Клиническая физиология кровообращения. – 2006. – № 3.
2. Фарзане, Н.Г. Технологические измерения и приборы / Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. – М. : Высшая школа, 1989. – С. 89 – 94.

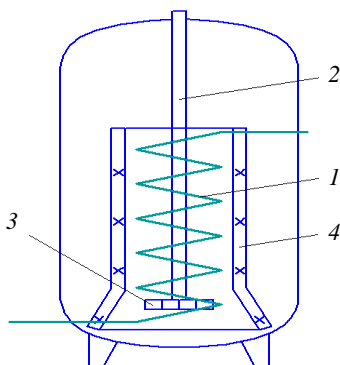
*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

М.С. Темнов\*

## РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ CHLORELLA VULGARIS ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

*Chlorella vulgaris* это одноклеточная зеленая микроводоросль, которая имеет сферическую форму около 2...10 мкм в диаметре, клетки культуры имеют хлоропласты содержащие хлорофилл, который обеспечивают усвоение фотосинтетической энергии. Хлорелла – это перспективный источник липидов. Для ее выращивания необходимы: оптимальный состав питательных веществ, pH = 6,8...7,2; температура 28...32 °С, свет, подача углекислого газа. При использовании стандартной среды Тамия липиды составляют примерно 20% от веса сухой массы *Chlorella vulgaris*. При использовании среды Тамия обедненной азотом или серой содержание липидов может превышать 80% от веса сухой биомассы [1].

Хлореллу можно выращивать в открытых бассейнах на юге России или в специальных фотореакторах в областях с неблагоприятным для роста микроводоросли климатом. Схематично фотореактор представлен на рис. 1. Аппарат имеет цилиндрическую форму с эллиптическими крышкой и днищем; для поддержания температуры культивирования аппарат снабжен змеевиком 1, находящимся внутри аппарата;



**Рис. 1. Схема фотобиореактора:**

1 – змеевик; 2 – аэрирующее устройство; 3 – розетка; 4 – диффузор

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента, ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Д.С. Дворецкого.

в него подается вода для создания оптимальной температуры культивирования. В аппарате имеется пневматическое аэрирующее устройство, выполненное в виде трубы 2, которая расположена по центру аппарата. На нижнем конце трубы установлена розетка 3 для тангенциального струйного ввода углекислого газа в среду. Газ под давлением вводится в центральную трубу и через розетку поступает в фотореактор таким образом, что образуется газожидкостная эмульсия, которая циркулирует в аппарате и при этом поднимается по поверхности диффузора 4, перетекает через его верхние кромки, поступает в кольцевое пространство между диффузором и стенкой аппарата и затем вновь попадает в раструб диффузора. Так как для роста культуры необходимо наличие света, то диффузор фотореактора прозрачный и снабжен светодиодными лампами (светодиоды почти не нагреваются в процессе эксплуатации).

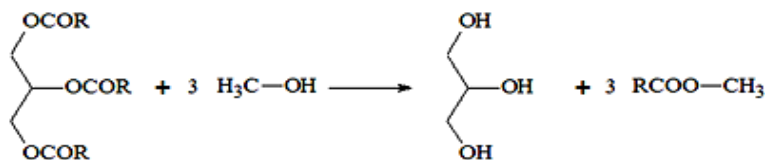
Данная реакция протекает в течение нескольких секунд, выход готовых метиловых эфиров жирных кислот составляет 98,5%. В аппарат поступают липиды, смесь метилового спирта и щелочного катализатора (едкий калий).

Каждые сутки из фотореактора удаляется половина суспензии микроводорослей. Извлеченная из фотореактора часть микроводорослей подвергается центрифугированию, причем фугат возвращается в фотореактор, а влажная биомасса подвергается обработке в аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц. В данном аппарате происходит дезинтеграция клеточных оболочек *Chlorella vulgaris* под действием электромагнитного поля и интенсивной кавитации, одновременно протекает экстракция липидов из разрушенных клеток, которая осуществляется поступающим в аппарат нефтяным растворителем С 2-70/85 [2] (возможно применение смеси хлороформа и метанола в соотношении 2:1 (метод Фолча)).

Полученную мисцеллу подвергают дистилляции на установке Лурги. Происходит разделение растворителя и извлеченных из клеток культуры липидов.

Полученные липиды подвергаются переэтерификации, которая осуществляется в аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц.

Переэтерификация липидов метиловым спиртом осуществляется по формуле



На следующей стадии продукты синтеза подаются в сепаратор для отделения глицерина, количество которого обычно составляет порядка 10% реакционной смеси.

На стадии приготовления промывной воды осуществляется подкисление воды лимонной кислотой.

Далее смесь метиловых эфиров поступает в аппарат для промывки, где обрабатывается водой, которую предварительно подкисляют лимонной кислотой, захватывается отработанный катализатор и вымывается непрореагировавший избыток метанола.

На стадии удаления воды сепарацией промытая смесь метиловых эфиров жирных кислот подается в сепаратор, где происходит отделение связанной воды, а также мелкодисперсных механических примесей.

На выходе получаем очищенную смесь метиловых эфиров жирных кислот. Данная смесь обладает высоким цетановым числом (~51), т.е. хорошей воспламеняющей способностью, благодаря этому свойству метиловые эфиры жирных кислот используют в качестве биотоплива.

Высокая температура вспышки (150 °С) делает данное биотопливо более безопасным по сравнению с обычным дизелем. Смесь метиловых эфиров жирных кислот относится к экологическим видам топлива, а CO<sub>2</sub> в выхлопных газах выделяется столько же, сколько потребляется из атмосферы клетками культуры, из которых получается масло. Недостатками использования смеси метиловых эфиров в качестве топлива можно назвать агрессивное действие биодизеля на натуральные резины, маленькие сроки хранения не более 3 – 6 месяцев из-за частичного окисления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khan, S.A. Prospects of biodiesel production from microalgae in India. *Renew. Sustain. Energy Rev* / S.A. Khan, Rashmi Mir. Z. Husain // Prasad S and Banerjee UC. – 2009. – 13. – P. 2361 – 2372.

2. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения / С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова и др. // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского.* – 2009. – № 10 (24). – С. 55 – 60.

3. Биохимия липидов : учеб. пособие для студентов / сост. Н.М. Орел. – Минск : БГУ, 2007. – 35 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А.А. Одинокова\**

## **СОВМЕЩЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТ РАЗНОДИАПАЗОННЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ**

Поиск пострадавших и оказание им первой медицинской помощи является главной задачей спасателей при ликвидации последствий катастроф различного происхождения. В настоящее время основным способом поиска пострадавших является визуальный, требующий хорошего зрения, наблюдательность и зрительную память спасателей, поскольку, видимыми являются лишь небольшие части тела и фрагменты одежды.

Предлагается передовой метод визуального поиска пострадавших при завалах, а также – смоделировать его работу и практически реализовать полученную модель.

Для эффективного поиска пострадавших в условиях задымленности или запыленности полости завала предлагается совместно использовать телевизионную и тепловизионную камеры, сочетая при этом их преимущества и нивелируя недостатки. В основе предлагаемого метода – аппаратное выделение сегментов инфракрасного (ИК) изображения с заданным тепловым контрастом относительно фона, который может свидетельствовать о наличии пострадавшего, и наложение выделенных сегментов на телевизионное (ТВ) изображение в виде пульсирующих ярких пятен на соответствующих фрагментах.

Научная новизна предлагаемого метода заключается в алгоритме выделения из ИК изображения сегментов с заданным тепловым контрастом относительно фона. Техническая новизна метода состоит в одновременном поиске пострадавших в двух смежных областях электромагнитного спектра. Компьютерное моделирование работы комплексированной системы поиска показало повышение вероятности обнаружения пострадавших на 60%.

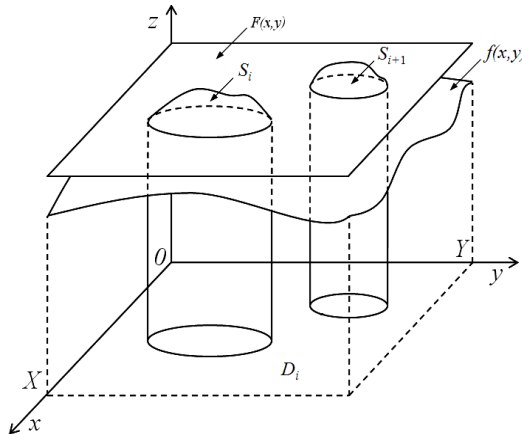
Рациональность предлагаемого метода обусловлена следующими соображениями. Различимость объектов в оптическом диапазоне в условиях атмосферных осадков, тумана, задымленности и пылевых завалов достаточно низкая, поэтому телевизионная система поиска не способна эффективно обнаруживать пострадавших в условиях задымленности, запыленности полости завала. В то же время ИК изображения обладают свойством выделять объекты с достаточной различимо-

---

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

стью в этих же условиях [1], но являются малоинформативными по детализации объектов. В связи с этим использование тепловизионной камеры существенно повысит информативность обследуемого пространства, а телевизионная камера обеспечит при первичном осмотре привычность восприятия визуальной информации [2].

Модель выделения теплового контраста из термограммы с общим тепловым фоном представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Модель выделения сегментов изображения с заданным тепловым контрастом**

Тепловизионное изображение в общем виде можно описать в виде непрерывной поверхности  $f(x, y)$ , отображающей температуру в каждой точке с координатами  $x$  и  $y$ . Искомый объект обладает следующими температурными параметрами:

$t_{\min}$  – минимальная температура объекта;

$t_{\max}$  – максимальная температура объекта.

Температурный фон определяется следующим условием:

$$t_{\text{фона}} = \begin{cases} t_{\min}, & \text{если } t_{\min} \geq t_{\text{среды}}, \\ t_{\text{среды}}, & \text{если } t_{\min} < t_{\text{среды}}, \end{cases}$$

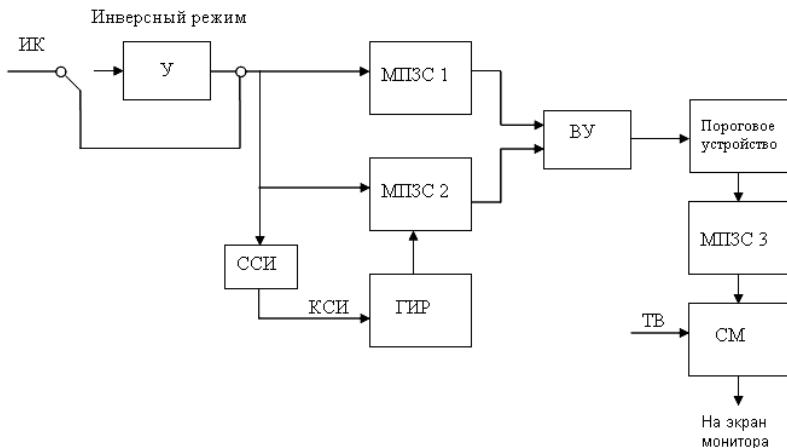
где  $t_{\text{среды}}$  – температура окружающей среды.

Интеграл функции  $f(x, y)$  по области  $D_i$  кадра ИК изображения определяет уровень постоянной составляющей  $F(x, y)$  двумерного сигнала, которая является усредненным тепловым фоном:

$$F(x, y) = \iint_{D_i} f(x, y) dx dy.$$

Разность функций исходного изображения и его постоянной составляющей даст выделение сегментов  $S$  (рис. 1). Выделенные сегменты в изображении являются температурным превышением (контрастом) на общем тепловом фоне.

На основании модели была предложена схема устройства (рис. 2), основанная на использовании матричных приборов с зарядовой связью (МПЗС).

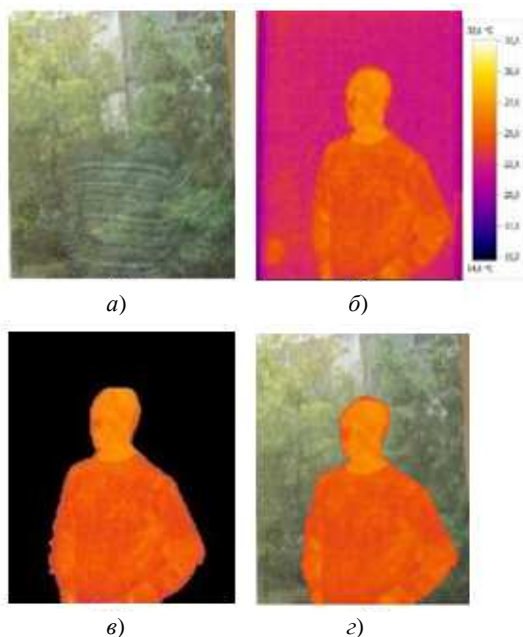


**Рис. 2. Структура устройства для выделения сегментов и формирования совместного изображения**

Устройство состоит из инвертирующего усилителя (У), матричных приборов с зарядовой связью (МПЗС1, МПЗС2, МПЗС3), селектора синхроимпульсов (ССИ), генератора импульсов растекания (ГИР), вычитающего устройства (ВУ), порогового устройства (ПУ), смесителя (СМ), монитора (М).

Кадр ИК изображения одновременно поступает в МПЗС1 и МПЗС2, причем в МПЗС1 изображение остается без изменений, а в МПЗС2 формируется его постоянная составляющая посредством применения режима управляемого усреднения зарядов в МПЗС. Далее оба кадра одновременно поступают на вычитающее устройство для выделения сегментов температурного контраста. В пороговом устройстве задается порог температурного контраста. При превышении заданного порога контрастирующие сегменты в виде кадра изображения записываются в МПЗС3. Если температура фона превышает температуру сегмента, то вводится инверсный режим работы описанной системы обработки, для чего входной сигнал должен поступать на вход инвертирующего усилителя.





**Рис. 3. Иллюстрация наложения сегмента ИК изображения на ТВ изображение:**

*a* – ТВ изображение; *б* – ИК изображения того же объекта; *в* – выделенный сегмент изображения; *г* – совмещенные изображения

Иллюстрация операции выделения сегмента ИК изображения с заданным тепловым контрастом и наложения выделенного сегмента на исходное ТВ изображение представлена на рис. 3.

Таким образом, предложен, смоделирован инновационный метод визуального поиска пострадавших, совмещающий в себе преимущества телевизионных и тепловизионных систем и повышающий эффективность поиска пострадавших при катастрофах различного рода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев, А.В. Тепловидение сегодня / А.В. Ковалев, В.Г. Федчишин, М.И. Щербаков // Специальная техника. – 1999. – Вып. 3. – С. 13 – 18. – Вып. 4. – С. 19 – 23.
2. Криксунов, Л.З. Тепловизоры (справочник) / Л.З. Криксунов, Г.А. Падалко. – Киев : Техніка, 1987.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Д.В. Давыдова, В.Н. Дьякова\**

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ДИСКО-ДИФFUЗИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТИБИОТИКАМ**

В настоящее время в клинической практике существуют два принципа назначения антибактериальных препаратов: эмпирическое и этиотропное [1]. Эмпирическое назначение антибиотиков основано на знаниях о природной чувствительности бактерий, эпидемиологических данных о резистентности микроорганизмов в регионе или стационаре. Однако при неэффективности проводимой антибактериальной терапии, при нозокомиальных инфекциях, когда затруднительно предположить возбудителя и его чувствительность к антибиотикам стремятся проводить этиотропную терапию.

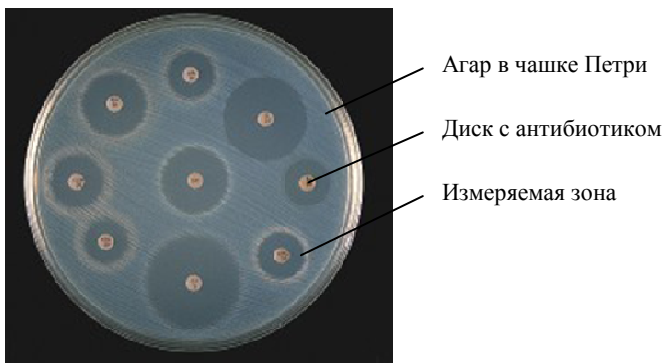
Этиотропное назначение антибиотиков, наиболее точное, предполагает не только выделение возбудителя инфекции из клинического материала, но и определение его чувствительности к антибиотикам. Получение корректных данных возможно только при грамотном выполнении всех звеньев бактериологического исследования: от взятия клинического материала, транспортировки его в бактериологическую лабораторию, идентификации возбудителя до определения его чувствительности к антибиотикам и интерпретации полученных результатов.

Наиболее распространенным методом определения чувствительности бактерий к антибиотикам в настоящее время является диско-диффузионный метод. Суть метода состоит в том, что на поверхность агара в чашке Петри (рис. 1) наносят бактериальную суспензию определенной плотности и затем помещают диски, содержащие определенное количество антибиотика. Диффузия антибиотика в агар приводит к формированию зоны подавления роста микроорганизмов вокруг дисков. После инкубации чашек в термостате при температуре 35...37 °С учитывают результат путем измерения диаметра зоны вокруг диска в миллиметрах.

Применив на последнем шаге метода программно-аппаратный комплекс, можно сократить время и значительно снизить вероятность ошибочной оценки чувствительности к антибиотикам.

---

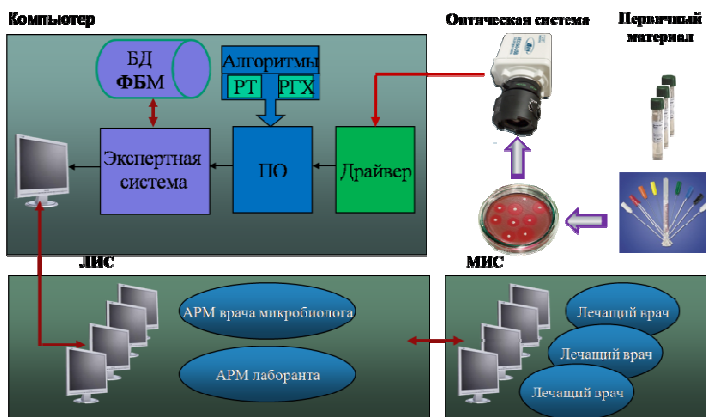
\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И.А. Дьякова.



**Рис. 1. Объект для интерпретации результатов**

Аппаратная часть комплекса включает оптическую и вычислительную системы. Программное обеспечение выполняет пять основных функций:

- 1) обеспечение интерфейса вычислительная система – оптическая система;
  - 2) распознавание текста написанного на диске с антибиотиком;
  - 3) вычисление геометрических характеристик зон чувствительности;
  - 4) экспертная оценка чувствительности к антибиотикам;
  - 5) хранение результатов исследований в базе данных комплекса.
- Структурная схема комплекса показана на рис. 2.



**Рис. 2. Структура программно-аппаратного комплекса:**  
 ФБМ – фотографии биологических материалов; РТ – алгоритм распознавания текста; РГХ – алгоритм распознавания геометрических характеристик

Интегрирование [2] разрабатываемого программно-аппаратного комплекса в лабораторную информационную систему (ЛИС) и в дальнейшем в медицинскую информационную систему (МИС) открывает новые перспективы применения диско-диффузионного метода.

Биологический материал после проведения исследований утилизируется, остается только заключение врача микробиолога. Предлагаемый комплекс обеспечит хранение фотографий биологического материала на момент оценки, что снизит риски возникновения спорных ситуаций. Еще одно преимущество состоит в оперативной передаче оценки чувствительности от врача микробиолога лечащему врачу.

Основные преимущества разрабатываемого комплекса:

1. *Качество и точность результатов.* Комплекс позволит исключить процент ошибок в случае мануальной идентификации и визуального анализа диаметров зон ингибирования и обеспечит тем самым получение постоянно качественного результата.

2. *Автоматизация.* Сокращение времени на анализ одной чашки и идентификационной панели, получение результата в течение нескольких секунд.

3. *Открытая система.* Возможность использования дисков с антибиотиками любого производства, что позволяет лаборатории самостоятельно управлять расходами и стоимостью исследований.

4. *Чтение различных сред.*

5. *Чтение слаборастущих культур* (в том числе энтерококки, коагулазо-негативные стафилококки).

6. *Экспертная система, система контроля качества и возможность ее модернизации:*

- экспертная оценка результатов и автоматическая корректировка результатов в зависимости от взаимного влияния антибиотиков соседних дисков, наличия мутантов, неправильного приготовления инокулята на стадии пробоподготовки;

- возможность редакции критериев мультирезистентных штаммов;

- автоматическое определение эпидемически-значимых резистентных штаммов;

- автоматическое сравнение исследуемого фенотипа с встроенной базой данных мультирезистентных штаммов;

- комплекс позволит получить наиболее точные результаты за меньший период времени, и сократить расходы на дополнительные исследования.

7. *Архивация данных, хранение цветных цифровых изображений для дополнительного контроля.*

8. *Комплекс будет полностью настраиваемым и приспособляемым к различным методикам, используемым в лаборатории.*

9. *Комплекс будет совместим с другим программным обеспечением управления данными.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. NCCLS. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; ninth informational supplement // M100-S9. – 1999. – Vol. 19. – N. 1.

2. Дьякова, В.Н. Автоматизированная бактериологическая лаборатория / В.Н. Дьякова // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG. – 2012. – 77с.

*Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 664.144

*П.М. Смолихина, Е.А. Якимова\**

## ОВОЩНЫЕ ПОРОШКИ В ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЙНО-СБИВНЫХ КОНФЕТ

С целью повышения конкурентоспособности конфет, их пищевой ценности, функциональных свойств, расширения ассортимента может использоваться комбинирование кондитерских масс.

Для комбинирования выбраны желейная и кремово-сбивная (далее сбивная) массы, обладающие близкими значениями влаго-содержания и студнеобразной консистенцией. Однако недостатком желейно-сбивных конфет является низкий микронутриентный состав и небольшой срок годности, лимитируемый быстрым высыханием сбивного слоя.

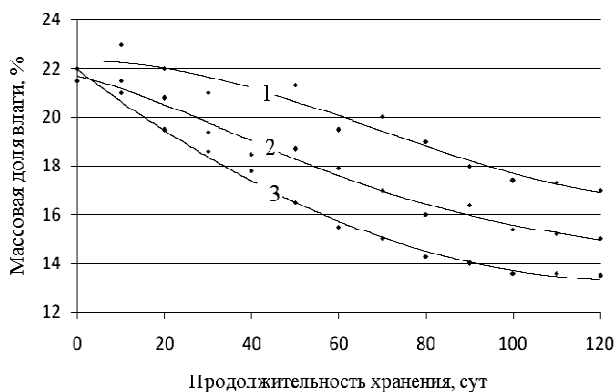
В качестве сырьевого ресурса для обогащения использовали порошки тыквы и моркови, полученные путем переработки широко распространенных в регионе овощей улучшенной селекции, культивируемых в промышленных масштабах. Их выбор обусловлен богатым витаминным составом, доступностью, возобновляемостью, экологической чистотой и относительной дешевизной. Порошкообразные полуфабрикаты могут выступать в качестве основных структурообразующих компонентов и наполнителей.

При создании рецептур выбирали комбинации и способы внесения ингредиентов, обеспечивающие их максимальную сохранность при производстве и хранении, а также повышенную биоусвояемость. В рецептурную смесь порошки тыквы и моркови вносили в количестве 1...10% к массе корпуса конфет, с замещением эквивалентного по сухому веществу количества сахара.

Результаты физико-химических исследований желейно-сбивных конфет показывают, что потеря влаги сбивным слоем, содержащим тыквенный порошок, по сравнению с контролем в 3 раза меньше, что подтверждает целесообразность использования порошка как влагоудерживающей добавки (рис. 1).

---

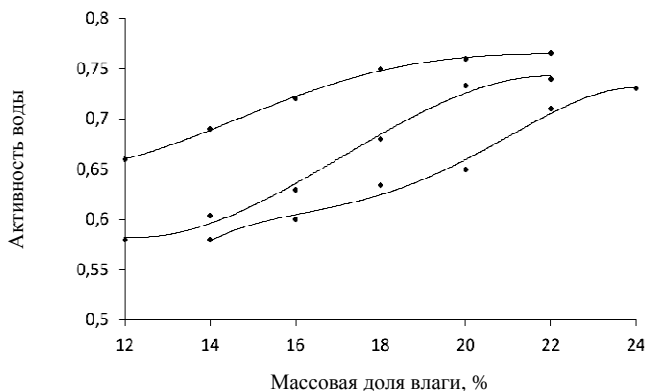
\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е.И. Муратовой.



**Рис. 1. Изменение массовой доли влаги сбивной массы:**

1 – при добавлении 10% тыквенного порошка;  
2 – при добавлении 2% тыквенного порошка; 3 – контрольный образец

Кроме того, благодаря высокой гигроскопичности овощные порошки связывают имеющуюся в продукте воду, приближая значения показателей активности воды, к показателям железного слоя (рис. 2). Таким образом, исключена возможность миграции влаги между слоями и сохранение индивидуальных свойств полуфабрикатов.



**Рис. 2. Изотерма сорбции влаги:**

1 – сбивная масса без добавок; 2 – сбивная масса с введением 10% овощного порошка; 3 – железная масса

В рецептурную смесь функциональные ингредиенты вносили, предварительно смешивая с кремом, где жировой компонент выступает гидрофобным растворителем для выделения жирорастворимых витаминов. Таким образом, при потреблении рекомендуемой нормы

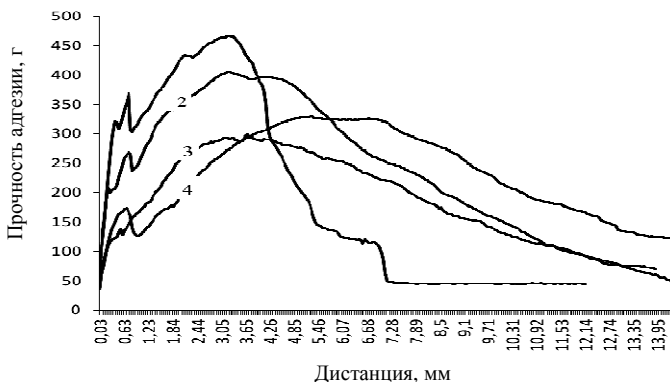
сбивных конфет с добавлением овощных порошков тыквы и моркови обеспечивается удовлетворение суточной физиологической потребности в витамине А на 30%, в пектиновых веществах – на 42%. Органолептические свойства порошков позволяют использовать их в роли натуральных вкусовых и ароматических веществ.

Кроме того, в сгущенном молоке происходит набухание полисахаридов, что позволяет интенсифицировать процесс структурообразования с 24 часов до 45...60 мин и получить полуфабрикат со стабильными структурно-механическими характеристиками, устойчивый к механической нагрузке при формовании.

В процессе формования возникают трудности с совмещением конфетных масс, а именно расслоение корпуса вследствие низкой адгезионной прочности соединения.

Наиболее распространенными приемами повышения прочности адгезионных контактов между слоями конфетных масс при получении комбинированных корпусов является введение добавок, влияющих на реологические свойства комбинируемых полуфабрикатов, и регулирование параметров процесса формования.

Внесение овощных порошков в сбивную массу позволяет увеличить площадь контакта адгезив-субстрат и повысить прочность адгезионного соединения за счет образования шероховатой поверхности сбивной массы и максимального заполнения микродефектов желейной массой. Обладающие высокой водосвязывающей способностью овощные порошки адсорбируют влагу с поверхности массы, что улучшает ее сцепление с комбинируемым слоем. При этом прочность адгезионных контактов возрастает более чем на 30% по сравнению с контрольными образцами (52,2 кПа против 36,1 кПа) (рис. 3).



**Рис. 3. Зависимость прочности адгезии от глубины отрыва при содержании порошков в сбивной массе и температуре формования желейного слоя:**

1 – 5%, 105 °C; 2 – 5%, 95 °C; 3 – без порошков, 105 °C; 4 – без порошков, 95 °C



Важным условием при выборе последовательности формируемых слоев является обоснование температурного режима, позволяющего повысить прочность адгезионного контакта. Возможность регулирования реологических свойств жележных масс при изменении температурного режима стадии формирования является определяющим при выборе жележного слоя в качестве верхнего.

В результате проведенных исследований определены и обоснованы метод и последовательность формирования слоев конфетных масс, сформулированы следующие рекомендации для предупреждения расслоения корпусов конфет:

- для формирования комбинированных корпусов конфет из жележной и сбивной масс, изготавливаемых по традиционной рецептуре, отливка в крахмальные или силиконовые формы, причем в качестве второго слоя используется жележная масса с температурой не ниже 100 °С;

- для конфет с добавлением овощных порошков, формирование сбивного слоя размазкой и с отливкой на него жележной массы при температуре не ниже 90 °С, выстойка двухслойного пласта с последующей резкой.

Изготовление корпусов конфет в соответствии с предложенными рекомендациями позволяет обеспечить прочность адгезионного сцепления слоев не только в момент изготовления, но и при хранении образцов в течение срока годности.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 664.8.034**

***С.Г. Кабаргин, В.В. Ланцов, М.В. Малина\****

## **ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА КАЧЕСТВО КОЛБАСНОГО КОПЧЕНОГО СЫРА**

Развитие технологии производства плавящихся колбасных копченых сыров направлено сегодня на обеспечение стабильного качества готового продукта по следующим направлениям: подбор новых сырьевых компонентов, наполнителей, солей-плавителей и разработка на их основе новых рецептур с частичной или полной заменой молочных компонентов (жира, белка) путем введения растительных; исследование закономерностей нетрадиционных способов копчения; совершен-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н.М. Страшнова.

ствование оборудования для традиционного дымового копчения с целью минимизации энергозатрат и снижения вредных выбросов в атмосферу; использование новых видов упаковки для сохранения продукта и придания привлекательного внешнего вид [1].

Копчение при выработке колбасного копченого сыра, сырного продукта является ключевой операцией в формировании технологических и органолептических характеристик, которые зависят от закономерностей диффузии копильных веществ, как наиболее значимой из всех физических явлений по ходу процесса. Копчение плавленых сыров проводит чаще всего традиционным дымовым способом, наряду с применением копильных препаратов [2].

Для обеспечения стабильного качества продукта на стадии копчения была поставлена задача по изучению влияния компонентного состава сырной смеси. Для установления влияния концентрации белковой фракции на качество копчения были проведены модельные опыты с использованием образцов сырной массы. Модельные образцы имели массовую долю сухих веществ 45% и жирность 40%, которую обеспечивали растительные жиры. Белоксодержащими компонентами являлись сыры для плавления, сухая молочная сыворотка, СОМ. Количество белка в массе регулировали путем введения порошкообразного казеина и количество общего казеина изменялось от 7,95 до 19,95 г, а белка – от 12,7 до 24,7 г в 100 г продукта. Для получения характерной консистенции продукта использовались соль-плавитель и стабилизатор. Изготовленная масса фасовалась в полимерные рукавные оболочки и коптилась в универсальных термокамерах. Готовые батоны копченого сырного продукта анализировались по физико-химическим показателям (массовая доля влаги, жира), содержанию копильных веществ, цвету поверхности. Результаты приведены в табл. 1.

### 1. Физико-химические и сенсорные показатели образцов колбасного копченого сырного продукта

№ образца	1	2	3	4	5	6	7
Содержание сухих веществ, %	50,0	46,5	53,7	53,7	52,8	51,9	49,6
Содержание белка, г	12,7	14,5	16,4	18,7	20,4	22,7	24,7
Содержание копильных веществ, г	0,24	0,36	0,72	0,34	0,66	0,75	1,44
Содержание казеина, г	7,95	9,75	11,65	13,95	15,65	17,95	19,95
Цвет поверхности бетона	4	4	4,5	4,5	5	6,5	6,5
	<i>Светло-оранжевый</i>		<i>Оранжевый</i>			<i>Ярко-оранжевый</i>	

Анализ опытных образцов показал, что наибольшее содержание копильных веществ 1,44 мг % обнаружено в седьмом образце, содержащем 24,7 г белка. Минимальное количество копильных веществ 0,24 мг % было отмечено для базового образца, без дополнительно внесенного казеина. Зависимость содержания копильных веществ от количества белка имеет прямопропорциональный характер, графический вид показан на рис. 1. Увеличение содержания белка в продукте изменяет интенсивность окраски его поверхности.

Бледную корочку имеют образцы под номерами 1 и 2, содержащие минимальное количество белка.

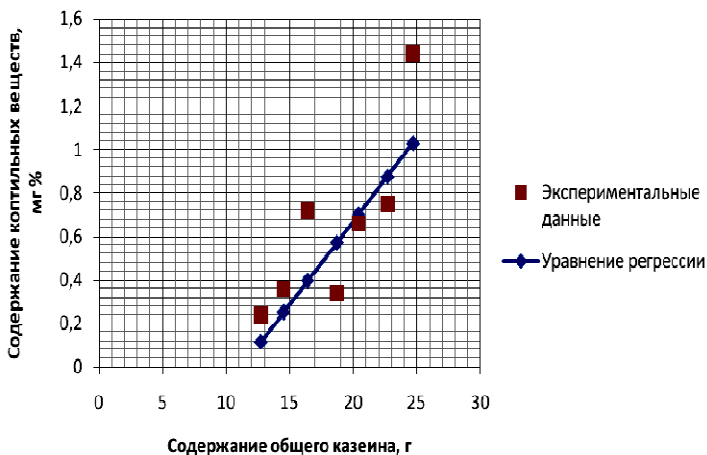


Рис. 1. Зависимость концентрации копильных веществ

Заметное усиление насыщенности цвета происходит при увеличении концентрации белка в продукте на 30% относительно базового образца. Образцы 6 и 7 имели ярко оранжевый цвет, наиболее привлекательный для потребителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев, А.В. Копчение плавленых сыров и сырных продуктов / А.В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 25 – 28.
2. Мезенова, О.Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов : учеб. пособие / О.Я. Мезенова. – СПб. : Проспект науки, 2007. – 288 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Т.П. Ульянова, Л.Ю. Филиппова, Ю.А. Гроховская\**

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ $\text{Cu(BTS)}$**

Проблема очистки воздуха от токсичных компонентов как антропогенного, так и техногенного происхождения является актуальной для жизнедеятельности человека в экстремальных условиях, особенно в условиях замкнутых объектов, а также на опасных производствах.

Для удаления вредных примесей широкое применение получили углеродные (активированные угли) и минеральные (силикагели, алюмогели, цеолиты) адсорбенты. Промежуточное положение занимают металлоорганические каркасные структуры (MOF – Metal-Organic Framework) – новый класс пористых кристаллических органико-неорганических полимеров. MOF отличаются такие свойства как очень высокая удельная поверхность (достигающая по некоторым публикациям до  $10\,400\text{ м}^2/\text{г}$  у отдельных представителей (1) и превосходящая таковую у активированных углей) и высокая адсорбционная способность, способность к модификации, низкая плотность, а также контролируемый посредством подбора органического компонента объем пор. Также многие представители металлоорганических каркасов имеют высокую термическую и химическую устойчивость. Все эти особенности создают хорошие предпосылки для использования MOF в качестве альтернативы существующим в настоящее время сорбентам во многих областях: очистка, хранение газов и разделение газовых смесей, в катализе и в других. Металлоорганические каркасы также привлекательны как адсорбенты вредных примесей в целях очистки воздуха, в том числе воздуха обитаемых помещений, и в создании средств защиты от химических угроз. Данная область применения MOF является недостаточно изученной.

Металлоорганические каркасные структуры, MOF – класс кристаллических соединений, основными структурообразующими единицами которых являются координационные центры (металлы или полиядерные неорганические кластеры) и органические полифункциональные молекулы, связанные сильными ковалентными связями.

Структуру MOF можно представить в виде решеточной конструкции, в которой жесткие органические молекулы подобно стержням соединяют неорганические кластеры, находящиеся в узлах решетки.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук ОАО «Корпорация «Росхимзащита» В.Н. Шубиной, канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Д.С. Дворецкого.

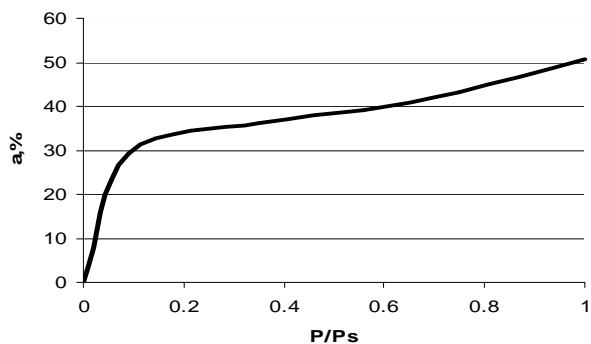
Структура Cu(BTC) (MOF-199, HKUST-1) имеет два типа пор: центральные квадратные диаметром 0,9 нм и боковые тетраэдрические карманы диаметром 0,6 нм, соединенные с основными каналами треугольными отверстиями размером 0,35 нм. В первичном структурном блоке присутствуют два разных атома кислорода: кислород карбоксилатной группы и слабосвязанный аксиальный кислород из координационной воды. Эта структурная характеристика обуславливает интересные свойства каркаса: с одной стороны, гидрофильность основной поры; с другой – маленькие поры вокруг тримезинового блока представляют более гидрофобный характер.

*Синтез и характеристика MOF-199.* Cu(BTC) синтезировали по методике (2): 2 г тримезиновой кислоты (1,3,5 – бензолтрикарбоновой кислоты (H<sub>3</sub>BTC)) (9,52 ммоль) растворяли в 24 мл этанола, 4,16 г Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O (17,2 ммоль) растворяли в 24 мл этанола и по каплям добавляли к раствору тримезиновой кислоты при интенсивном перемешивании на магнитной мешалке. Образующийся золь голубого цвета помещали в аналитический автоклав с фторопластовым стаканчиком емкостью 150 мл. Синтез вели при температуре 110 °С. Образующийся темно-синий осадок Cu(BTC) отделяли от маточного раствора фильтрованием, многократно промывали водой на фильтре и сушили в сушильном шкафу при температурах 110...120 °С. В конечном итоге получался кристаллический порошок темно-синего цвета.

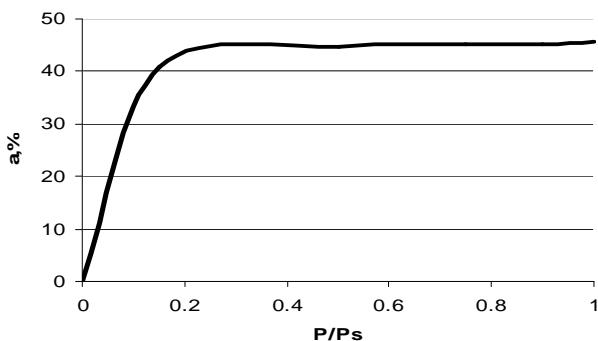
В дальнейшем для растворения Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O использовалась дистиллированная вода. Кристаллы, полученные в результате данного синтеза идентичны кристаллам, полученным на чистом этаноле.

По данным РСА полученный образец является кристаллическим веществом, с кубической кристаллической решеткой,  $a = 22,66 \text{ \AA}$ ,  $V = 11\,639,17$ . Рентгенограммы полученных образцов практически полностью идентичны приведенным в литературных источниках.

*Оценка адсорбционной активности в статическом режиме.* Адсорбционные свойства в статических условиях исследованы эксикаторным методом при температуре 20 °С на примере бензола и воды. Бюкс с навеской адсорбента выдерживался в течение суток в эксикаторе до насыщения парами адсорбата. Адсорбционная активность определялась по разнице массы бюксов с навеской адсорбента до и после помещения в эксикатор. Равновесная адсорбция паров воды определялась при относительных давлениях пара  $P/P_s$ : 0,09; 0,35; 0,56; 0,75; 1,0, в качестве электролита для создания заданных соотношений использовались растворы серной кислоты и насыщенный раствор NaCl (27). Адсорбция бензола оценивалась при соотношениях  $P/P_s$  0,15; 0,5; 0,75; 0,9; 1,0, которые создавались соотношением бензола и вазелинового масла в донной фазе. Образцы предварительно высушивались при температуре 110 °С.



a)



b)

**Рис. 1. Изотерма адсорбции на Cu(BTC) при 20 °С:**  
*a* – воды; *б* – бензола

По полученным данным построены изотермы адсорбции (рис. 1). Обе изотермы I типа, характерные для физической адсорбции в микропорах.

Cu(BTC) обладает особенностью менять цвет при взаимодействии с адсорбтивом. Так при адсорбции воды цвет изменяется с темно-синего на голубой, при адсорбции бензола – на синий. Таким образом, за процессом адсорбции можно наблюдать визуально, что также может быть использовано для индикации поглощения веществ. Кристаллы Cu(BTC), перенесенные на воздух, практически моментально приобретают голубой цвет.

$\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3$  при нагревании до 130 °С (по данным ДТА) или под действием вакуума отщепляет связанную с атомом меди воду. Адсорбция является полностью обратимой, при высушивании кристаллы восстанавливают свой первоначальный цвет. Бензол десорбируется при температурах, близких к 200 °С, также с восстановлением первоначального цвета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Furukama, H. Ultrahigh Porosity in Metal-Organic Frameworks / H. Furukama // Science. – 2010. – Т. 329. – Р. 424 – 428.
2. Pat. 6491740 US, B01J 20/22, Metallo-organic polymers for gas separation and purification / Wang (US) ; The BOC Group, Inc. – № 613735 ; filed 11.07.2000 ; ref.10.12.2002.

*Кафедра «Технология продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 637.3.053**

*П.М. Смолихина, А.И. Мусик\**

### **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПАСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Одним из направлений государственной политики Российской Федерации является создание технологий производства продуктов лечебно-профилактического назначения для предупреждения различных заболеваний и укрепления защитных функций организма. Активно ведется работа по использованию новых видов сырья и совершенствованию технологии, основанной на применении биологически активных добавок природного происхождения, позволяющих сократить затраты при одновременном расширении ассортимента продукции с увеличенным сроком хранения.

Основой для создания таких продуктов могут быть пастильные изделия, представляющие собой сбивные изделия пышной мелкопористой структуры, изготовленные из плодово-ягодного пюре с сахаром, пенообразователем, с добавлением студнеобразователя. Особым спросом у населения пользуется зефир, который относится к числу кондитерских изделий, рекомендуемых для питания детей в дошкольных и школьных учреждениях.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е.И. Муратовой.

Актуальной проблемой в обеспечении качества зефира является засахаривание массы и высыхание, обуславливающее небольшой срок хранения (1 мес.). Недостатком данного вида кондитерских изделий является также высокая сахароемкость и низкая биологическая ценность.

Замедление скорости кристаллизации возможно посредством снижения скорости диффузии молекул к центрам кристаллизации при увеличении вязкости растворов, например, при использовании высокосахаренной патоки вместо низкосахаренной, входящей в состав классической рецептуры сбивных масс. Для предотвращения преждевременного засахаривания в традиционной рецептуре изменяли соотношение сахар/патока в сторону увеличения патоки. Однако, сетчатая структура пектина и декстринов патоки, слабо препятствует диффузии молекул воды и сахарозы. Кроме того, увеличение количества редуцирующих веществ в зефирной массе приводит к нежелательному последствию – явлению синерезиса. При этом происходит изменение структурно-механических характеристик сбивной массы. Нарушается гидростатическое равновесие системы, избыточная жидкость из пленок пены вытекает в каналы и по ним стекает из верхних слоев в нижние в направлении поля силы тяжести до тех пор, пока градиент капиллярного давления не уравнивает силу тяжести. Одновременно с перетеканием жидкости в каналы начинается вытекание жидкости пены, пузырьки воздушной фазы коалесцируют, происходит разрушение системы [1].

Одним из возможных вариантов устранения синерезиса в сбивных массах с высоким содержанием редуцирующих веществ может быть использование в рецептурах нетрадиционных видов сырья. В качестве нетрадиционного сырья используются добавки растительного происхождения: лекарственные и пряно-ароматические травы в виде порошков или экстрактов, овощные и плодово-ягодные порошки. При этом предпочтение отдается местным видам растительного сырья и продуктам их переработки. Следует отметить, что использование овощных порошков позволяет не только стабилизировать структурно-механические характеристики зефирных масс, но и повысить их биологическую ценность.

Порошки тыквы и моркови, улучшенной селекции, получены комбинированной конвективно-вакуумно-импульсной сушкой, позволяющей максимально сохранить все биологически ценные вещества, входящие в состав сырья: витамины групп А, В, С, Е, каротиноиды и другие витаминоподобные вещества, пищевые волокна, макро- и микроэлементы (калий, кальций, железо, магний). Восстановленные порошкообразные полуфабрикаты идентичны по свойствам свежеприготовленному пюре.

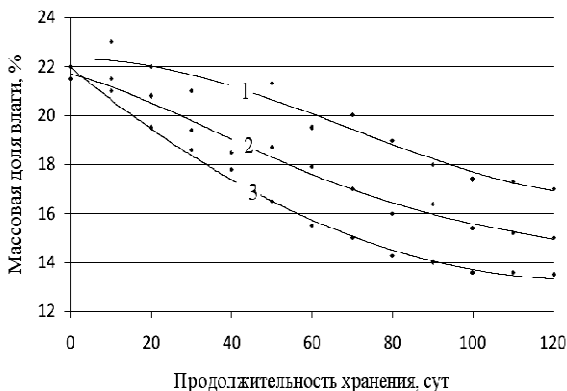


Для определения способов внесения овощных порошков в рецептуру зефирной массы исследовали их технологические свойства (табл. 1). Высокая водосвязывающая способность позволяет использовать указанные порошки как влагоудерживающие добавки. Хорошая сорбционная активность тыквенного и морковного порошков открывает возможность использования их как функциональных ингредиентов и стабилизаторов пищевых систем. Органолептические характеристики позволяют использовать овощные порошки в роли натуральных красителей и ароматизаторов. Большое значение для формирования структурно-механических показателей пастильных изделий имеет степень измельчения порошка, от которой зависит прочность и скорость структурообразования.

### 1. Технологические свойства овощных порошков

Наименование показателей	Порошок тыквы	Порошок моркови
Содержание сухих веществ, %	91,5	92
Водосвязывающая способность, H <sub>2</sub> O/г	8	6
Адсорбционная способность, моль/г	1,9	1,6
Органолептические характеристики:		
цвет	желтый	оранжевый
вкус	свойственный овощам данного вида без постороннего привкуса	
запах	свойственный овощам данного вида без постороннего запаха	
Анализ дисперсности:		
< 300 мкм, не более	16%	26%
< 200 мкм, не более	30%	40%
< 100 мкм, не более	54%	34%

При введении овощного порошка увеличивается общее содержание сухих веществ, пена становится более высококонцентрированной, что служит основной причиной уменьшения скорости синерезиса, вследствие сужения каналов и увеличения шероховатости их стенок. Высокое содержание пектиновых веществ овощного порошка, образуя своеобразный каркас, выступают в роли дополнительных структурообразователей. Упругие стенки каркаса препятствуют коалесценции газовых пузырьков, повышается формоудерживающая способность зефирной массы. Изделия имеют мягкую консистенцию и прочную структуру, снижается липкость поверхности.



**Рис. 1. Изменение массовой доли влаги зефира:**

1 – при добавлении 10% тыквенного порошка; 2 – при добавлении 2% тыквенного порошка; 3 – контрольный образец

Установлено, что при добавлении от 2 до 10% овощного порошка, с эквивалентным снижением по сухому веществу количества сахара, потеря массовой доли влаги происходит менее интенсивно (рис. 1). В течение 120 суток хранения потеря влаги зефиром, содержащим тыквенный порошок, по сравнению с контролем в три раза меньше, что подтверждает целесообразность использования порошка как влагоудерживающей добавки.

Качество пастильных изделий в процессе хранения зависит не только от количественного содержания влаги, но и от ее состояния, степень которого оценивается показателем активности воды. Благодаря высокой гигроскопичности овощные порошки связывают имеющуюся в свежеприготовленном продукте воду, тем самым предотвращают ее миграцию, замедляют испарение и снижают активность воды.

В результате исследований подтверждается целесообразность введения овощных порошков в рецептуру зефира для получения изделий со стабильными качественными показателями и повышенным содержанием биологически активных веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубченко, А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий : учебник / А.В. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2001. – 389 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*С.Ю. Куренкова, Н.И. Хвостова\**

## **ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАВЛЕННЫХ СЫРНЫХ ПРОДУКТОВ**

Плавленые сыры образуют один из наиболее динамично развивающихся рынков, который демонстрирует стабильный рост. По данным компании «Евромонитор», в Европе, на Ближнем Востоке и Африке ожидается рост объема продукции этого сектора с 7,16 млрд. евро в 2007 г. до 8 млрд. евро в 2012 г.

Увеличение производства сыров, расширение их ассортимента, улучшение качества и функциональных свойств – эти проблемы остро стоят в отрасли и нуждаются в решении. Существенно увеличить объемы выработки сыров в ближайшем будущем не представляется возможным из-за резкого снижения сырьевых ресурсов. Одним из способов решения данной проблемы является использование в рецептуре ингредиентов, позволяющих снизить содержание основного сырья, при условии сохранения качественных показателей готового продукта. Перспективным решением указанных проблем является разработка технологии производства сырных продуктов нового поколения на основе использования новых видов сырья немолочного происхождения и новых способов его обработки [1].

В зависимости от содержания в готовом продукте компонентов немолочного происхождения различают сырные и молокосодержащие продукты. Согласно федеральному закону ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию»:

а) сырный продукт – «молокосодержащий продукт, произведенный в соответствии с технологией производства сыра»;

б) молокосодержащий продукт – «пищевой продукт, произведенный из молока, и (или) молочных продуктов, и (или) побочных продуктов переработки молока и немолочных компонентов, в том числе немолочных жиров и (или) белков, с массовой долей сухих веществ молока в сухих веществах готового продукта не менее чем 20 процентов».

В соответствии с концепцией здорового питания основными принципами создания сыров и сырных продуктов со смешанным сырьевым составом являются: снижение калорийности, повышение содер-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О.В. Зюзиной.

жания азотистых и биологически активных веществ, сбалансированность по жирнокислотному, аминокислотному, минеральному, углеводному составам, а также хорошими органолептическими показателями и способностью сохранять качественные критерии длительное время. Как показывает зарубежный и отечественный опыт последних лет этому способствует использование при получении ряда продуктов специальных пищевых добавок, играющих роль структурообразователей. Их применение способствует связыванию влаги в продукте, улучшению его консистенции за счет активного участия в структурообразовании, снижает усушку продукта, удлиняет продолжительность его хранения, а также приводит к другим положительным эффектам. Концепцию направленного регулирования показателей качества структурированных молочных продуктов научно и экспериментально обосновала Н.И. Дунченко. Она заключается в применении методологии формирования диапазона реологических свойств молочных систем с использованием структурообразующих добавок и пищевых волокон на основе знаний функционально-технологических свойств каждого конкретного вида препарата структурообразующей добавки, рациональной ее дозы и закономерностей изменения тиксотропных свойств продукта в процессе производства и хранения.

На основании данной концепции была проведена работа, в ходе которой было изучено влияние различных растительных структурообразователей на формирование, качество и хранимоспособность плавленых сырных продуктов, в производстве которых часть молочных компонентов заменена на немолочное сырье.

Основу стабилизаторов составляют гидроколлоиды различного происхождения и их производные: агары, каррагинаны, камеди, желатин, крахмалы, пектин, казеин и другие. На отечественном рынке предлагаются несколько десятков различных структурообразователей с широким набором свойств. Их используют при выработке йогуртов, сметан, желированных и других молочных продуктов [2].

В ходе работы были изготовлены образцы плавленых сырных продуктов следующего сырьевого состава: сыр жирный (м. д. вл. 36,8%, м. д. ж. 50%), сыр не жирный (м. д. вл. 63,4%), творог (м. д. вл. 71,8%, м. д. ж. 10%), соль – плавитель, сухая молочная сыворотка, сухое обезжиренное молоко, соль, заменитель молочного жира, вода. В качестве структурообразователей использовались: крахмал картофельный модифицированный (Е 1442), крахмал кукурузный (Е 1420) и мука пшеничная.

В ходе испытаний были получены результаты, представленные в табл. 1.

## 1. Результаты эксперимента

Стабилизатор	Количество вносимого стабилизатора, г	М. д. вл. в образце, %	М. д. ж. в образце, %	Коэффициент эффективной вязкости, Па·с	Органолептическая оценка, балл	
					вкус	консистенция
Е 1442	1,5					
Е 1420	1					
Мука пшеничная	2,5	53,2	57,6	52	5	4
Е 1420	6,5	55,4	60	43	3	5
Е 1442	6,5	54,2	58,3	32	4	4
Мука пшеничная	6,5	55	59,9	43	5	3

Оценка органолептических показателей производилась по 5–бальной шкале. Из полученных результатов видно, что наивысший балл получил образец, в котором в качестве структурообразователя использовалась смесь кукурузного крахмала, картофельного модифицированного крахмала и пшеничной муки.

Вязкость исследуемых образцов измерялась с помощью экспресс-анализатора консистенции ЭАК – 1М. Среди всех образцов наилучший показатель принадлежит сырной массе, изготовленной с помощью стабилизатора смешанного состава.

Таким образом, экспериментально установлено, что лучшими физико-химическими и органолептическими показателями обладает образец, в состав которого входит стабилизатор из крахмала картофельного модифицированного, крахмала кукурузного и муки пшеничной.

Введение в сырную массу крахмалов обеспечивает агрегативную устойчивость ингредиентов, а также способствует длительному хранению и улучшению внешнего вида продукта.

Пшеничная мука, помимо структурообразователя, является источником растительного белка, полноценного по аминокислотному составу, содержит натрий, калий, магний, фосфор, витамины В1, В2 и РР.

В настоящий период ряд научных и государственных учреждений России, в том числе НИИПП, НИИДП РАСХН, Минздрав Российской Федерации и другие рекомендуют производственным предприятиям отказаться от применения модифицированных продуктов в качестве стабилизаторов. Поэтому наиболее перспективным является использование в этих целях муки злаковых растений, в частности пшеничной, еще одним преимуществом которой является низкая себестоимость.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лепилкина, О.В. Особенности производства сырных продуктов с растительным жиром / О.В. Лепилкина, А.В. Чубенко, В.Е. Шутов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 6. – С. 54–55.
2. Архипов, А.Н. Влияние стабилизаторов на плавленые сырные продукты / А.Н. Архипов // Молочная промышленность. – 2009. – № 8. – С. 59–60.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 637.3.053**

*Л.С. Зеленина, Е.Е. Швырева, К.А. Сергеева\**

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭМУЛЬГИРУЮЩИХ СОЛЕЙ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ**

Плавленый сыр является продуктом, который получается при плавлении сычужного сыра под действием тепла и механической обработки во время добавления эмульгирующих солей-плавителей с последующим охлаждением. При выработке такого продукта на основе натуральных сыров, если его подвергать нагреванию без солей-плавителей, происходит синергетическое сжатие белковой матрицы, и из сыра выделяется вода и жир. Сыр расслаивается на воду, свободный жир и белковый осадок. Если такую массу перемешать и охладить, то получится грубая, слоистая, упругая сырная масса. Напротив, нагревание сыра с солями-плавителями приводит к увеличению растворимости белковой фракции, так как соли-плавители взаимодействуют со структурированным кальцием. В результате отщепления ионов кальция от параказеинаткальцийфосфатного комплекса образуются более мелкие мицеллы с полипептидными цепями массой примерно в 20 раз меньше, и короткими цепочками с сохранившимися кальциевыми мостиками. Образовавшиеся растворимые формы параказеината натрия хорошо эмульгируют жир, который в плавленом сыре значительно лучше стабилизирован и диспергирован, чем в натуральном сыре.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О.В. Зюзиной.

В результате не происходит его «вытапливание» при нагревании и механическом воздействии.

Также соли-плавители, растворяясь в плазме сыра, адсорбируются белком, повышая его электрозаряженность и влагоудерживающие свойства, причем с увеличением валентности аниона степень гидратации возрастает. Таким образом, при плавлении образуется система, имеющая короткую протеиновую структуру, которая уже не похожа на длинную протеиновую структуру натурального сыра. Этот процесс называют «кремообразованием».

Высвободившиеся при деминерализации параказеинаткальций-фосфатного комплекса ионы кальция взаимодействуют с анионами солей-плавителей. Однако при плавлении не все ионы кальция заменяются на натрий, поэтому не все межмицеллярные связи разрываются, что придает определенную упругость сыру даже в горячем виде.

Основной задачей при производстве плавленых сыров является правильный подбор дозировок соли-плавителя, зависящий от рН сыра, подвергающегося плавлению, и рН конечного продукта. Важно при изготовлении массы – не допустить изменения величины рН готового продукта более чем на 0,1 единицы рН используемого сыра, чтобы сохранить консистенцию и запах плавленого сыра. Поэтому предел изменения рН – очень значимый показатель, характеризующий соль-плавитель. Интервал рН при изготовлении плавленого сыра лежит в пределах активной кислотности среды от 5,3 ед. рН до максимум 6,2 ед. рН, а в большинстве случаев даже в еще более узком диапазоне – 5,5...5,8 ед. рН [3].

В данной работе было выполнено сравнение подходов для расчета дозировки соли-плавителя при изготовлении плавленого сыра.

Расчет дозы фосфорнокислых солей, учитывающий содержание белка в смеси для плавления рекомендуется приводить с использованием формулы (1) Баркана [1]:

$$D = 0,195B \frac{1 - 2\gamma}{1 - \gamma}, \quad (1)$$

где  $B$  – содержание белка в смеси, %;  $\gamma$  – степень зрелости смеси, выраженная в долях.

В этой формуле под зрелостью сыра понимается степень распада белков при созревании, которая определяется по содержанию отдельных фракций азотистых соединений. Схема разделения азотосодержащих соединений сыра, разработанная во ВНИИМСе, основана на их разной чувствительности к денатурации при взаимодействии с химическими веществами (трихлоруксусная кислота, танин, этанол). К ее

недостатку можно отнести трудоемкость при значительных объемах и разнообразии сырья, что ограничивает возможность применения расчетной формулы (1) и ставит в зависимость управление качеством плавяных сыров от опыта технолога.

Также известен подход к расчету дозы соли-плавителя через уровень активной кислотности сырного сыра [2]:

$$pH_{\text{массы}} = pH_{\text{смеси}} + F C, \quad (2)$$

где  $pH_{\text{массы}}$  – уровень активной кислотности плавяной массы;  $pH_{\text{смеси}}$  – уровень активной кислотности сырья для плавления;  $C$  – доза соли-плавителя к весу сырной массы, %;  $F$  – коэффициент, зависящий от вида соли-плавителя и ее активной кислотности при плавлении молодого и зрелого сыра [1]. Затруднения в использовании формулы (2) возникают из-за отсутствия данных о величине коэффициента  $F$  для ряда солей-плавителей и необходимости предварительных плавок для адаптации к имеющейся сыровой базе.

Была выполнена серия модельных опытов плавления сыра «Российского» из партий с разной степенью зрелости от 20,9 до 29,3%, но с одинаковыми физико-химическими свойствами, и разными солями-плавителями, характеристика которых дана в табл. 1.

### 1. Некоторые свойства пищевых добавок для плавления

Добавка	Действующее вещество	pH 1%-го водного раствора	Рекомендуемая дозировка, % к массе продукта
«Милин 301» (E451, E450)	триполифосфат натрия, пирофосфат натрия	–	0,5...2,0
«Фонакон» марки Б (E451, E450 I-II, E 339 I-II)	триполифосфат натрия, пирофосфат натрия, дигидрофосфат натрия, динатрийгидрофосфат	8,3...8,7	1,5...1,7
«Solva HZC»	моно, полифосфаты и цитраты натрия	–	3,0
«Solva 62»		6,0...6,4	

В готовых образцах плавяной массы, изготовленной с указанными солями-плавителями, измерялась величина активной кислотности, которая колебалась в пределах от 5,35 до 5,8. Был проведен анализ



консистенции массы. По результатам лучшим для таких условий оказалась соль «Solva 62». Были выполнены расчеты по определению дозы плавителя по формулам (1) и (2). В таблице 2 представлены результаты расчетов и анализа массы.

## 2. Сравнительный расчет дозировки соли-плавителя «Solva 62»

Содержание белка в смеси, %	Степень зрелости в смеси, %	pH смеси	Д, % к массе смеси	С, % к массе смеси	Отличие дозировки, %
23,0	20,9	5,35	3,3	2,5	24,3
23,0	22	5,45	3,5	2,3	34,3
23,0	29,3	5,80	2,6	1,0	61,6

Так, если степень зрелости сыра отличается на 1%, то доза соли, рассчитанная по формуле (1), отличается на 0,2%, а при разнице в 7% по зрелости – на 0,9%. Количество соли, определенное по формулам (1) и (2), учитывающим их разные физико-химические свойства сырья дали существенные расхождения от 24,3% до 61,6%.

По результатам проведенных исследований установлено, что более точную дозировку соли можно установить, пользуясь формулой (1), но в производственных условиях используют формулу (2). При этом рекомендации от производителей солей-плавителей указывают на их расход в виде некоторого интервала предельных концентраций (табл. 2), предлагая специалистам устанавливать дозу соли-плавителя самостоятельно и уточнять ее в ходе технологического процесса или путем лабораторных плавок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркан, С.М. Плавленные сыры / С.М. Баркан, М.Ф. Кулешова. – М. : Пищевая промышленность, 1967. – 283 с.
2. Дозы солей-плавителей / Л.С. Зеленина, О.В. Зюзина, С.И. Дворецкий, Н.М. Страшнов // Сыроделие и маслоделие. – 2013. – № 1. – С. 46 – 48.
3. Цветков, И.Л. Значение pH для плавленого сыра / И.Л. Цветков, А.А. Штанов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 3. – С. 34–35.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А.В. Тарасова, А.А. Попова\**

### **РАЗРАБОТКА СЫРНОГО ПРОДУКТА ТИПА «ГРЕЧЕСКИЙ»**

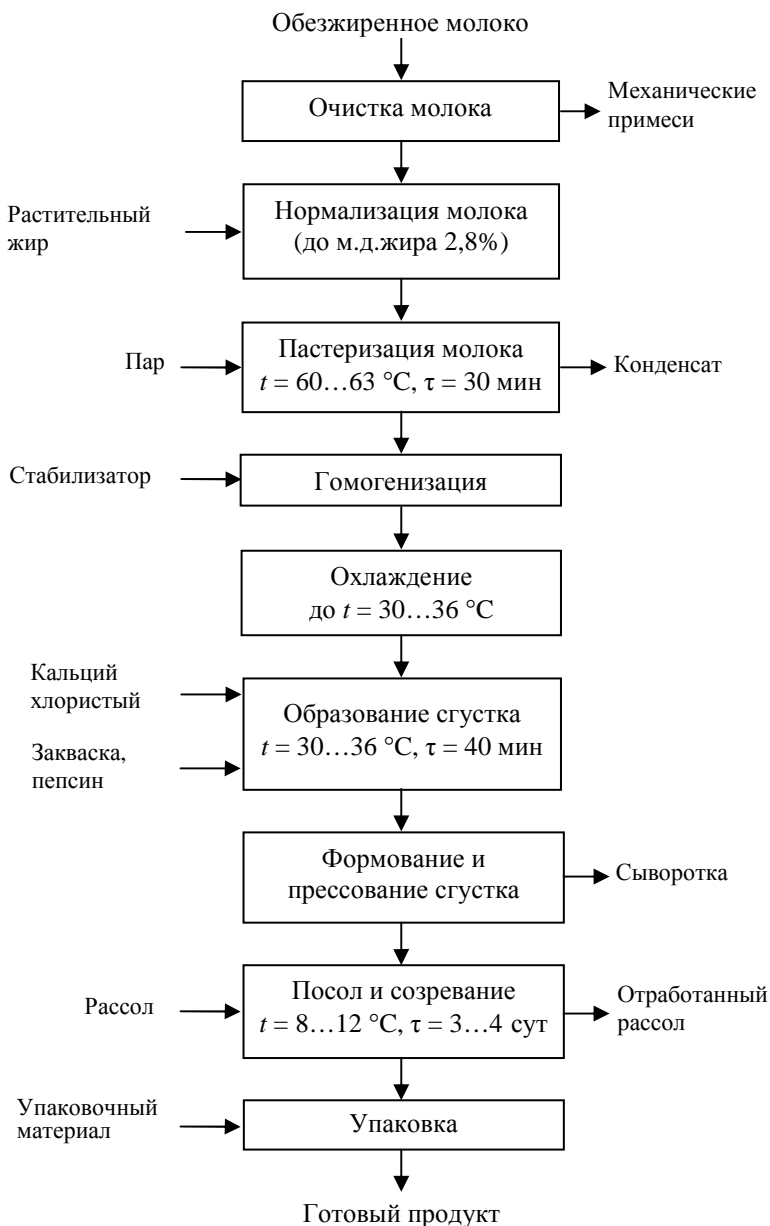
В последние годы в большинстве сыродельных регионов России наблюдается острая нехватка молока сырья на фоне снижения его качества. В сложившейся ситуации сыродельные предприятия вынуждены использовать для выработки продукции нетрадиционное сырье – заменители молочного жира (ЗМЖ) и сухое обезжиренное молоко (СОМ) с целью частичной замены натурального молочного сырья. Такие продукты получили название «сырные продукты» согласно ФЗ № 88 от 12.06.2008.

Сырный продукт – белково-жировой продукт, свойства которого, включая пищевую и биологическую ценность, можно направленно регулировать путем комбинирования сырьевых компонентов и изменения их соотношения. В его технологии заложены большие возможности для конструирования состава и свойств. В основу создания данного продукта заложены два принципа: ресурсосбережение и оптимизация жирно- и аминокислотного состава. Были проведены экспериментальные варки рассольного сырного продукта с использованием СОМ и растительного жира. Технологическая особенность рассольных сыров (сырных продуктов) состоит в том, что созревают и хранятся они в рассоле, поэтому они не имеют корки; консистенция упругая, ломкая, цвет теста от белого до светло-желтого, глазки различной формы и размера. Повышенное содержание соли в сыре вызывает частичный гидролиз белков и появление своеобразного острого вкуса. Созревают они не более двух месяцев. Технология производства большинства рассольных сыров сложилась издавна среди населения Кавказа, поэтому их называют кавказскими. К рассольным сырам относят брынзу, Чанах, Тушинский, Кобийский, Осетинский, Ереванский, Грузинский, Сулугуни. Их вырабатывают из коровьего и овечьего молока, а также их смеси. Это, несомненно, отражается на интенсивности протекающих микробиологических и биохимических процессов, определяющих органолептические свойства готового продукта [1].

Изготовление опытных образцов сырного продукта проводили по схеме рис. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О.В. Зюзиной.



**Рис. 1. Эскизная схема производства рассольного сырного продукта «Греческий»**

Обезжиренное молоко, очищенное от механических примесей фильтрованием, подвергли пастеризации при температуре 60...63 °С с выдержкой 30 мин. Далее молоко нормализовали по жиру путем смешивания в емкости рассчитанных количеств обезжиренного молока и нормализующего компонента: кокосового масла. Нормализация проводится по массовой доли жира в молоке 2,8%. Полученная смесь гомогенизировалась в присутствии стабилизатора «Промилк Каппа Оптимум 85» компании «Ingredia» (Франция) из расчета 0,3...0,5%. «Промилк» решает проблемы, связанные с недостаточным качеством молока-сырья, позволяет увеличить выход готовой продукции более чем на 14%, улучшает структурные и органолептические показатели готового продукта, хорошо сочетается с ЗМЖ, сокращает производственный цикл и себестоимость продукта. Гомогенизированную смесь охлаждали до температуры внесения закваски «AiVi» серии LcLc 30.01(E) – 30...36 °С. Образование сгустка рассольного сырного продукта «Греческий» производили кислотно-сычужным способом. Реализация этого способа предусматривает введение сычужного фермента. Этот фермент способен работать только при определенном рН молока, равным 5,2...5,4. Исходный рН молока 6,65...6,8. Оптимальная температура сычужной свертываемости молока 32...36 °С. Сырную массу при формовании соединяют в монолит, придают ему форму сыра и осуществляют дальнейшее выделение сыворотки. Температура сыра во время технологических операций должна быть в пределах 18...20 °С. Посол и созревание сырного продукта проводим в 12%-ном растворе поваренной соли. В качестве растворителя использовали сыворотку. Температуру рассола необходимо поддерживать в пределах 8...12 °С.

Рассольные сыры имеют ряд особенностей при созревании, так как они созревают в рассоле. Соль, проникая в сырную массу, угнетает развитие микрофлоры, вследствие чего молочнокислый процесс протекает недостаточно активно. Рисунка у них нет, иногда имеются в небольшом количестве глазки и пустоты не правильной формы. Готовый продукт упаковывают в пергамент, целлофан и полимерные пленки и направляют на реализацию.

Органолептические показатели сырного продукта типа «Греческий»:

– внешний вид: корки не имеет, поверхность ровная со следами серпянки, незначительные трещины;

- вкус и запах: чистые, кисломолочные, в меру соленые, без посторонних привкусов и запахов;
- консистенция: тесто нежное, умеренно плотное, слегка ломкое, но не крошливое;
- цвет теста: белый.

Физико-химические показатели:

- массовая доля жира в сухом веществе 47%;
- массовая доля влаги не более 53%;
- массовая доля поваренной соли 2...4%.

Пищевая и биологическая ценность сырного продукта представлена в табл. 1.

### **1. Пищевая и биологическая ценность сырного продукта «Греческий»**

Пищевое вещество	Содержание в 100 г продукта
Белки	20...22 г
Жиры	18...19 г
Углеводы	0,3...0,5 г
Органические кислоты	1,6...1,8 г
Насыщенные жирные кислоты	12,2...12,4 г

Энергетическая ценность сырного продукта составляет 238 ккал.

Экспериментальный выход продукта составил 69%.

Предполагаемый срок хранения – 50 суток.

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. Технология сыра : справочник / Г.А. Белова, И.П. Бузов, К.Д. Буткус и др. ; под общ. ред. Г.Г. Шилера. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА КОНСИСТЕНЦИЮ СЫРНОГО СОУСА

Разработка рецептуры сырного соуса как разновидности плавленных сырных продуктов выполняется с целью расширения линейки продуктов, выпускаемых Тамбовским заводом плавленных сыров ОАО «Орбита». Согласно ГОСТ Р 52176–2003 «Продукты маслodelия и сырodelия», сырный соус – это текучий, вязкий молочный продукт, изготавливаемый термомеханической обработкой сыра одного или нескольких наименований в присутствии солей-плавителей или структурообразователей с добавлением молочных продуктов.

Известно, что на вкус и консистенцию плавленных сыров значительное влияние оказывают такие технологические факторы, как степень зрелости исходного сычужного сыра, его органолептические свойства, вид соли-плавителя, что и явилось основополагающим при выполнении работы.

При подборе сырья для переработки учитывали следующие характеристики сыров – содержание сухих веществ и жира, степень зрелости, относительное содержание казеина (ОСК). Количественно относительное содержание казеина выражается величиной функционального казеина (ФК) в процентах.

Метод расчета содержания функционального казеина:

1. Абсолютное содержание белка (АСБ), %:

АСБ = содержание сухих веществ – содержание жира – зола ( $\approx 5\%$ ).

2. Относительное содержание казеина (ОСК), %:

$$\text{ОСК} = \text{АСБ} \times K,$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий степень созревания сыра, определенный эмпирическим путем.

3. Содержание функционального казеина (ФК), из расчета на 100 г готового продукта, %:

$$\text{ФК} = \text{количество сыра в рецептуре, г} / \text{масса готового продукта, г} * \text{ОСК}.$$

Для исследования влияния свойств сычужного сыра на консистенцию готового продукта были подобраны три вида сыра: «Российский» (Украина), «Российский» (Бондари) и брынза (Тамбов), у которых были

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О.В. Зюзиной.

определены степень и категория зрелости, физико-химические показатели (массовая доля влаги и массовая доля жира), рассчитаны абсолютное содержание белка (АСБ), относительное содержание казеина (ОСК) величина функционального казеина (ФК). По таблице «Дозировка соли-плавителя в зависимости от содержания ФК» [1] было определено количество соли-плавителя в процентах от массы готового продукта, которое следует внести в исходную рецептуру для приготовления сырного соуса. Результаты анализа и расчета приведены в табл. 1.

### 1. Результаты исследования сыра для переработки

Показатель	Сыр Российский (Украина)	Сыр Российский (Бондари)	Брынза
Степень зрелости, град Шиловича	200	100	50
Категория зрелости	Зрелый	Среднезрелый	Молодой
АСБ,%	25	22,5	19
ОСК, %	17,5	18	17,1
ФК, %	6,1	6,3	6,0
Доза соли-плавителя, %	1,3	1,4	1,4

На консистенцию плавящихся сыров значительное влияние оказывают не только свойства исходного сырья, но и вид соли-плавителя. При выборе соли-плавителя главными параметрами являются рН самой соли-плавителя и величина ее сдвига рН (способность изменять рН расплава). Величина рН плавящихся сырных продуктов находится в пределах от 5,5 до 6,2. Колебания внутри данного интервала влияют на его консистенцию (чем ниже рН, тем плотнее консистенция). Уровень рН также влияет на вкус продукта: от кисловатого при рН 5,5 до щелочного при рН 6,2 [2]. Были подобраны три вида соли-плавителя: «Сольва NZC», «Фонакон», «Фосфомикс 90», характеристики которых представлены в табл. 2.

### 2. Характеристика солей-плавителей

Соль-плавитель	«Сольва NZC»	«Фонакон»	«Фосфомикс 90»
рН 1%-ного раствора	6,5	8,0	9,0
Область применения	Производство колбасного и ломтевого плавленого сыра с хорошей способностью к повторному плавлению	Производство пастообразных плавленых сыров, производство ломтевых плавленых сыров	Производство пастообразного плавленого сыра, производства плавленых сыров на основе творога

Были изготовлены образцы сырного соуса с разными видами солей-плавителей: «Сольва NZC», «Фонакон», «Фосфомикс 90». В качестве сыров для переработки были использованы три вида сыра различной степени зрелости (зрелый, среднезрелый, молодой). У полученных образцов с использованием таблицы балловой оценки плавленых сыров были оценены органолептические показатели: вкус и запах, консистенция и цвет сырного теста. Результаты анализа представлены в табл. 3.

### 3. Результаты анализа образцов сырного соуса

Степень зрелости сыра	Вид соли-плавителя	Органолептические показатели			Баллы
		вкус и запах	консистенция	цвет теста	
Зрелый	«Сольва NZC»	14 (умеренно выраженный вкус и аромат)	8 (хорошая)	2 (нормальный)	24
	«Фонакон»	15 (хорошо выраженный вкус и аромат)	9 (отличная)	2 (нормальный)	26
	«Фосфомикс 90»	11 (щелочной привкус)	7 (нормальная)	2 (нормальный)	20
Средне зрелый	«Сольва NZC»	14 (умеренно выраженный вкус и аромат)	7 (нормальная)	2 (нормальный)	23
	«Фонакон»	15 (хорошо выраженный вкус и аромат)	5 (излишне густая)	2 (нормальный)	22
	«Фосфомикс 90»	12 (щелочной)	9 (отличная)	2 (нормальный)	23
Молодой	«Сольва NZC»	12 (нетипичный привкус)	7 (нормальная)	2 (нормальный)	21
	«Фонакон»	13 (нетипичный привкус)	5 (излишне густая)	2 (нормальный)	20
	«Фосфомикс 90»	11 (щелочной привкус)	8 (хорошая)	2 (нормальный)	21



Самые высокие баллы по органолептическим показателям получили образцы, изготовленные из зрелого сыра с солями-плавителями «Фонакон» и «Сольва NZC» – 26 и 24 балла соответственно. Образцы, изготовленные из сыра средней степени зрелости с солями-плавителями «Сольва NZC» и «Фосфомикс 90», получили по 23 балла. В результате работы было изучено влияние вида сырьевых компонентов (сыра для переработки) и соли-плавителя на потребительские свойства готового продукта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – М. : ДеЛи принт, 2003. – 800 с.
2. Скотт, Р. Производство сыра: научные основы и технологии / Р. Скотт, Р.К. Робинсон, Р.А. Уилби. – СПб. : Профессия, 2005. – 464 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

# ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

УДК 632.:658.011.46

*А.Ю. Степанов, А.В. Алешин, Г.В. Ионов\**

## ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ

Гуминовые кислоты применяются в качестве компонентов органо-минеральных удобрений для сельскохозяйственной отрасли, в производстве лекарственных препаратов, для стабилизации глинистых суспензий при бурении скважин. Эти вещества извлекаются из таких природных продуктов, как: торф, каменный уголь, сапропель и биогумус.

Нами был исследован процесс экстрагирования гуминовых кислот из биогумуса при температуре 20 °С в установке на базе роторного – импульсного аппарата (РИА), а также в емкости с ленточной мешалкой. Опыты проводились при различной интенсивности обработки, которая регулировалась изменением частоты вращения ротора. Интенсивность обработки для РИА и для ленточной мешалки, можно охарактеризовать по произведению  $\omega \cdot R$ , где  $\omega$  – частота вращения вала ротора РИА или ленточной мешалки;  $R$  – радиус ротора или радиус лопасти ленточной мешалки.

Образцы суспензии биогумуса, обработанные в установке на базе РИА и в емкости с ленточной мешалкой, были исследованы на устойчивость к расслоению в течение 8 суток. Для этого 100 мл суспензии каждого образца наливали в мензурку, и наблюдали за выделением в верхней части мензурки воды. В нижней части мензурки находилась суспензия, содержащая грубодисперсные частицы биогумуса. Между двумя слоями суспензии обозначилась четкая граница раздела фаз.

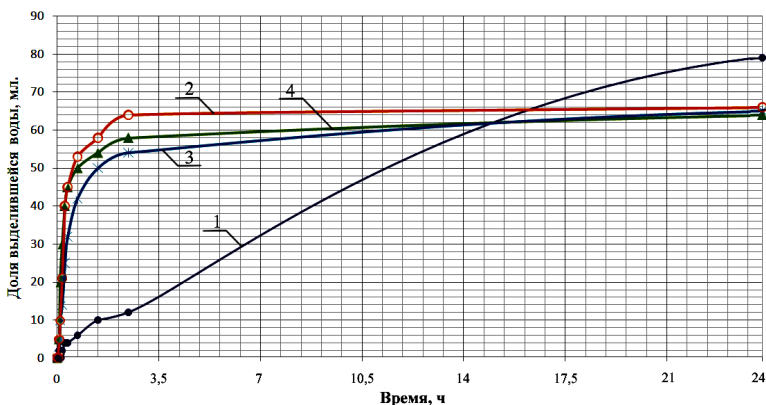
По результатам наблюдений процесса расслоения суспензии биогумуса из шести образцов построены графики, показанные на рис. 1 и 2.

При разных параметрах обработки среды доля выделившейся воды в образцах – различная.

На рисунке 1 представлен график осаждения биогумуса, обработанного на РИА при различных скоростях вращения ротора, и емкости с ленточной мешалкой в период времени 24 часа. Расслоение частиц биогумуса, обработанных в аппарате с ленточной мешалкой, происходит медленнее по сравнению с суспензией, обработанной в РИА, зато с

---

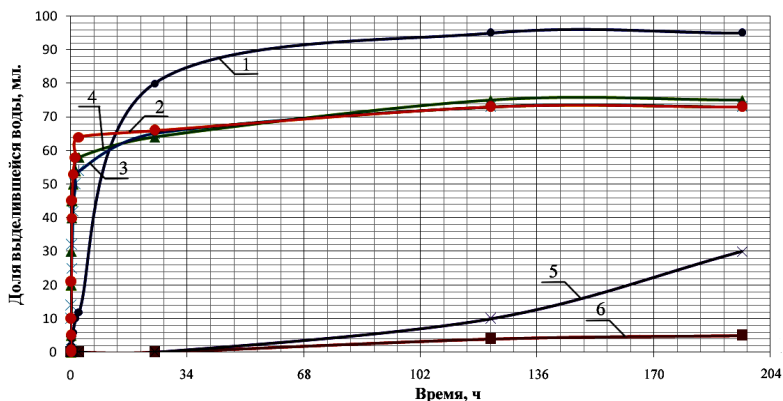
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» М.А. Промтова.



**Рис. 1. Осаждение суспензии биогумуса, обработанной в аппаратах:**  
 1 – емкость с ленточной мешалкой ( $\omega R = 0,82$  м/с); 2 – РИА, ( $\omega R = 13,09$  м/с);  
 3 – РИА ( $\omega R = 26,18$  м/с); 4 – РИА ( $\omega R = 39,27$  м/с)

большим образованием осадка. Отсюда можно сделать вывод, что использование аппарата с ленточной мешалкой для приготовления водной дисперсии биогумуса менее эффективно, по сравнению с РИА.

На рисунке 2 представлен график осаднения биогумуса, за период времени 192 часа (8 суток). В течение этого времени начинают выпадать в осадок пробы, в которые был добавлен экстрагент, гидроксид калия (КОН). Экстрагент нужен для разделения смеси и извлечения из нее гуминовых кислот.



**Рис. 2. Осаждение суспензии биогумуса, обработанной в аппаратах:**  
 1 – емкость с ленточной мешалкой ( $\omega R = 0,82$  м/с); 2 – РИА, ( $\omega R = 13,09$  м/с);  
 3 – РИА ( $\omega R = 26,18$  м/с); 4 – РИА ( $\omega R = 39,27$  м/с); 5 – РИА ( $\omega R = 39,27$  м/с)  
 (суспензия биогумуса + щелочь); 6 – емкость с ленточной мешалкой  
 ( $\omega R = 0,82$  м/с) (суспензия биогумуса + щелочь)

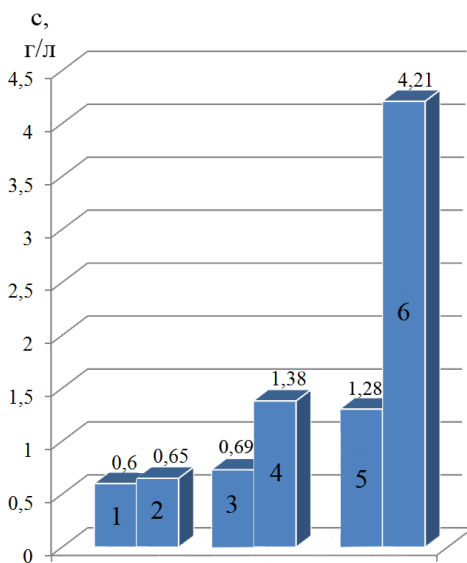
Гидроксид калия является также поверхностно-активным веществом. КОН, концентрируясь на поверхности раздела фаз, стабилизирует частицы твердого тела в жидкости.

В случае, когда в обрабатываемую суспензию биогумуса добавлена щелочь (гидроксид калия), в количестве 1% от объема, расслоение происходит заметно медленнее и явное выпадение осадка происходит лишь после четырех суток отстаивания, что показано на графиках 5, 6 рис. 2.

При обработке на РИА-250, на различных режимах, концентрация гуминовых кислот в воде, увеличивается. В присутствии экстрагента она составляет 4,21 г/л, что в шесть раз выше, по сравнению с обработкой на ленточной мешалке с добавлением экстрагента. Образцы имеют слабощелочную среду рН 7,5 – 7,6, а уже с добавлением гидроксида калия – среда становится щелочной 12,5 – 12,6.

В щелочной среде, по сравнению со слабощелочной, процесс экстракции гуминовых кислот из биогумуса происходит интенсивнее.

На рисунке 3 представлена диаграмма лабораторного анализа результатов эксперимента.



**Рис. 3. Концентрация гуминовых кислот в воде при обработке 20%-ной суспензии биогумуса:**

1, 2 – обработка в емкостном аппарате с ленточной мешалкой ( $d = 78$  мм);

1 – рН = 7,5;  $\omega R = 0,82$  м/с; 2 – рН = 12,6;  $\omega R = 0,82$  м/с;

3, 4, 5, 6 – обработка в роторном импульсном аппарате РИА-250;

3 – рН = 7,6;  $\omega R = 13,09$  м/с; 4 – рН = 12,5;  $\omega R = 13,09$  м/с;

5 – рН = 7,6;  $\omega R = 39,27$  м/с; 6 – рН = 12,5;  $\omega R = 39,27$  м/с

При обработке частиц биогумуса в роторном импульсном аппарате, увеличивается концентрация гуминовых кислот в воде (в два раза), а также образуется водная дисперсия биогумуса, насыщенная полезными веществами и богатая полезной микрофлорой (экстрагирование без щелочи) как готовый продукт. Достигается это благодаря вихреобразованию, возникающему эффекту кавитации, что в свою очередь приводит к измельчению частиц биогумуса, разбиению их агрегатов на составные части.

*Кафедра «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 661.935; 519.633.2**

*Г.А. Чернов\**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВОК КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДСОРБЦИИ ПО БОГАЩЕНИЮ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ**

Интенсивное развитие техники и технологии короткоциклового адсорбции (КЦА) позволило вплотную подойти к созданию высокоэффективных и одновременно достаточно простых, надежных и компактных установок по обогащению воздуха кислородом, в первую очередь, для их использования в медицинских целях [1].

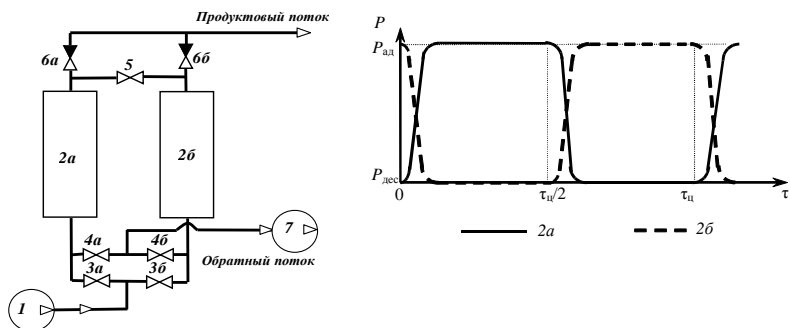
В работе [2] было показано, что высокая эффективность и экономичность достигаются в компактной установке по обогащению воздуха кислородом, реализующей двухадсорберную схему организации процесса.

Принципиальная схема установки и циклограмма ее работы представлены на рис. 1. Установка работает следующим образом. Исходный поток подается компрессором в адсорбер 2а, где осуществляется адсорбция при давлении  $1,5 \cdot 10^5$  Па. Процесс регенерации адсорбента проводится при давлении  $0,5 \cdot 10^5$  Па с целью десорбции азота в поток отходящего газа. Регенерация проводится частью очищенного потока, подаваемого через дросселирующий вентиль 5 из адсорбера 2б, в котором в это время осуществляется процесс адсорбции. При обратном срабатывании клапанов цикл повторяется.

В результате проведенного анализа было установлено, что увеличение концентрации кислорода  $c_{O_2}$  при сокращении длительности цикла объясняется уменьшением доли «проскока» потока без адсорбции азота. В установке с производительностью  $Q_{исх} = 0,167 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  и длительностью цикла менее 2 с поток не покидает слой адсорбента, что приводит к резкому падению концентрации кислорода.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Д.С. Дворецкого.

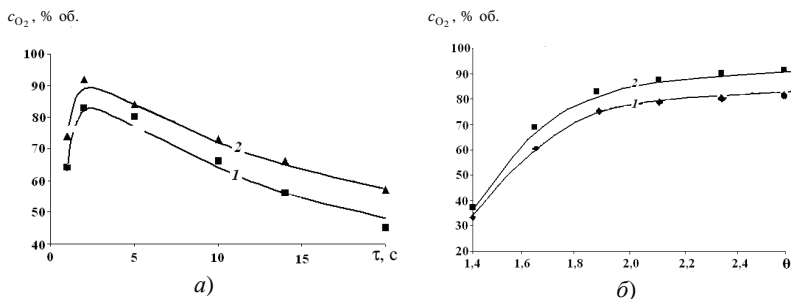


**Рис. 1. Схема установки КЦА и циклограмма ее работы:**

1 – компрессор; 2а, 2б – адсорберы; 3а, 3б, 4а, 4б – управляемые клапаны; 5 – дросселирующий вентиль; 6а, 6б – обратные клапаны; 7 – вакуум-насос

Установлено, что использование адсорбента на основе цеолита LiLSX позволяет обеспечить более высокую концентрацию кислорода, чем при использовании цеолита NaX в схеме с вакуумной десорбцией.

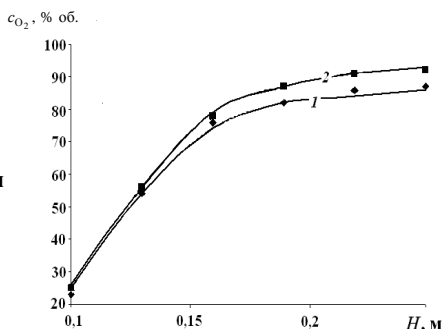
Из рисунка 2, б видно, что при увеличении величины обратной промывки концентрация кислорода на выходе из установки увеличивается, одновременно снижается объемная производительность. При этом наблюдается достижение максимально возможной концентрации кислорода при значениях коэффициента обратной промывки в пределах  $\theta \in [2,1 \dots 2,6]$ .



**Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных зависимостей концентрации кислорода на выходе из установки от:**

а – длительности цикла  $\tau$ ; б – коэффициента обратной промывки  $\theta$ ;  
1 – гранулированный адсорбент LiLSX с размером частиц 0,28 мм;  
2 – блочный адсорбент LiLSX с размером пор 0,20 мм

**Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных зависимостей концентрации кислорода на выходе из установки от высоты слоя адсорбента  $H$ :**  
 1 – гранулированный адсорбент с размером частиц 0,28 мм;  
 2 – блочный адсорбент с размером пор 0,20 мм



Повышение концентрации кислорода на выходе из установки при использовании блочного адсорбента объясняется большей его внутренней поверхностью, имеющим разветвленную систему макроканалов по сравнению с гранулированным адсорбентом (до шести раз). Экспериментальные данные [2] свидетельствуют о том, что использование высокопористых ячеистых материалов в виде блоков, полученных методом свободнотекущих пен, обеспечивает необходимую длительность работы установки без замены адсорбента (до 30 000 часов). Высокопористые ячеистые материалы (пеноматериалы) изготавливаются путем дублирования сетчатоячеистой структуры вспененной полимерной матрицы разнообразного состава с последующим ее удалением термодеструкцией. В качестве структурообразующей матрицы высокопористых ячеистых материалов используют либо свободно текущую пену различных ПАВ или фиксированную вспененную структуру открытоячеистого пенополиуретана.

С целью обеспечения автономной работы компактной установки по обогащению воздуха кислородом по технологии КЦА (например, медицинского генератора кислорода), необходимо осуществить поиск и выбор комплектующих, обеспечивающих следующие характеристики установки: производительность – 2–3 л/мин с концентрацией кислорода до 90% об, время непрерывной автономной работы – 3 ч.

Проведенный литературно-патентный обзор, показал, что основные проблемы при создании автономной установки КЦА связаны с обеспечением требуемых расходно-напорных характеристик компрессора (расход исходной газовой смеси 15...20 л/мин, давление  $(2...2,5) \cdot 10^5$  Па), а также требуемого разрядного тока (20С) и емкости аккумуляторной батареи (до 20 А·ч).

В результате проведенного сравнительного анализа было выявлено, что безмасляные диафрагменные компрессоры обладают расходно-напорными характеристиками, наиболее близкими к требуемым. Примером является компрессор модели 7015ZVDP/2.5/V/DC [3] обладаю-

щий следующими характеристиками: максимальная производительность 27 л/мин, максимальное пиковое давление  $4 \cdot 10^5$  Па, постоянное максимальное давление  $2 \cdot 10^5$  Па, вакуум пиковая величина  $0,2 \cdot 10^5$  Па, постоянная величина вакуума  $0,2 \cdot 10^5$  Па, напряжение питания 12 В, потребляемая мощность 72 Вт, вес 1,5 кг.

Преимуществами данного компрессора при его использовании в установке медицинского генератора являются: малый вес, низкое энергопотребление, компактность, а также бесшумность работы, отсутствие нагрева и необходимости технического обслуживания в течение установленного срока эксплуатации.

Обеспечение длительной автономной работы компактной установки по обогащению воздуха кислородом возможно за счет применения литийполимерных аккумуляторных батарей, являющихся наиболее мощными, компактными и современными источниками тока [4]. Для обеспечения непрерывной автономной работы компактной установки, в течение трех часов необходима батарея, состоящая из четырех аккумуляторов типа TopFuel LiPo 20C-ECO-X 5000 mAh 3S, обладающими следующими характеристиками: количество банок 3 шт, емкость 5000 mAh, напряжение 11,1 В, разрядный ток 20С F, вес 0,362 кг.

Таким образом, в результате проведенного литературно-патентного обзора выработаны предложения, на основе которых может быть разработана компактная автономная установка короткоцикловой адсорбции для использования в медицинских целях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jolson, J. Underground Self-Rescuer Technology, Past, Present, and Future / J. Jolson // 3rd SCSR Workshop at the MSHA Training Academy on July 25, 2006 // (s3.amazonaws.com/seak\_members/production/.../seak-reprocess,26472,1).

2. Современные тенденции по уменьшению энергозатрат кислороддобывающих установок короткоцикловой безнагревной адсорбции / Е.И. Акулинин и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 597 – 601.

3. Сайт ООО «Фирма Климби» : каталог диафрагменных насосов и компрессоров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.climbi.ru/thomas/cat\\_diaf.pdf](http://www.climbi.ru/thomas/cat_diaf.pdf).

4. Аккумулятор TopFuel LiPo 20C-ECO-X 5000mAh 3S [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.aviator-rc.ru/shop/UID\\_3726.html](http://www.aviator-rc.ru/shop/UID_3726.html).

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*



*И.А. Ряшенцева, С.А. Попова\**

## **АДСОРБЦИОННЫЕ ОСУШИТЕЛИ ВОЗДУХА**

По характеру поглощения сорбата сорбционные явления делятся на два типа: адсорбцию и абсорбцию. Различие между адсорбцией и абсорбцией в том, что адсорбция происходит на поверхности конденсированной фазы, а абсорбция – в ее объеме. Типичные примеры абсорбции – растворение  $\text{CO}_2$  в воде или  $\text{H}_2$  в непористом металлическом палладии. Термин «абсорбция» – синоним термину «растворение», но включает растворение как в жидкой, так и твердой фазе [1].

Адсорбционный процесс заключается в приведении в контакт объемной фазы и адсорбента, в ходе которого нежелательные молекулы объемной фазы поглощаются адсорбентом, а объемная фаза становится чистой [2].

Для адсорбционных и каталитических процессов очень важное значение имеют большая удельная поверхность, развитая в порах, а для кинетики этих процессов – размеры пор [3].

Примером применения процесса адсорбции может служить извлечение жидких углеводородов из потоков газа, содержащих мало тяжелых компонентов, активированным углем, удаление воды из газа силикагелем или алюмогелем, удаление меркаптанов молекулярными ситами и т.п. [4].

В качестве осушителей газов и жидкостей используют различные адсорбенты с развитой поверхностью, такие как силикагели, оксид алюминия, цеолиты, а также жидкие адсорбенты, например растворы солей, серную кислоту, этиленгликоль. К основным недостаткам перечисленных осушителей относятся либо невысокая динамическая и статическая сорбционная емкость, либо относительно высокая температура регенерации. Кроме того, применение жидкостных адсорбентов значительно усложняет технологическую схему осушительной установки.

Довольно эффективными осушителями, обладающими высокими сорбционной емкостью и механической прочностью, с одной стороны, и удобными в использовании; с другой, являются импрегнированные осушители, совмещающие принципы объемного поглощения паров воды жидким осушителем и адсорбции на развитой поверхности.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Н.Ц. Гагаповой.

Они представляют собой гранулы сорбента, пропитанные раствором гигроскопических солей. Для этого используют галогениды, сульфаты, нитраты щелочных и щелочноземельных металлов и их смеси, а в качестве пористой матрицы – неорганические оксиды, пористые угли, природные сорбенты, пористые металлы, пористые композиты или их смеси [5].

Выбор того или иного осушителя, а также способа его использования, определяется техническими возможностями объекта, в котором необходимо производить осушку воздуха. Часто возникают задачи поддержания оптимальной влажности в замкнутом объеме без возможности принудительной вентиляции (условия естественной конвекции). В таких случаях предпочтение следует отдавать осушителям с «развернутой» геометрической поверхностью и малым диффузионным сопротивлением. Этими свойствами будут обладать известные волокнистые материалы в виде отдельных листовых поверхностей с использованием в качестве основы осушителя картона, асбеста, бумаги, пористых полимеров, т.е. материалов с низкой термостойкостью и стекловолокнистых материалов, которые имеют удовлетворительные показатели термостойкости, но характеризуются как «хрупкие». Диспергирование гигроскопической добавки в волокнистой основе повышает скорость сорбции паров воды по сравнению с осушителем в форме зерна, и применение листовых волокнистых осушителей позволяет поддерживать заданную влажность в замкнутом объеме в условиях естественной конвекции [6].

В качестве пористой основы для полимерного осушителя были предложены следующие материалы: ворсин с добавкой угля, арселон-3, арселон-2, лавсан, вискоза из неорганики, арселон, БМДК, стеклоткань С-2, арселон с металлическими нитями и базальтовое волокно. Образец каждого материала размером 20×20 мм пропитывали раствором полимерного осушителя и оставили на воздухе не менее чем на 24 часа, после чего образцы помещали в электропечь для завершения реакции полимеризации при температуре  $150 \pm 10$  °С на четыре часа. Далее для всех образцов определили кинетику сорбции паров воды в статических условиях. Образцы из электропечи после остывания взвешивали, и помещали в эксикаторы с определенной влажностью (1, 7, 16, 32, 55, 75 и 100%). Периодически проводили взвешивание навески на аналитических весах. Определяли количество сорбированного вещества ( $a$ , мг/г) за определенный промежуток времени.

После серии проведенных испытаний было установлено, что с поставленной задачей поглощения паров воды при влажности 75% за 5 часов в минимальном объеме 250 мг/г лучше всего справился нетканый материал арселон-1, который и будет использоваться в дальнейшем.

Арселон-1 – высокотермостойких материалов на основе полипарафениленоксадиазола (ПОД). Полиоксадиазол является линейным ароматическим полимером, синтезируемым на основе терефталевой кислоты и гидразинсульфата. Волокна и нити Арселон формируются из раствора в 100%-ной серной кислоте (растворитель), промываются и высушиваются. В созданной технологии предусматривается рециклинг и отсутствуют экологически вредные трудноочищаемые выбросы [7].

Задачей в эксперименте является повышение динамической сорбционной емкости получаемого осушителя по парам воды.

Брали два образца волокнистого осушителя – арселона. Образец 1 полимерного осушителя мы получали путем нейтрализации органической непредельной кислоты сильным основанием с последующей полимеризацией при термообработке. Образец 2 осушителя получали путем введения раствора активного влагопоглощающего вещества в кислоту и основание также с последующей полимеризацией при термообработке при температуре ( $150 \pm 10$  °С).

В качестве активного влагопоглощающего вещества использовали соль хлорид лития, который представляет собой белые, гигроскопические кристаллы, расплывающиеся на воздухе.

Сорбционную емкость полученных образцов оценивала эксикационным методом в статических условиях.

Эксперимент проводили при влажности  $\phi = 75\%$  в течение пяти часов. Результаты эксперимента представлены на рис 1.

Можем сделать вывод, что сорбционная емкость осушителя возросла при введении в раствор активного влагопоглощающего вещества.

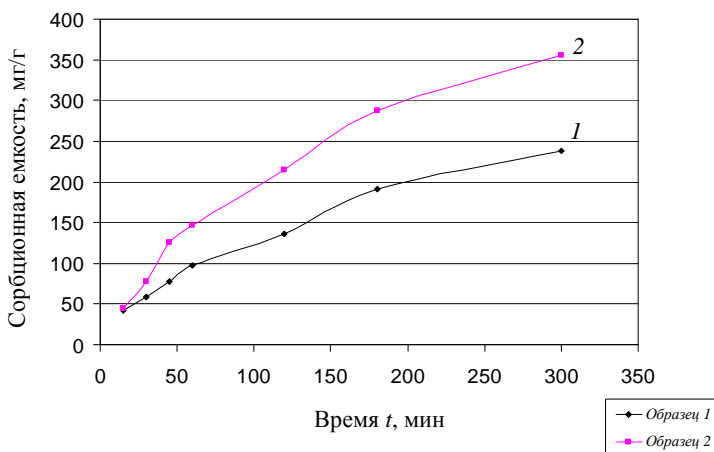


Рис. 1. Изменения сорбционной емкости во времени

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фенелонов, В.Б. Введение в основы адсорбции и текстурологии [Электронный ресурс] : курс лекций / В.Б. Фенелонов // Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Catalysis. – 2000. – Режим доступа : [http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=5&;SECTION\\_ID=207](http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=5&;SECTION_ID=207).
2. Шумяцкий, Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы / Ю.И. Шумяцкий. – М. : КолосС, 2009. – 183 с.
3. Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А.П. Карнаухов. – Новосибирск : Наука, 1999. – 456 с.
4. Кортаев, Ю.П. Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата / Ю.П. Кортаев. – М. : Недра, 1984. – Т. 2. – 288 с.
5. Пат. 2169606 РФ, В01D53/26. Композитный осушитель газов и жидкостей / Аристов Ю.А., Гордеева Л.Г., Коротких В.Н., Пармон В.Н., Токарев М.М. ; заявитель и патентообладатель Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН. – № 99112544/12 ; заявл. 15.06.1999 ; опубл. 27.06.2001.
6. Полиоксадиазольные высокотермостойкие волокна Арселон и волокнистые материалы на их основе [Электронный ресурс] / RusTM. – 2011. – Режим доступа : <http://rustm.net/catalog/article/2011.html>.
7. Волокнистый листовый материал для удаления влаги из воздуха / М.А. Ульянова, А.С. Гурова, Н.П. Юркина и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 106 – 112.

*Кафедра «Технологические процессы и аппараты»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 614.89**

*С.М. Ширяев\**

### **РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРОДУКТЫ**

В результате научно-технической революции XX века произошел скачок в структуре и динамике развития производительных сил. Но развитие промышленности породило существенный рост техногенных катастроф и аварий на промышленных и гражданских объектах, которые сопровождаются образованием вредной или непригодной для дыхания атмосферы. В этом случае для обеспечения жизнедеятельности человека применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н.Ц. Гагаповой; канд. техн. наук ОАО «Корпорация «Росхимзащита» М.А. Ульяновой.

В настоящее время при возникновении чрезвычайной ситуации химического и биологического характера используются средства индивидуальной и коллективной изолирующей защиты органов дыхания человека, химическую основу которых составляют перекисные соединения щелочных и щелочноземельных металлов.

В таблице 1 приведены теоретические значения емкостей по  $O_2$  и  $CO_2$  пероксидов, надпероксидов и озонидов щелочных и щелочноземельных металлов, которые потенциально могли бы выполнять двойную функцию для систем регенерации воздуха [1].

### 1. Величины емкостей по $O_2$ и $CO_2$ пероксидов, надпероксидов и озонидов щелочных и щелочноземельных металлов

Соединение	Теоретические емкости	
	выделение кислорода, кг/кг вещества	поглощение $CO_2$ , кг/кг вещества
$Li_2O_2$	0,35	0,96
$Na_2O_2$	0,21	0,56
$K_2O_2$	0,15	0,40
$Rb_2O_2$	0,08	0,22
$Cs_2O_2$	0,05	0,15
$MgO_2$	0,28	0,78
$CaO_2$	0,22	0,61
$SrO_2$	0,13	0,37
$BaO_2$	0,09	0,26
$LiO_2$	0,62	0,57
$NaO_2$	0,44	0,40
$KO_2$	0,34	0,31
$RbO_2$	0,20	0,19
$CsO_2$	0,15	0,13
$Mg(O_2)_2$	0,50	0,54
$Ca(O_2)_2$	0,46	0,42
$Sr(O_2)_2$	0,32	0,29
$Ba(O_2)_2$	0,24	0,22
$LiO_3$	0,73	0,40
$NaO_3$	0,56	0,31
$KO_3$	0,46	0,25
$RbO_3$	0,30	0,16
$CsO_3$	0,22	0,12
$Mg(O_3)_2$	0,66	0,37
$Ca(O_3)_2$	0,59	0,33
$Sr(O_3)_2$	0,44	0,24
$Ba(O_3)_2$	0,34	0,19

Большинство соединений, представленных в таблице, не могут использоваться в качестве регенеративных продуктов по одной из следующих причин:

а) высокая неустойчивость при окружающей температуре или существование только при низких температурах ниже 120 К, например,  $\text{LiO}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{O}_2)$  и все озониды;

б) соединения, не имеющие преимуществ по сравнению с  $\text{KO}_2$  с точки зрения емкости по кислороду и  $\text{CO}_2$  на единицу веса (все пероксиды, за исключением  $\text{Li}_2\text{O}_2$  и надпероксидов Rb, Sr, Ba).

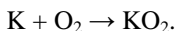
Таким образом, основные соединения, которые могут быть рассмотрены как возможные варианты для использования в целях регенерации воздуха – надпероксид калия,  $\text{KO}_2$ , надпероксид натрия,  $\text{NaO}_2$ , и надпероксид кальция.

Надпероксид калия (диоксид калия, супероксид калия;  $\text{KO}_2$ ) – неорганическое вещество желтого цвета, которое образуется в результате сгорания расплавленного калия в чистом кислороде. Используется во многих системах жизнеобеспечения. Молекулярный вес – 71,10. Температура плавления при нормальном атмосферном давлении – 490...530 °С, в вакууме (1...2 мм Hg) – 350...415 °С. Гигроскопичен, поглощает из воздуха водяные пары и углекислый газ. Реагирует с водой и этанолом. Плотность 2,158 г/см<sup>3</sup>.

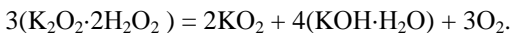
Надпероксид калия был впервые получен в начале XIX в. Гей-Люссаком и Тенаром, которые заметили, что при сжигании металлического калия в атмосфере кислорода образуется желтый оксид, содержание кислорода в котором больше, чем в  $\text{K}_2\text{O}$ . Состав этого желтого оксида был установлен лишь 50 лет спустя Гаркуром, который приписал ему формулу  $\text{K}_2\text{O}_4$ . Изучением его магнитных свойств и структуры в 1930-х гг. было установлено, что формулы надпероксидов щелочных металлов –  $\text{MeO}_2$  и что его кристаллическая решетка состоит из катионов  $\text{K}^+$  и анионов  $\text{O}_2^-$ .

Существуют два основных способа получения надпероксида калия.

Первый способ основан на сгорании калия в чистом кислороде:



Во втором способе надпероксид калия получают из концентрированных щелочных растворов пероксида водорода в соответствии с реакциями:



Полученное вещество, надпероксид калия представляет собой оранжево-желтые кристаллы. Температура плавления 535 °С под избыточным давлением кислорода.

Раньше надпероксиду калия приписывали формулу  $K_2O_4$ , однако рентгенографические исследования структуры показали, что вещество состоит из ионов  $K^+$  и  $O_2^-$ , что соответствует формуле  $KO_2$ .

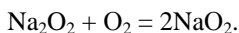
Килограмм надпероксида калия может поглотить 0,309 кг  $CO_2$  с выделением 0,34 кг кислорода.

Надпероксид калия нашел широкое применение в химической промышленности как мощный окислитель, но основное его применение – удаление следов углекислого газа  $CO_2$  и воды  $H_2O$ , с одновременной регенерацией кислорода.

С первых космических полетов надпероксид калия применяется в космонавтике в качестве источника кислорода и поглотителя углекислого газа. В частности он применялся на российских космических кораблях «Союз» и в специальных костюмах для выхода в открытый космос. В настоящее время продолжает использоваться на МКС.  $KO_2$  служит основой средств химзащиты для автономной генерации кислорода и во многих системах жизнеобеспечения (например, в аппаратах для глубоководного погружения, шахтных самоспасателях) [2].

Надпероксид натрия (диоксид натрия, супероксид натрия;  $NaO_2$ ) – окисел натрия с формулой  $NaO_2$ , оранжево-желтые кристаллы с ионной кристаллической решеткой.  $NaO_2$  имеет большую кислородоемкость (см. табл. 1) по сравнению с  $KO_2$  соответственно большую емкость по диоксиду углерода. Это является важным фактором для изолирующих индивидуальных изделий постоянного ношения.

$NaO_2$  получают при взаимодействии пероксида натрия с кислородом при высоких давлениях (100 ат) и температуре 400 °С:



Того же результата можно добиться сжиганием натрия в кислороде под давлением:  $Na + O_2 = 2NaO_2$ .

Надпероксид натрия образует оранжево-желтые кристаллы. Имеет ионное строение  $(Na^+)(O_2^-)$ . При температуре выше –50 °С устойчива фаза I – кубическая сингония, пространственная группа  $Fm\bar{3}m$ , параметры ячейки  $a = 0,549$  нм,  $Z = 4$ . При температуре в интервале от –77 до –50 °С существует фаза II – кубическая сингония, пространственная группа  $P\bar{a}3$ , параметры ячейки  $a = 0,546$  нм. При температуре в интервале от –230 до –77 °С существует фаза III – ромбическая сингония, пространственная группа  $Pn\bar{m}$ , параметры ячейки  $a = 0,426$  нм,  $b = 0,554$  нм,  $c = 334$  нм. При температуре ниже –230 °С существует фаза IV с плотностью 2,21 г/см<sup>3</sup>.

$NaO_2$  используется как компонент систем регенерации воздуха.

В настоящее время в качестве источников кислорода и поглотителей  $CO_2$  в ряде систем жизнеобеспечения используются только надпе-

роксиды натрия и калия. Эти вещества имеют высокую реакционную способность к  $\text{CO}_2$  и парам воды выдыхаемого воздуха. Однако при использовании чистых надпероксидов щелочных металлов активный кислород этих соединений используется не полностью. Это происходит из-за того, что при взаимодействии с увлажненным углекислым газом на поверхности гранул супероксидов щелочных металлов образуется вязкий слой щелочи, который не позволяет парам воды проникать вглубь зерен надперекиси.

Поэтому существует потребность в разработке нового состава регенеративных продуктов, обеспечивающих более длительное время работы в изолированном пространстве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратное оформление / Н.Ф. Гладышев, Т.В. Гладышева, С.И. Дворецкий и др. – М. : Машиностроение–1, 2007. – 156 с.

2. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования : учеб. пособие / С.В. Гудков, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, В.П. Таров. – М. : Машиностроение, 2008. – 188 с.

*Кафедра «Технологические процессы и аппараты»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 661.183**

***Е.В. Архипова\****

### **СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ АММИАКА**

В настоящее время потребность человека в средствах защиты и очистки газовых выбросов в окружающую среду сильно возрастает в связи с развитием химической, фармацевтической, нефтехимической промышленности.

Сорбция аммиака является важным технологическим процессом, который применяют для очистки газовых смесей, устранения аварийных выбросов при хранении аммиака, а также используют для очистки атмосферы в замкнутых помещениях, например: кабины космических кораблей, подводные лодки и различного рода убежища. Сорбенты аммиака используются как для индивидуальной, так и для коллективной защиты.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н.Ц. Гагаповой; канд. техн. наук ОАО «Корпорация «Росхимзащита» М.А. Ульяновой.

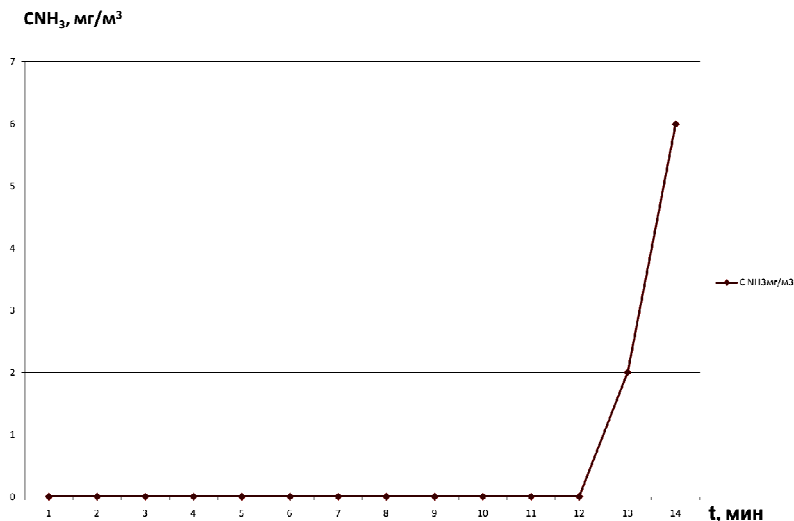


Поглотители аммиака представляют собой пористые адсорбенты, импрегнированные неорганическими солями. Известны способы получения сорбентов аммиака, которые включают несколько стадий: пропитка, вылеживание, термообработка. Используются минеральные и угольные поглотители аммиака. В качестве пористой основы используется силикагель, активированный уголь, цеолиты. В качестве химического поглотителя аммиака выступают неорганические соли, способные образовывать комплексные соединения: хлориды лития и никеля, бромид лития, сульфат меди [2].

Активные угли получают методом парогазовой или химической активации. Для получения активных углей может использоваться разнообразное органическое сырье (торф, бурый и каменный уголь, антрацит, древесный материал). Угли, отличающиеся высокой механической прочностью и адсорбционной способностью, получают из скорлупы кокосовых орехов. Упрощенно процесс производства активного угля можно свести к двум стадиям: карбонизации и активации. На первой стадии производства активного угля исходный материал подвергается термической обработке без доступа кислорода, в результате которой из него удаляются летучие (влаги и частично смолы), он уплотняется, приобретает прочность. Структура полученного материала крупнопористая, обладающая незначительной внутренней поверхностью, вследствие чего он не может быть использован как промышленный адсорбент. Задача получения развитой микропористой структуры решается на стадии активации. Активация проводится двумя способами: окислением газом или паром и обработкой химическими реагентами.

Известен способ получения хемосорбента для очистки газов от аммиака, включающий импрегнирование активного угля раствором хлористого никеля (до содержания 5...30 мас.) при температуре 30...70 °С, сушку, термообработку при температуре 150...250 °С и рассев гранул, причем в качестве основы используют активный уголь с объемом пор 0,80...0,85 см<sup>3</sup>/г. [1]. Недостатком известного способа является его сложность, связанная с высокой токсичностью хлористого никеля. Однако авторами [1] отмечается низкая поглотительная способность хемосорбента по сероводороду.

Наиболее близким к предложенному по технической сущности и достигаемому результату является способ получения сорбента, включающий пропитывание гранул активного угля сульфатом меди в количестве 16...20 мас. сушку, а затем термообработку гранул; причем, в качестве активного угля используют уголь с суммарным объемом пор 0,7 см<sup>3</sup>/г, полученным из окисленного слабоспекающегося угля с кислородсодержащими функциональными группами. На установке с динамической пробкой проводились эксперименты по определению динамической активности изготовленного по предложенной технологии поглотителя.



**Рис. 1. Зависимость выходной концентрации аммиака от времени**

На рисунке 1 показан график зависимости выходной концентрации аммиака от времени.

Благодаря развитой пористой структуре, активный уголь марки АГ-3, является универсальным материалом для адсорбции различных органических и неорганических соединений из газовых и жидких сред. Используется в качестве сорбирующей загрузки в адсорберах различной производительности. Высокая механическая прочность позволяет применять конструкции больших объемов, обеспечивая тем самым высокий ресурс работы.

Авторами [2] решена задача разработки адсорбента на основе активного угля, используемого в средствах защиты органов дыхания для поглощения аммиака и осушения воздуха и обладающего достаточно высокой динамической активностью и стабильной влагопоглощаемостью. Результат достигается тем, что адсорбент для средств защиты органов дыхания, содержащий активный уголь, пропитанный хлоридом никеля, дополнительно содержит бромид лития при следующем соотношении компонентов, мас. %:

- хлорид никеля – 14...22;
- бромид лития – 10...16;
- активный уголь – остальное.

Предлагаемый адсорбент готовят на основе активных углей марок АГ-2, АГ-3, АГ-5, СКТ-6 с суммарной пористостью более 0,9 см<sup>3</sup>/г. Активный уголь пропитывают 14...25% раствором хлорида никеля и

высушивают при температуре 110...120 °С до влагосодержания не более 3%. Соотношение активного угля и пропиточного раствора по объему берут 1:0,5. Подготовленный таким образом полуфабрикат пропитывают 10...20% раствором бромид лития и сушат при температуре 130...150 °С до влагосодержания менее 1%. Соотношение сорбента и пропиточного раствора по объему берут 1:0,5. Предлагаемый адсорбент обладает хорошей влагопоглощаемостью, что катализирует окисление СО, обладает значительным временем защитного действия по аммиаку и парам ртути, причем при отработке по оксиду углерода сохраняет защитные свойства по аммиаку [2].

Применяются новые активные угли. Среди новых разработок следует отметить уголь ФАС. Также используется уголь ВСК-400. Эти угли обладают суммарным объемом пор в диапазоне 0,7...0,8 см<sup>3</sup>/г. На их основе изготавливают поглотитель аммиака, пропитанный раствором сульфата меди с массовой концентрацией 15...25% при температуре 80...95 °С в течение 15...20 мин и объемном соотношении компонентов сорбент–раствор 1:0,25...0,45 с последующей термообработкой в печи при 150...170 °С в течение 4...6 часов. Поглощение аммиака происходит за счет их связывания соединениями меди, наносимыми на поверхность активного угля. Высокая активность сорбента по аммиаку обеспечивается наличием на носителе CuSO<sub>4</sub>, а также CuO и Cu<sub>2</sub>O, которые образуются при термообработке [1].

В результате многочисленных экспериментов авторами [1] удалось установить концентрацию пропиточного раствора, соотношение сорбент–раствор и температурные режимы. Для уменьшения сопротивления используются угли с меньшими фракциями.

Способ осуществляют следующим образом. Берут активный уголь с размером гранул (зерен) от 0,1 до 4,0 мм, суммарным объемом пор 0,70...0,8 см<sup>3</sup>/г и помещают его в пропиточный аппарат с мешалкой. Затем в отдельной колбе готовят водный раствор сульфата меди с массовой концентрацией 15...25%, путем растворения данной соли в промышленной воде при нагревании до 80 °С. Включают пропиточный аппарат и дозируют раствор при объемном соотношении компонентов уголь–раствор 1: 0,45...1. Пропитку осуществляют в течение 15...20 мин при 80 °С. Затем пропитанный сорбент выгружают в приемный бункер и направляют в сушильный шкаф, где осуществляют термообработку газоздушную смесь при температуре 150...170°. Полученный сорбент обладает высокой динамической активностью по аммиаку.

Полученные указанными известными способами гранулированные сорбенты аммиака используют в системах очистки отходящих

промышленных газов, а также в фильтрующих коробках таких средств индивидуальной защиты органов дыхания, как противогазы и респираторы, а также они используются для очистки атмосферы обитаемых отсеков космических кораблей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. РФ № 2098177, В01J20/20, С01В31/08. Способы получения сорбента для поглощения аммиака и сероводорода / Внучкова В.А., Солин М.Н., Голубев В.П. и др. ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Заря». – № 96118528/25 ; заявл. 17.09.1996 ; опублик. 10.12.1997.

2. Пат. РФ №2456071, МПК В 01 J 20/20. Способы получения поглотителей аммиака / Астахов В. С. ; заявитель и патентообладатель Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. – № 2456071 ; заявл. 27.10.2010 ; опублик. 20. 07. 2012

*Кафедра «Технологические процессы и аппараты»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 662.758.4**

***М.С. Темнов, Д.В. Ширинов\****

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ВИХРЕВОГО СЛОЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ ИЗ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА**

Целью работы является модернизация аппаратурного оформления стадии извлечения масел и стадии метанолиза при производстве биодизельного топлива из биомассы микроводоросли хлорелла. Схема производства представлена на рис. 1.

В традиционной схеме производства биотоплива из рапсового масла при извлечении жиров прессованием потери целевого продукта составляют до 60%. В качестве альтернативы стадии прессования предлагается использовать стадию экстрагирования целевого компонента из биомассы микроводоросли (рис. 1). Преимущества предлагаемой технологии представлены в табл. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Д.С. Дворецкого.

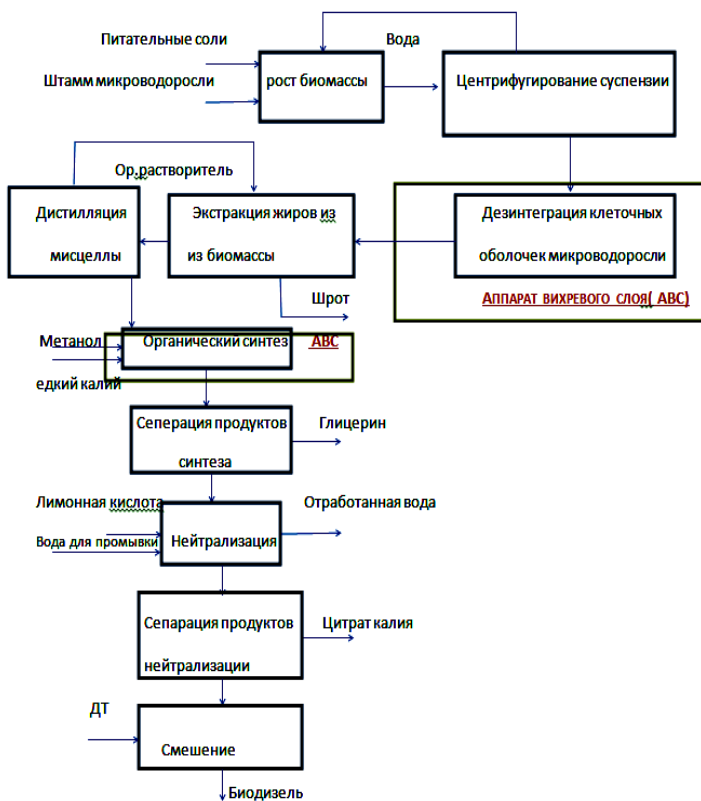


Рис. 1. Эскизная схема производства биодизельного топлива из микроводорослей

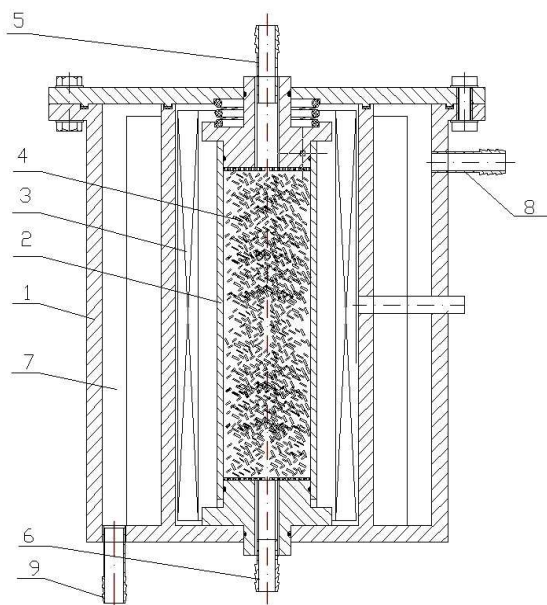
### 1. Сравнение методов извлечения жиров из биомассы хлореллы

Характеристики	Способ извлечения	
	прессование	экстрагирование
Потери	60%	2...4%
Оборудование	Форпресс Экспеллер	Аппарат вихревого слоя Экстрактор Дистиллятор

При реализации метода экстрагирования возникает проблема, связанная с необходимостью разрушения клеточной стенки микроводоросли, которая состоит из целлюлозы, поскольку толстая клеточная стенка затрудняет проникновение экстрагента внутрь клетки.

Данная проблема может быть решена за счет использования аппарата с вихревым слоем ферромагнитных частиц (АВС) на стадии предшествующей экстрагированию. Данный аппарат позволяет обеспечить направленное движение ферромагнитных частиц за счет создания вращающегося магнитного поля, что обеспечивает дезинтеграцию клеточных оболочек биомассы микроводоросли.

Схема предлагаемого устройства представлена на рис. 2. В корпусе аппарата 1 расположена реакционная камера 2 с индукционными обмотками 3. Реакционная камера 2 заполнена ферромагнитными частицами 4. Аппарат работает следующим образом: через верхний центральный штуцер 5 в реакционную камеру 2 поступает суспензия биомассы хлореллы. В реакционной камере осуществляется дезинтеграция клеточных оболочек клеток микроводоросли. В результате образуется смесь воды, клеточного вещества, питательных солей и клеточных оболочек. Охлаждение реакционной камеры осуществляется посредством заполнения кольцевой полости 7 маслом, подаваемым через штуцер 8 и отводимое через штуцер 9.



**Рис. 2. Схема аппарата с вихревым слоем:**

- 1 – корпус аппарата; 2 – реакционная камера; 3 – индукционные обмотки;
- 4 – ферромагнитные частицы; 5 – верхний центральный штуцер;
- 6 – нижний центральный штуцер; 7 – кольцевая полость;
- 8 и 9 – штуцера ввода/вывода охлаждающего масла

При использовании данного аппарата на стадии органического синтеза в реакционной камере осуществляется реакция переэтерификации и этерификации растительного масла и жирных кислот со спиртом (метанолом). В результате образуется смесь сложных эфиров метанола с жирными кислотами и глицерина, которая выводится из реакционной камеры через нижний центральный штуцер б. Важным условием обеспечения эффективности работы вихревого слоя, а, следовательно, и аппарата в целом является однородность магнитного поля в сечении, нормальном к оси индуктора. В таком поле ферромагнитные частицы, вращающиеся с переменной угловой скоростью, равномерно распределяются по всему объему рабочей зоны, что исключает пропуск непрореагировавших веществ при непрерывном осуществлении технологического процесса.

Таким образом, использование аппарата с вихревым слоем на стадии экстрагирования обеспечивает разрушение клеточных стенок микроводоросли. Выход готового продукта 98,5%.

Использование аппарата вихревого слоя на стадии органического синтеза позволяет обеспечить: быстроту протекания процесса (2,5...3 с), снижение энергозатрат до 1,5 раз, по сравнению с обычным смесителем, выход готового биотоплива до 98%.

Таким образом, предлагаемая конструкция аппарата с вихревым слоем ферромагнитных частиц обладает свойством универсальности и может быть использована для: дезинтеграции клеточных оболочек микроводоросли и на стадии органического синтеза при реализации технологии производства биодизеля из микроводорослей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения / С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 10 (24). – С. 55 – 60.

2. Девянин, С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов. – М. : Издательский центр ФГОУ ВПО «МГАУ», 2007. – 340 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*М.С. Темнов, Д.В. Ширинов\**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ВИХРЕВОГО СЛОЯ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПИДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА**

Разработка технологии производства биодизельного топлива из микроводоросли хлорелла приобретает возрастающее значение в связи с постоянным удорожением ископаемого топлива (нефти) и его истощением, в связи с чем реальной становится угроза мирового энергетического кризиса [1]. В отличие от ископаемого топлива, биомасса микроводоросли хлорелла, используемая для получения биотоплива – это дешевое возобновляемое сырье, которое уже сейчас рассматривается в некоторых странах (США, Китай, Израиль, Голландия) в качестве альтернативы дизельному топливу.

Технология производства биотоплива из биомассы микроводоросли хлорелла представлена на рис. 1.

Процесс получения биотоплива состоит из следующих основных этапов: подготовка сырья (накопление биомассы микроводоросли хлорелла, центрифугирование суспензии микроводоросли), экстракция липидов из биомассы хлореллы, включающая процесс дезинтеграции клеточных оболочек биомассы, собственно экстракцию, получение смесового биодизельного топлива (органический синтез, сепарация продуктов синтеза, нейтрализация катализатора, используемого при синтезе, сепарация продуктов нейтрализации, смешение дизельного топлива и эфиров жирных кислот) [2]. Стадии экстракции жиров из биомассы водорослей, дезинтеграции клеточных оболочек и органического синтеза предлагается проводить в аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц (АВС). При этом использование АВС позволяет совместить процесс дезинтегрирования клеточных оболочек микроводоросли хлорелла и процесса экстракции, которые ранее проводились в двух различных аппаратах: АВС и экстракторе.

В результате достигается сокращение количества стадий и упрощение технологической схемы производства, снижение себестоимости производства биотоплива за счет унификации используемого оборудования (одна единица АВС для дезинтегрирования клеточных стенок микроводоросли, экстракции липидов из биомассы, вторая – АВС для проведения реакции перэтерификации масел со спиртом).

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» Д.С. Дворецкого.



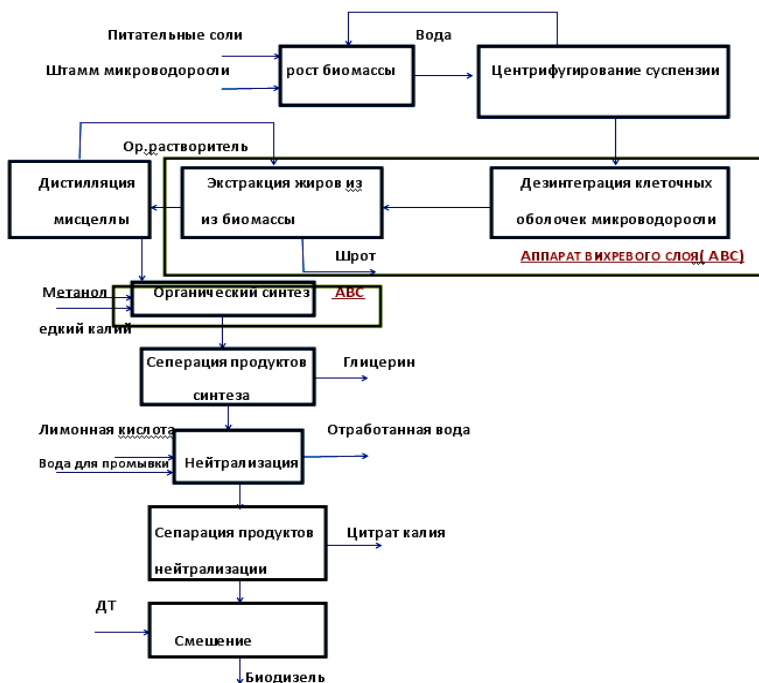


Рис. 1. Эскизная схема производства биодизельного топлива

Преимущества предлагаемого способа извлечения липидов иллюстрирует табл. 1.

### 1. Сравнение методов извлечения жиров из биомассы хлорелла

Характеристика	Схема экстракции (экстрактор+ABC)	Предлагаемый вариант
Количество аппаратов для проведения стадий дезинтегрирования клеточных оболочек и экстракции липидов	2	1
Продолжительность, ч	3	2,5
Энергопотребление, кВт	28	22
Стоимость оборудования		
Себестоимость производства 1 л топлива, р.	14,8	14,2

Стадия экстракции жиров реализуется в аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц, где за счет вращающегося магнитного поля достигается высокая скорость движения ферромагнитных частиц, которые обеспечивают дезинтеграцию клеточных оболочек и высокую эффективность перемешивания реакционной среды.

Предлагаемая схема АВС представлена на рис. 2. В корпусе аппарата 1 расположена реакционная камера 2 с индукционными обмотками 3. Реакционная камера 2 заполнена ферромагнитными частицами 4. Аппарат работает следующим образом: через верхний центральный штуцер 5 в реакционную камеру 2 поступает смесь биомассы хлореллы и экстрагента – нефраса 2-70/85. В реакционной камере осуществляется дезинтеграция клеточных оболочек и процесс экстракции липидов из биомассы хлореллы. В результате образуется смесь нефраса 2-70/85 и липидной фракции и незначительных количеств следующих соединений липидного характера: гликолипидов, углеводов и каротиноидов, которая выводится из реакционной камеры через нижний центральный штуцер 6. Охлаждение реакционной камеры осуществляется посредством заполнения кольцевой полости 7 маслом, подаваемым через штуцер 8 и отводимое через штуцер 9.

Важным условием обеспечения эффективности работы аппарата с вихревым слоем ферромагнитных частиц, а, следовательно, и аппарата в целом является однородность магнитного поля в сечении, нормальном к оси индуктора. В таком поле ферромагнитные частицы, вращающиеся с переменной угловой скоростью, равномерно распределяются по всему объему рабочей зоны, что исключает проскок непрореагировавших веществ. Кроме того, ферромагнитные частицы осуществляют функцию измельчения клеток биомассы микроводоросли.

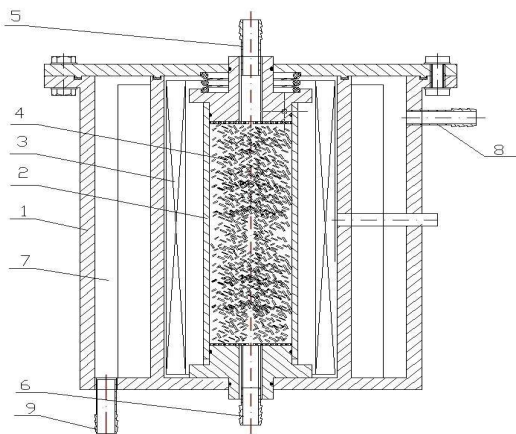


Рис. 2. Схема аппарата с вихревым слоем ферромагнитных частиц

Таким образом, использование аппарата с вихревым слоем ферромагнитных частиц при производстве биотоплива из биомассы микроводоросли хлорелла позволяет: 1) упростить аппаратно-технологическое оформление процесса; 2) увеличить производительность до 20%; 3) снизить энергопотребление до 25%; 4) снизить себестоимость на 4,05%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] : Энергостратегия / Перспективы и стратегические инициативы развития топливно-энергетического комплекса/ – Режим доступа: [http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/ch\\_6.php](http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/ch_6.php) свободный. – Загл. с экрана.

2. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения / С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 10 (24). – С. 55 – 60.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 66.03 + 678.7**

***В.Н. Головина\****

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В КОЛОННОМ РЕАКТОРЕ С ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ НАСАДКОЙ**

В настоящее время в промышленности получение полиметилметакрилата литьевых марок осуществляется методом суспензионной полимеризации метилметакрилата [ММА]. Метод реализуется в периодической схеме с использованием реакторов-полимеризаторов объемного типа с рамной мешалкой. Загрузка углеводородной фазы [УГФ] осуществляется при работающей мешалке после загрузки сплошной фазы [СФ]. Метод имеет ряд недостатков, как и все периодические: невозможность создания оптимального гидродинамического режима во всем реакционном пространстве полимеризатора, наличие зон, в которых наиболее интенсивно образуются агломераты, составляющие в дальнейшем отходы производства, и, следовательно, потери сырья.

---

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

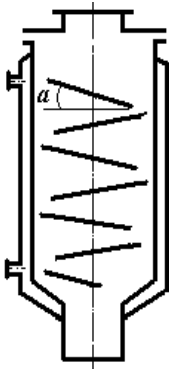


Рис. 1

Получается полидисперсный материал с широким диапазоном размеров частиц (0,1...2 мм), который перед дальнейшим использованием должен быть переработан в гранулы.

Полимеризация ММА по непрерывной схеме с использованием организованного струйного диспергирования мономера позволит избежать перечисленных недостатков и даст возможность получения более крупных (1...4 мм) гранул. Склонность системы к разделению ввиду различия плотностей УГФ и СФ и агломерации практически на всех стадиях превращения исключает возможность применения общепринятых вариантов аппаратного оформления: каскада реакторов полного смешения или колонных аппаратов полного вытеснения.

В результате проведенных исследований в работах [1, 2] был сделан вывод о целесообразности разделения процесса на стадии и использования комбинированного реакционного блока, включающего реактор полного смешения на первой стадии и полимеризатор колонного типа для дозревания частиц после достижения степени конверсии, при которой плотность УГФ становится выше плотности СФ. На этом этапе необходимо повысить удерживающую способность колонного аппарата, для чего в работе [1] было предложено использовать плоскопараллельную насадку, представляющую собой пакеты пластин с изменяющимся по высоте аппарата углом наклона, с учетом возрастания плотности частиц (рис. 1). Высотой аппарата  $H$  и углом наклона пластин  $\alpha$  можно регулировать время пребывания частиц в реакционной зоне, а следовательно, и их степень конверсии. Также в работе [1] были проведены экспериментальные исследования по определению скорости движения полимеризующихся частиц по элементам плоскопараллельной насадки в зависимости от различных технологических и конструктивных параметров

$$v = f(a, H, c_{ст}, d, t),$$

где  $c_{ст}$  – концентрация стабилизатора, влияющая на вязкость СФ;  $d$  – диаметр частиц,  $t$  – температура в реакторе.

Для аналитического определения скорости  $v$  необходимо рассмотреть установившееся движение полимеризующейся частицы по наклонной плоскости (рис. 2) под действием следующих сил: силы тяжести  $G$ , силы Архимеда  $A$ , сопротивления среды  $F_{св}$ , реакции опоры  $N$ . Силой трения в данном случае можно пренебречь, так как она незначительна, а определение ее затруднительно.

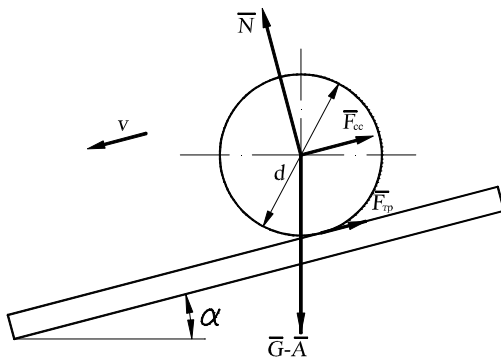


Рис. 2

$$G = \rho_{\text{ч}} g V,$$

где  $V$  – объем частицы;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\rho_{\text{ч}}$  – плотность частицы.

$$A = \rho_{\text{с}} g V,$$

где  $\rho_{\text{с}}$  – плотность среды.

Сила, действующая на сферу со стороны потока жидкости для твердой сферической частицы, определяется законом Стокса [2]:

$$F = 6\pi\mu Rv,$$

где  $\mu$  – вязкость жидкости;  $R$  – радиус частицы;  $v$  – установившаяся скорость частицы.

Если твердая частица движется в жидкости по плоскопараллельной насадке с некоторой скоростью  $v$ , то при достаточно малых значениях скорости сила сопротивления оказывается меньше, чем движущая сила. В этом случае твердая частица будет двигаться ускоренно. При увеличении скорости частицы будет увеличиваться сила сопротивления, и при некотором значении скорости  $v$  сила сопротивления уравновесит движущую силу. При этом условии твердая частица будет двигаться с постоянной скоростью, которая называется установившейся.

Составив треугольник сил, по закону Архимеда выразим отсюда  $F$ :

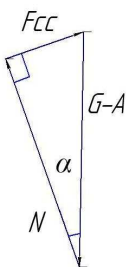
$$F = \sin\alpha (G - A);$$

$$6\pi\mu Rv = \sin\alpha gV(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}});$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Выразив скорость  $v$ , получим

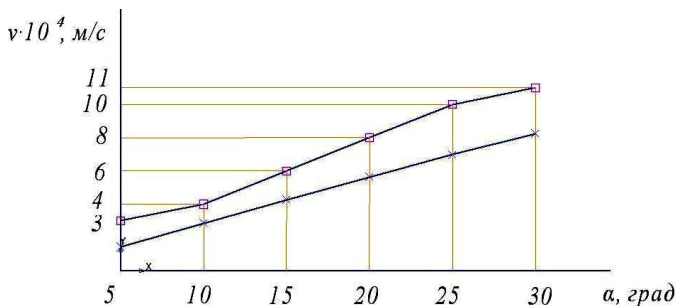
$$v = \frac{2g \sin\alpha (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}}) R^2}{9\pi\mu}. \quad (1)$$



**Рис. 3**

В этом случае векторная сумма сил, действующих на частицу, равна нулю. Следовательно можем рассмотреть следующий треугольник сил (рис. 3).

На рисунке 4 проведены зависимости установившейся скорости частицы радиусом 1,5 мм от угла наклона пластины, полученные при расчете по формуле (1) и экспериментальные данные из источника [1] с рассчитанными по (рис. 4). Некоторое расхождение экспериментальных данных с расчетными объясняется тем, что эксперимент проводился на частицах, не достигших полной степени превращения.



**Рис. 4:**

□ – экспериментальные данные  
× – рассчитанные данные

В целом формулу (1) можно использовать для аналитического определения установившейся скорости частиц дисперсной фазы по элементам плоскопараллельной насадки при проектировании реакторов-полимеризаторов колонного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарандия, Ж.А. Устойчивость полимер-мономерных частиц, моделирование и аппаратное оформление непрерывного процесса суспензионной полимеризации метилметакрилата : дис. ... канд. техн. наук / Ж.А. Зарандия. – Тамбов. – 2002.
2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М. : Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961. – С. 209 – 213.

*Кафедра «Теория машин, механизмов и детали машин»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А.Ю. Степанов, А.В. Алешин\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К РАССЛОЕНИЮ ДОННОГО ИЛА, ОБРАБОТАННОГО В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ**

Роторные импульсные аппараты (РИА) являются эффективным оборудованием для многофакторного импульсного воздействия на гетерогенную жидкость, интенсификации процессов экстрагирования веществ, изменения физико-химических параметров жидкости, деструкции молекулярных соединений.

РИА используются для обработки таких систем как «жидкость–жидкость», «жидкость–твердое тело» за счет широкого спектра факторов воздействия:

- механическое воздействие на частицы гетерогенной среды (ударные, срезающие и истирающие нагрузки при контакте с рабочими частями РИА);
- гидродинамическое воздействие (большие сдвиговые напряжения в жидкости, развитая турбулентность, пульсация давления и скорости потока жидкости);
- гидроакустическое воздействие на обрабатываемую жидкость (мелкомасштабные пульсации давления, интенсивная кавитация, ударные волны и нелинейные акустические эффекты).

Принцип работы роторного импульсного аппарата радиального типа заключается в следующем. Обрабатываемая жидкость подается под давлением через входной патрубок в полость ротора, проходит через каналы ротора и каналы статора, попадает в рабочую камеру, и выходит из аппарата через выходной патрубок.

При вращении ротора его каналы периодически совмещаются с каналами статора. Выходя из каналов статора, жидкость собирается в рабочей камере и выводится через выходной патрубок. В период времени, когда каналы ротора перекрыты стенкой статора, в полости ротора давление возрастает, а при совмещении канала ротора с каналом статора давление за короткий промежуток времени сбрасывается и в результате этого в канал статора распространяется импульс давления.

Объем жидкости, вошедший в канал статора, стремится к выходу из канала, и инерционные силы создают растягивающие напряжения в

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» М.А. Промтова.

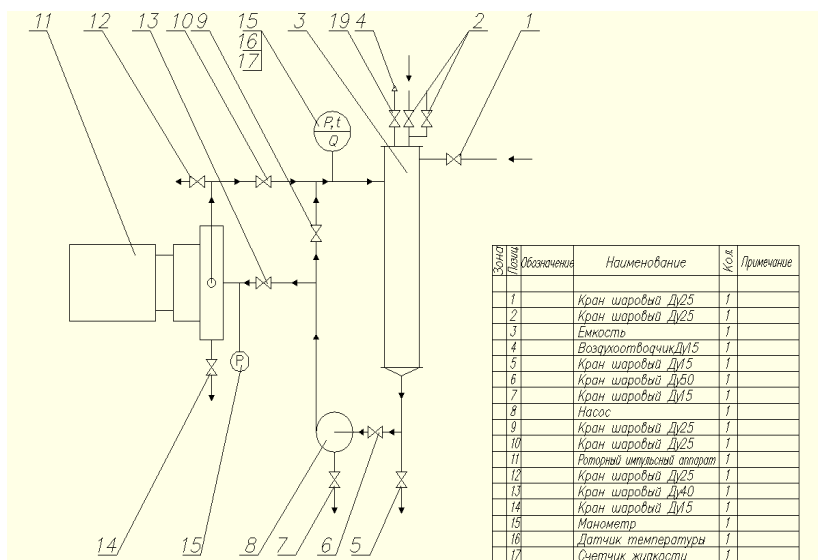
жидкости, что вызывает кавитацию. Кавитационные пузырьки растут при понижении давления до давления насыщенных паров обрабатываемой жидкости при данной температуре, и схлопываются или пульсируют при увеличении давления в канале статора.

В связи с тем, 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 срезывающие и сдвиговые усилия.

Технологическая схема лабораторной установки для обработки суспензии на базе роторного импульсного аппарата представлена на рис. 1.

Обрабатываемые компоненты подаются через краны 1 и 2 в емкость 3 или при снятой верхней крышке емкости.

При закрытых кранах 1, 2, 5, 7, 10, 13, 14 и включенном шестеренном насосе 8 производится предварительное перемешивание компонентов и удаление из суспензии воздуха через воздухоотводчик 4.



**Рис. 1. Технологическая схема установки для приготовления суспензии на базе роторного импульсного аппарата**



Суспензия при помощи насоса 8 и открытых кранах 6, 10, 13 (остальные краны при этом закрыты) подается в роторный импульсный аппарат 11, где происходит основная обработка компонентов.

Обработка компонентов может осуществляться в циклическом режиме по замкнутому контуру перекачиванием их из емкости 3 насосом 8 через роторный импульсный аппарат 11 обратно в емкость 3.

После прохождения компонентами необходимого для обработки числа циклов производится удаление суспензии через кран 12. Так же, слив суспензии может производиться через краны 5, 7 и 14. Через кран 14 может производиться отбор проб.

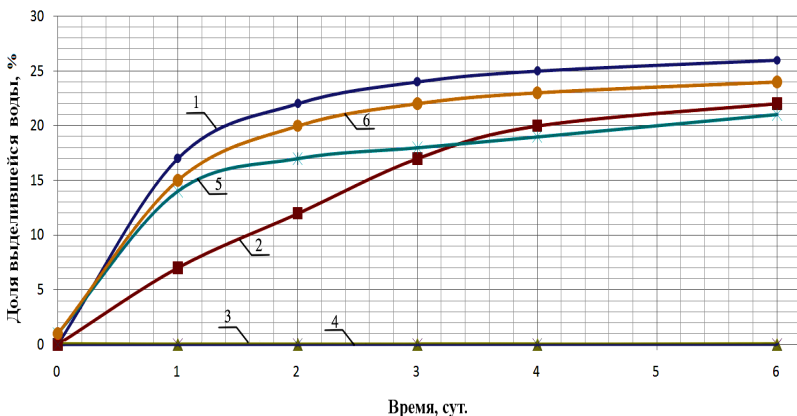
С помощью датчиков 15 – 18 производится измерение давления, температуры и расхода компонентов во время технологического процесса обработки суспензии или других вспомогательных операций.

Обработка водной суспензии ила осуществлялась двумя способами: при обработке в емкостном аппарате с лопастной мешалкой и обработка суспензии на установке с роторным импульсным аппаратом, схема которой показана на рис. 1.

В первом варианте технологии приготовления водной суспензии ила в воду добавляли КОН из расчета 4 г щелочи на 1 л воды. Затем в воду загружали ил в соотношении 50×50% по объему. Перемешивание осуществляли с помощью лопастной мешалки в течение 40 и 120 с.

Технология получения водной суспензии ила по второму варианту заключалась в следующем. В 4 л воды растворяли 16 г КОН. В емкость 3 (рис. 1) в том же соотношении, что и в первом варианте, загружали щелочной раствор воды и ил в соотношении 50×50% по объему. Из емкости 3 суспензия подавалась шестеренным насосом 8 под давлением в РИА поз. 11, затем суспензия поступала обратно в емкость. Для предварительного перемешивания суспензию обрабатывали без кавитации, пропустив весь объем суспензии через РИА ротора при слабой подаче насоса. Суспензию обрабатывали в РИА при трех этапах обработки, пропустив ее через РИА: 4 раза (цикла), 10 раз (циклов), 36 раз (циклов). После каждого этапа обработки отбирались образцы суспензии ила.

Образцы суспензии ила, обработанные в установке на базе РИА и в емкости с ленточной мешалкой, были исследованы на устойчивость к расслоению в течение шести суток. Для этого 100 мл суспензии каждого образца наливали в мензурку, и наблюдали за выделением в верхней части мензурки воды, содержащей только мелкодисперсные частицы ила. В нижней части мензурки находилась суспензия, содержащая грубодисперсные частицы ила. Между двумя слоями суспензии обозначалась граница раздела, заметная только при сильном, концентрированном освещении.



**Рис. 2. График выделения воды в образцах суспензии за шесть суток.**

Суспензия, обработанная в РИА:

- 1 – 1 цикл обработки без кавитации; 2 – 4 цикла, время обработки 40 с;  
3 – 10 циклов, время обработки 120 с; 4 – 36 циклов, время обработки 400 с;

Суспензия ила, обработанная ленточной мешалкой:

- 5 – время обработки 40 с; 6 – время обработки 120 с

По результатам наблюдений процесса расслоения шести образцов построен график, показанный на рис. 2.

За шесть суток в четырех образцах (№ 1, 2, 5, 6) частицы ила практически полностью агрегатировались и осели, составив грубодисперсную суспензию объемом около 70...75% от общего объема образца суспензии. Суспензия ила, обработанная в лабораторном РИА не менее 10 раз, не расслаивается в течение длительного времени. Наблюдение за образцами № 3 и 4 в течение 15 суток не выявило изменения в структуре образцов суспензии, образцы имели однородную структуру и не расслаивались.

Многофакторная обработка суспензии ила в роторном импульсном аппарате повышает стабильность суспензии ила в несколько раз, по сравнению с обработкой суспензии ила ленточной мешалкой за счет измельчения частиц ила, разбиения агрегатов из иловых частиц, активации растворителя и частиц ила.

*Кафедра «Техносферная безопасность»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А.Г. Чижиков\**

## **МЕТОД ОЧИСТКИ ОСАДКА АЗОПИГМЕНТА ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

В связи с жесткой конкурентной борьбой на мировом рынке производства пигментов и красителей актуальной становится задача получения органических продуктов, обладающих определенным набором характеристик качества, таких как: колористическая концентрация, характеризующая красящую способность пигмента; цвет; интенсивность; укрывистость, т.е. способность при окраске изделия закрывать грунт, на который наносят краску так, чтобы грунт не просвечивал сквозь слой краски и т.д.

Производство азопигментов, обладающих высокими показателями характеристик качества, таких как колористическая концентрация, цвет, интенсивность и укрывистость осуществляется путем двух последовательных химических реакций: диазотирования и азосочетания (сочетания). При этом следует отметить, что в процессе синтеза азопигментов образуются различные примеси и побочные продукты, которые влияют на их качество. Данные примеси можно разделить на растворимые в жидкой фазе суспензии (водорастворимые примеси – органические и неорганические) и нерастворимые в жидкой фазе суспензии (твердые примеси – органические и неорганические). Побочными продуктами, как правило, являются соли (сульфат или хлорид натрия) и кислоты (соляная, серная кислота). Так как водорастворимые примеси являются побочными продуктами и негативно влияют на качество пигментов, то они подлежат удалению.

В связи с этим задачей научно-исследовательской работы является изучение способов очистки осадка азопигмента от водорастворимых солей. Объектом исследования является процесс очистки пигмента оранжевого Ж от примесей, выступающего в качестве предмета исследования.

Все многообразие методов удаления водорастворимых примесей из паст можно подразделить на следующие группы:

– методы удаления примесей из осадков без разрушения их структуры (путем вымывания примесей промывной жидкостью в слое, сформированном на разделительной перегородке);

---

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

– методы удаления примесей из осадков с разрушением их структуры (путем смешивания (суспензирования) его с промывной жидкостью).

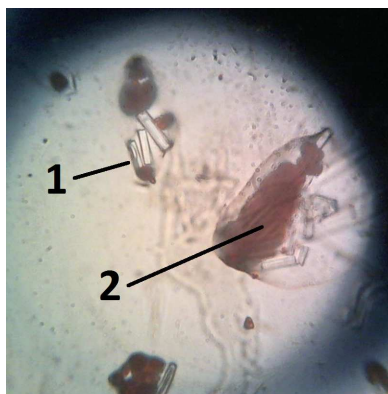
Перечисленные методы удаления водорастворимых примесей из паст и суспензий органических пигментов, связанные с использованием промывной жидкости, такие как промывка паст целевого вещества на разделительной перегородке или в специальных противоточных промывных колоннах; репульсионная промывка, осуществляемая в одну или несколько стадий, имеют ряд недостатков:

- значительные объемы промывной жидкости;
- использование специального оборудования и, следовательно, дополнительных производственных площадей, обслуживания и капитальных затрат;
- ограниченные возможности по организации замкнутых циклов по промывной жидкости (воде).

Различные модификации перечисленных методов позволяют частично устранить некоторые недостатки: так, использование подогретой промывной жидкости или пара позволяет эффективнее удалять водорастворимые примеси, но при этом увеличиваются потери целевого вещества; использование противотока при репульсионной промывке увеличивают эффективность отмывки, но требуют больших объемов промывных вод.

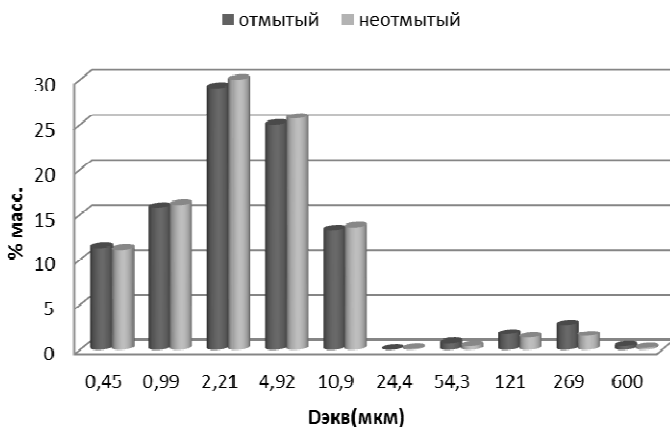
Метод промывки осадков азопигментов с использованием металлов и их оксидов в наноструктурированном виде позволяет снизить воздействие негативных факторов и обеспечить получение пигмента оранжевого Ж с требуемыми характеристиками качества и сократить потребление воды и энергоресурсов.

Результаты исследования по отмывке примесей из осадка пигмента оранжевого Ж, показали, что на поверхности частиц органического вещества формируется слой сорбированных ионов хлорида натрия и соляной кислоты. Результаты исследования по отмывке примесей из осадка пигмента оранжевого Ж показали, что на поверхности частиц органического вещества формируется слой сорбированных ионов хлорида натрия и соляной кислоты. На рисунке 1 видно, что частицы пигмента объединяются в агломераты, т.е. совокупность частиц, прочно удерживаемых между собой. Вокруг агломератов образуется двойной электрический слой, состоящий из органического вещества – иона натрия или водорода. Природа сил сорбции хлорида натрия формирующихся на поверхности частиц органического вещества электрокинетическая.



**Рис. 1. Пигмент оранжевый Ж при 1000-кратном увеличении:**  
 1 – хлорид натрия; 2 – пигмент оранжевый Ж

Согласно теории Штерна, слой расположен на незначительном удалении от поверхности частицы органического вещества, при этом связь потенциалопределяющих ионов (адсорбционный слой) с их поверхностью имеет двойственную природу: электростатическую и адсорбционную. Для уравнивания отрицательно заряженных ионов вокруг частицы органического вещества располагаются положительно заряженные ионы (слой противоионов) и далее диффузионный слой, содержащий как положительно, так и отрицательно заряженные ионы.



**Рис. 2. Диаграмма плотности распределения частиц пигмента**

При этом, как видно из диаграммы рис. 2, диаметр частиц в осадке пигмента сильно варьируется и находится в прямой зависимости от количества, содержащихся в нем, солей. Размер частиц пигмента в основном лежит в интервале от 10 до 0,5 мкм.

После проведения отмывки замечено, что частицы сильнее слипаются в агломераты. Это указывает на то, что соли не давали пигменту образовывать большое количество агломератов. Следовательно, нужно найти способ связать ионы соли с наноструктурированными металлами и их оксидами и в то же время не дать пигменту слипнуться в большие образования. Для этого необходимо решить ряд сопутствующих проблем:

1. Определить поверхность, на которой сорбируются ионы хлоридов натрия.
2. Определить энергию связи между солью и частицами пигмента.
3. Определить количество соли приходящихся на единицу поверхности частицы.

По результатом научно-исследовательской работы было выявлено, что с использованием металлов и их оксидов в наноструктурированном виде получается более чистый осадок пигмента оранжевого Ж. Это связано с тем, что образующаяся сорбционная связь с внесенным в суспензию металлом и солью находящейся вокруг пигмента выше, чем сформированная связь между солью и непосредственно самим пигментом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности удаления водорастворимых примесей из паст азопигментов / М.А. Колмакова, Н.В. Воякина, А.А. Дегтярев, В.С. Орехов // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – 2008. – Вып. 21. – С. 29 – 32.
2. Фундаментальные исследования. Ч. 4. / под ред. М.Ю. Ледванова, А.Н. Курзанова, М.И. Бичурина и др. – Пеза : Академия естествознания, 2012. – 1003 с.

*Кафедра «Химическая технология органических веществ»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*П.Б. Хромых, А.И. Бельков\**

## ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ НА СОСТАВ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ПЕРЕГОНКЕ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛЕНА

В XXI веке особое внимание уделяется утилизации имеющихся техногенных отходов, рациональному использованию невозобновляемых природных ресурсов, возможности переработки материалов после истечения их эксплуатационного периода. В связи со строительством многотоннажных этиленовых производств в нефтехимический промышленности и тенденций увеличения доли тяжелых фракций процесса пиролиза задача рационального использования тяжелой смолы пиролиза становится особенно актуальной. С пуском многотоннажных этиленовых производств объем выработки смол пиролиза значительно возрос. Их доля в зависимости от вида сырья изменяется в широких пределах: от 3...4 до 40%. На данный момент эта смола не находит эффективного применения.

Одним из путей решения данной проблемы может явиться внедрение в производство процесса каталитической разгонки смол пиролиза. Это позволит увеличить выход легких бензиновых фракций, а также уменьшить расходную норму сырья на 1 т продукта. Сырьем для процесса является смола пиролиза – это малотоксичное, инертное вещество 4 класса опасности, имеющая свойства, представленные в табл. 1.

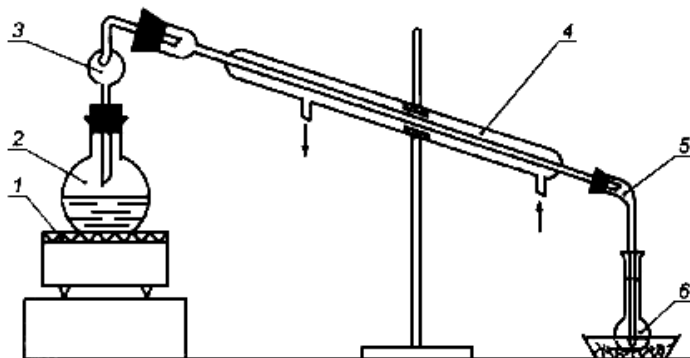
### 1. Физико-химические свойства смолы пиролиза

Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета без механических примесей
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не менее	0,800
Температура начала кипения, °С, не ниже	35
Объемная доля фракции, перегоняющейся до 185 °С, %, не менее	85
Температура конца кипения, °С, не выше	220
Массовая доля ароматических углеводородов (C <sub>6</sub> – C <sub>8</sub> ), %, не менее	55
Массовая доля бензола, %, не менее	40
Массовая доля воды, %, не более	1,0

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» А.И. Леонтьевой.

Научная новизна исследования заключается в увеличении выхода бензиновых фракций путем введения в сырье катализатора в наноструктурированной форме.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем: в круглодонную колбу наливали смолу пиролиза массой 60...70 грамм. Затем готовили навеску наноматериала в виде порошка или в растворенном виде массой 0,05 грамм (порошок) или 0,2 грамма (раствор) и добавляли в колбу со смолой, после чего осуществляли процесс разгонки. Данную смесь нагревали до температуры 220 °С и выдерживали в течение 1,5 часа. Нагрев осуществляли электрическим колбонагревателем. Полученные пары бензиновых фракций пропускали через прямой холодильник, где они и конденсировались. В качестве охлаждающей жидкости использовалась проточная вода. После конденсации дистиллят взвешивали на электронных весах и определяли выход бензиновых фракций. Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема лабораторной установки:**

- 1 – колбонагреватель; 2 – круглодонная колба; 3 – каплеуловитель;  
4 – прямой холодильник; 5 – стеклянная трубка; 6 – приемная колба

В качестве катализатора использовался следующий ряд металлов: стронций, кобальт, магний и кадмий в наноструктурированной форме. В ходе процесса использовалась однократная перегонка смолы для выделения бензиновых фракций, при фиксации их выхода. Количество полученных бензиновых фракций в зависимости от вида катализатора представлено в табл. 2.



## 2. Процентный выход бензиновых фракций в зависимости от вводимого катализатора

Катализатор	Выход бензиновых фракций, %
Без катализатора	35
Кадмий	37,6
Стронций	47,7
Кобальт	39,8
Магний	42,8

В результате применения металлов-катализаторов в наноструктурированной форме состав полученной смеси остался стабильным во времени, ввиду снижения содержания непредельных углеводородов.

Анализ полученных бензиновых фракций проводился методом газовой хроматографии. Результаты были обработаны на аппаратно-программном комплексе «Хроматэк – Кристалл» на базе газового хроматографа «Хроматэк – Кристалл 5000» с применением программного обеспечения «Хроматэк Gasoline» (контроль состава бензиновой фракции).

На основе хроматографического анализа были получены значения октанового числа для полученных бензиновых фракций. Результаты представлены в табл. 3.

## 3. Октановое число полученных бензиновых фракций

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	0,963	1,938
Изопарафины	3,666	2,878
Ароматика	4,458	5,430
Нафтены	2,257	2,764
Олефины	4,012	3,968
Неидентифицированные	31,076	39,876
Другие	18,678	24,749
Итого	65,109	81,604

В результате исследований влияние металлов-катализаторов на процесс углеводородных превращений:

1) выявлен катализатор из ряда предложенных, обеспечивающий наибольший выход бензиновых фракций из смолы пиролиза в производстве этилена;

2) определены физико-химические параметры полученных бензиновых фракций из смолы пиролиза в производстве этилена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Просветов, А.А. Получение компонента антидетонационной добавки для бензинов с использованием наноструктурированных катализаторов / А.А. Просветов, П.В. Кобзев, М.С. Розанов // Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодежи «Проведение научных исследований в области синтеза, свойств и переработки высокомолекулярных соединений, а также воздействия физических полей на протекание химических реакций» : сб. материалов. – Казань : Изд-во КГТУ, 2010. – С. 30–31.

*Кафедра «Химическая технология органических веществ»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 665.635**

***А.В. Выжанов\****

### **ПОЛУЧЕНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПЕЧНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦ РАЗБОРКИ И СБОРКИ (НАНОСТРУКТУРЫ)**

Дизельное топливо – продукт повсеместного и масштабного спроса, бесперебойное обеспечение которым создает нормальные условия для жизни населения и развития общества, социально-экономической и военно-политической стабильности государства. В силу этого дизельное топливо играет важную роль в ресурсном обеспечении экономики России, также дизельное топливо занимает значительную долю в структуре российского экспорта [1].

Печное топливо имеет «более узкую область применения» и отражается на его «составе». Печное топливо получается из дизельных фракций прямой и вторичной перегонки. По фракционному составу печное топливо может быть тяжелее дизельного топлива (до 360 °С

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.И. Леонтьевой.

перегоняется до 90% вместо 96%) и верхний предел вязкости печного топлива выше дизельного (8,0 мм<sup>2</sup>/с при 20 °С против 6,0 мм<sup>2</sup>/с). Также в печном топливе не нормируются такие показатели как цетановое, йодное числа и температура помутнения; массовая доля серы в печном топливе может быть до 1,1%. Можно сделать вывод, что для производства дизельного топлива требуется более «тонкая» настройка оборудования для его перегонки.

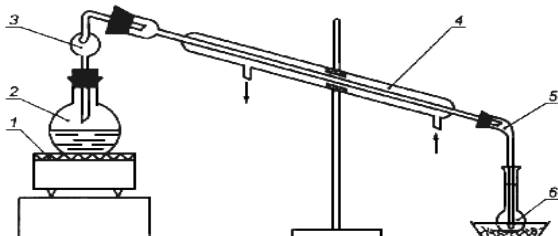
Рассматривая экономическую сторону для сравнения топлива, учитывая «специфику применения» светлого печного топлива, а также сравнительно меньшую ресурсозатратность на его производстве, стоимость дизельного топлива должна быть выше. Но на ценообразовании дизтоплива сказывается еще и заложенные налоги: транспортный и акцизы. Конечная разница в цене составляет примерно 30...40%.

Для получения дизельного топлива использовали печное топливо с вводимыми в него нанокатализаторами.

Печное топливо – это нефтяное жидкое топливо, состоящее из газойлевых фракций и предназначенное для бытовых отопительных систем. Углеводороды, входящие в состав газойлевых фракций, используются в качестве нефтяного печного топлива. Эти углеводороды обладают высокой теплотворной способностью – выше, чем у керосина, лигроина, газового конденсата. Светлое печное топливо по внешнему виду представляет собой жидкость светло-коричневого цвета, со стойким запахом [2].

Из светлого печного топлива компонентом разгонки является дистиллят при температуре 250 °С, который обладает высоким цетановым числом. Но если при обычном разгоне из-за наличия непредельных углеводородов дистиллят не отличался стабильностью, то при использовании в процессе отгонки катализаторов в наноструктурированной форме и последовательных нескольких совместных перегонок полученная смесь была стабильна, и увеличился выход дизельного топлива.

Методика проведения экспериментальных исследований по получению дизельного топлива сводится к следующему. В круглодонную колбу наливали светлое печное топливо. Приготавливали навески наноконпозиций массой 2 грамма (2% масс.) и добавили в колбу с печным топливом, после чего осуществляли процесс разгонки. Данную смесь нагревали до температуры 250 °С. Нагрев осуществляли в колбонагревателе, полученные пары дизельного топлива охлаждались в прямом холодильнике, где они конденсировались. В качестве охлаждающей жидкости использовалась проточная вода. Схема лабораторной установки изображена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема лабораторной установки разгонки печного топлива:**

1 – колбонагреватель; 2 – круглодонная колба; 3 – каплеуловитель;  
4 – прямой холодильник; 5 – стеклянная трубка; 6 – приемная колба

Процесс велся до тех пор, пока не упадет последняя капля дистиллята, который потом взвешивали на электронных весах, и рассчитывали выход. Полученный после перегонки дистиллят сливали обратно в колбу с находящимся там кубовым остатком, и проводили повторные разгонки в течение нескольких раз, что позволило получить стабильную по составу смесь с высоким выходом (табл. 1).

Выход дизельных фракций при перегонке печного топлива с использованием нанокатализаторов и без их использования:

*Разгонка 1.* Печное топливо (без всего).

Выход =  $42,1/64 = 65,8\%$ .

Цвет – прозрачный.

*Разгонка 2.* Печное топливо (с использованием нанокатов: NiCr, Co, Ti, SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). А также матрица дизельного топлива и печного топлива.

Выход =  $42/(60,3 + 3,5) = 65,8\%$ .

Цвет – белый (мутный).

*Разгонка 3.1.* Печное топливо (с использованием около 10% кубового остатка и полученного дистиллята после разгонки 3).

Выход =  $69,7/(67,6 + 6,3 + 31,3) = 69,7/105,2 = 66,25\%$ .

Цвет – белый (мутный).

*Разгонка 3.2.* Печное топливо (с использованием кубового остатка и полученного дистиллята после разгонки 3.1).

Выход =  $75,3/105,2 = 71,6\%$ .

Цвет – белый (мутный).

*Разгонка 3.3.* Печное топливо (с использованием кубового остатка и полученного дистиллята после разгонки 3.2).

Выход =  $79,6/105,2 = 75,7\%$ .

Цвет – белый (мутный).

*Разгонка 3.4.* Печное топливо (с использованием кубового остатка и полученного дистиллята после разгонки 3.3).

Выход =  $80,5/105,2 = 76,5\%$ .

Выход (с учетом потерь после 3.4 разгонки) =  $80,5/95,2 = 84,6\%$ .

Цвет после 3.4 разгонки приобрел характерный желтоватый оттенок. Полученный дистиллят был исследован на элементный состав на хроматографе.

*Разгонка 4.* Печное топливо (с использованием около 10% дистиллята и кубового остатка с нанокатализатором после разгонки 3.4).

Выход =  $51,7/55,7 + 4,9 + 0,01 = 51,7/60,6 = 85\%$ .

Цвет дистиллята приобрел характерный желтый оттенок.

*Разгонка 5.* Печное топливо (с использованием матрицы разборки печного топлива, матрицы сборки дизельного топлива, и нанокатализаторов NiCr, Co, Ti).

Выход =  $53,7/58,4 + 3 = 53,7/61,4 = 87,5\%$ .

Дистиллят приобрел характерный желтый оттенок.

Последовательная отгонка печного топлива с использованием нанокатализаторов различного состава повышает выход дизельных фракций до 28%, при этом состав смеси остается стабильным с течением времени при световой обработке (табл. 1).

## 1. Среднестатистический углеводородный состав

Наименование углеводорода	Содержание углеводородов, % об.	
	печное топливо	дизельное топливо
Парафины	3,62	32,49
Циклопарафины	7,51	31,72
Инданы, тетралины	26,61	6,69
Алкилбензолы	23,52	11,65
Индены или $C_nH_{2n-10}$	7,4	1,74
Нафталин	15,29	0,59
Нафталины	5,42	7,11
Аценафтены, $C_nH_{2n-14}$	4,93	4,06
Аценафтилены, $C_nH_{2n-16}$	3,24	2,76
Трициклическая ароматика	2,26	1,18
Итого	100	100

В результате проведенных исследований получена матрицы разборки печного топлива и матрицы сборки дизельного топлива при переработке отхода перегонки нефти в целевой продукт, в виде дизельного топлива, которые по своим параметрам соответствуют требованию ГОСТа. Выявлен состав металлов и их оксидов в наноструктурированных катализаторах – никель, кобальт и титан обеспечивающих максимальный выход дизельной фракции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митусова, Т.Н. Современные дизельные топлива и присадки к ним / Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина. – М. : Техника, – 2002. – 64 с.
2. Смидович, Е.В. Технология переработки нефти и газа / Е.В. Смидович. – М. : Химия, 1968. – Ч. 2.

*Кафедра «Химическая технология органических веществ»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 628.316**

***Ф.Г. Космынин\****

### **ОЧИСТКА ИЛИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРУДОВ НАКОПИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ-КАТАЛИЗАТОРОВ**

Пруды-накопители – сооружения, представляющие большую угрозу для экологии близлежащих районов. Токсичные отходы предприятий химической, биологической, фармацевтической, нефтехимической и других отраслей промышленности не могут быть утилизированы без вреда для окружающей среды из-за высокого класса опасности, но, собираясь в подобных прудах, оказывают крайне неблагоприятное влияние как на атмосферу, так и на грунтовые воды, почву, ставя под угрозу здоровье биологических объектов. За годы хранения в прудах образуется плотный слой ила, содержащего фенол, анилин, различные амины, нефтепродукты, ксилолы и многие другие высокотоксичные вещества, формирующие неблагоприятную экологическую ситуацию, требующую утилизации этих отходов с минимальным ущербом для окружающей среды.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессором ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.И. Леонтьевой.

## 1. Критерии установления класса опасности отходов

Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности	Класс опасности отхода для окружающей природной среды
Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс, чрезвычайно опасные
Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II класс, высокоопасные
Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс, умеренно опасные
Низкая	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее трех лет	IV класс, малоопасные
Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V класс, практически неопасные

По степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее устанавливается класс опасности отхода (табл. 1) [1].

Существует множество методов утилизации содержимого прудов-накопителей, но не один из них не позволяет достаточно эффективно, экономично и в короткие сроки справиться с данной задачей. Известные методы подразделяются на химические (введение в пруд реагентов, вступающих в химическую реакцию с утилизируемыми веществами, нейтрализуя их), физические (как правило, это смешение шлама

пруда с известью, что лишь отсрочивает проблему утилизации на время, но не решает ее), физико-химические (сочетают в себе оба вышеописанных метода), биологические (широко применяются для очистки бытовых сточных вод, но малопригодны для очистки промышленных стоков). Наиболее эффективный метод, широко используемый западными фирмами, – термическое разложение органики на менее токсичные вещества, однако необходимость монтажа дорогостоящего оборудования и высокий расход электроэнергии делают эту технологию экономически невыгодной.

Поскольку радикального способа утилизации уже существующих прудов-накопителей без вреда для окружающей среды при минимальных денежных затратах в мировой практике пока не существует, вопрос о поиске решения данной проблемы на сегодняшний день стоит особенно остро.

Для решения данной проблемы предлагается использование композиций наноструктурированных материалов (металлы и оксиды металлов I, VI и VIII групп периодической системы), выступающих в качестве катализаторов фотоокислительного синтеза органических веществ до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Технология очистки прудов отстойников от органических соединений состоит из следующих стадий:

1. Приготовление ультрадисперсной суспензии наноматериалов на структурированной воде.

2. Введение композиции наноматериалов в плотный слой илистых отложений пруда-отстойника посредством распыления суспензии над зеркалом пруда-отстойника, из расчета 0,01 г наноматериалов на  $1 \text{ м}^3$  ила.

Процесс фотоокислительной деструкции органических соединений в присутствии наноструктурированных материалов протекает в течение 60 дней и обеспечивает снижение общего содержания органических веществ в 28 раз (по результатам лабораторной проверки данной технологии, табл. 2).

Для отбора рабочей среды из пруда-накопителя использовалась труба диаметром 63 мм и длиной 1,5 м. Нижний конец трубы герметично закупоривается и при введении в илистое отложение открывается.

Исходный материал был отобран из толщи ила пруда на расстоянии 10...15 м от береговой кромки посредством погружения пробоотборника до дна (глубина 1,0...1,5 м).

Для чистоты эксперимента материал был взят из одной точки пруда. При этом условии обеспечивалась химическая однородность состава.



Предложенный способ утилизации органических соединений из илистых отложений был реализован на пруде-отстойнике, имеющий объем илистых отложений 68 000 м<sup>3</sup>, содержащих порядка 12 000 т органических веществ, из них только фенола около 190 т.

Данные убыли вредных веществ в пруде-накопителе представлены в табл. 2.

## 2. Результаты оценки содержания вредных веществ в илистом отложении пруда-отстойника

Наименование показателя	Исходный ил	Проба ила, отобранная через			
		3 дня	7 дней	10 дней	17 дней
Сухой остаток 105° С, %	52	50	48,2	47,35	36,1
Прокаленный остаток 600 °С, %	37,3	35,9	35,4	36,3	29,6
Органические вещества, %	14,8	14,1	12,8	11,05	6,5
ХПК, мгО <sub>2</sub> /мг	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Фенол, мг/кг	2310	2200	2160	1627	1509

Через 17 суток после обработки в пруде-отстойнике осталось органических веществ порядка 5300 т, фенола около 120 т, и соответственно подверглось фотоокислительной деструкции органических соединений 6700 т, фенола 70 т.

Окончательная реализация нового способа очистки прудов-отстойников (отстой в течение 60 дней) позволит сократить содержание органических веществ.

Предложенный способ утилизации органических отходов в прудах-отстойниках позволит снизить экологическую напряженность на производственных площадках при минимальных затратах на проведение работ по утилизации органических соединений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роев, Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды : учебник для вузов / Г.А. Роев. – М. : Недра, 1993. – 456 с.

*Кафедра «Химическая технология органических веществ»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*М.М. Гаглошвили, Н.П. Козлова, Ю.Б. Рылов\**

## **ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТИТАНО-СИЛИКАТНЫХ ЦЕОЛИТОВ НА ПРИМЕРЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ПАРОВ АММИАКА**

Жизнедеятельность человека при работе в чрезвычайных условиях связана с длительным пребыванием в атмосфере, содержащей значительное количество вредных для здоровья веществ. Безопасность деятельности человека в таких условиях требует постоянного изучения, разработки и реализации современных средств защиты человеческого организма от воздействия вредных веществ.

В связи с этим необходимо разрабатывать и внедрять в практику новые регенерируемые системы очистки воздуха в гермообъемах. Одним из перспективных вариантов решения этой проблемы можно считать фотокаталитическую очистку воздуха с применением различных фотокатализаторов.

Фотокаталитическая очистка является предметом научного и коммерческого интереса большого числа исследователей. За последние несколько лет на отечественном рынке стали появляться изделия фотокаталитической очистки фирм Daikin, Degussa AG. По данным зарубежной печати активную техническую политику в области создания новых самоочищающихся фотокаталитических материалов ведет Natick Solidier Center, США.

В настоящее время существует значительное количество фотокатализаторов, способных разрушить токсичные для организма человека вещества до малотоксичных или нетоксичных соединений. Одними из перспективных фотокатализаторов могут являться титано-силикатные цеолиты (TS-цеолиты).

В данной работе рассматривается синтез TS-цеолитов и оценка их фотокаталитической активности на примере разложения паров аммиака в замкнутом пространстве.

Сущность фотокаталитического окисления состоит в разложении и окислении токсичных примесей на поверхности фотокатализатора под воздействием ультрафиолетового излучения или видимого света [1]. Реакции протекают при комнатной температуре, при этом примеси не накапливаются, а разрушаются до безвредных компонентов, причем фотокаталитическое окисление не делает разницы между токсинами,

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н.Ц. Гагаповой; канд. техн. наук ОАО «Корпорация «Росхимзащита» Н.П. Козловой.

вирусами или бактериями – результат один и тот же – их уничтожение. На сегодняшний день фотокатализ является одним из наиболее эффективных и экономичных методов молекулярной очистки воздуха от вредных примесей.

Синтез TS-цеолитов для проведения исследований их фотокаталитической активности осуществлялся следующим образом [2].

Соединения кремния (силикат щелочного металла), трихлорид титана, щелочь и минерализатор (раствор фторида калия) смешивались до образования геля, который интенсивно перемешивался роторной мешалкой со скоростью 500 об/мин. Кристаллизация проводилась автоклавным способом при аутогенном давлении. На ход процессов кристаллизации цеолитов большое влияние оказывают такие параметры, как соотношение  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ , pH, тип катиона и его относительное содержание, длительность процесса кристаллизации, концентрация компонентов, температура.

Автоклав помещался в печь с заданной температурой, которая поддерживалась на постоянном уровне и измерялась с помощью термомпары. Кристаллизация проводилась при температуре 225 °С в течение 5 суток. Степень кристаллизации определялась рентгеноструктурным анализом дифрактометре ДРОН-6. Характер кристаллизации оценивали по интенсивности дифракционных линий. Далее смесь отжималась на фильтре, промывалась слегка подщелаченной водой (pH = 9), фильтровалась и сушилась при температуре 100 °С в течение 8 часов.

Были синтезированы два образца TS-цеолитов с соотношением  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2 = 3,7$  (TS-1) и  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2 = 5,17$  (TS-2), 20%-ные растворы которых при помощи пулвализатора наносились на хлопчатобумажную ткань.

Исследование работы фотокатализаторов на поглощение вредных примесей производилось в герметичной камере, представляющей собой бокс объемом 75 дм<sup>3</sup>, состоящий из корпуса, внутри которого помещена УФ-лампа.

Хлопчатобумажная ткань с нанесенным на нее фотокатализатором помещалась в бокс и укладывалась на держатель вокруг лампы.

Подача вредных примесей и забор проб производились через штуцер на крышке бокса.

Оценка фотокаталитических свойств материалов производилась под действием ультрафиолетового излучения (облучение УФ лампами с мощностью падающего излучения 10...20 мВт/см<sup>2</sup>).

Образец ткани с нанесенным на нее фотокатализатором помещался в бокс и укладывался на держатель вокруг лампы.

Камера проверялась на герметичность. Для этого внутри бокса создавалось избыточное давление 245 Па ± 49 Па (25 мм вод. ст. ± ± 5 мм вод. ст.), которое контролировалось по мановакуумметру, под-

соединенному к штуцеру. Падение давления не превышало 49 Па (5 мм вод. ст.) в течение 3 мин, откуда следовало, что камера герметична.

До начала испытаний производилась предварительная световая подготовка образца. Для этого образец ткани с нанесенным на нее фотокатализатором освещался лампой в течение 3 часов. По истечении установленного времени лампу выключали.

Аммиак дозировали в камеру с помощью микрошприца до достижения требуемой начальной концентрации  $40 \text{ мг/м}^3$ .

При помощи воздушного вентилятора, расположенного внутри камеры, создавалось равномерное распределение концентрации аммиака по объему бокса.

Началом испытания считался момент включения УФ лампы после введения в камеру вредной примеси.

Забор проб газовой смеси (ГВС) из бокса для анализа осуществлялся каждые 20 минут в течение первого часа и далее каждые 30 минут.

Анализ проб ГВС проводился на газовом хроматографе «Кристалл 2000М» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и программным обеспечением «Хроматэк Аналитик». Время проведения испытаний 6 часов.

Эффективность очистки ( $\Theta$ ) от аммиака на фотокатализаторах рассчитывалась по формуле

$$\Theta = C_{\text{кон}} / C_{\text{нач}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{\text{кон}}$  – конечная концентрация аммиака в камере,  $\text{мг/м}^3$ ;  $C_{\text{нач}}$  – начальная концентрация аммиака в камере,  $\text{мг/м}^3$ .

Результаты испытаний представлены на рис. 1.

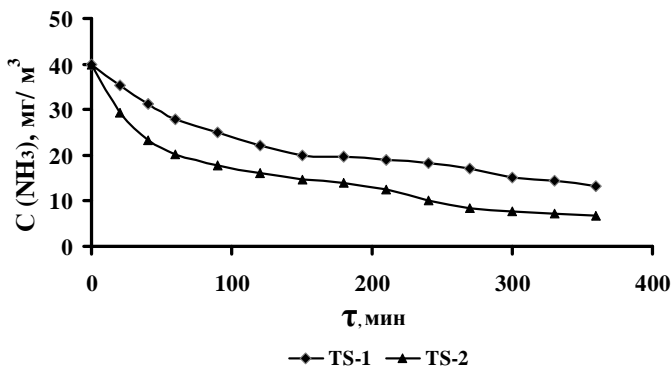


Рис. 1. Изменение концентрации аммиака во времени

Эффективность очистки от аммиака на фотокатализаторах TS-1 составляет 65,84%, TS-2 – 74,3%.

По результатам проведенных исследований синтезированных образцов TS-цеолитов установлено, что цеолит с соотношением  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2 = 5,17$  (TS-2) обладает лучшей фотокаталитической активностью и может использоваться при очистке воздуха замкнутых объектов от аммиака.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пармон, В.Н. Фотокатализ: Вопросы терминологии // Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии / В.Н. Пармон ; под ред. К.И. Замираев. – Новосибирск : Наука, 1991. – С. 7 – 17.
2. Козлова, Н.П. Разработка регенерируемого патрона и неорганического сорбента для очистки воздуха в замкнутом объеме скафандра : дис. ... канд. техн. наук, 05.26.02 / Н.П. Козлова. – СПб., 2006. – С. 20.

*Кафедра «Технологические процессы и аппараты»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 678.023**

***Н.А. Комбарова, Ю.И. Ряшенцева, П.В. Макеев\****

#### **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПЭВД И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СМЕСИТЕЛЕ БРАБЕНДЕР**

В последнее время потребление полимерных материалов сильно возросло. Соответственно образуется значительное количество их отходов, создающих серьезную опасность для окружающей среды. Вторичная переработка решает проблему восполнения дефицита первичного полимерного сырья, но вторичное сырье зачастую обладает плохими качествами. И с целью улучшения его качества вторичное сырье подвергают модификации [2]. Современные тенденции модификации полимерных материалов сводятся к введению малой доли мелкодисперсной фазы модифицирующей добавки, т.е. к получению так называемых суперконцентратов. Суперконцентраты – принятое в обиходе название концентратов пигментов, красителей и модифицирующих добавок, обычно с повышенной степенью наполнения. По своей природе это промышленная смесь (дисперсия), состоящая непосредствен-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.С. Клиникова.

но из модифицирующей добавки и полимерного носителя, которая легко совмещается с полимером под действием деформации сдвига при заданной температуре и позволяет равномерно распределить добавки в полимерной матрице [3].

В работе в качестве добавки использовали технический углерод, а в качестве полимерного носителя – вторичный ПЭНП. В соответствии с поставленной задачей было подобрано оборудование и разработан процесс модификации полимерных отходов дисперсным углеродным наполнителем.

Технологический процесс осуществляли следующим образом: промытые и высушенные отходы с содержанием посторонних примесей, не более 5%, подвергали сортировке, в процессе которой из них удаляют случайные инородные и металлические включения и выбирают сильно загрязненные куски.

Получали навески полимера и наполнителя в соответствии с выбранным технологическим режимом. Камера смесителя нагревается до температуры 150 °С, необходимой для осуществления выбранного технологического режима.

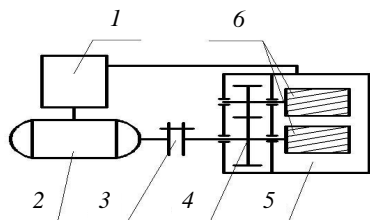
Подготовленные отходы и наполнитель загружаются в рабочую камеру смесителя одновременно, где вращающиеся на малых оборотах рабочие органы под действием сдвиговых напряжений и сил адгезии затягивают их.

Далее закрывали загрузочное отверстие затвором и устанавливали частоту вращения рабочих органов до значения, соответствующего выбранному технологическому режиму.

Смешение осуществляли в течение времени, заданного выбранным технологическим режимом. После остановки рабочих органов, производили выгрузку полученной смеси [1].

Экспериментальная установка на основе смесителя Брабендера для реализации процесса введения малого количества активированного технического углерода в расплав полимера (рис. 1) позволяет изменять в широком диапазоне режимные и конструктивные параметры.

Смеситель состоит из камеры смесительной 5, загрузочного устройства, на станине привода которого установлены нагревательные элементы.



**Рис. 1. Схема смесителя Брабендера:**

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

Смешение компонентов производится в камере, состоящей из собственно камеры смешения и сварного корпуса, на котором она закреплена двумя специальными гайками. Смесительными органами являются два ротора б специального профиля, установленные в корпусе камеры консольно и вращающиеся в противоположные стороны. Опорами ротора являются передний подшипник скольжения и два задних подшипника качения. Вращение роторов производит мотор-редуктор 2, связанный муфтой 3 с валом приводного ротора; второй ротор получает вращение от приводного через зубчатую передачу 4 с передаточным отношением 1,5.

Технологический процесс получения суперконцентрата в смесителе Брабендера по периодической технологии осуществляли следующим образом. В смесительную камеру загружали вторичный полимер (ПЭВД), к нему добавляли сажу в различном соотношении (10, 20 и 30%). Время смешения составляет 10 минут, частота вращения роторов 45 об/мин, температура смесительной камеры 150 °С. Затем смеситель останавливали и отбирали пробы для физико-механических испытаний. Образцы готовятся методом прессования в пресс-форме  $b \times h$  100×100 и толщиной 2 мм. Из этой пластины вырубали образцы для испытаний (предел прочности, предел текучести, относительное удлинение при разрыве и ПТР).

После обработки экспериментальных данных были получены графические зависимости, показанные на рис. 2 – 4. Каждая точка – среднее арифметическое пяти экспериментов.

Анализ графических зависимостей показывает, что при повышении доли вводимого технического углерода предел прочности также возрастает, а относительное удлинение уменьшается. При увеличении доли углерода в композите вязкость увеличивается, поэтому ПТР снижается с 4,5 до 1.

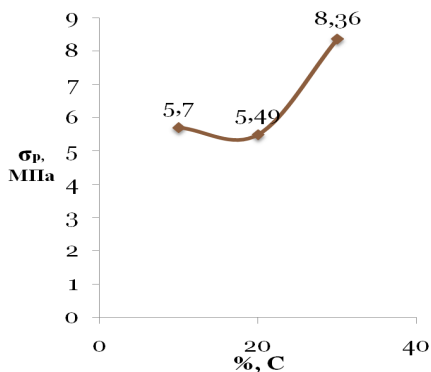


Рис. 2. Зависимость предела прочности  $\sigma_p$  от концентрации углерода  $c$

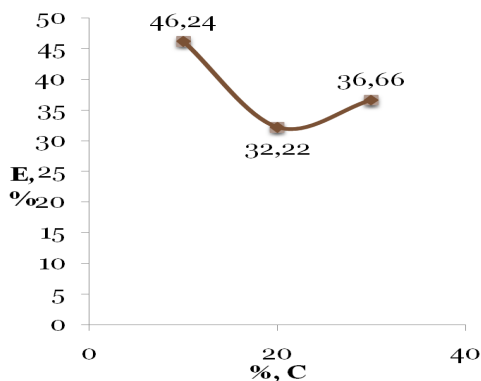


Рис. 3. Зависимость относительного удлинения  $\epsilon$  от концентрации углерода  $c$

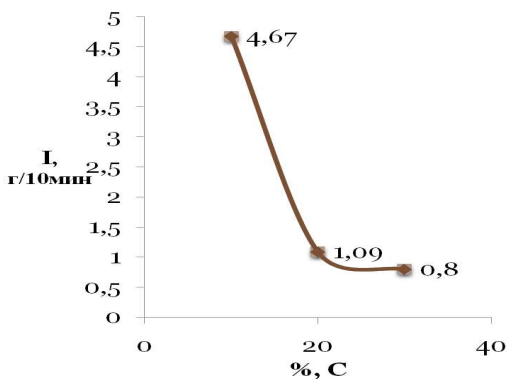


Рис. 4. Зависимость ПТР от концентрации углерода  $c$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кестельман, В.Н. Физические методы модификации полимерных материалов / В.Н. Кестельман. – М. : Химия, 1980. – 224 с.
2. Проектирование экструзионных машин с учетом качества резинотехнических изделий / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 292 с.
3. Смешение полимеров / В.В. Богданов, Р.В. Торнер, В.Н. Красовский, Э.О. Регер. – Л. : Химия, 1979. – 192 с.

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



*А.В. Базв\**

## **РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ИЗ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Каждый город и промышленное предприятие имеют комплекс подземных самотечных трубопроводов, очистных и других сооружений, с помощью которых осуществляется отвод использованных и отработавших вод, очистка и обеззараживание их, а также обработка и обезвреживание образующихся при этом осадков.

Сточные воды образуются при использовании природной или водопроводной воды для бытовых целей и технологических процессов промышленных предприятий. К сточным водам относятся также атмосферные осадки – дождевые и талые воды, выпадающие на территориях городов, населенных мест и промышленных предприятий. Сточными водами являются также подземные воды, извлекаемые из шахт на поверхность земли при разработке рудных и нерудных полезных ископаемых. Сточные воды содержат в своем составе органические загрязнения, которые способны загнить и служить средой для развития различных микроорганизмов, в том числе и патогенных. Такие воды являются источником различных заболеваний и распространения эпидемий. Сточные воды могут содержать в своем составе и минеральные загрязнения, вредные и токсические вещества. Все сточные воды способны нарушить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения городов и промышленных предприятий. Они являются источником загрязнения окружающей природной среды [1].

Быстрое развитие промышленности, рост численности населения, увеличение количества автомобилей, применение все большего количества синтетических моющих средств привело не только к увеличению количества сточных вод, но и к изменению их качественного состава. В настоящее время в составе сточных вод можно выделить две основные группы загрязнителей – консервативные (трудноокисляемые), т.е. такие, которые с трудом вступают в химические реакции и практически не поддаются биологическому разложению (это соли тяжелых металлов, фенолы, пестициды), и неконсервативные (легкоокисляемые), т.е. такие, которые могут подвергаться процессам само-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» А.И. Леонтьевой.

очищения водоемов. К консервативным соединениям также можно отнести нефтепродукты такие, как парафины и олефины, нафтены и ароматические углеводороды и их производные. Количество этих соединений в сточных водах с каждым годом все увеличивается. Эти химические вещества, попадая в реки и озера, оказывают негативное влияние на биологическое состояние водоемов. В итоге снижается насыщение вод кислородом, парализуется деятельность экосистем, снижается жизнедеятельность всех сложных форм жизни.

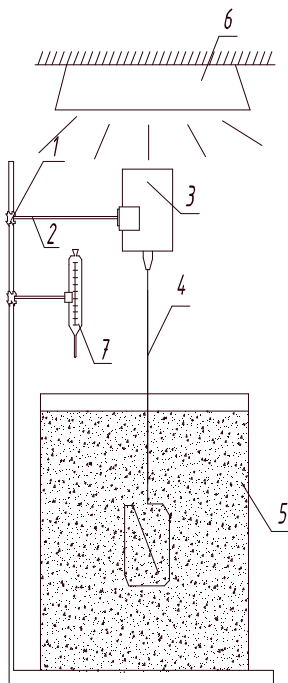
В связи с ужесточением требований к качеству сбрасываемых вод по таким показателям как содержание органических веществ, наличие веществ, содержащих азот и фосфатные группы, содержание активного хлора и общего содержания бактерий, наличие тяжелых металлов, нефтепродуктов существующая технология не обеспечивает соответствия сбрасываемых вод нормативным показателям.

Предлагается технология очистки городских сточных вод с использованием катализаторов-металлов в наноструктурированной форме, которая позволяет обеспечить соответствие сбрасываемых вод нормативным показателям по содержанию органических веществ, тяжелых металлов и заключается во введении композиций наноструктурированных металлов и их оксидов II, III, VI и VIII групп таблицы Д.И. Менделеева с размером частиц 40...100 нм в сточные воды, поступающие на очистные сооружения [2].

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и смонтирована экспериментальная установка, позволяющая моделировать совмещенный процесс каталитической деструкции и отстаивания, установлено влияние наноструктурированных материалов на процесс деструкции органических соединений и определена кинетическая зависимость характеристик деструкции органических соединений.

Методика проведения эксперимента заключается в следующем: сточная вода поступает в емкость 5 объемом 1 литр. Здесь она перемешивается с помощью рамной мешалки 4, частота оборотов которой составляет 50 об/мин. Вращение мешалки осуществляется с помощью привода 3, который держателем 2 крепится к штативу 1.

Благодаря интенсивному перемешиванию, взвешенные вещества не оседают на дно. Суспензия наноматериалов в определенном количестве подается с помощью дозатора 7. Она готовится следующим образом: навеску наноматериала массой 3 г вводят в 10 мл дистиллированной воды и добавляют к общему объему сточной жидкости. Воду отстаивают и проводят анализ химического потребления кислорода (ХПК).



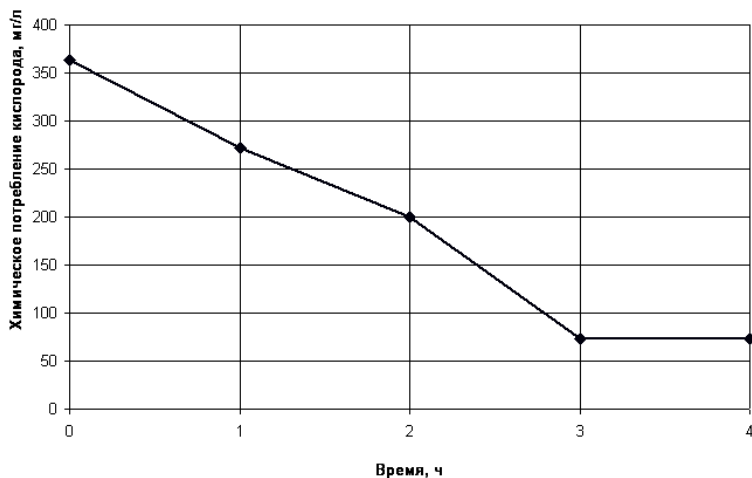
**Рис. 1. Экспериментальная установка:**

1 – штатив; 2 – держатель; 3 – привод; 4 – мешалка; 5 – емкость с водой;  
6 – источник света; 7 – дозатор для наноматериалов

Количество органических примесей в сточной воде хорошо отражает метод химического потребления кислорода, который заключается в определении окисляемости, т.е. оценивается количество кислорода, необходимое для окисления примесей воды (табл. 1).

**1. Содержание органических веществ в сточной воде до и после обработки наноструктурированными катализаторами**

№	Наименование показателя	Сточная вода из распределительной камеры	Сточная вода, обработанная ультрадисперсным катализатором после отстаивания			
			1 час	2 часа	3 часа	4 часа
1	ХПК, мг/л	363,2	274	199,76	72,64	72,64



**Рис. 2. Химическое потребление кислорода во времени**

Результаты, представленные в табл. 1, для наглядности можно представить в виде графической зависимости показателя ХПК сточной воды.

Из графика (рис. 2) видно, что после трех часов отстаивания достигается максимальное разложение трудноокисляемых примесей в легко-окисляемые, что соответствует наименьшему значению ХПК.

Применение ультрадисперсных катализаторов для перевода органических соединений из трудноокисляемой формы в легко-окисляемую позволяет снизить содержание органических веществ в сбрасываемых водах и достичь требуемого нормативами показателя (ХПК не более 30 ед.), а также полностью решить проблему утилизации твердых органических отходов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жмур, Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М. : Луч, 1997. – 172 с.
2. Леонтьева, А.И. Инновационная технология очистки городских сточных вод с использованием композиций ультрадисперсных катализаторов / А.И. Леонтьева, В.С. Орехов, С.В. Деревякина. – М. : Стройиздат, 2009.

*Кафедра «Химическая технология органических веществ»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Ю.А. Бобылева, Р.В. Дорохов\**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА НА МАТРИЦЕ**

Для регенерации воздуха в изолирующих дыхательных аппаратах и в системах замкнутых помещений применяются промышленные химические продукты на основе надпероксидов натрия ( $\text{NaO}_2$ ) и калия ( $\text{KO}_2$ ) в формованном виде (гранулы, таблетки, блоки, пластины).

Основными критериями качества таких продуктов, обеспечивающих их пригодность для систем и средств жизнеобеспечения человека, являются наличие активного кислорода и способность к поглощению диоксида углерода (химическая активность).

Необходимое наличие активного кислорода обеспечивается технологическими приемами и оценивается аналитическими методами.

Для оценки химической активности гранулированных продуктов к  $\text{CO}_2$  применяются известные методы исследований и испытаний [1 – 4]. Регенеративные продукты испытывают, как в составе изделий для эксплуатации, так и самостоятельно, как правило, в динамических условиях потока увлажненной газовой смеси ГВС с повышенной концентрацией диоксида углерода, приближенных к составу ГВС выдыхаемого человеком воздуха.

Критерием окончания испытания является время, за которое выполняются требования по выделению заданного количества кислорода или по достижении заданной в технической документации концентрации  $\text{CO}_2$  за слоем продукта [1 – 4].

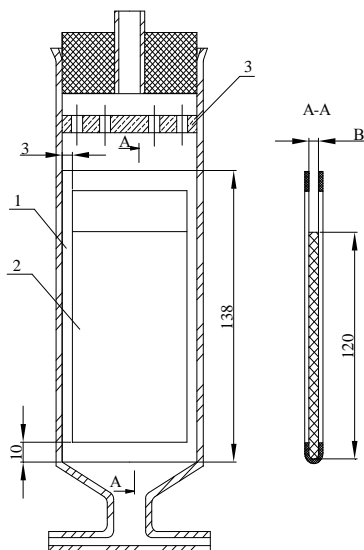
Метод оценки сорбционной емкости регенеративного продукта на стекловолокнистой матрице в форме пластин на сегодня отсутствует.

Авторами [5] проведены исследования кинетических характеристик регенеративного продукта на матрице в одно- или двухсекционных проточных реакторах, внутри которых размещали пластины продукта размером  $20 \times 140$  мм. Полученные результаты позволяют использовать их как основу для разработки методики оценки сорбционной емкости регенеративного продукта на матрице. Однако авторы [5] использовали реакторы из полимерной пленки, предназначенные для проведения только одного эксперимента.

В книге [6] для определения динамической активности по диоксиду углерода листовых хемосорбентов использовали реактор в виде динамической трубки (рис. 1), в которую помещали пластину хемо-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. хим. наук Н.Ф. Гладышева, канд. хим. наук Т.В. Гладышевой ОАО «Корпорация «Росхимзащита».



**Рис. 1. Динамическая трубка для испытаний:**  
 1 – рамка; 2 – образец; 3 – газораспределительная решетка

сорбента закрепленную в рамке из полимерного материала. Над рамкой с хемосорбентом устанавливали газораспределительную решетку.

Такая конструкция реактора позволяла проводить ряд экспериментов при различных параметрах ГВС (влажность, концентрация  $\text{CO}_2$ , скорость потока) при этом оставались постоянными размеры испытуемого материала (площадь, толщина) и распределение потока по сечению реактора.

Цель настоящего исследования заключалась в разработке метода контроля сорбционной емкости регенеративного продукта на матрице по диоксиду углерода для оценки его качества и контроля технологического процесса производства.

Для исследования использовали реактор, показанный на рис. 1. Образцы для испытаний готовили следующим образом. Из пластины продукта вырезали образец размером  $120 \times 38$  мм и крепили в рамке из полимерного материала. Рамку 1 с образцом 2 помещали в динамическую трубку, как показано на рис. 1. Над рамкой с образцом устанавливали газораспределительную решетку 3 для получения равномерного по сечению трубки потока ГВС.

Испытания образцов проводили при следующих условиях [5]:

- объемный расход ГВС –  $7 \text{ дм}^3/\text{мин}$ ;
- объемная доля диоксида углерода ГВС –  $(4,0 \pm 0,2) \%$ ;

- температура ГВС –  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность ГВС –  $(93 \pm 3)\%$ ;
- время испытаний – от 5 до 40 мин.

При каждом заданном времени проводили четыре испытания. Пластину после испытания анализировали на содержание влаги и диоксида углерода, пробы для анализа брали в трех точках пластины (верх, центр и низ).

Анализ образцов после испытаний на содержание влаги показал, что при различном времени испытаний содержание влаги в пластинах регенеративного продукта на матрице было различным и колебалось в пределах 3...6%. Закономерности увеличения или уменьшения содержания влаги, как функция времени испытания, не выявлено, поэтому данные химического анализа по количеству поглощенного диоксида углерода ( $\text{дм}^3/\text{кг}$ ) пересчитывали на сухой продукт.

Проведенный t-тест [7] анализа образцов показал, что все результаты относятся к одной генеральной совокупности с доверительной вероятностью 95%. На рисунке 2 представлены усредненные данные сорбционной емкости регенеративного продукта в зависимости от времени эксперимента.

Как видно из представленных данных, сорбционная емкость линейно зависит от времени эксперимента. Обработка результатов экспериментов методом наименьших квадратов позволила получить уравнение зависимости сорбционной емкости от времени эксперимента. Уравнение имеет вид

$$c = (1,2 \pm 0,1)\tau + (92 \pm 3). \quad (1)$$

Здесь  $c$  – сорбционная емкость продукта по диоксиду углерода,  $\text{дм}^3/\text{кг}$ ;  $\tau$  – время, минуты. Коэффициент детерминированности равен 0,95.

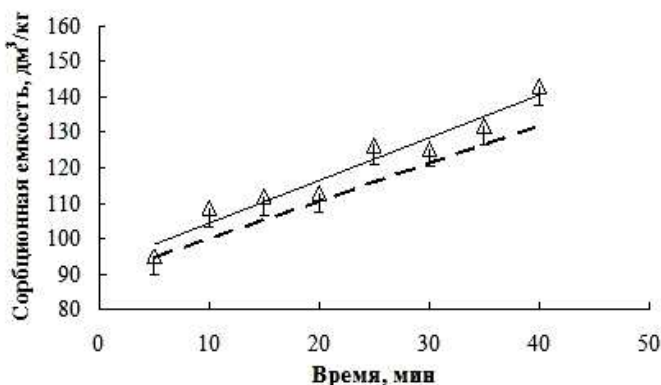


Рис. 2. Зависимость сорбционной емкости от времени испытаний

Там же на графике представлены и стандартные погрешности определения сорбционной емкости в виде полос погрешностей и нижняя граница изменения значений сорбционной емкости, рассчитанная по уравнению (1) с учетом погрешностей определения коэффициентов (пунктирная прямая).

Как можно видеть, начиная с времени испытаний 25 минут, погрешность определения сорбционной емкости не выходит за границу рассчитанную по уравнению (1). Это означает, что время испытаний при условиях описанных выше не должно быть менее 25 минут. При этом значение сорбционной емкости должно быть выше нижней границы значений сорбционной емкости рассчитанной по уравнению (1).

Таким образом, определены время испытаний и нижние границы показателя качества продукции проверяемой по вышеприведенной методике. В частности, для времени испытаний 40 минут значение сорбционной емкости не может быть менее, чем  $(1,2 - 0,1) \cdot 40 + 92 - 3 = 133 \text{ дм}^3/\text{кг}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.4.220–2001. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (Самоспасатели) Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53260–2009. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. EN 13794:2002. Respiratory protective devices – Self-contained closed-circuit breathing apparatus for escape – Requirements, testing, marking. – 2002.
4. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратное оформление : монография / Н.Ф. Гладышев и др. – М. : Машиностроение. – 2007. – 156 с.
5. Кинетика взаимодействия диоксида углерода с надпероксидом калия / Т.В. Гладышева, С.И. Дворецкий, Б.В. Путин и др. // Химическая физика. – 2007. – Т. 26. – № 10. – С. 67 – 69.
6. Известковые поглотители нового поколения / Н.Ф. Гладышев, и др. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 135 с.
7. Дерффель, К. Статистика в аналитической химии / К. Дерффель. – М. : Мир. – 1994 – 286 с.

*Кафедра «Технология продовольственных продуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*



УДК 537.531

*А.А. Зиновьев, Н.А. Хребтов, Е.В. Топильская\**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В настоящее время в электроэнергетике России сохраняются неблагоприятные тенденции в работе электроэнергетических сетей и систем, связанные с изношенностью основного оборудования, медленными темпами его обновления. И если с электроснабжением промышленности и городов дела обстоят сравнительно неплохо, то электроснабжение отдаленных сельскохозяйственных районов с малой плотностью распределения электрической нагрузки и небольших предприятий вызывает определенные проблемы.

Процесс формирования и развития систем электроснабжения отдаленных сельскохозяйственных районов, прежде всего, подразумевает выбор оптимального источника электрической энергии. До настоящего времени приоритетным считалось централизованное электроснабжение от ближайшей энергосистемы. Но такой вариант требует больших финансовых затрат на подключение и не гарантирует высокой надежности и качества электроснабжения.

На базе Тамбовского государственного технического университета функционирует испытательная лаборатория качества электрической энергии. Лаборатория участвует в сертификационных испытаниях по качеству электрической энергии на территории Центрального федерального округа. Проведенные испытания на сельскохозяйственных объектах показывают несоответствие качества электрической энергии требованиям ГОСТ 13109–97. Одним из основных показателей несоответствия качества электрической энергии установленным нормам является установившееся отклонение напряжения.

Измерение установившегося отклонения напряжения проводилось следующим образом. Для каждого наблюдения за период времени, равный 24 часам, измеряли значение напряжения, без учета выс-

---

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

ших гармонических составляющих напряжения, которое в электрических сетях трехфазного тока определяют как действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты  $U_1$ . Определяли значение напряжения по формуле

$$U_1 = \frac{1}{3}(U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}).$$

Вычислили значение усредненного напряжения  $U_y$  как результат усреднения  $N$  наблюдений напряжений  $U_1$  за интервал времени по формуле

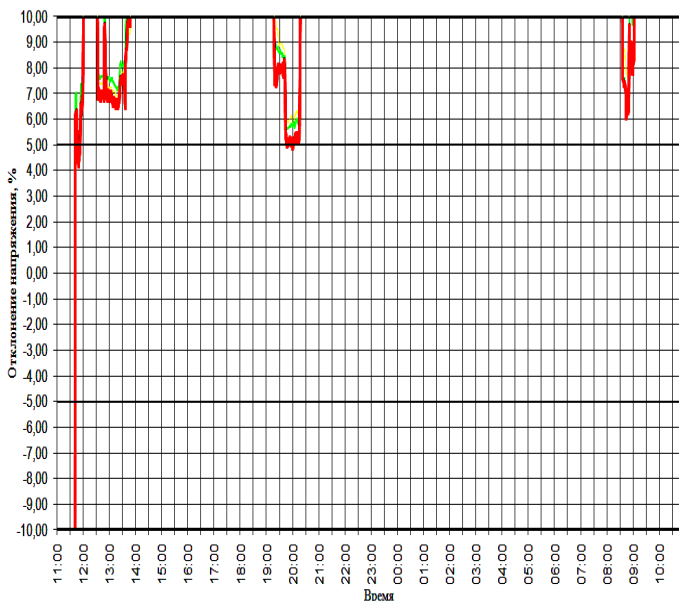
$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_1^2}{N}}.$$

Затем определили значение установившегося отклонения напряжения  $\delta U_y$  в процентах:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100.$$

Качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения в точке общего присоединения к электрической сети считают соответствующим требованиям стандарта, если все измеренные значения установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном предельно допустимыми значениями, и не менее 95% измеренных за тот же период времени значений установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном нормально допустимыми значениями. Дополнительно допускается определять соответствие нормам по суммарной продолжительности времени выхода измеренных значений за нормально и предельно допустимые пределы. При этом качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения считают соответствующим требованиям стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, а за предельно допустимые – 0% от этого периода времени [1].

После проведения испытаний качества электрической энергии на сельскохозяйственном предприятии были получены данные (рис. 1), которые показывают, что в 100% времени значения установившегося отклонения напряжения превышают нормально допустимые значения и в 80% времени превышают предельно допустимые значения.



**Рис. 1. Отклонение установившегося значения напряжения**

Такое качество электрической энергии вызовет сбои в работе и выход из строя дорогостоящего электрооборудования. Учитывая это, эффективным вариантом является использование автономных источников электроснабжения.

Среди наиболее эффективных направлений для Тамбовской области можно считать использование биогаза в биогазовых установках, а именно, преобразование энергии отходов биологического происхождения (растительные остатки, отходы животноводства) в энергию (тепловую и электрическую) с помощью газотурбинных генераторов.

Источником биоматериала для биогазовых установок может стать мясное животноводство. За последнее время в Тамбовской области было построено порядка 10 крупных животноводческих комплексов.

Однако использование биогазовых установок сопряжено с рядом технологических ограничений [2]:

- производительность газа значительно снижается при отклонении температуры на 1...2 °С от оптимума;
- требуются значительные энергетические затраты на поддержание необходимой температуры (особенно в зимнее время);
- электрические и тепловые нагрузки подвержены значительным колебаниям по сезонам и времени суток.

Таким образом, для более подробного изучения возможностей применения таких установок в условиях Тамбовской области требуется проведение научно-исследовательских работ и разработка необходимых методик, позволяющих правильно оценить все достоинства и недостатки применения биогазовых установок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 13109–97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – С. 12–13.

2. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М. : Колос, 1982. – 148 с.

*Кафедра «Электрооборудование и автоматизация»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 681.5.08:536.2**

***С.О. Юрина, А.Ю. Попов, С.Н. Мочалин\****

### **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Все усложняющиеся задачи по повышению качества и надежности энергетических объектов требуют дальнейшего совершенствования методов и средств контроля и диагностики конструкций и материалов различного назначения.

Исследование зависимости ТФС конструкционных материалов от температуры позволит более точно рассчитать эффективность этих объектов при работе на разных температурных режимах, что позволит снизить затраты при постройке и эксплуатации теплоэнергетических объектов. Среди методов и средств исследования ТФС материалов методы, основанные на режиме монотонного разогрева, позволяют за один эксперимент определить ТФС материала для диапазона значений температуры, что существенно экономит время для исследования температурной зависимости ТФС. Наиболее важной и сложной задачей при реализации метода определения ТФС на основе режима монотонного разогрева является разработка математической модели, максимально точно описывающей реальный процесс теплопереноса и состояния температурных полей в измерительной ячейке прибора.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, ассистента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С.Н. Мочалина.

Используя современные технологии автоматизации на кафедре «Гидравлика и теплотехника» Тамбовского государственного технического университета была создана измерительная система (ИС) для исследования зависимости ТФС твердых материалов от температуры. В основе системы используется модифицированный измеритель ИТ- $\lambda$ -400, возможности которого значительно расширены благодаря использованию различных режимов теплового воздействия на исследуемый образец.

Измерительная система (ИС) для определения температурных зависимостей теплоемкости твердых материалов реализует метод монотонного режима [1, 2].

Погрешность измерителя также снижена за счет применения более точных математических моделей для каждого режима разогрева. Рабочее место оператора измерительной установки создано на базе персонального компьютера, оснащенного платой сбора данных РСІ-1202Н и специальным программным обеспечением по сбору, обработке, накоплению и систематизации данных.

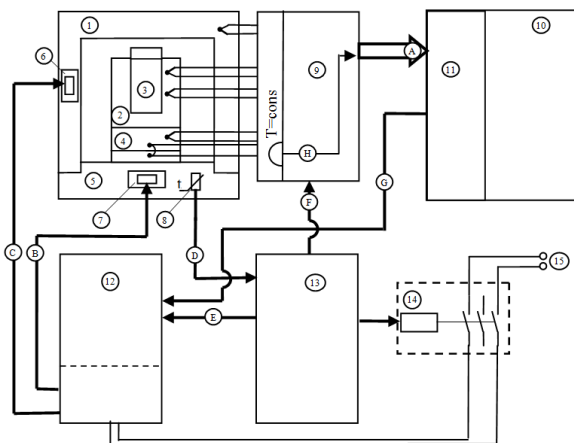
Измерительная схема ИС представлена на рис. 1.

Ядром ИС является измерительная ячейка, которая состоит из адиабатной оболочки 1, основания 5, тепломера 4 и ампулы 2 и испытуемого образца 3.

Чувствительными элементами ИС являются термопары типа хромель-алюмель, холодные спаи которых припаяны к входам блока 9. Температура блока 9 определяется встроенным в него датчиком с потенциальным выходом, сигналы  $H$  от которого, как и сигналы  $A$  от термомпар, поступают на вход АЦП/ЦАП платы 11 компьютера 10. Компенсация температуры холодных спаев производится программным обеспечением ИС.

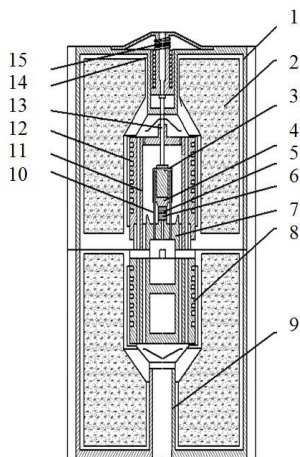
В режиме реального времени обрабатываются данные, поступающие с термомпар. Программное обеспечение управляет процессом измерения, посылая сигналы  $G$  через ЦАП на блок питания и регулирования 12, который в свою очередь управляет процессом нагрева, изменяя мощность, выделяемую нагревателями 6 и 7, входящими в состав измерительной ячейки. С целью защиты элементов теплового блока от перегрева в состав ИС включен блок аппаратной защиты и коммутации 13, который также управляет питанием блоков 9 и 12. Реле 14, реагирующее на сигнал  $D$  от датчика температуры 8, защищает тепловой блок от перегрева. Блок 13 реализует алгоритм коммутации посредством релейной части, а также управляет силовым реле 14, подключающим блок питания и регулирования к сети 15.

В тепловом блоке размещаются элементы ИС и измерительная ячейка (ядро). Схема теплового блока представлена на рис. 2.



**Рис. 1. Измерительная схема ИС:**

1 – адиабатная оболочка; 2 – ампула; 3 – образец; 4 – термомер; 5 – основание; 6 – нагреватель оболочки; 7 – нагреватель основания; 8 – датчик температуры основания; 9 – блок холодных спаев; 10 – ПК; 11 – РСИ совместимая плата АЦП/ЦАП; 12 – блок питания и регулирования; 13 – блок аппаратной защиты и коммутации; 14 – силовое реле; 15 – сеть (220В, 50Гц); А – сигналы термопар; В – питание нагревателя основания; С – питание нагревателя оболочки; D – сигнал от датчика температуры основания; E – питание низковольтной части блока питания и регулирования; F – питание блока холодных спаев термопар; G – сигнал, управляющий нагревом; H – сигналы с датчика температуры холодных спаев термопар



**Рис. 2. Схема теплового блока:**

1 – корпус; 2 – оболочка; 3 – образец; 4 – основание; 5 – контактная пластина; 6 – нагревательный блок; 7 – термомер; 8, 12 – адиабатическая оболочка; 9, 14 – патрубков; 10, 11 – трубки; 13 – шток; 15 – пружина.

Основными узлами теплового блока являются: корпус 1, разъемная теплоизоляционная оболочка 2 и металлическое ядро. Контактная пластина тепломера 5 выполнена в виде цилиндрической ампулы. Образец 3 диаметром 15,5 мм и высотой 16 мм устанавливается по скользящей посадке с контактной смазкой внутри ампулы, которая закрывается плотно крышкой. Для температурных измерений монтируются две термопары в ампуле-пластине и одна в основании. Используются термопары диаметром 0,2 мм, изолированные в горячей зоне ядра керамическими трубками диаметром около 1 мм. Все термопары выводятся через неподвижную часть ядра и подключаются к блоку холодных спаев. Программное обеспечение позволяет изменять алгоритмы, управляющие режимом эксперимента без изменения аппаратной части ИС, что делает систему гибкой, расширяет ее функциональные возможности.

Управление процессом измерения контролируется разработанным программным обеспечением ПК, взаимодействующим с платой (рис. 3).

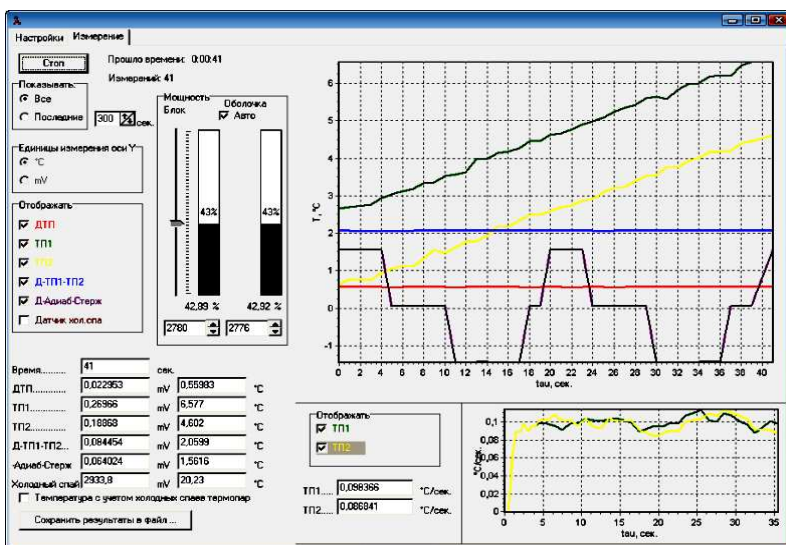


Рис. 3. Лицевая панель управления ИС

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.
2. Теплофизические измерения : учеб. пособие для вузов / Е.С. Платунов, И.В. Баранов, С.Е. Буравой, В.В. Курепин ; под общ. ред. Е.С. Платунова. – СПб. : СПбГУНиПТ, 2010. – 738 с.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 621.396.721

*Д.В. Комраков\**

## ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В настоящее время сотовые операторы стали достаточно активно предлагать услуги по определению местоположения абонента. Существуют несколько видов систем мобильного позиционирования [1].

В составе последних в настоящее время быстро развивается система определения местоположения «LocationServices (LCS)» для мобильных сотовых систем «GlobalSystemsMobile (GSM)» (табл. 1), которая практически без изменений рекомендована и внедряется в новые сети мобильной связи «UniversalMobileTelecommunicationsSystem (UMTS)».

### 1. Основные методы позиционирования в сетях GSM

Технология позиционирования	Основной принцип	Преимущества	Недостатки	Достижимая точность, м
Time of Arrival (TOA)	Измерение и сравнение интервалов времени прохождения сигнала от мобильного телефона до нескольких (не менее трех) базовых станций	1. Не требуется замена сотовых телефонов и модификация их программного обеспечения	1. Необходимость больших затрат на расширение инфраструктуры сети и модификацию программного обеспечения. 2. Жесткие требования к временной синхронизации элементов системы	До 125

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГТТУ» А.В. Иванова.

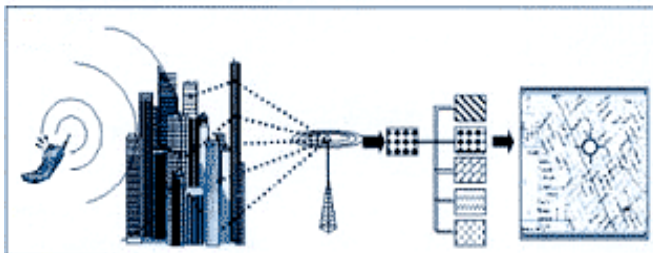


Технология позиционирования	Основной принцип	Преимущества	Недостатки	Достижимая точность, м
Observed Time Difference (OTD)	Измерение и сравнение интервалов времени прохождения сигналов от нескольких базовых станций до мобильного телефона	1. Снижение затрат на установку дополнительных модулей по сравнению с методом TOA (примерно в 4 раза). 2. Отсутствие необходимости жесткой временной синхронизации	1. Необходимость изменения программного обеспечения мобильных телефонов или использование новых моделей аппаратов	До 50
Assisted Global Positioning System (A-GPS)	Совмещение приемников сотовых телефонов с приемниками систем спутниковой навигации	1. Высокая точность позиционирования. 2. Глобальное покрытие	1. Необходимость использования новых моделей сотовых телефонов. 2. Наличие «мертвых зон» в местопределении. 3. Длительное время инициализации GPS-приемника	До 10

Определение местоположения подвижных наземных объектов основано на определении дальности между подвижным наземным объектом и приемниками трех и более базовых станций.

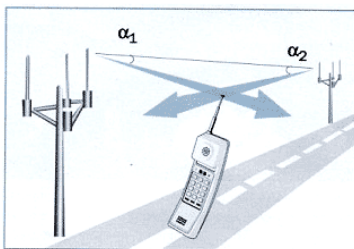
Уникальным методом позиционирования мобильных телефонов, не имеющим аналогов в классической радиопеленгации, является метод сопоставления образов (сигнатур) мест расположения абонентов «LocationPatternMatching (LRM)» мобильного абонента (рис. 1), разработанный компанией US Wireless и использующий технологию анализа параметров радиосигнала и характеристик его многолучевого распространения. Измеряя фазовые, временные и амплитудные параметры фрагментов радиосигнала мобильного телефона, отраженного от препятствий (зданий, возвышенностей и т.п., базовая станция оценива-

ет структуру подобного «радиоотпечатка» (fingerprint) сигнала и вычисляет его «сигнатуру» (signature)). Полученная информация сравнивается системой со своей базой образцов таких «сигнатур», соответствующих разным вариантам расположения мобильного абонента на местности. Достижимые точности определения координат сотового телефона варьируют в пределах от единиц до сотен метров [2].



**Рис. 1. Метод LocationPatternMatching**

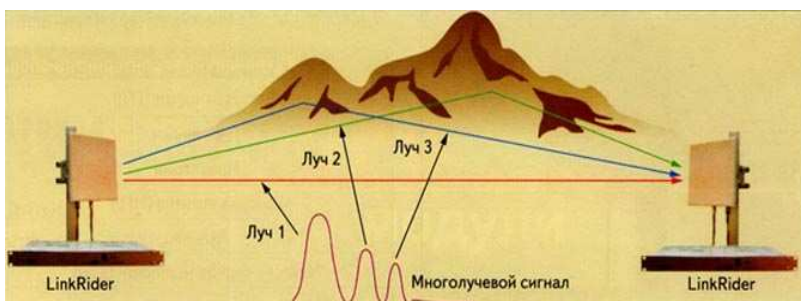
Существенным недостатком данных технологий является непосредственное использование самих базовых станций или центра коммутации для вычисления координат. При этом информация о местоположении выдается абоненту с периодом повторения 10...20 с. Если взять во внимание то, что координаты базовых станций известны, и они постоянно вещают информацию в эфир (причем у каждой станции эта информация уникальна), то для определения местоположения можно использовать метод, основанный на приеме сигналов базовых станций для определения собственных координат (рис. 2). Так как в данном случае нет необходимости делать запросы на базовые станции, в отличие от приведенных выше методов, то можно вычислять свое местоположение непрерывно. Данная технология может быть основана на использовании информации о направлении приема сигнала от базовых станций. Контроллер в приемнике сигналов сможет вычислять



**Рис. 2. Метод, основанный на приеме сигнала от базовых станций**

собственное местоположение на основе информации о пересечении линий направления приема сигнала, т.е. эта технология требует, как минимум, двух базовых станций и приемника оборудованного антеннами с узкой диаграммой направленности. Большее количество используемых для расчета станций даст лучшие показатели точности.

При реализации данной технологии возникают две проблемы практического характера. Во-первых, точность определения направления приема прямо пропорциональна ширине диаграммы направленности антенны, т.е. на приемнике сигналов требуются адаптивные и интеллектуальные (smart-antennas) антенные решетки, а их цена значительно превышает стоимость традиционных антенн. Во-вторых, из-за эффекта многолучевого распространения радиоволн не всегда можно отличить прямой сигнал мобильной станции от переотраженных сигналов (рис. 3). Измеренное и реальное расстояния редко совпадают, а в некоторых случаях, в зависимости от топологии местности, расхождения могут быть очень большими как в городе, так и на открытой местности.



**Рис. 3. Многолучевое распространение радиоволн**

Однако вторая проблема не является специфической для данной технологии и характерна для большинства технологий определения местоположения. Для ее устранения используют различные вспомогательные технологии, которые призваны компенсировать тот факт, что радиосигнал редко доходит до абонента по прямой траектории и любые выполненные мобильной станцией или абонентским оборудованием измерения не показывают реальное расстояние от него до базовой станции или наоборот.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, В.П. Местоопределение абонентов в сетях сотовой связи / В.П. Николаев // Специальная техника. – 2001. – № 5.
2. Определение местоположения абонента в сетях GSM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.amobile.ru/info/tech/gps/location.htm>.

*И.В. Князев\****АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С УЛУЧШЕННЫМИ  
ТОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

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, их применение позволяет измерять дальность с точностью до 150...200 м и азимут с точностью  $1,5^\circ$ [1]. В настоящее время существует множество алгоритмов такой обработки, на практике реализуемые в виде  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтров (их алгоритмы базируются на гипотезе движения цели с постоянной скоростью и с постоянным ускорением соответственно, характеризуются постоянством коэффициентов передачи и требуют незначительных вычислительных мощностей), а также фильтров с переменными коэффициентами, более точно отражающими физическую сущность процесса, и обеспечивающими лучшую точность оценки координат летательного аппарата (ЛА).

Цель данной статьи – исследовать методом математического моделирования влияние применения некоторых фильтров на эффективность функционирования АСУВД. Исследование эффективности применения вторичной обработки радиолокационной в дальнейшем позволит найти компромисс между вычислительными затратами, необходимыми для реализации алгоритмов и получаемой с их помощью точностью. В качестве критерия эффективности АСУВД выбрана пропускная способность системы, при заданном уровне безопасности, т.е. количество ЛА, одновременно находящихся в зоне ее ответственности, при фиксированной вероятности нарушения одним ЛА области безопасности (ОБ) другого.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой 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» Ю.Н. Панасюка.

При управлении воздушным движением считают, что ЛА движется по заданной траектории, называемой линией заданного пути (ЛЗП). Вокруг ЛА строится область безопасности, представляющая собой объемную фигуру (она может иметь форму сферы цилиндра и др.) [2], объем области безопасности зависит от точностных характеристик АСУВД. Величина области безопасности, в свою очередь, влияет на пропускную способность системы.

Исследуем влияние СКО дальности измерительной подсистемы АСУВД на ее пропускную способность. Вероятность нарушения ОБ какого-либо ЛА определяется по формуле

$$P = \frac{(n-1)W_{lk}}{W_p - (n-1)W_{lk}} W_{ла}, \quad (1)$$

где  $W_{lk}$  – объем ОБ одного ЛА;  $W_p$  – объем зоны ответственности АСУВД;  $W_{ла}$  – ошибка определения местоположения ЛА:

$$W_{ла} = 1 - \frac{dW_n}{W_n}, \quad (2)$$

где  $dW_n$  – геометрический объем ЛА,  $W_n$  определяется по формуле

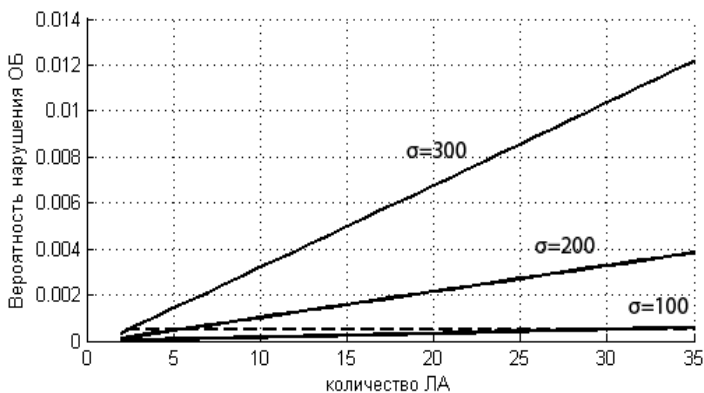
$$W_n = \frac{4}{3}\pi(6\sigma)^3, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – СКО измерения дальности.

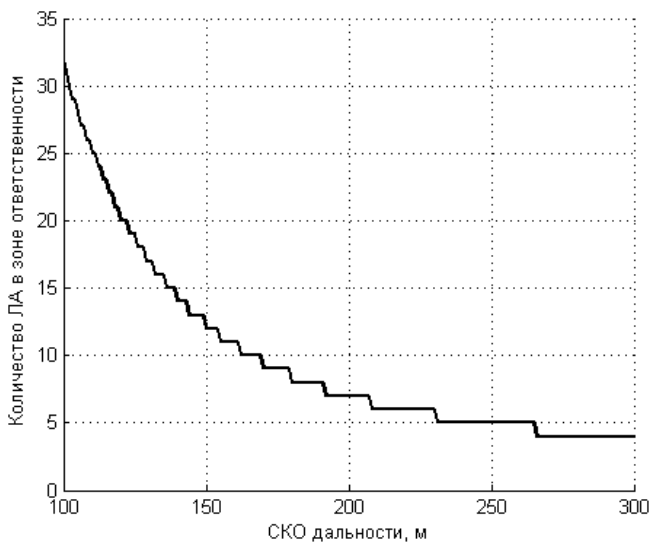
Очевидно, что максимальное количество ЛА, способных безопасно разместиться (учитывая области безопасности) в объеме  $W_p$  определяется при  $P = 1$ .

Воспользовавшись выражениями (1) – (3) и задавшись исходными данными:  $W_p = 10^{13}$  м,  $dW_n$  – объем сферы радиусом 45 м,  $W_{lk}$  – объем сферы радиусом  $(45 + 3\sigma)$  м, построим зависимости  $P = P(n)$  вероятности нарушения ОБ ЛА от количества ЛА в зоне ответственности АСУВД для различных значений СКО. На рисунке 1 в качестве примера показаны такие зависимости для трех значений.

Затем выберем допустимую вероятность нарушения безопасности полета:  $P_{доп} = 5 \cdot 10^{-5}$  и находим точки пересечения прямых  $P = P_{доп}$  (пунктирная линия на рис. 1) и  $P = P(n)$  для каждого значения СКО дальности, абсциссы (их необходимо округлить до целых в сторону уменьшения) найденных точек представляют собой количество ЛА, способных безопасно находиться в зоне ответственности АСУВД. Таким образом, получим зависимость  $n = n(\sigma)$ . Из полученной зависимости (рис. 2) видно, что по мере уменьшения СКО дальности, значительно возрастает пропускная способность системы.



**Рис. 1. Зависимость вероятности нарушения ОБ ЛА от количества ЛА в зоне ответственности АСУВД**



**Рис. 2. Зависимость количества ЛА, безопасно находящихся в зоне ответственности АСУВД от СКО дальности**

Исследования показывают что применение  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтров позволяет получить среднеквадратичные отклонения дальности порядка 150...200 м, а применение фильтра с переменными коэффициентами порядка 120...100 м. Таким образом  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтрация позволяет при указанных выше условиях получить пропускную способность по-

рядка 7 – 12 ЛА, а применение фильтра с переменными коэффициентами порядка 20 – 32 ЛА.

Применение вторичной обработки радиолокационной информации в АСУВД позволяет существенно улучшить качество функционирования данных систем, в частности, за счет улучшения точностных характеристик системы, повысить ее пропускную способность, не снижая при этом уровень безопасности (или наоборот: повысить уровень безопасности, не уменьшая пропускную способность). Целесообразно применять фильтры с переменными коэффициентами так как они из-за более высокой точности, по сравнению с применяющимися  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтрами, и нелинейности зависимости количества ЛА, безопасно находящихся в зоне ответственности АСУВД от СКО дальности обеспечивают значительный рост пропускной способности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в автоматизированных системах управления полетами / Ю.В. Лобачев, Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2008.

2. Задорожный, А.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением / А.И. Задорожный. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1998.

*Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 621.396.26**

*Л.А. Подколзина, К.М. Другов\**

### **АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ КАНАЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ**

Для определения координат и параметров движения подвижных наземных объектов в последнее время стали использовать навигационные системы, включающие в свой состав: датчик скорости движения; гироскопическую систему определения пространственного поло-

---

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

жения продольной оси объекта или инерциальную навигационную систему, которая помимо пространственного положения позволяет определять вектор ускорения объекта; аппаратуру приема сигналов спутниковой радионавигационной системы (СРНС); цифровой вычислитель; систему отображения информации. Состав навигационной системы определяют, исходя из необходимости решения задач вычисления местоположения объекта, коррекции результатов счисления и отображения информации о местоположении объекта с использованием цифровой карты местности.

Максимального эффекта при работе навигационных систем удастся достичь на основе применения методов оптимального оценивания случайных процессов. Разработанные этими методами комплексные алгоритмы обеспечивают высокую точность определения текущих координат местоположения и параметров движения объекта [1, 2].

Пусть на наземном подвижном объекте установлено четыре модуля, а именно: инерциальный модуль, модуль на основе спутниковых радионавигационных систем, модуль на основе геомагнитных систем и модуль на основе наземных сетевых систем.

В состав инерциального модуля входят: курсовертикаль, датчики линейных ускорений (ДЛУ), датчики угловых скоростей (ДУС). При этом считаем, что предварительная обработка сигналов, заключающаяся в пересчете выходных сигналов датчиков в нормальную земную систему координат  $OX_g Y_g Z_g$ , произведена.

Положение подвижного объекта в нормальной земной системе координат  $OX_g Y_g Z_g$ , начало которой удалено от центра Земли  $R_0$  на величину, определяется координатами  $x, y, z$ .

При этом ось  $OX_g$  направлена на север, ось  $OY_g$  – на восток, ось  $OZ_g$  – вверх по местной вертикали.

В состав модуля на основе спутниковых радионавигационных систем входит  $M$ -канальная аппаратура приема сигналов. Аппаратура приема сигналов СРНС обеспечивает прием радиосигналов СРНС ГЛОНАСС. При этом полагаем, что преобразование выходных данных о местоположении объекта из системы координат ПЗ-90, в которой работает СРНС ГЛОНАСС, в геоцентрическую (сферическую) систему координат выполнено. При движении объекта аппаратура приема сигналов СРНС позволяет рассчитать вектор скорости объекта и пространственное положение его поперечной и продольной осей.



В состав модуля на основе наземных сетевых систем (НСС) входит аппаратура запроса и приема данных о координатах подвижного наземного объекта от базовых станций сотовой наземной радиотехнической инфраструктуры. Полагаем, что преобразование координат объекта в геоцентрическую (сферическую) систему координат выполнено.

В состав модуля на основе геомагнитных систем входят: датчик скорости движения и цифровой магнитный компас. Цифровой магнитный компас, реализованный на основе феррозондов и акселерометров, позволяет определять с учетом знания магнитного склонения и аппаратурной поправки пространственное положение продольной и поперечной осей наземного подвижного объекта. Полагаем, что все необходимые преобразования в модуле выполнены, и на выходе модуля имеются сигналы о пространственном положении продольной и поперечной осей.

Датчик скорости движения определяет скорость объекта вдоль продольной оси. Зная пространственное положение продольной оси можно определить проекции скорости на оси нормальной земной системы координат  $Ox_g Y_g Z_g$ . Полагаем, что все необходимые преобразования в модуле выполнены.

Рассмотрим канал оценивания координат местоположения наземного подвижного объекта. Для получения комплексных оптимальных алгоритмов обработки информации в этом канале воспользуемся методами оптимального оценивания.

Положение объекта в геоцентрической (сферической) системе координат зададим координатами  $(\varphi, \lambda, H)$ . Для получения алгоритмов необходимо задание математической модели движения объекта в пространстве и времени. Данная задача является довольно сложной, так как зависит от типа объекта, вида совершаемого им движения (медленный разворот, быстрый разворот и так далее). Поэтому она может быть решена только для отдельных случаев движения объекта. Чтобы избежать задание математической модели движения объекта, воспользуемся принципом распределения информации между векторами наблюдения и управления. Так как под векторами наблюдения и управления понимаются совокупности переменных, известных в результате измерения, то от воли исследователя зависит, сигналы каких измерителей отнести к вектору управления, а каких к вектору наблюдения.

Согласно этому принципу истинные значения составляющих вектора ускорения объекта в математической модели заменяются на изме-

ренные значения ДЛУ, т.е. выходные сигналы ДЛУ используются в качестве компонент вектора управления.

Подлежащий оцениванию вектор состояния имеет вид

$$\mathbf{X}_M(t_k) = [\varphi(t_k), \lambda(t_k), H(t_k), V_X(t_k), V_Y(t_k), V_Z(t_k), \Delta_{aX}(t_k), \Delta_{aY}(t_k)\Delta_{aZ}(t_k)]^T$$

и включает девять компонент:  $\varphi$  – широта;  $\lambda$  – долгота;  $H$  – высота;  $V_x(t_k), V_y(t_k), V_z(t_k)$  – составляющие вектора скорости объекта;  $\Delta_{aX}(t_k), \Delta_{aY}(t_k)\Delta_{aZ}(t_k)$  – постоянные составляющие погрешностей измерений ускорения ДЛУ.

В результате синтеза было получено следующее выражение для комплексной оптимальной оценки:

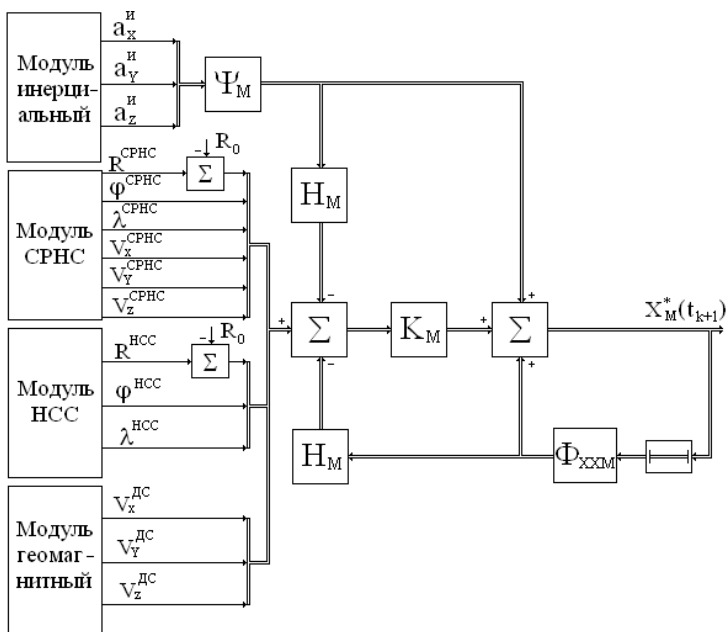
$$\begin{aligned} \mathbf{X}_M^*(t_{k+1}) = & \Phi_{xxM}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_M^*(t_k) + \Psi_M(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_M(t_k) + \mathbf{K}_M(t_{k+1}) \times \\ & \times \left[ \Xi_M(t_{k+1}) - \mathbf{H}_M(t_{k+1})\Phi_{xxM}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_M^*(t_k) - \mathbf{H}_M(t_{k+1})\Psi_M(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_M(t_k) \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\mathbf{K}_M(t_{k+1})$  – матрица оптимальных коэффициентов передачи размером  $(9 \times 9)$  определяемая соотношениями:

$$\begin{aligned} \mathbf{K}_M(t_{k+1}) = & \mathbf{P}_M(t_{k+1} | t_k)\mathbf{H}_M^T(t_{k+1}) \times \\ & \times \left[ \mathbf{H}_M(t_{k+1})\mathbf{P}_M(t_{k+1} | t_k)\mathbf{H}_M^T(t_{k+1}) + \Gamma_{\Xi M}(t_{k+1})\Gamma_{\Xi M}^T(t_{k+1}) \right]^{-1}; \\ \mathbf{P}_M(t_{k+1} | t_k) = & \Phi_{xxM}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{P}_M(t_k)\Phi_{xxM}^T(t_{k+1}, t_k) + \\ & + \Gamma_{xM}(t_{k+1}, t_k)\Gamma_{xM}^T(t_{k+1}, t_k); \\ \mathbf{P}_M(t_{k+1}) = & \left[ \mathbf{I} - \mathbf{K}_M(t_{k+1})\mathbf{H}_M(t_{k+1}) \right] \mathbf{P}_M(t_{k+1} | t_k), \end{aligned}$$

в которых  $\mathbf{P}_M(t_{k+1} | t_k)$  – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок прогнозирования размером  $(9 \times 9)$ ;  $\mathbf{P}_M(t_{k+1})$  – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером  $(9 \times 9)$ ;  $\mathbf{I}$  – единичная матрица размером  $(9 \times 9)$ ;  $\Phi_{xxM}(t_{k+1}, t_k)$  и  $\Psi_M(t_{k+1}, t_k)$  – матрицы перехода и управления;  $\Xi_M(t_{k+1})$  и  $\mathbf{W}_M(t_k)$  – вектора наблюдения и управления;  $\Gamma_{xM}(t_{k+1})$  и  $\Gamma_{xM}(t_{k+1})$  – матрицы шумов.

Структурная схема обработки информации в канале оценивания координат местоположения наземных подвижных объектов, синтезированная в соответствии с алгоритмом (1), представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема обработки информации в канале оценивания координат местоположения наземных подвижных объектов**

В состав схемы входят сумматоры, усилители и линия задержки. На вход схемы поступают сигналы с выходов инерциального модуля, модуля на основе спутниковых радионавигационных систем, модуля на основе геомагнитных систем и модуля на основе наземных сетевых систем. Выходные сигналы инерциального модуля (сигналы с выходов ДЛУ) используются в качестве компонент вектора управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, А.В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов / А.В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 5. – С. 12 – 17.
2. 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.

*Р.А. Ефремов\**

## **СИНХРОНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОМ ПРИЕМЕ С МОДУЛЯЦИЕЙ ПЕРИОДА СЛЕДОВАНИЯ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА**

Современные методы и средства передачи информации в основном ориентированы на передачу значительных объемов информации с высокой скоростью, причем в условиях относительно малых помех и искажений сигнала в линии связи, однако существуют системы, в которых объемы передаваемой информации не столь значительны, но передача модулированного сигнала сопровождается его искажением в линии связи из-за доплеровского рассеяния, диспергирующих свойств среды, а также воздействием на него различных помех.

Важным параметром системы, функционирующей в этих условиях, является помехоустойчивость, при этом помехоустойчивость применяемого метода передачи информации зависит не только от корреляционных свойств передаваемых сигналов, способов модуляции и демодуляции принимаемых сообщений, но также от эффективности работы синхронизатора, являющегося обязательной частью любой системы связи.

Известен метод передачи дискретной информации включающий: модуляцию на основе сопоставления информационным символам сигналов с ортогональной множественной структурой боковых лепестков автокорреляционной функции (АКФ), в качестве которых используются периодические составные сигналы с различным периодом повторения шумоподобного сигнала (ШПС), и демодуляцию, которая выполняется на основе сравнения значений АКФ принятого сигнала, в нескольких точках, соответствующих максимумам боковых лепестков АКФ передаваемых сигналов [1].

Мы предлагаем решение задачи тактовой синхронизации для описанного метода передачи информации.

АКФ передаваемых символов при использовании такого метода модуляции имеет многолепестковую структуру, которая позволяет заметить, что последний боковой лепесток хоть и имеет самую малую энер-

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.А. Дахновича.

гию  $E_0$ , в отличие от первого бокового с энергией  $(n - 1)E_0$ , но имеет самую большую удаленность от центрального пика, равную  $(n - 1)T_i$ . Следовательно, при анализе АКФ в максимуме последнего бокового лепестка с помощью демодулятора сигнал будет иметь положительное значение на его выходе только в моменты времени, равные  $2T_i$ .

На основании этого факта разработан способ синхронизации, заключающийся в том, что для выделения синхроимпульсов из принимаемого сигнала используется анализ значения в максимуме последнего бокового лепестка АКФ.

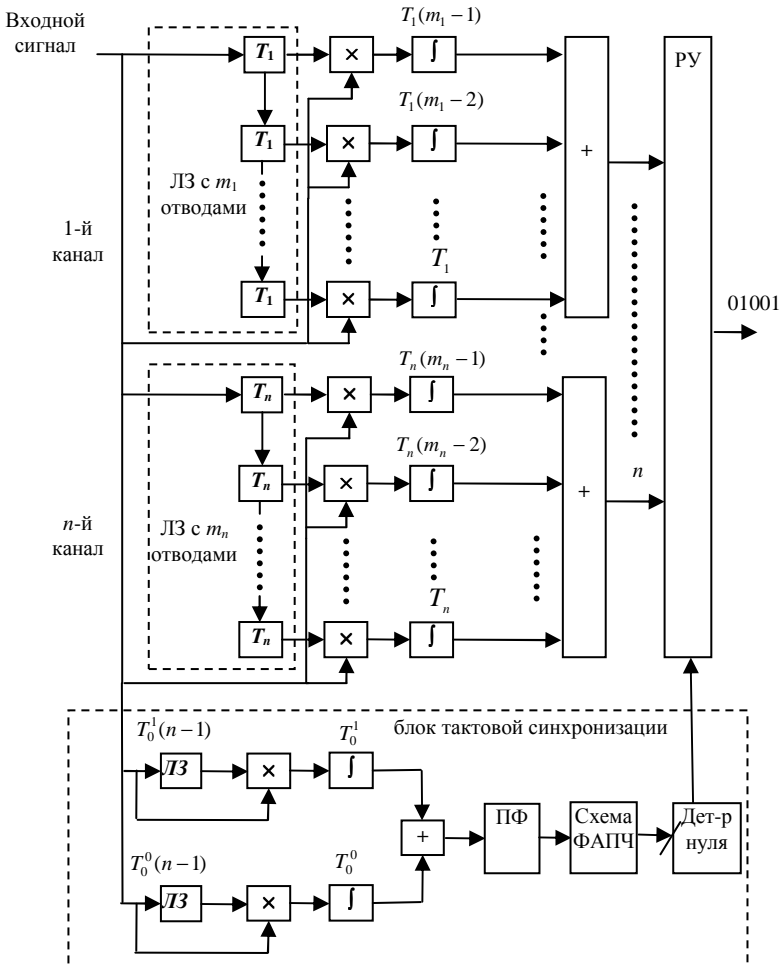


Рис. 1. Блок-схема демодулятора и синхронизатора

Для реализации разработанного способа необходимо иметь на приемной стороне два коррелятора, выходы которых суммируются; каждый коррелятор должен вычислять значение АКФ входного сигнала в одной точке  $(n - 1)T_i$ , которая соответствует максимуму последнего бокового лепестка  $i$ -го варианта сигнала. Последовательность откликов корреляторов после суммирования поступает на полосовой фильтр (ПФ), для выделения основной спектральной составляющей с частотой, соответствующей частоте следования символов. Далее сигнал поступает на схему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и далее на детектор нуля, который в момент перехода гармонического сигнала через нулевой уровень выдает синхроимпульс для решающего устройства каналов обработки входного сигнала (рис. 1). На передающей стороне, в ПЗУ передатчика, необходимо иметь, для каждого используемого канала в системе, два различных сигнала. При передаче необходимо производить постоянную коммутацию этих сигналов, чтобы даже на стыке двух одинаковых логических уровней сигнал постоянно менялся.

На рисунке 2 представлен сигнал после обработки его корреляторами синхронизатора и суммирования, из которого видно, что длительность сигнала равняется  $2T_0$ , а период следования  $T$ .

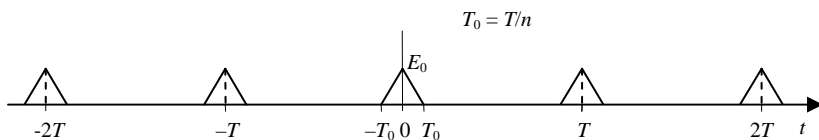


Рис. 2. Сигнал на выходе сумматора

Для оценки эффективности схемы синхронизатора получено выражение для амплитуды сигнала и для дисперсии шумовой составляющей на выходе ПФ (при  $n \geq 10$  и  $FT \gg h^2$ ):

$$\left. \begin{aligned} V_1 &\approx \frac{2E}{n^2} \\ \sigma_{\text{вых}}^2 &\approx \frac{N_0^2}{Q} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $Q = \Delta f / f$  – добротность ПФ;  $E$  – энергия бита;  $n$  – число повторов элементарного ШПС в течение длительности бита  $T$ ;  $F$  – ширина спектра ШПС;  $\Delta f$  – полоса пропускания ПФ;  $N_0$  – спектральная плотность мощности гауссовского белого шума;  $V_1$  – амплитуда 1 гармоники сигнала;  $\sigma^2$  – дисперсия шумовой составляющей.

Так при использовании полосового фильтра с добротностью  $Q = 4000$ , числе повторов  $n = 25$  и  $h^2 = 10$  отношение

$$\frac{V_1}{\sigma_{\text{вых}}} = \frac{2 \cdot 10}{25^2} \sqrt{4000} = 2.$$

Поскольку  $\frac{P_c}{P_{ш}} = \frac{h^2}{FT}$ , то видно, что при широкой базе сигнала  $FT$ , работоспособность системы будет сохраняться при отношении  $P_c/P_{ш}$  значительно меньше единицы.

Время установления синхронизма определяется полосой  $\Delta f$  фильтра:  $f_{\text{уст}} \approx 3/\Delta f = 3QT$ .

Так при  $T = 1$  мкс и  $Q = 4000$  время установления составляет  $f_{\text{уст}} \approx 12$  мс.

Разработанный способ синхронизации позволяет без значительного усложнения аппаратурной реализации устройства, не снижая теоретическую помехоустойчивость известного метода передачи информации, осуществлять помехоустойчивую передачу дискретной информации в условиях искажений сигнала в линии связи и отношений сигнал–шум менее единицы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дахнович, А.А. Беспроводная передача данных в информационно-измерительных системах в условиях помех / А.С. Григорьев, А.А. Дахнович, Р.А. Ефремов // Труды ТГТУ. – 2009. – № 12, Т. 2. – С. 14 – 19.

*Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

УДК 365.262.2

*К.Ю. Солопова\**

## **СТРОИТЕЛЬСТВО АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ: АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ**

Рынок жилья является одним из наиболее динамично развивающихся сегментов рынка недвижимости и несет особую социальную нагрузку. Обеспеченность жильем и его доступность для населения напрямую влияют на уровень жизни, сказываются на рождаемости и темпах прироста населения, отражаются на его экономической культуре. Приобретение жилья требует значительных затрат денежных средств, моменту покупки обычно предшествует длительный период накопления. Массовый рынок жилья необходим как для решения социальных проблем, так и для развития экономики в целом.

Удовлетворение потребностей в жилище, улучшение жилищных условий населения является важнейшим элементом социальной политики, оказывающим влияние на демографическое и социально-экономическое развитие общества, состояние здоровья населения.

Определим, каковы социальные предпосылки реализации программы строительства арендного жилья и насколько население готово ее воспринять.

Всероссийский опрос, репрезентирующий мнение городского и сельского населения в возрасте 18+ показал, что в России жилищная проблема не является повсеместной, а трудности с жильем испытывает примерно треть населения.

В массовых опросах населения доля людей, которые оценивают материальный достаток своих семей на уровне, позволяющем приобрести «действительно дорогие вещи» – квартиры, машины, дачи и т.п., никогда не превышал 1% опрошенных (это ниже уровня статистической значимости опросов, в рамках которых опрашивается 1–2 тыс. респондентов). То есть платежеспособный спрос населения на жилье ограничен считанными процентами населения страны.

Проведенный анализ потребности жителей в жилье показал, что для обеспечения населения жильем необходимо решение первоочередной задачи – развитие жилищного строительства. Данные социологиче-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И.В. Гиясовой.



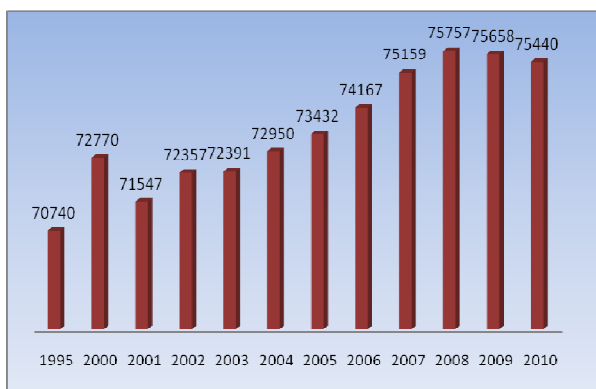
ских исследований на 2009 г. показывают, что жилищная проблема стоит перед 60% российских семей, в той или иной степени не удовлетворенных жилищными условиями. При этом каждая четвертая семья имеет жилое помещение, находящееся в плохом или очень плохом состоянии. Общая потребность населения России в жилплощади составляет 1570 млн. кв. м, для ее удовлетворения необходимо увеличить жилищный фонд на 46%. Учитывая планы по увеличению объемов строительства (в среднем на 6% в год), для выхода из сложившейся ситуации требуются активные усилия краевых и муниципальных властей [1].

Денежные доходы в расчете на душу населения являются основным показателем уровня жизни, так как определяют, в конечном счете, уровень и структуру потребления, а также прирост сбережений. Динамика доходов населения во многом зависит от экономического положения в стране.

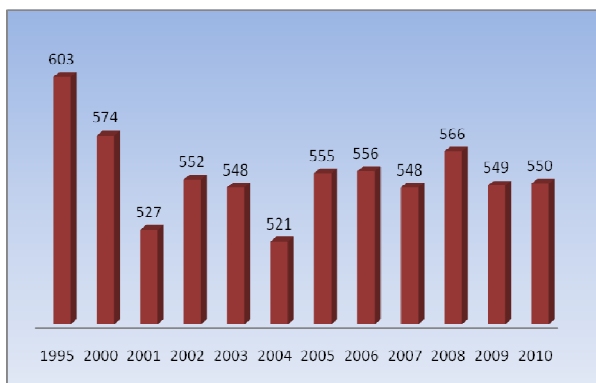
Выполненный анализ влияния уровня доходов населения на процессы развития строительства арендного жилья в Российской Федерации и Тамбовской области показал:

1. Основные показатели денежных доходов населения с 1995 по 2010 гг. растут. Однако, абсолютная величина доходов не позволяет приобрести жилье в собственность за полную стоимость. Арендное строительство в данной ситуации может выступать как один из способов решения жилищной проблемы.

2. Численность экономически активного населения в Российской Федерации с 1995 по 2010 гг. выросла на 6,64% (рис. 1). В Тамбовской области этот показатель характеризует обратную тенденцию, т.е. численность экономически активного населения за тот же период времени уменьшилась на 8,8% (рис. 2).



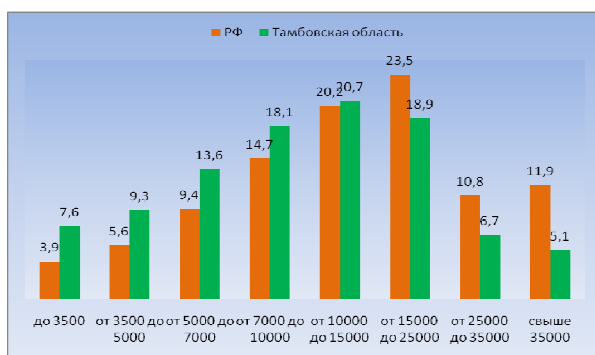
**Рис. 1. Тенденция численности экономически активного населения в России за 1995 – 2010 гг.**



**Рис. 2. Тенденция численности экономически активного населения в Тамбовской области за 1995 – 2010 гг.**

Следовательно, для привлечения дополнительных квалифицированных кадров в область необходимо создать комфортные условия проживания, что также возможно достичь за счет реализации программы строительства доходных домов.

3. Анализ распределения численности населения по величине среднедушевых доходов показал, что по Тамбовской области 48,6% населения находится за границей возможности аренды жилья, а 51,4% в состоянии самостоятельно участвовать в программе арендного жилья (рис. 3). Для категории населения, попавшей в 48,6%, необходима государственная поддержка по оплате аренды, что требует разработки правового механизма государственного субсидирования [2].



**Рис. 3. Распределение численности населения по величине среднедушевых денежных доходов (в процентах от общей численности населения субъекта)**

Весной 2012 г. был проведен социологический опрос среди студентов и экономически активного населения г. Тамбова. Целью социологического опроса было создание информационной базы для принятия решений о мерах по развитию рынка арендного жилья.

По результатам опроса можно сделать следующие выводы:

1. 40% опрошенных хотели бы улучшить свои жилищные условия. Из общего числа респондентов 23,3% готовы участвовать в программе строительства доходного жилья.

2. Большинство опрошенных предпочло бы арендовать жилье у государственных компаний на срок более года. Это говорит о том, что именно государство должно быть главным гарантом реализации программ доходного жилья.

3. Опрошенные респонденты показали следующие предпочтения: наибольшим спросом пользуются однокомнатные и двухкомнатные квартиры в многоэтажном доме в спальном районе или в центре города.

4. Абсолютное большинство согласны с тем, что в России необходимо создать цивилизованный рынок арендного жилья (91% респондентов) и что идея реализации программы строительства доходных домов в России осуществима (69% респондентов).

К ключевым причинам, повышающим привлекательность арендного жилья относятся: возможность выбора жилья «по карману», аренда квартиры в удобном микрорайоне города, территориальная мобильность населения, а также возможность улучшения жилищных условий для малообеспеченных слоев населения.

Таким образом, были рассмотрены социальные предпосылки реализации программы строительства арендного жилья. Можно сказать, что расслоение и неравенство доходов населения продуцирует и высокое неравенство в доступности такого важного ресурса для жизнедеятельности человека как жилье показывает практическую невозможность использования ипотеки и других кредитных и сберегательных схем для решения жилищной проблемы для большинства населения. Строительство арендного жилья в данной ситуации может выступать как один из способов решения жилищной проблемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ потребности в жилье//<http://vlastra.ru>: Общественная организация «Объединение строителей "ВЛАСТРА"». URL : <http://vlastra.ru/news/analytics/detail.php?id=17579>.

2. Материалы с сайта Федеральной службы государственной статистики. URL : <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*О.А. Жоголева, Е.О. Соломатин\**

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА КОМБИНИРОВАННОЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОБОРУДОВАНИЕМ**

Для оценки шумового режима в помещениях энергетических предприятий необходимо использовать надежные расчетные методы, описывающие распространение шума внутри помещений с оборудованием. В настоящее время в ТГТУ разработана комбинированная модель, позволяющая учитывать размещение в помещениях крупногабаритного оборудования [1]. Модель основана на принципах расчета энергетических характеристик шума методом прослеживания звуковых лучей (ray tracing) и численным статистическим энергетическим методом. Метод прослеживания звуковых лучей оценивает зеркальную составляющую звуковой энергии отражаемой от поверхности ограждения и оборудования. Численный метод учитывает диффузную составляющую отраженной энергии. Основные теоретические положения расчетной модели рассмотрены нами ранее в [1, 2].

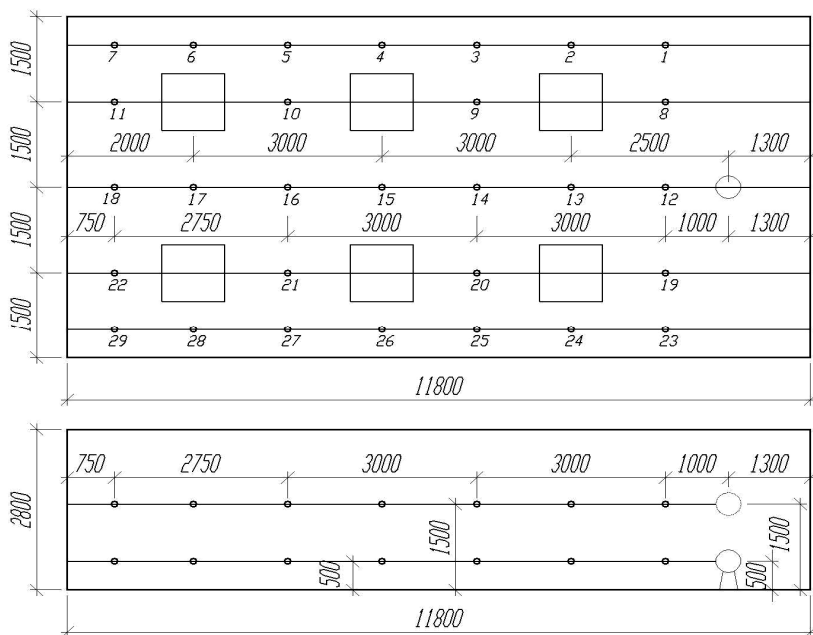
Для оценки адекватности предложенной расчетной модели нами были произведены специальные экспериментальные исследования при различных условиях формирования шумового режима. Целью исследования являлось установление соответствия между расчетными данными и экспериментальными результатами, полученными при известных граничных условиях в помещениях и на рассеивателях и при известной мощности источника шума.

Ниже в статье приводятся результаты сравнения расчетов уровня шума с экспериментальными данными, полученными в реальном помещении при размещении в нем правильных по форме рассеивателей в виде кубов размерами 1 м. Схема помещения и вариант расстановки оборудования и источника шума даны на рис. 1.

В качестве источника шума использовался (додекаэдр) OED-SP-012-600, измерения шума производились с помощью шумомера ОКТАВА-101АМ. Измерения производились на двух уровнях 0,5 и 1,5 м от пола. Источник шума располагался на этих же уровнях. Места положения точек и их номера указаны на рис. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В.И. Леденева.



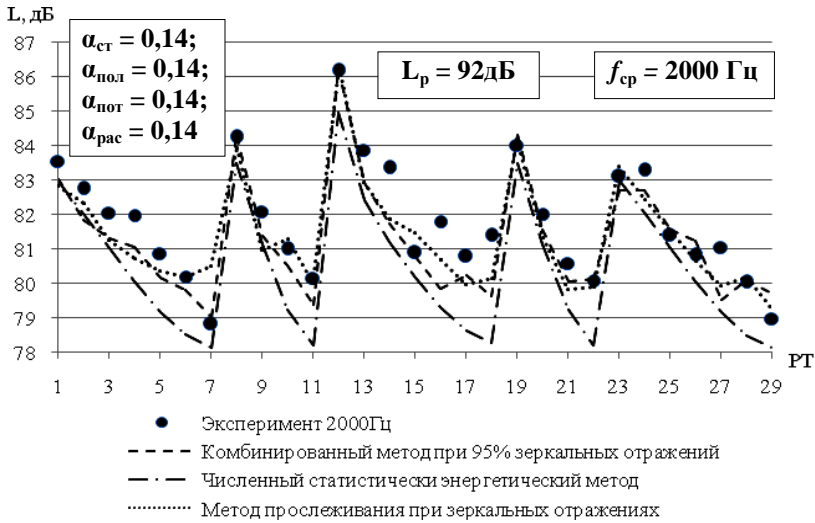
**Рис. 1. Схема размещения оборудования, источник шума и точек измерения в помещении**

Коэффициенты звукопоглощения стен, полов, потолков и оборудования приведены в табл. 1.

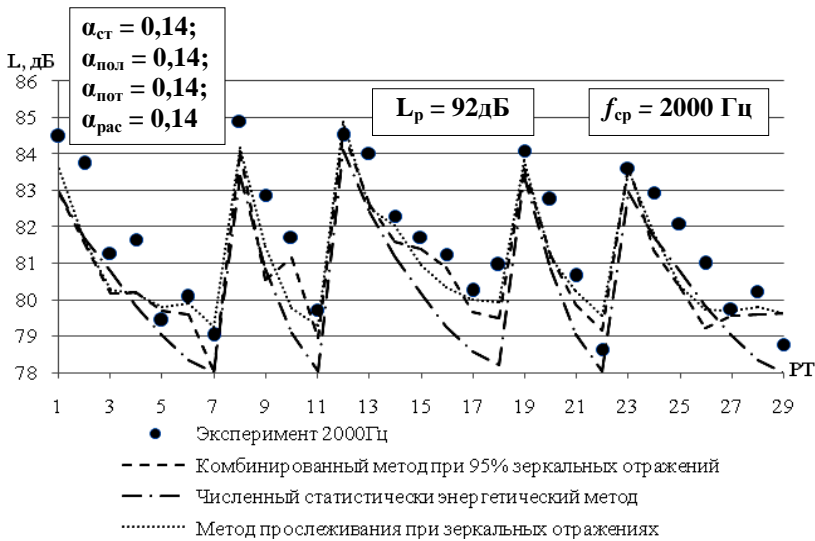
На рисунках 2 и 3 в качестве примера приведены результаты расчетов и экспериментальные данные для октавной полосы частот 2000 Гц.

### **1. Коэффициенты звукопоглощения поверхностей помещения и рассеивателей**

Наименование поверхностей	Коэффициенты звукопоглощения поверхностей в октавных полосах частот, Гц			
	500	1000	2000	4000
Стены, пол и потолок помещения	0,09	0,12	0,14	0,19
Поверхности рассеивателей	0,14	0,09	0,12	0,12



**Рис. 2.** Расчетные и экспериментальные данные при расположении источника на уровне 1,5 м



**Рис. 3.** Расчетные и экспериментальные данные при расположении источника на уровне 0,5 м

Как видно из графиков, наиболее близкие значения к эксперименту получены при комбинированной расчетной модели, когда 95% звуковой энергии отражается от поверхности зеркально. Аналогичные результаты получены и для других октавных полос частот.

В целом экспериментальные данные подтверждают правильность подхода к расчету звуковых полей в помещениях с оборудованием на основе предложенной нами комбинированной расчетной модели. В настоящее время нами проводится апробация модели для других условий распространения шума в помещениях с реальным оборудованием (столы, мебель, производственные станки).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод оценки распространения шума по воздушным каналам систем отопления, вентиляции и кондиционирования/ В.П. Гусев, О.А. Жоголева, В.И. Леденев, Е.О. Соломатин // Жилищное строительство. – Научно-технический и производственный журнал. – 2012. – С. 52 – 54
2. Соломатин, Е.О. Исследование характера отражения звука от поверхностей в крупногабаритных газовоздушных каналах / Е.О. Соломатин, О.А. Жоголева // Сборник научных статей. Магистратура ТГТУ. – Тамбов, 2012. – Вып. 26. – С. 27 – 31.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

**УДК 624.07**

*А.С. Евстратов, А.В. Пучин\**

### **ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА В ПОДКРОВЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКАТНЫХ КРЫШ С «ХОЛОДНЫМ» ЧЕРДАКОМ**

Температурно-влажностный режим крыш, который существенно влияет на образование наледей на крыше, во многом зависит от поступления тепловой энергии в подкровельное пространство. Количество поступающей энергии в чердачное пространство не должно превышать величины, при которой обеспечивается разность температур подкровельного пространства и наружного воздуха не более 2 °С.

---

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

Для обеспечения условия необходимо иметь точные сведения о тепловой энергии, поступающей в подкровельное пространство и уходящей через кровлю в окружающую среду.

Основными источниками тепловой энергии, поступающей в подкровельное пространство, являются:  $Q_1$  – тепловая энергия, поступающая через чердачное перекрытие;  $Q_2$  – солнечная радиация;  $Q_3$  – дополнительные источники тепла, возникающие при наличии в подкровельном пространстве труб с повышенной температурой (отопление, вентиляция) и других линейных и точечных источников тепла.

Удаление тепла из чердака происходит за счет:  $Q_4$  – теплопотери через кровлю за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха;  $Q_5$  – потери тепла при наличии вентиляции наружным воздухом.

Количество тепла, поступающего в подкровельное пространство через чердачное перекрытие, определяется как

$$Q_1 = \frac{(t_{\text{ч}} - t_{\text{пом}})F_{\text{пер}}}{R_0^{\text{пр1}}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{ч}}$  – температура воздуха в чердачном пространстве;  $t_{\text{пом}}$  – температура воздуха в помещении под перекрытием;  $F_{\text{пер}}$  – площадь перекрытия, через которое проходит тепло;  $R_0^{\text{пр1}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче конструкции перекрытия.

Количество тепла, поступающего через кровлю от солнечной радиации вычисляется по формуле

$$Q_2 = \frac{1}{R_0^{\text{пр2}}} \left( \rho \frac{S}{\alpha_{\text{н}}} \right) F_{\text{ск}}, \quad (2)$$

где  $R_0^{\text{пр2}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче конструкции крыши,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;  $\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью ограждающей конструкции, принимаемый по [1, табл. 14];  $S$  – значение поверхностной плотности теплового потока суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной),  $\text{Вт} / \text{м}^2$ ;  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкций для условий холодного периода,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемый по таблице [1];  $F_{\text{ск}}$  – площадь ограждающей конструкции (крыши),  $\text{м}^2$ .

Расчет количества поступающей солнечной радиации в конкретный период времени выполнялся по методике, предложенной в [2]. Данный подход позволяет динамично определять количество солнечной радиации, которая поступает на произвольно ориентированную в пространстве поверхность в любой момент времени для нужного региона. Методика основывается на понятии солнечной константы – количества тепла, которое поступает от Солнца на Землю через кос-



мос. При расчетах нужно учитывать, что приблизительно 30...35% этой энергии отбивается назад в космос [2]. Поток прямой солнечной радиации на поверхность под углом  $i$  определяется как

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{max}} \cos i K_{\text{ат}}, \quad (3)$$

где  $i$  – приведенный угол падения солнечных лучей на инсолируемую поверхность, рад;  $S_{\text{max}} = 1362 \text{ Вт/м}^2$  – солнечная константа, [2].

Дополнительные источники тепла, возникающие при наличии в подкровельном пространстве труб с повышенной температурой (отопление, вентиляция) и других линейных и точечных источников тепла, могут быть определены как

$$Q_3 = (t_{\text{ч}} - t_{\text{тр}}) F_{\text{тр}} \alpha_{\text{н}}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{ч}}$  – температура воздуха в чердачном пространстве;  $t_{\text{тр}}$  – температура поверхности труб, °С;  $F_{\text{тр}}$  – площадь труб, м<sup>2</sup>. Практика расчетов показывает, что этой величиной, ввиду ее малости, в расчетах можно пренебрегать.

Теплопотери через кровлю определяются как

$$Q_4 = \frac{(t_{\text{ч}} - t_{\text{н}}) F_{\text{кр}}}{R_0^{\text{кр}}}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{ч}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – температуры воздуха в чердаке и снаружи соответственно, °С;  $F_{\text{кр}}$  – площадь кровли, через которую проходит тепловой поток, м<sup>2</sup>.

Потери тепла при наличии вентиляции наружным воздухом рассчитывается по формуле

$$Q_5 = (t_{\text{ч}} - t_{\text{тр}}) G c_p, \quad (6)$$

где  $G$  – масса переносимого воздуха в секунду;  $c_p$  – теплоемкость воздуха.

Окончательно уравнение теплового баланса может быть записано в виде

$$\begin{aligned} \frac{(t_{\text{ч}} - t_{\text{пом}}) F_{\text{пер}}}{R_0^{\text{пер}}} + \frac{1}{R_0^{\text{кр}}} \left( \rho \frac{S}{\alpha_{\text{н}}} \right) F_{\text{ск}} + (t_{\text{ч}} - t_{\text{тр}}) F_{\text{тр}} \alpha_{\text{н}} = \\ = \frac{(t_{\text{ч}} - t_{\text{н}}) F_{\text{кр}}}{R_0^{\text{кр}}} + (t_{\text{ч}} - t_{\text{тр}}) G c_p. \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнения баланса тепловой энергии следует, что температура чердака формируется в зависимости от величин потерь и поступлений тепла.

Чтобы обеспечить условие разности температур между наружным и внутренним воздухом, необходимо регулировать уход тепла из подкровельного пространства и ограничение его поступления в чердак.

Задача является многофакторной. Условие может быть выполнено при различных сочетаниях составляющих баланса. Адекватную математическую модель подкровельного пространства возможно разработать в программах ANSYS CFX и SolidWorks Flow Simulation. Программы универсальны и позволяют моделировать процессы, протекающие в подкровельном пространстве любой конфигурации. В нашем случае такая точность является излишней. В связи с этим для моделирования температурного режима чердака нами разработана программа, которая достаточно просто позволяет получить необходимые сведения по исследуемой крыше. Алгоритм программы приведен на рис. 1.

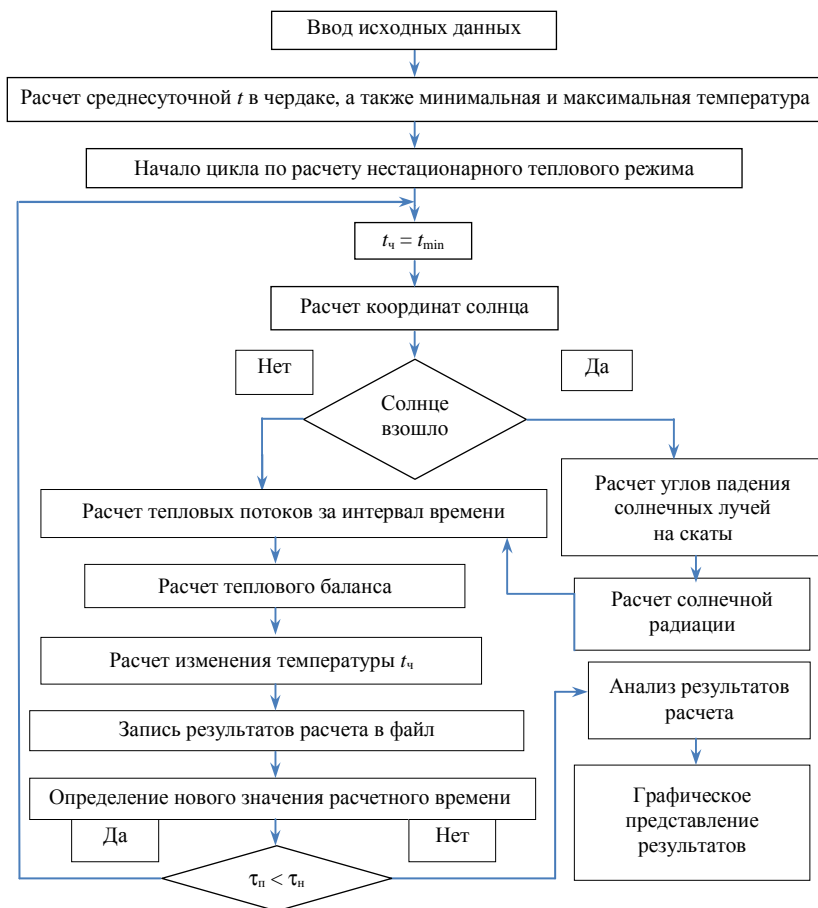


Рис. 1. Расчет теплового режима холодного чердака

Для изучения температурного режима искомой крыши в программу достаточно ввести характеристики ограждающих поверхностей (площадь кровли и перекрытия, сопротивление теплопередаче ограждений, положение и размер вентиляционных отверстий или кратность воздухообмена). Данные характеристики возможно ввести для любого искомого здания. Расчет температуры воздуха чердака по данной методике показывает достаточно хорошую сходимость с результатами, полученными при помощи программ ANSYS CFX и SolidWorks Flow Simulation, и позволяет оперативно выделять недостатки крыш, а также определять наиболее опасные временные интервалы при эксплуатации крыш в течение всего отопительного периода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 23-101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий / М., 2004. – С. 38 – 40.
2. Кондратьев, К.Я. Радиационный расчет наклонных поверхностей / К.Я. Кондратьев, З.И. Пивоварова, М.П. Федорова. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – С. 98 – 105.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

# ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

---

УДК 621

*М.В. Соколов, Е.В. Шаикова\**

## ОПЕРЕЖАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Развитие машиностроительного комплекса Тамбовской области связано в большей степени с работой оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации, т.е. с планомерными заказами министерств и ведомств на производство (сборку) нового и модернизацию (ремонт) существующего технологического оборудования и изделий, а также комплектующих к ним.

Постоянное устойчивое развитие машиностроительного комплекса – одно из необходимых условий обеспечения безопасности и независимости государства Российского. Этому способствует не только своевременное перевооружение отечественной промышленности эффективными видами технологического и станочного оборудования при совместном участии государственного и частного капиталов, но и подготовка квалифицированных управленческих, инженерных и высококвалифицированных кадров рабочих профессий.

Высокотехнологичное оборудование и современные машиностроительные технологии требуют привлечения высококвалифицированных рабочих (например, наладчиков станков с ЧПУ), инженерных и научных кадров на передовые машиностроительные предприятия Тамбовской области и других регионов, особенно в условиях глубокой модернизации и перевооружения машиностроительных предприятий современным технологическим оборудованием импортного и отечественного производства.

Все больше возрастет спрос на высококвалифицированные кадры инженерных и рабочих профессий машиностроительных предприятий, что, в свою очередь, требует создания новых проектных организаций, центров отрасли «Машиностроение» (вузы) с привлечением высококвалифицированных педагогических и научных кадров.

Решением этой проблемы может стать создание центров опережающего обучения и переподготовки руководящего состава для оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и машиностроительных

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М.В. Соколова.

предприятий (МП), способствующих обеспечению техногенной безопасности и устойчивого развития [1].

Проблема подготовки новой генерации кадров, способных к работе в современной высокоэффективной, высокотехнологической и инновационной экономике, на которых ложится основная тяжесть модернизации оборонно-промышленного комплекса и машиностроительных предприятий, является ключевой при инновационном развитии предприятий ОПК и МП в рамках Стратегии 2020 и Стратегии развития ОПК РФ. При этом важным условием развития кадрового потенциала ОПК и МП является стратегическое партнерство с высшей школой и признанными профессиональными организациями, например, такими как Ассоциация машиностроителей России и Ассоциация инженерного образования России.

Вместе с тем, задача подготовки профессиональных кадров для ОПК и МП фактически имеет две подзадачи: 1) подготовка кадров для предприятий модернизированной инновационной экономики; 2) формирование кадрового состава, способного провести модернизацию и обеспечить устойчивое развитие, соблюдая условия технологической безопасности.

Это две разные задачи, требующие разных подходов и разных методов их решения. Но решать их надо одновременно. В то время, пока идет подготовка специалистов, которые должны работать в новом ОПК и МП на базе университета, надо успеть провести их модернизацию силами специалистов, которых предстоит подготовить для этого опережающими темпами. Этих специалистов предстоит найти в сегодняшней инженерно-технической и управленческой среде и организовать для них соответствующую краткую, но интенсивную переподготовку в рамках дополнительного профессионального образования. Затем сформировать эффективные команды управленческого состава и провести реформирование и модернизацию ОПК и МП.

Речь идет об организации целевой подготовки (переподготовки) высших менеджеров ОПК и МП, в том числе антикризисных арбитражных управляющих, инженерно-технических работников, работников среднего звена управления, кадрового резерва, в части обучения по вопросам основ гражданского, трудового, налогового, банковского законодательства, основ управления предприятием, финансового аудита и планирования, основ маркетинга, оценки бизнеса и оценки недвижимости, информационных технологий, экономической и экологической безопасности, управления качеством продукции, бизнес-планирования, привлечения инвестиций и реструктуризации предприятий, бюджетирования и постановки управленческого учета, технологий защиты активов предприятия в критических ситуациях и др. То есть обучение, направленное на получение слушателями знаний по вопросам управления предприятием ОПК и МП как хозяйствующим субъектом.

Например, стратегия социально-экономического развития Тамбовской области до 2020 г. предусматривает содействие инновационному развитию экономики региона в рамках процессов кластеризации и создания зон опережающего развития. Профессиональному образованию в инновационном сценарии принадлежит роль двигателя системных изменений в экономике.

Одной из приоритетных и конкурентоспособных отраслей, определяющих развитие региона, является «Машиностроение».

В рамках Стратегии на базе заводов Тамбовской области осуществляется создание региональной инновационной платформы (наука и образование, предприятия, инфраструктура поддержки инноваций), предусмотрена работа в области «Технологии создания новых поколений ракетно-космической, авиационной и морской техники» – одной из критических технологий федерального уровня (утверждены распоряжением Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 1243-р).

Проводится технологическая модернизация предприятий машиностроительного комплекса, увеличение доли высокотехнологичной конкурентоспособной продукции, улучшения потребительских свойств производимой продукции, повышения экологичности производственных процессов и утилизации отходов, существенное уменьшение себестоимости выпускаемой продукции, поэтому на каждом крупном машиностроительном предприятии обязательно должна проводиться научно-исследовательская работа специального назначения, соответствующая профилю предприятия.

Решением этой проблемы может стать создание системы профессионально ориентированной подготовки школьников с элементами научно-исследовательской деятельности и совмещенной с патриотическим воспитанием начиная уже со старших классов 8 – 11, продолжая обучение в средних профессиональных учебных заведениях, затем в вузах и центрах опережающего обучения и переподготовки руководящего состава для оборонно-промышленного комплекса и машиностроительных предприятий, что в свою очередь обеспечит техногенную безопасность и устойчивое развитие этих предприятий и отрасли в целом.

Работа с детьми с целью популяризации и привлечения в отрасль «Машиностроение» будущих специалистов, инженеров и научных работников может проводиться следующим образом: факультативы в профильных классах с чтением лекций на темы «Занимательное машиностроение», «Машиностроение – основа обороноспособности России», «Разработка, изготовление и эксплуатация деталей и конструкций машиностроительной продукции», участие школьников при решении проектных задач в лаборатории твердотельного моделирования (объемно-ориентированное проектирование процессов и конструкций – 3D-моделирование).

На кафедре «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» традиционно подготовка высококвалифицированных инженерных и научных кадров включает базовые и современные знания в области машиностроительных технологий и обрабатывающего станочного оборудования, применяются современные образовательные технологии при этом активно развиваются специализированные направления научных исследований – прогрессивные технологии и оборудование машиностроительного производства; установление характеристик новых материалов, технологии их обработки и областей эффективного применения; выбор и создание новых САПР-ТП, а также адаптация САПР-ТП механической обработки и сборки, которое применяется на развивающихся и вновь создаваемых инновационных и других предприятиях отрасли «Машиностроение».

С 1971 г. кафедрой «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Тамбовского государственного технического университета подготовлено более четырех тысяч инженеров и бакалавров, которые работают в разных регионах России на машиностроительных, приборостроительных и ремонтных предприятиях, в автотранспортных хозяйствах руководителями и ведущими специалистами, начальниками цехов и отделов, технологами и конструкторами, научными сотрудниками НИИ, возглавляют различные коммерческие организации.

Так как направление подготовки бакалавров и магистров 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» относится к укрупненной группе направлений (специальностей) 150000 «Металлургия, машиностроение и материалобработка» оборонного значения стратегической важности, то количество мест целевого приема для данной группы направлений может достигать 100% от запланированных бюджетных мест.

О высокой степени востребованности выпускников на региональном рынке труда свидетельствует их успешное трудоустройство и дальнейший карьерный рост.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, М.В. Опережающая подготовка кадров как фактор инновационного развития предприятий / М.В. Соколов, А.С. Клинков, В.Г. Однолько // Стратегическое управление организациями: теория и практика инновационного развития : сб. науч. тр. всерос. науч.-практ. конф. – СПб. : Изд-во Политех. ун-та. – 2012. – С. 529.

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

*А.А. Васильев, С.И. Семикина, Е.А. Петрова, Т.С. Кузнецова\**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Инновационное развитие региона предопределяет потребность в активном использовании новых способов разделения труда и кооперации между предприятиями, создание элементов инновационно-инвестиционной инфраструктуры, которая бы обеспечивала повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. В первую очередь это относится к одной из основных отраслей нашей области – химическому машиностроению, которая обеспечивает эффективное функционирование, как химической промышленности, так и топливно-энергетического и агропромышленного комплексов, космической, микробиологической, медицинской отраслей.

Доля отечественного оборудования химического и нефтяного профиля в отраслях-потребителях, выпускаемого более чем на 100 промышленных предприятиях, доходит до 85%. Проведение прикладных исследований и выполнение опытно-конструкторских работ обеспечивают 30 научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро. Наличие мощной научно-исследовательской базы, интеграция с университетами в рамках научно-образовательных комплексов, кадровый потенциал, внедрение высокотехнологичных методов производства и использование опыта ведущих международных компаний позволяют химическому машиностроению постоянно наращивать темпы производства.

Формируемый шестой технологический уклад во многом будут определять нанотехнологии и конструкционные материалы, обладающие принципиально новым набором технических и технологических характеристик. Полученные в лабораторных условиях наноструктурированные углеродные материалы уже показали свою высокую эффективность во многих секторах промышленности и строительства. Например, установлено, что добавление УНМ «Таунит» в количестве всего 0,0007% от массы цемента обеспечивает повышение его прочности на изгиб на 20%, а на сжатие – на 13% [1]. В настоящий момент остро стоит потребность в активном переходе от этапа научных исследований к промышленному производству данного вида нанострукту-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.И. Попова.



рированных материалов и его модификаций. Поэтому приоритетным направлением развития химического машиностроения области, включающего такие предприятия как ОАО «Тамбовский завод «Комсомолец» им. Н.С. Артемова» и ОАО «Первомайскиммаш», становится создание и выпуск прогрессивных видов оборудования, предназначенного для осуществления локальных физико-химических процессов в областях нанометровых размеров. Успешная работа в области создания оборудования для nanoиндустрии, позволяет, с одной стороны, активнее использовать научный и интеллектуальный потенциал региона; с другой, способствует выходу машиностроительных предприятий на международный рынок высоких технологий и обеспечивает рост коммерческой привлекательности отечественной продукции, а самим предприятиям высокую прибыль и стабильность.

Оборудование для nanoиндустрии носит в основном «пилотный» характер, хотя и основывается, как на типовой продукции предприятий химического машиностроения: теплообменниках, гидроциклонах, отстойниках, емкостном оборудовании т.д., так и на отработанных технологических процессах. Но его «уникальность» проявляется в постоянной необходимости усовершенствования путем внедрения инновационных технологий и разработок современной науки. Быстрое моральное устаревание данного вида продукции предприятий машиностроения вследствие прорывного характера нанотехнологий и возрастающего количества открытий и изобретений в данной области предопределяет необходимость проектирования организационно-управленческого механизма производства инновационной продукции на предприятиях машиностроения. В первую очередь данный механизм должен обеспечить эффективное сотрудничество машиностроительных предприятий с научно-исследовательскими институтами, способствующее быстрой адаптации к постоянно меняющимся условиям внешней среды и учету достижений науки в области nanoиндустрии.

При разработке оборудования для nanoиндустрии эффективное взаимодействие было организовано между ОАО «Тамбовский завод «Комсомолец» им. Н.С. Артемова», ООО «НаноТехЦентр», ООО «Тамбовский инновационно-технологический центр машиностроения» и ФГБОУ ВПО «ТГТУ». Результатом такого сотрудничества стал реактор синтеза углеродного наноструктурированного материала под торговой маркой «Таунит». На сегодняшний день данное оборудование реализуется на внутреннем и международном рынках. Производственные линии в различной комплектации поставлены и успешно функционируют как в исследовательских и образовательных организациях, так на промышленных предприятиях. В то же время кризисные явления в экономике не позволяют в полной мере использовать потенциал такого сотрудничества между промышленными предприятиями и научно-исследователь-

скими институтами. Поэтому не всегда отечественное оборудование может конкурировать с западными аналогами, слабо организовано продвижение продукции российских предприятий химического машиностроения на международный рынок.

Эффективность реализации инновационных проектов при производстве оборудования для наноиндустрии предполагает разработку обобщенной модели коммерциализации достижений нанотехнологий, способствующей вовлечению интеллектуальной собственности в значимый хозяйственный оборот машиностроительной отрасли; причем данная модель должна учитывать опыт взаимодействия, накопленный при выпуске первых реакторов для наноиндустрии. Основная деятельность в процессе коммерциализации будет направлена на создание устойчивой схемы взаимодействия между учеными в области нанотехнологий, инновационными предприятиями и самой отраслью.

На основе разработанной модели осуществлено проектирование организационно-экономического механизма производства инновационной продукции машиностроительными предприятиями. Целью создания данного организационно-экономического механизма является сокращение времени между проведением научных исследований и промышленным производством, увеличение объемов продукции, выпускаемой с использованием инновационных подходов. При его проектировании мы учитываем основные проблемные моменты, а именно: консерватизм покупателей, узость внутреннего спроса на высокотехнологичные продукты, отсутствие оборудования промышленных масштабов; недостаточная квалификация персонала, неразвитые системы связей и обеспечения информацией, высокая стоимость прогрессивных продуктов.

Одним из путей решения указанных проблем может стать совместная работа машиностроительных предприятий с компаниями, специализирующимися на предоставлении *инжиниринговых* услуг (анализ рынка, сбор информации о конкурентах, проектирование, строительство, поставка оборудования и его установка, монтажные работы, ведение проекта, технического надзора, инженерное сопровождение инвестиционных проектов, последующие работы и т.д.). Особо ценным является то, что деятельность инжиниринговой компании в части проектирования отдельных аппаратов для наноиндустрии интегрирует в себе функции научно-исследовательского и проектного институтов, а также машиностроительного предприятия: проводятся необходимые прикладные исследования, проектируется технологическая линия и разрабатывается конструкторская документация [2]. Важной особенностью инжиниринговых компаний является возможность выстраивать систему кооперации, задействовав цепочку различных подрядчиков. Это означает, что серийный заказ может быть разделен между не-

сколькими производителями процессного оборудования, что позволит снизить срок выпуска продукции и избежать ее морального устаревания, что особенно важно в наноиндустрии, где скорость появления новых знаний очень велика.

Включение инжиниринговых компаний в организационно-экономический механизм коммерциализации достижений в области нанотехнологий позволяет машиностроительным предприятиям получить ряд преимуществ: интегрируются предприятия Европы и России, сокращается время инновационного цикла, происходит расширение объемов производства, продвижение продукции на новые рынки, рост прибыли предприятия и др.

В качестве проблемных моментов функционирования данного компонента организационно-экономического механизма можно выделить:

- трудности на этапе проектирования и согласования чертежей, вызванные различиями в европейских и российских стандартах;
- сложности, возникающие на этапе приемки оборудования, вызванные отдаленностью одного предприятия от другого и др.

Проектирование организационно-экономического механизма производства машиностроительной продукции и создание в его рамках инжиниринговых компаний позволит, с одной стороны, решать проблемы развития наноиндустрии страны, роста конкурентоспособности отечественных предприятий на российском и на зарубежном рынках; с другой, интенсивнее развивать промышленность региона, создавать новые рабочие места, обеспечивать творческую самореализацию выпускников вуза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния модифицирующих добавок на основе гелеобразных дисперсий углеродных наноматериалов на свойства строительных композитов / А.Г. Ткачев, З.А. Михалева, А.И. Попов и др. // Нанотехнологии в строительстве : научный Интернет-журнал. – М. : ЦНТ «НаноСтроительство». – 2012. – № 4. С. 15 – 23. – Гос. регистр. № 0421200108. URL : <http://www.nanobuild.ru>.

2. Васильев, А.А. Возможности развития наноиндустрии на основе организации деятельности инжиниринговых компаний / А.А. Васильев, А.И. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 4 (42). – С. 180 – 183.

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

*Т.С. Кузнецова\**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ЦФО РОССИИ**

Современное развитие экономики не только в России, но и в мире невозможно без применения инноваций во всех областях, будь то промышленность, ЖКХ или фармацевтика.

Центральный федеральный округ отличается высоким научно-техническим и инновационным потенциалом.

Число используемых передовых производственных технологий в макрорегионе в 2008 г. достигло 60 169 (32,6 процента от общероссийского количества), из них 15 268 в г. Москве. Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций в округе превысил 9,4%.

По количеству организаций инфраструктуры все регионы можно разделить на 3 группы.

1 группа: число организаций инфраструктуры от 20 до 100.

- Воронежская область (32);
- Москва (199);
- Московская область (41).

2 группа: число организаций инфраструктуры от 10 до 19.

- Белгородская область (15);
- Калужская область (12);
- Тамбовская область (10);
- Тверская область (13);
- Тульская область (15);
- Ярославская область (12).

3 группа: число организаций инфраструктуры от 0 до 9.

- Брянская область (9);
- Владимирская область (6);
- Ивановская область (6);
- Костромская область (2);
- Курская область (5);
- Липецкая область (4);

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.И. Попова.

- Орловская область (3);
- Рязанская область (5);
- Смоленская область (7).

На территории Тамбовской области располагаются 10 организаций инфраструктуры инновационной деятельности:

1. Бизнес инкубатор ТГТУ «Инноватика».
2. Инновационный центр высоких био- и химических технологий.
3. Институт дистанционного образования.
4. Институт инноваций и приоритетных научных направлений.
5. Тамбовский инновационно-технологический центр машиностроения.
6. Тамбовский инновационный бизнес-инкубатор регионального центра управления и культуры.
7. Тамбовский фонд поддержки и развития предпринимательства.
8. Тамбовский центр научно-технической информации.
9. Техноэкос.
10. ЦТТ при Тамбовском государственном техническом университете.

Помимо числа организаций инфраструктуры инновационной деятельности существует еще ряд показателей, показывающих инновационную активность региона.

Число занятых в области НИР (на 2009 год):

- Белгородская область – 1185 человек;
- Брянская область – 1352 человек;
- Владимирская область – 6638 человек;
- Воронежская область – 14 677 человек;
- Ивановская область – 774 человек;
- Калужская область – 10 374 человек;
- Костромская область – 134 человек;
- Курская область – 2955 человек;
- Липецкая область – 369 человек;
- Москва – 239 477 человек;
- Московская область – 83 653 человек;
- Орловская область – 844 человек;
- Рязанская область – 3064 человек;
- Смоленская область – 964 человек;
- Тамбовская область – 1964 человек;
- Тверская область – 5089 человек;
- Тульская область – 5521 человек;
- Ярославская область – 6358 человек.

Количество инновационно-активных предприятий:

- Белгородская область – 2;
- Брянская область – 5;
- Владимирская область – 6;
- Воронежская область – 62;
- Ивановская область – 5;
- Калужская область – 2;
- Курская область – 1;
- Москва – 22;
- Московская область – 1;
- Рязанская область – 1;
- Тамбовская область – 1;
- Тульская область – 2;
- Ярославская область – 1.

Количество предприятий и организаций, участвующих в научно-технических мероприятиях:

- Белгородская область – 2;
- Брянская область – 1;
- Владимирская область – 2;
- Воронежская область – 12;
- Ивановская область – 9;
- Калужская область – 12;
- Курская область – 1;
- Липецкая область – 1;
- Москва – 214;
- Московская область – 48;
- Орловская область – 1;
- Рязанская область – 19;
- Тамбовская область – 2;
- Тверская область – 9;
- Ярославская область – 10.

Инновационная активность Тамбовской области находится в средних показателях по ЦФО. Основными лидерами являются Москва и Московская область, Воронежская область.

Инновационная инфраструктура в Тамбовской области наиболее развита, относительно остальных сравниваемых величин инновационного развития регионов. Безусловно, в Тамбове, как относительно небольшом городе, существует ряд проблем, не позволяющих заниматься инновационной деятельностью:

1. Отсутствие ротации малых предприятий (МП) в технопарках и ИТЦ. Малое предприятие, попав в технопарк, остается в нем неопределенно долго. Следствием является то, что, с одной стороны, через неко-

торое время прекращается рост объемов производства МП, расположенного в технопарке, а с другой – прекращение роста количества МП. Вследствие этого технопарк и ИТЦ формально являются объектами инновационной инфраструктуры. Решение данной проблемы – установление ограничений на срок пребывания МП в составе технопарка.

2. Огромная стоимость оборудования.

От использования новых технологий в производстве в силу огромной стоимости оборудования отказывается огромное число малых и средних предприятий. Выход из этой ситуации возможен за счет коллективного использования оборудования в центрах услуг.

3. Старение кадров, являющихся носителями ключевых технологий предприятий, выпускающих инновационную продукцию.

Проблему можно решить, только организовав целенаправленную работу по подготовке таких кадров с горизонтом планирования 5 – 10 лет (время на базовое обучение кадров и приобретение ими практических навыков работы).

4. Структуры, обеспечивающие доступ инновационных предприятий (как крупных, так и малых) к финансовым ресурсам.

В настоящее время существует множество различных схем финансирования, однако статистические исследования показывают, что основным источником финансирования развития инновационных промышленных предприятий являются их собственные средства.

Однако и существует ряд надежд, основанных на стратегии социально-экономического развития ЦФО на период до 2020 г. Согласно стратегии на территории Тамбовской области планируется:

- создание научно-технологического комплекса «Зеленая долина» как центра трансфера современных агробιο- и пищевых технологий;
- технопарка в сфере высоких биотехнологий «Мичуринский»;
- кластера в сфере нанотехнологий, объединяющего действующий нанотехнологический центр (один из ведущих в России), исследовательские лаборатории и производственные мощности, малые инновационные компании в данной сфере.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-справочный портал «Наука и инновации в регионах России» [Электронный ресурс]. – URL : <http://regions.extech.ru> (дата обращения: 20.05.2012).

2. Шепелев, Г.В. Проблемы развития инновационной инфраструктуры / Г.В. Шепелев // Инновации. – 2005. – № 2. – С. 6 – 15.

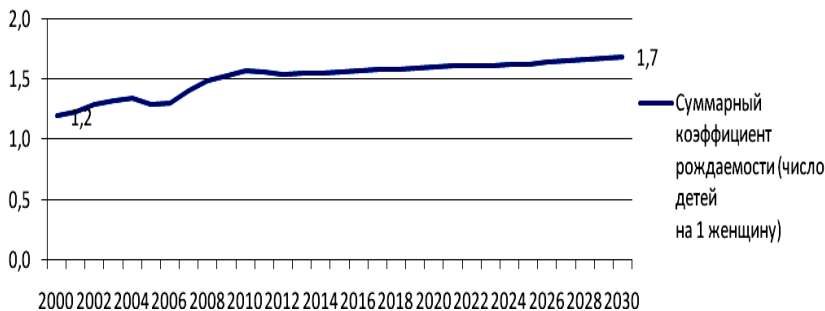
*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*Н.А. Краснянская\**

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ КВОТ В РОССИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

По данным Росстата население России имеет тенденцию к сокращению. Проанализировав численность населения в период с 2000 г. по 2030 г., становится видно, что CAGR<sup>1</sup> населения составляет 0,2%: в 2000 г. население составляло 146,9 млн. человек, а уже к 2030 г. оно упадет до 139,4 млн. По этим же данным видно, что с начала тысячелетия до 2010 г. темп роста был на уровне 0,3%, в то время как прогнозируемый темп роста с 2010 по 2030 гг. равен 0,1%. Из этого можно сделать вывод, что Российское правительство планирует прикладывать различные усилия к тому, чтобы увеличить численность страны.

Рассматривая рождаемость в России, Росстат приводит следующие числа по суммарному коэффициенту рождаемости<sup>2</sup>: если в 2000 г. он равнялся 1,2, то к 2030 г. этот показатель должен достичь 1,7 с CAGR в 1,2% (рис. 1).



**Рис. 1. Суммарный коэффициент рождаемости**

\* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук Э.Г. Мартиросяна, Институт бизнеса и делового администрирования Российской Академии Народного хозяйства и Государственной службы при Президенте РФ.

<sup>1</sup> CAGR – среднегодовой темп роста.

<sup>2</sup> Число детей в расчете на одну женщину.



За последние годы Российское правительство неоднократно инициировало различные социальные программы, нацеленные на повышение рождаемости и увеличение количества семей в стране – к примеру, программа «Молодая семья». Но, к сожалению, далеко не всегда, когда семья хочет иметь детей, ей удается этого достичь. По различным оценкам, в России на 2012 г. 10...20% населения репродуктивного возраста были бесплодны. Данная цифра примерно эквивалентна 5 млн. пар. Причины данной проблемы различны: как нарушения женской репродуктивной функции (до 80% пар), так и нарушения мужской функции (до 45%), а также примерно у 30% пар бесплодие вызвано одновременно и мужским, и женским факторами. В таких ситуациях простое финансирование из бюджета страны не помогает. Медицинские услуги в области вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) помогают семьям, попавшим в такого рода ситуации.

Необходимость использования услуг ВРТ в наше время в России становится очевидной, если посмотреть на возраст рожаящих женщин. С конца 1990-х гг. в России начался стремительный рост числа женщин, рожаящих в возрасте под сорок и старше. Примерно за последние 20 лет количество таких женщин увеличилось примерно в 1,3 раза с самым большим CAGR 1990/2009, равняющимся 1,2% (рис. 2).

Также на рис. 2 видно, что количество детей, которые рождаются молодыми мамами, неуклонно падает. Менее 20-ти лет назад понятие «старородящая мать» использовалось при обращении к девушкам в возрасте 25-ти лет, однако в данный момент этот термин используется для рожениц старше 35-ти лет, и то довольно редко. При всем этом научно доказано, что в связи с особенностями женского здоровья, возможность забеременеть с возрастом падает.

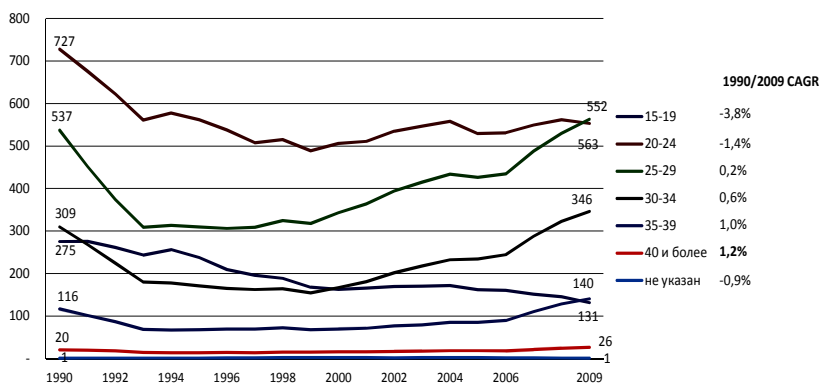


Рис. 2. Родившиеся живыми по возрасту матери, тыс.

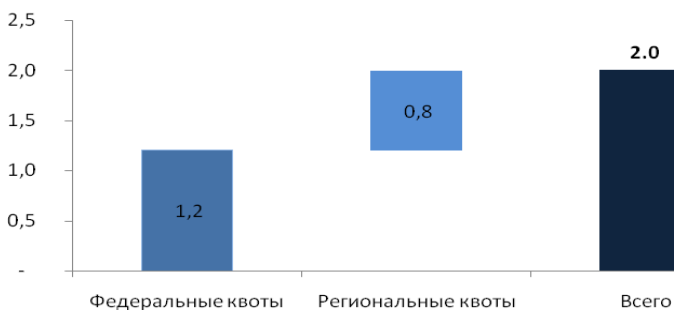
В России применение вспомогательных репродуктивных технологий регламентируется двумя законодательными документами:

1. Федеральным законом № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (глава 6, ст. 55), который вступил в силу 1 января 2012 г.

2. Приказом № 67 Минздрава РФ от 26 февраля 2003 г.

ВРТ возможно провести за собственные средства, а также можно воспользоваться системой государственного квотирования, поскольку цена одного цикла ориентировочно составляет 130 тыс. р. Принимая во внимание, что вероятность забеременеть после одного цикла равна 30%, то эта сумма может возрасти примерно до 400 тыс. р.

На данном этапе существует два вида квот: федеральные и региональные, которые доступны лишь в 14 регионах России. В 2011 г. долевое соотношение в денежном выражении между федеральными и региональными квотами, по словам экспертов, составляло 60 и 40% соответственно. На рисунке 3 показан объем рынка государственных квот за 2011 г.



**Рис. 3. Квоты на ВРТ в России, 2011 г., млрд. р.**

Число федеральных квот в 2011 г. возросло примерно в 2,5 раза по сравнению с 2009 г. и составило 9630, в 2012 г. данный показатель достиг 10 000. И хотя по российскому законодательству существует большой перечень преград перед парами, которые хотят воспользоваться квотированием (диагноз, возраст, пол, наличие брака), эксперты говорят о стабильном росте данного рынка, как со стороны коммерческих циклов, так и со стороны государственных квот.

Поскольку затраты государства на ВРТ лимитированы данными квотами, то необходимо разработать варианты их оптимизации по двум главным причинам:

1. Более низкая цена одного цикла позволит провести большее количество циклов, при сохранении того же количества квот, которые автоматически способствуют росту численности населения страны.

2. Более низкая цена одного цикла может позволить провести определенные дорогостоящие анализы в дополнение к проведению самого цикла.

Оптимизация системы квотирования возможна при создании модели данного рынка, которая рассматривала бы стоимость одного цикла ВРТ по статьям расходов. Статьи расходов возможно поделить на две группы: расходные материалы и медикаменты. Под медикаментами понимается группа лекарственных препаратов, используемых во время проведения ВРТ. Расходные материалы – это одноразовые инструменты (чашки Петри, шприцы, пробирки и т.п.). В модели стоит рассматривать исключительно часть «лекарственных средств», оставляя константой статью «расходные материалы». Причина изменений именно данной группы в том, что на сегодня все лекарственные средства, используемые в ВРТ являются импортными препаратами, стоящими большую сумму денег.

Все лекарственные препараты можно поделить на несколько групп: оригинальные (препараты, которые созданы компанией-производителем впервые на рынке), дженерики (непатентованные лекарственные препараты, являющиеся воспроизведением оригинального препарата, на действующее вещество которого истек срок патентной защиты), препараты локального производства. Оригинальные препараты стоят дорого, так как они являются монополистами в своем сегменте, а значит, производитель может запросить любую рационально подкрепленную цену. Дженерики стоят на порядок дешевле, чем оригинальные препараты. Они также сбивают цену первых вниз, как только выходят на рынок. Что касается локальных препаратов, то их цена также зачастую ниже оригинальных препаратов, что, безусловно, позитивно сказывается на себестоимости препарата, а также одновременно с этим, локальные препараты развивают российское фармацевтическое производство. Поэтому предлагаемая модель рассматривает три сценария:

- 1) с уже существующими лекарственными средствами;
- 2) с использованием дженериков вместо оригинальных препаратов;
- 3) с использованием локально произведенных лекарственных средств.

Исходом данной модели является сокращение стоимости цикла с 130 тыс. р. до 120 тыс. р. и 102 тыс. р. при втором и третьем сценарии соответственно. Таким образом, количество детей, которые могут появиться на свет при втором сценарии, возрастет на 10% и на 30% при третьем сценарии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росстат. Демографический ежегодник России. Здравоохранение в России.
2. Информагенство «Хакассия». Приложение 2 <http://www.probirka.org/surrogatnieprogrammy/3420-otnoshenie-rossiyan-k-surmaterinstvu-i-vrt.html>.
3. <http://www.aisty.narod.ru/regionkvotaf2kvot.html>.
4. Экспертные интервью.

*Институт бизнеса и делового администрирования Российской Академии Народного хозяйства и Государственной службы при Президенте РФ (ИБДА РАНХиГС при Президенте РФ)*

УДК 504.4

*А.А. Кузнецова, Ф.А. Назирова, М.А. Синельникова,  
С.Ю. Слюняева, Т.А. Тришакова\**

## СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОАО «ПИГМЕНТ» г. ТАМБОВА

Современная цивилизация столкнулась с огромной проблемой, заключающейся в том, что различные отрасли промышленности, сконцентрировав в себе колоссальные запасы энергии и новых материалов, стали угрожать жизни и здоровью людей, окружающей среде. В реальных производственных условиях часто возникают ситуации, когда здоровье, а иногда и жизнь человека зависят только от его своевременных и грамотных действий. Разрешению многих проблем, связанных с негативными последствиями производственной деятельности человека, способствует соблюдение требований промышленной безопасности. В связи с этим в настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы промышленной безопасности. При этом на первый план выходит системный подход к управлению промышленной безопасностью, основанный на анализе и оценке рисков, и направленный на профилактику производственного травматизма и улучшение условий труда, соблюдение правил и норм промышленной безопасности.

Целью настоящей работы является анализ состояния промышленной безопасности на пожаровзрывоопасных объектах на примере ОАО «Пигмент» г. Тамбова.

На первом этапе работы выполнен анализ причин возникновения аварийных ситуаций на ОАО «Пигмент». Значимость данного анализа объясняется тем, что только на основе анализа причин возникновения и развития аварии источника в прошлом и настоящем можно проводить опережающее предположение о вероятности их возникновения, т.е. проводить прогнозирование. Главным в этом процессе является информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения [1].

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В.Я. Борщева.

В числе негативных факторов, которые могли бы инициировать и способствовать развитию аварийных ситуаций на технологическом оборудовании на ОАО «Пигмент» нами рассматривались: длительные отключения электро- и водоснабжения; отказы конструкции технологического оборудования; отказы компрессорного оборудования; отказы трубопроводов системы хранения; отказы приборов контроля и автоматики (КИПиА); ошибки обслуживающего персонала; воздействие природных и других внешних характеров [2].

Установлено, что одной из основных причин аварий на предприятии является возможность образования предельных концентраций опасных химических веществ, вследствие разгерметизации оборудования. Опасными веществами на ОАО «Пигмент» в частности являются ксилол, ацетон, бутилацетат. В соответствии с приложениями к закону № 116-ФЗ, в которых указаны признаки опасных производственных объектов и предельные количества опасных веществ, наличие легковоспламеняющихся жидкостей (которыми и являются ацетон и ксилол) на производственном объекте является основанием для лицензирования.

Отметим перечень возможных причин возникновения аварии и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий. В частности, одной из составляющих декларируемого объекта является площадка производства эмали. На данной площадке основными факторами, способствующими возникновению и развитию аварии, являются следующие:

1) наличие на объекте ЛВЖ, являющихся опасными веществами создающими опасность аварийного выброса большого количества вещества при аварийной разгерметизации системы;

2) наличие периодического процесса наполнения аппаратов создает дополнительную опасность аварийной разгерметизации при их переполнении;

3) образование пожаровзрывоопасного облака в помещении склада, цехе;

4) пожар;

5) взрыв парогазовоздушной смеси в помещении с ЛВЖ.

В целом по технологическому процессу на ОАО «Пигмент» возможными причинами аварий являются: ошибки персонала при ведении технологического процесса; перелив из емкости с веществом; разгерметизация аппарата; разгерметизация трубопроводов, арматуры; коррозийный, механический износ оборудования и трубопроводов; повреждение трубопроводов, аппаратуры, арматуры; разлив ЛВЖ в помещении на складе, цехе; наличие открытого огня; утечка ЛВЖ из раз-

герметизированного оборудования, трубопроводов, арматуры при образовании, соответствующих концентраций ЛВЖ с воздухом.

В случае аварийной разгерметизации емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями поступление паров в атмосферу происходит достаточно медленно. Поэтому имеющиеся в цехах предприятия автоматические газоанализаторы обеспечивают оперативное извещение о присутствии опасных паров в воздушной среде уже при концентрациях, несколько превышающих ПДК рабочей зоны. Вследствие этого технический персонал будет своевременно предупрежден о начале возникновения аварии на объекте. Формирование приземного облака и его рассеяние в атмосфере протекает сравнительно медленно, времени для применения средств индивидуальной защиты и самостоятельного выхода и эвакуации технического персонала из загазованной зоны будет достаточно. Во многом токсический эффект поражения будет определяться правильностью действий персонала. Следует также отметить, что в случае аварийной разгерметизации емкостей авария не представляет угрозы для зданий, сооружений, оборудования, но могут пострадать леса и сельскохозяйственные угодья, расположенные вокруг предприятия.

Кроме этого, на наш взгляд, достаточно уязвимым местом в технологическом процессе на ОАО «Пигмент» является сливная железнодорожная эстакада в периоды проведения сливо-наливных операций. При сливе-наливке веществ, возможен обрыв (разрушение) гибких шлангов (рукавов). Одной из главных задач на данном этапе по локализации аварийной ситуации является проведение работ по уменьшению поверхности разлива, т.е. снижение скорости испарения ЛВЖ.

Следует отметить, что снижению аварийности на предприятии также способствует проведенная широкомасштабная реконструкция и модернизация системы улавливания в цехах. Это позволило значительно повысить надежность работ газо-пылеулавливающих установок по очистке атмосферного воздуха во время изготовления и фасовки продукции.

На следующем этапе работы проведен анализ рисков возникновения аварийных ситуаций на ОАО «Пигмент». Известно, что риск возникновения аварийных ситуаций на территории предприятия напрямую зависит от надежности функционирования отдельных объектов, соблюдения технологических регламентов, квалификации персонала.

Согласно РД 03-418-01 при проведении количественного анализа риска аварий на ОАО «Пигмент» рассматривались индивидуальный, коллективный и социальный риски. При этом оценивались различные сценарии аварий. Каждому сценарию аварии предписывалась своя час-

тота реализации и вероятностная зона поражения, которая рассчитывалась, исходя из физических процессов протекания аварий и характеристики негативного воздействия на человека или другие субъекты воздействия. Для получения поля потенциального территориального риска проводилось суммирование всех вероятностных зон поражения с учетом частоты их реализации на рассматриваемой территории. Для оценки риска была рассмотрена зависимость распределения персонала на рассматриваемой территории. Это распределение отражает количество субъектов воздействия, находящихся в конкретном месте в среднем в год.

В результате проведенных расчетов коллективный риск поражения технического персонала на ОАО «Пигмент» составил  $0,84 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>. Таким образом, использованные в работе статистические данные и опыт эксплуатации подобных объектов позволяют считать, что вероятности аварийной разгерметизации оборудования незначительные и отвечают существующему уровню риска на химических опасных объектах.

На основании проведенного анализа промышленной безопасности на ОАО «Пигмент» сделаны следующие выводы:

1. Условия эксплуатации технологического оборудования объекта в основном соответствуют действующим нормам и правилам в области промышленной безопасности.
2. Использование в производстве устаревшего и выработавшего ресурс оборудования повышает вероятность возникновения аварии на предприятии.
3. Анализ аварийности предприятий с аналогичными технологиями показывает, что вероятность возникновения и развития крупных аварий на исследуемом объекте относительно невелика. Отказы технологического оборудования, как правило, приводят к локальным утечкам через фланцевые соединения, запорно-регулирующую арматуру, которые локализуются и ликвидируются силами персонала предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котляревский, А.В. Аварии и катастрофы / А.В. Котляревский. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – Т. 1. – 320 с.
2. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М. : Мир, 1989. – 672 с.

*Кафедра «Техносферная безопасность»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*



*К.А. Алтунин, Е.В. Шашкова\**

## **ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»**

В начале XXI века экологическая ситуация во всем мире и во многих регионах нашей страны продолжает ухудшаться.

Одной из причин резкого наступления цивилизации на природу является демографический «взрыв» – резкое увеличение численности населения в мире в XX веке, увеличение потребностей человека и человечества и, как следствие, – усиление давления на окружающую среду.

В современных условиях использования перерабатывающего и обрабатывающего оборудования при условии конкурентоспособности выпускаемой продукции требуется применение энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования, обеспечивающих гарантированное или заданное качество целевого продукта.

Предприятия отрасли машиностроения и металлообработки, наряду с другими промышленными предприятиями, вносят свой «вклад» в загрязнение окружающей среды. Вредные вещества, отходы производства попадают не только в атмосферу, но и в водную среду, почву, оказывают влияние на растительный и животный мир.

Отрасль «Машиностроение» должна озадачиться и решить вопросы переработки и утилизации отходов, очистки воздуха и сточных вод. Необходимость совершенствовать этапы рабочего цикла, делать их более безопасными, экономичными должна выполняться на всех предприятиях. Энерго- и ресурсосберегающие технологии, использование альтернативных источников энергии способствуют улучшению экологической ситуации и состояния природы.

На современном этапе развития отечественной промышленностью одной из основных задач является экономия материальных ресурсов. В связи с этим комплексное использование существующих источников сырья и создание безотходных производств становится актуальным направлением ресурсосберегающей технологии.

Проблема переработки отходов металлообрабатывающих предприятий, в частности, металлической стружки, огромное количество которой образуется из года в год на машиностроительных заводах

---

\* 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.

страны активно решается путем получения металлополимерных композиционных материалов наполненных металлической стружкой.

Стружка – это широко распространенное и недефицитное сырье для получения металлических порошков, которые могут быть использованы в качестве катализаторов в различных химических процессах (например, для восстановления нитросоединений). За счет резко выраженной дефектной структуры при надлежащей технологии дезинтеграции этого материала процесс может протекать при сравнительно низких дополнительных энергетических затратах. Механическое измельчение стружковых отходов металлообработки становится перспективным методом получения порошков, позволяя экономически эффективно вернуть в производство значительную часть металла. Перед альтернативными решениями получения тонкодисперсных металлических порошков механическое измельчение стружковых отходов имеет то существенное преимущество, что в данном случае материал порошка соответствует марке стали, из которой получена стружка [1].

В общем случае производство МПК состоит из трех основных стадий (рис. 1): подготовки стружечных отходов, приготовления композиции и получения металлополимерных изделий (МПИ) [2].

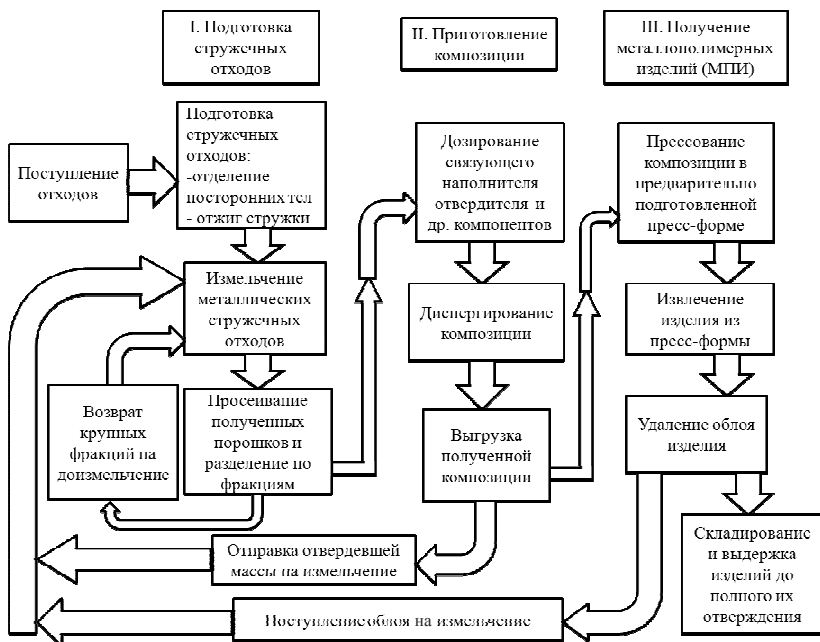


Рис. 1. Технологическая схема получения изделий на основе МПК

На стадии подготовки стружечных отходов выделяют операции отделения от стружки посторонних тел, отжига стружки, ее измельчения и разделения измельченной стружки на фракции.

Поступающие на переработку отходы металлообработки не однородны по своему составу: наряду с собственно металлической стружкой имеются посторонние предметы в виде частиц ветоши, комочков грязи с маслом и т.д. Кроме того, стружка может быть загрязнена остатками смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Для отделения от стружки механических примесей, имеющих неметаллическую природу, применяют сепарацию в магнитных сепараторах.

Очистку СОЖ от стружки осуществляют центрифугированием в центрифугах периодического или непрерывного действия [3]. Отметим, что применение данного процесса и его аппаратного оформления требует дополнительных исследований в связи с тем, что степень загрязнения стружки может варьироваться в зависимости от вида обрабатываемого резанием материала и типа получаемой при этом стружки, а также конструктивных особенностей центрифуг.

Отжиг стружки производится в печах [2].

Измельчение металлических стружечных отходов в порошок может осуществляться механическими или физико-химическими методами [3]. Чаще всего используется механический метод измельчения – применяют дробление или размол.

Дробление и размол осуществляют в мельницах, преимущественно, в шаровых или вибрационных [2, 3].

Для разделения измельченных стружечных отходов на фракции применяют, как правило, грохочение (разделение просеиванием через разделительную перегородку) и сепарацию (разделение за счет различных скоростей движения крупных и мелких частиц в воздушном потоке) [2, 3].

Стадия приготовления композиции включает операции дозирования компонентов и диспергирования данной композиции с целью получения композита.

В зависимости от вида дозируемого материала – металлическая стружка или жидкие компоненты (связующее и отвердитель), применяются соответственно дозаторы весового и объемного типа [2].

Диспергирование композиции, чаще всего производится в смесителях периодического действия объемного смешивания. Такие машины представляют собой емкость с перемешивающим органом, например, в виде Z-образных лопастей, а также смесители роторного типа и вибровращательные устройства с мелящими шарами.

Заключительной стадией получения производства МПК является получение МПИ, на которой осуществляется прессование композиции,

удаление облоя изделия, складирование и выдержка изделий до полного их отверждения.

На кафедре «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» в рамках направлений научных исследований: «Прогрессивные технологии и оборудование машиностроительного производства», «Установление характеристик новых материалов, технологии их обработки и областей эффективного применения» в соответствии с критической технологией «Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов» проводятся исследования по выбору станочного оборудования и разработке технологий для обработки новых композиционных материалов, содержащих металлические стружечные и другие строительные материалы.

Для успешного решения системных вопросов выбора и расчета энерго- и ресурсосберегающего оборудования и технологии необходимы специальные экспериментальные установки на базе металлообрабатывающего станочного оборудования, оснащенные соответствующими приборами и устройствами, а также добротные экспериментальные данные и математические модели соответствующих технологических операций и процессов обработки конкретных материалов при производстве заданных деталей, а также алгоритмы и программное обеспечение для их реализации [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьева, Е.С. Прессование изделий из полимерных материалов : учеб. пособие / Е.С. Ананьева. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. – 89 с.
2. Ресурсосберегающие технологии изготовления металлополимерных материалов : учеб. пособие / Н.А. Чайников, П.С. Беляев, А.Б. Мозжухин, В.В. Жариков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 80 с.
3. Конструирование и расчет машин химических производств : учебник / Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов и др. – М. : Машиностроение, 1985. – 408 с.
4. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки / С.И. Пестрецов, М.В. Соколов, А.Н. Колодин, В.Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

---

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

1. *Кацуба Д.С., Юрина С.О.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЗАВИСИМЫХ  
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ..... 3
2. *Пудовкина Е.В.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА  
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВУХСЛОЙНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ..... 7
3. *Меркина Е.А.* ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ  
ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ..... 11
4. *Костерин Е.В.* РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ,  
АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИЗА УНИКАЛЬНОСТИ  
ДОКУМЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ..... 15
5. *Минаев А.С.* ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ  
И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ  
НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ  
С ФЛЭШ-НАКОПИТЕЛЕЙ ..... 19
6. *Руднев А.А.* ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО  
3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ  
ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ..... 23

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ

7. *Рожков А.В.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО  
НАГРЕВА ..... 26
8. *Петров Д.И., Каратеев А.А., Пудовкина Е.В.* МЕТОД  
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ..... 30

9. *Башмакова М.С., Рязанова Е.В., Савенков А.П.*  
 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
 РЕЗОНАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ  
 АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДВУХДИАФРАГМОВОГО  
 ЗВУКООБРАЗОВАТЕЛЯ ..... 34

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ,  
 МАШИНОСТРОЕНИЕ**

10. *Алтунин К.А., Шашкова Е.В.* БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ  
 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ САПР ПРОЦЕССОВ  
 МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ..... 38
11. *Сомова С.Б., Бокатанова Д.В.* СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
 КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОСЛОЙНЫХ  
 УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ..... 42
12. *Бокатанова Д.В., Сомова С.Б.* ИССЛЕДОВАНИЕ  
 ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА  
 СИНТЕЗ МАЛОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ  
 НАНОТРУБОК ..... 46
13. *Яцишина О.Ю., Бураков А.Е., Гурьев Я.Е., Кучерова А.Е.*  
 ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГИДРОАДСОРБЕНТ –  
 НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ АКТИВИРОВАННЫЙ  
 УГОЛЬ ..... 50
14. *Кучерова А.Е., Бураков А.Е., Заикин А.С.*  
 НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ  
 ЦЕОЛИТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
 ВОДНЫХ СРЕД ..... 54
15. *Ифанов А.М., Пономарев Е.В., Слепов Д.С.*  
 АППАРАТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ  
 ПОЛУЧЕНИЯ НАНОНСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДОБАВОК  
 В БЕНЗИНЫ ..... 57
16. *Проценко И.Г.* МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРЫ В  
 ЖЕЛЕЗУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВАХ ..... 60
17. *Аносова И.В., Телегин М.О.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
 МОДИФИЦИРОВАНИЯ УНТ СЕРИИ «ТАУНИТ»  
 ПОИАНИЛИНОМ ..... 64

18. *Зеленев И.Н., Польшиков В.Ю., Добросоцкий А.А., Алекторов А.А.* МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВНОЙ СМЕСИ В ДИФфуЗИОННОЙ ГОРЕЛКЕ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ..... 69
19. *Конкина В.В., Паршикова М.В., Пучкова Д.И., Шубин И.Н.* ДИАГНОСТИКА УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА «ТАУНИТ» И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ ..... 73
20. *Семикина С.И.* ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НАНОТЕХНОЛОГИИ ..... 77
21. *Першин А.С., Петрова Е.А.* ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ..... 81
22. *Алтунин К.А., Шашкова Е.В.* РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ..... 85
23. *Таров Д.В., Вилищук Э.А., Таров А.В.* МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕАКТОРА ПИРОЛИЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ..... 89
24. *Голубятников О.О.* РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ..... 93

## **БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

25. *Истомина А.И.* РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ДИСТАЛЬНЫХ ФАЛАНГ ПАЛЬЦЕВ ..... 97
26. *Власова Е.В.* РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА ПО АРТЕРИАЛЬНОМУ ДАВЛЕНИЮ ..... 101
27. *Темнов М.С.* РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ *CHLORELLA VULGARIS* ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ..... 105
28. *Одинокова А.А.* СОВМЕЩЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТ РАЗНОДИАПАЗОННЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ ..... 108
29. *Давыдова Д.В., Дьякова В.Н.* РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ДИСКО-ДИФфуЗИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТИБИОТИКАМ .... 112

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

30. *Смолихина П.М., Якимова Е.А.* ОВОЩНЫЕ ПОРОШКИ  
В ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЙНО-СБИВНЫХ КОНФЕТ ..... 116
31. *Кабаргин С.Г., Ланцов В.В., Малина М.В.* ВЛИЯНИЕ  
КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА КАЧЕСТВО  
КОЛБАСНОГО КОПЧЕНОГО СЫРА ..... 119
32. *Ульянова Т.П., Филиппова Л.Ю., Гроховская Ю.А.*  
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ  
СВОЙСТВ Cu(BTS) ..... 122
33. *Смолихина П.М., Мусик А.И.* ОБОСНОВАНИЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ  
В ТЕХНОЛОГИИ ПАСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ..... 125
34. *Куренкова С.Ю., Хвостова Н.И.* ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ  
КОМПОНЕНТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА  
ПЛАВЛЕННЫХ СЫРНЫХ ПРОДУКТОВ ..... 129
35. *Зеленина Л.С., Швырева Е.Е., Сергеева К.А.*  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ЭМУЛЬГИРУЮЩИХ СОЛЕЙ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ  
СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ ..... 132
36. *Тарасова А.В., Попова А.А.* РАЗРАБОТКА СЫРНОГО  
ПРОДУКТА ТИПА «ГРЕЧЕСКИЙ» ..... 136
37. *Темнова В.С.* ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА  
СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА КОНСИСТЕНЦИЮ  
СЫРНОГО СОУСА ..... 140

## ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

38. *Степанов А.Ю., Алешин А.В., Ионов Г.В.* ЭКСТРАГИРОВАНИЕ  
ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ  
АППАРАТЕ ..... 144
39. *Чернов Г.А.* СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВОК  
КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДСОРБЦИИ ПО ОБОГАЩЕНИЮ  
ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ ..... 147
40. *Ряшенцева И.А., Попова С.А.* АДСОРБЦИОННЫЕ  
ОСУШИТЕЛИ ВОЗДУХА ..... 151
41. *Ширяев С.М.* РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРОДУКТЫ ..... 154



42.	<i>Архипова Е.В.</i> СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ АММИАКА .....	158
43.	<i>Темнов М.С., Ширишов Д.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ВИХРЕВОГО СЛОЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ ИЗ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА .....	162
44.	<i>Темнов М.С., Ширишов Д.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ВИХРЕВОГО СЛОЯ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПИДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА .....	166
45.	<i>Головина В.Н.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В КОЛОННОМ РЕАКТОРЕ С ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ НАСАДКОЙ .....	169
46.	<i>Степанов А.Ю., Алешин А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К РАССЛОЕНИЮ ДОННОГО ИЛА, ОБРАБОТАННОГО В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ .....	173
47.	<i>Чижииков А.Г.</i> МЕТОД ОЧИСТКИ ОСАДКА АЗОПИГМЕНТА ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ .....	177
48.	<i>Хромых П.Б., Бельков А.И.</i> ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ НА СОСТАВ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ПЕРЕГОНКЕ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛЕНА .....	181
49.	<i>Выжсанов А.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПЕЧНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦ РАЗБОРКИ И СБОРКИ (НАНОСТРУКТУРЫ) .....	184
50.	<i>Космынин Ф.Г.</i> ОЧИСТКА ИЛИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРУДОВ НАКОПИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ-КАТАЛИЗАТОРОВ .....	188
51.	<i>Гаглошвили М.М., Козлова Н.П., Рылов Ю.Б.</i> ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТИТАНО-СИЛИКАТНЫХ ЦЕОЛИТОВ НА ПРИМЕРЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ПАРОВ АММИАКА .....	192
52.	<i>Комбарова Н.А., Ряшенцева Ю.И., Макеев П.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПЭВД И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СМЕСИТЕЛЕ БРАБЕНДЕР .....	195

53. *Баев А.В.* РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ СТРУКТУР  
ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ИЗ  
БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ..... 199
54. *Бобылева Ю.А., Дорохов Р.В.* РАЗРАБОТКА  
МЕТОДА ОЦЕНКИ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ  
РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА НА МАТРИЦЕ..... 203

### **ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

55. *Зиновьев А.А., Хребтов Н.А., Топильская Е.В.*  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В  
ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 207
56. *Юрина С.О., Попов А.Ю., Мочалин С.Н.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ  
СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ..... 210

### **РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**

57. *Комраков Д.В.* ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ  
ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ..... 214
58. *Князев И.В.* АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ  
С УЛУЧШЕННЫМИ ТОЧНОСТНЫМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ..... 218
59. *Подколзина Л.А., Другов К.М.* АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ  
ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ  
НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ  
КАНАЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ..... 221
60. *Ефремов Р.А.* СИНХРОНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ  
АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОМ ПРИЕМЕ С МОДУЛЯЦИЕЙ  
ПЕРИОДА СЛЕДОВАНИЯ ШУМОПОДОБНОГО  
СИГНАЛА ..... 226

## **АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ**

61. *Солопова К.Ю.* СТРОИТЕЛЬСТВО АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ: АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ..... 230
62. *Жоголева О.А., Соломатин Е.О.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА КОМБИНИРОВАННОЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОБОРУДОВАНИЕМ ..... 234
63. *Евстратов А.С., Пучин А.В.* ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА В ПОДКРОВЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКАТНЫХ КРЫШ С «ХОЛОДНЫМ» ЧЕРДАКОМ ..... 237

## **ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

64. *Соколов М.В., Шашкова Е.В.* ОПЕРЕЖАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ..... 242
65. *Васильев А.А., Семикина С.И., Петрова Е.А., Кузнецова Т.С.* ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ ..... 246
66. *Кузнецова Т.С.* СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ЦФО РОССИИ ..... 250
67. *Краснянская Н.А.* ОПТИМИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ КВОТ В РОССИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ..... 254

## **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

68. *Кузнецова А.А., Назирова Ф.А., Синельникова М.А., Слюняева С.Ю., Тришаклова Т.А.* СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОАО «ПИГМЕНТ» г. ТАМБОВА ..... 259
69. *Алтунин К.А., Шашкова Е.В.* ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ «МАШИНОСТРОЕНИЕ» ..... 263

Научное электронное издание

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ И  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск IV

Редактор З.Г. Чернова  
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано к изданию 20.02.2013  
Мб. Заказ № 77

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



