



# **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов

**ВЫПУСК VI**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
(МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ).**

**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»  
2015

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 VI**

**Фундаментальные исследования в области естественных наук  
(математика, физика, химия)0**

**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.**

**Архитектура и строительство, транспорт.**

**Проблемы техногенной безопасности**

*Научное электронное издание  
комбинированного распространения*



---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2015

Редакционная коллегия:

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

П78 **Проблемы** техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – Вып. VI. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод 00,0 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8265-1394-1.

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития», а также молодых ученых, аспирантов и студентов по приоритетным научным направлениям университета: исследования в области естественных наук, технология продуктов питания; биотехнология, биомедицинская инженерия; энергетика, энергосбережение; радиотехника и связь; системный анализ и управление, приборы; проблемы техногенной безопасности; архитектура и строительство; материаловедение, нанотехнологии, машиностроение; процессы и аппараты химических и других технологий; информатика, вычислительная техника, информационные системы; экономика, управление качеством продукции.

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

ББК я43

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

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

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

ISBN 978-5-8265-1394-1

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

УДК 620.1.08

*А. В. Медведева\**

## **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

Расширение сферы применения пористых материалов, а также круга связанных с ними научных и практических задач в металлургии, атомной и электронной технике, энергомашиностроении, электрохимии, физической химии и других областях повлекло неуклонный рост интереса к таким материалам [1].

При разработке методов и средств контроля параметров пористости материалов наиболее важным этапом является физическое и математическое моделирование их структуры, целью которого является выбор адекватной морфологии пористого материала и разработка ее математического описания, наиболее полно учитывающего структурные характеристики.

Сложность при составлении математического описания в процессе фильтрации состоит в выборе такой модели, которая, в первую очередь, наиболее полно раскрывает физический смысл величины  $K$  (проницаемость) с учетом структурных характеристик изучаемого слоя.

Проанализировав основные существующие физические модели слоя сыпучего материала (СМ) с позиции вложенного в проницаемость  $K$  физического смысла, мы показали, что входящая в уравнения величина  $\varepsilon$  колеблется в интервале от 1 до 3 и принимает, в том числе дробные значения. Этот факт дает основание полагать о ее связи с фрактальной размерностью.

Пористые СМ имеют сложную нерегулярную структуру порового пространства, которую очень сложно описать методами евклидовой геометрии. В настоящее время для описания морфологии пористых материалов и протекающих в них процессов широко используется теория фракталов. Фрактал – это бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба [2].

---

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

Методы, основанные на использовании газа, являются наиболее перспективными за счет того, что газ легко проникает в поры размером до 0,2 нм, а выбор его природы и соответствующая подготовка не оказывают какого-либо негативного воздействия на образец.

За основу аэродинамического метода контроля пористости СМ взята модель губки Менгера (рис. 1, а), состоящая из трехмерных аналогов [ковра Серпинского](#).

Строится данная модель следующим образом:

1) выбирается куб со сторонами  $l = L$ ;  
 2) каждая сторона куба делится на три части таким образом, что куб состоит из 27 меньших кубиков со сторонами  $h_1 = \frac{L}{3}$ ;

3) из центральной части объема исходного куба удаляются 7 таких меньших кубиков;

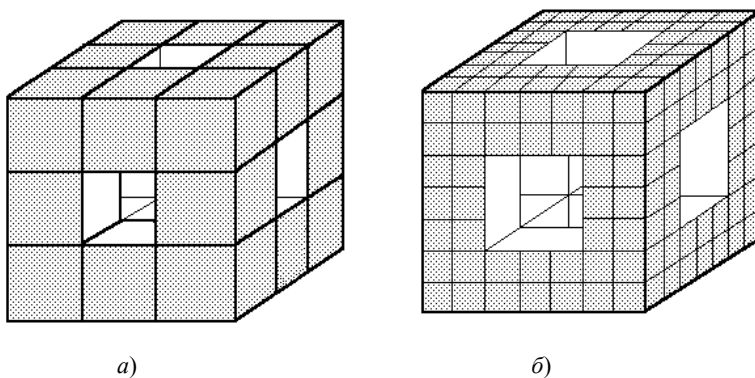
4) в каждом из оставшихся 20 кубиков совершается процедура, аналогичная описанной выше.

Фрактальную размерность определяют по формуле

$$D = \frac{\ln 20}{\ln 3} = \frac{\ln(k^3 - 3kp^2 + 2p^3)}{\ln k} = 2,727. \quad (1)$$

В таблице 1 представлены результаты оценки фрактальной размерности  $D$  углеродных материалов [3, 4].

Воспользовавшись методикой моделирования, предложенной Менгером, выберем фрактальный объект, имеющий размерность, наиболее близко совпадающую со средним значением из табл. 1.



**Рис. 1. Пористый СМ, смоделированный на основе:**  
 а – регулярной губки Менгера; б – обобщенной губки Менгера

## 1. Фрактальная размерность углеродных материалов

№	Материал	$D$
1	Адсорбент N115	2,69
2	Адсорбент N134	2,64
3	Адсорбент N220	2,62
4	Клубки из углеродного наноматериала «Таунит»	2,95
5	Углеродные нановолокна «Таунит»	2,95
6	Углеродные волокна	2,70
7	Углеродные нанотрубки	2,70
8	Углеродный депозит	2,89
9	Пористый углеродный материал C3	2,65
10	Пористый углеродный материал C4	2,80
11	Гранулы активированного угля из оболочек кокосовых орехов (Цуруми НС-8)	2,71
12	Гранулы активированного угля из оболочек кокосовых орехов (Фуджизава В-СГ)	2,80
13	Животный уголь	2,78
14	Пористый древесный уголь из оболочек кокосовых орехов (Стандарт Кемикэл Ко., Монреаль)	2,67
15	Бурый уголь	2,56
Среднее значение фрактальной размерности $D$		<b>2,741</b>

На рисунке 1, б представлена статистическая губка Менгера, механизм образования которой состоит в том, что каждая сторона ребра в исходном кубе делится на  $k$  частей, из центра удаляется  $p$  кубиков со сторонами ребра  $\frac{L}{k}$  и подсчитывается доля оставшихся. Далее для каждого оставшегося кубика со сторонами  $\frac{L}{k}$  процедура изъятия  $p$  кубиков осуществляется  $n$  раз.

В таблице 2 приведены результаты расчета фрактальной размерности по формуле (1) при различных значениях  $k$  и  $p$ .

## 2. Результаты расчета фрактальной размерности обобщенной губки Менгера при различных значениях $k$ и $p$

$k$	3	4	5	6	7	8	9	9	10
$p$	2	1	2	3	3	4	4	5	5
$D$	1,771	2,877	2,730	2,613	<b>2,743</b>	2,667	2,754	2,602	2,699

Как видно из табл. 2, при  $k = 7$  и  $p = 3$  фрактальная размерность обобщенной губки Менгера  $D = 2,743$  близка к среднему значению для пористых углеродных материалов.

Объемную плотность найдем из соотношения

$$\rho_v = \frac{\rho_n}{1 - \varepsilon_0} = \frac{\Delta P_2}{gh_0(1 - \varepsilon_0)}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_2$  – перепад давления на псевдооживленном слое СМ, Па;  $h_0$  – высота неподвижного слоя СМ, м;  $\rho_n$  – насыпная плотность СМ, кг/м<sup>3</sup>;  $\varepsilon_0$  – порозность (концентрация газовой фазы)

$$\varepsilon_0 = \frac{3kp^2 - 2p^3}{k^3}. \quad (3)$$

Используя результаты измерения истинной  $\rho_n$  и объемной (2) плотности с учетом (3), пористость углеродных СМ определим в виде

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_n}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\Delta P_2}{\rho_n gh} \frac{k^3}{3kp^2 - 2p^3}\right) \cdot 100\%. \quad (4)$$

Результаты расчета пористости по формуле (4) достаточно хорошо согласуются с данными нормативно-технической документации.

Поскольку данная модель имеет фрактальную размерность, наиболее близко совпадающую со средним значением для углеродных материалов, с целью более точного определения пористости актуальной остается задача непосредственного определения фрактальной размерности контролируемого СМ с подбором соответствующих коэффициентов  $k$  и  $p$ .

### Список литературы

1. *Медведева, А. В.* Аэродинамическое измерение пористости веществ / А. В. Медведева, Д. М. Мордасов // Вопросы современной

науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – Вып. № 4(42). – С. 329 – 334.

2. *Кагдин, А. Н.* Фрактальное моделирование и нейронные электрические сети / А. Н. Кагдин, Д. А. Джапарова, К. И. Терехов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Спец. вып. (52). – С. 65 – 70.

3. *Федер, Е.* Фракталы / Е. Федер. – Москва : Мир, 1991. – 254 с.

4. *Мищенко, С. В.* Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение / С. В. Мищенко, А. Г. Ткачев. – Москва : Машиностроение, 2008. – 320 с.

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

**УДК 536.21**

***Е. В. Комбарова, Д. А. Комбаров\****

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Цель данной работы – численное исследование теплового метода неразрушающего контроля (НК) качества двухслойных полимерно-металлических изделий. Исследуется стальное изделие в виде пластины с полимерным покрытием из поливинилхлорида (ПВХ). Изделие представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев с теплофизическими свойствами (теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, плотность): первый –  $\lambda_1, a_1, c_1, \rho_1$ ; второй –  $\lambda_2, a_2, c_2, \rho_2$ . Толщины слоев: покрытие –  $h_1$ , стальная пластина –  $h_2$ .

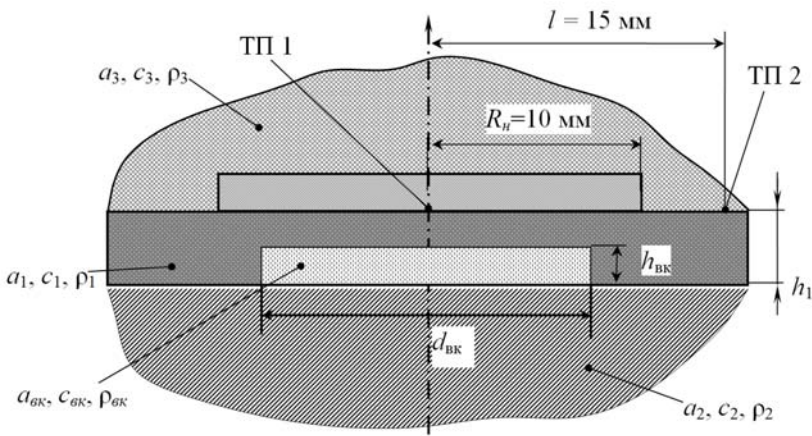
Тепловое воздействие на изделие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). Зонд помещают на поверхность покрытия из поливинилхлорида. Подложка ИЗ выполнена из теплоизолятора – рипора. Размеры подложки ИЗ: высота – 20 мм; радиус – 25 мм. Толщина покрытия – 1 мм, толщина металлической пластины – 10 мм. Нагреватель из меди имеет радиус 10 мм, высоту 1 мм.

Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. П. Жукова.





**Рис. 1. Схема моделирования включений в двухслойном изделии при неразрушающем контроле**

Температура в точках контроля поверхности покрытия измеряется с помощью термоприемников (ТП 1 и ТП 2). Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени (рис. 2).

В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем этим участкам соответствуют тепловые режимы опыта, вышедшие на стадию регуляризации. Полученное ранее решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы, может быть использовано для получения математических выражений для расчета ТФС, толщины покрытий или выявления наличия посторонних включений [1, 2].

Моделирование температурных полей с целью контроля наличия дефектов покрытия в виде металлического включения на границе раздела «покрытие–металлическая пластина» выполнено методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

ТФС материалов представлены в таблице.

Составлены описание задачи, ее геометрия, источники тепла, граничные и другие условия. Численное исследование температурных полей в методе неразрушающего контроля двухслойных полимерно-

**Таблица. Теплофизические свойства материалов**

Метка блока	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(К·м)	Теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Покрытие (поливинилхлорид)	0,12	1260	125
Нагреватель (медь)	400	385	8890
Подложка зонда (рипор)	0,028	1270	50
Пластина (Сталь 40)	47	462	7800

металлических изделий позволит выявить наличие стадии регуляризации теплового процесса и возможность применения одномерной математической модели распространения тепла в плоском полупространстве.

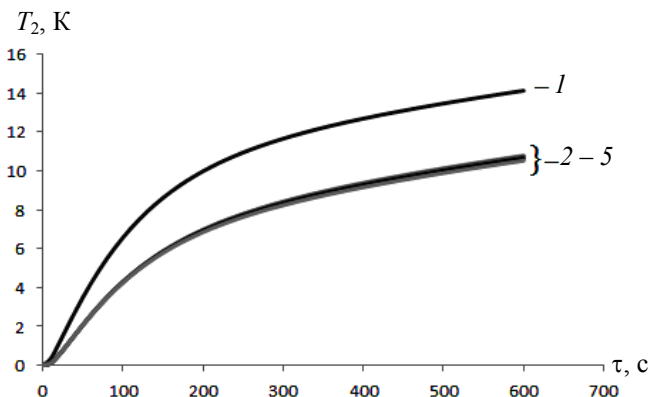
Для упрощения схемы и расчетов пренебрегаем теплоемкостью нагревателя и оттоками тепла по проводам теплоприемников. Принимаем, что все элементы схемы находятся в идеальном тепловом контакте друг с другом. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию.

Численно определяем температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела «подложка ИЗ–покрытие»; в середине слоя покрытия; на границе раздела «покрытие–металл». Полученные результаты позволили сделать вывод о наличии кратковременного одномерного распространения тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплового процесса для локальной области. Появляется возможность выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Появляется возможность использовать для расчета ТФС или толщины покрытия решение [2], полученное ранее.

На рисунке 2 представлены термограммы, полученные численно для термоприемника ТП 2, с целью выявления возможности контроля дефектов в двухслойных полимерно-металлических изделиях.

Исследовали дефекты в виде металлического включения на границе раздела «покрытие из поливинилхлорида–металлическая пластина».

Данные, представленные на рис. 2, регистрируемые термоприемником ТП 2 (рис. 1), расположенным на расстоянии 15 мм от центра нагревателя в плоскости контакта подложки ИЗ с поверхностью полимерного покрытия, позволяют выявить наличие дефекта в виде частицы



**Рис. 2. Термограммы:  $T_2 = f(\tau)$ :**

*1* – модель без дефекта; *2 – 5* – с дефектом в виде металлического включения диаметром  $d_{\text{вк}} = 5$  мм и толщиной  $h_{\text{вк}} = 0,1; 0,25; 0,5; 0,75$  мм

металла диаметром 5 мм и толщиной 0,1...0,75 мм. Так как термограммы 2 – 5 на рис. 2 практически совпали, то определить толщину металлического включения данного размера в исследуемом двухслойном объекте разрабатываемым тепловым способом при заданных условиях испытаний не представляется возможным.

Следует отметить, что на рис. 2 представлены результаты исследования на момент времени 700 с. Однако данные, представленные на рис. 2, позволяют сделать вывод о том, что одной–двух минут нагрева вполне достаточно для выявления дефектов покрытия в виде металлических включений данных размеров. Различия между кривой *1* и графиками зависимостей *2 – 5*, представленными на рис. 2, на моменты времени 60...120 с существенны.

### Список литературы

1. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 2. – С. 153–154.
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 «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*А. А. Сычев, А. Ю. Ярмизина, Ю. И. Лобыкина, В. В. Димитров\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТОДЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Известны контактные методы неразрушающего контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) твердых материалов. Методы реализуются с помощью измерительных систем (ИС) [1, 2].

ТФС определяют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования от круглого источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). По моделям рассчитывают ТФС.

Цель данной работы – численное исследование температурных полей в методе НК двухслойных полимерно-металлических изделий.

Согласно измерительной схеме тепловое воздействие на двухслойную полимерно-металлическую систему осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска. Подложка ИЗ выполнена из теплоизоляционного материала. Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Температура в точках контроля измеряется с помощью термоприемников. Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени.

Наиболее сложной задачей при создании новых методов НК является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплоперенос. В основе метода НК двухслойных полимерно-металлических изделий лежат следующие предположения.

На термограмме имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим участкам соответствуют тепловые режимы опыта, вышедшие на стадию регуляризации.

Известно, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку

---

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

тепла на его поверхности. Данное свойство доказано А. В. Лыковым. 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 тех конечных размеров. Применительно же к методам НК следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для определенной (локальной) области тела. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термоприемников. Полученные ранее решения краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы (при регуляризации тепловых потоков), были использованы для получения математических выражений для расчета толщины покрытий на металлических основаниях [2].

Численное исследование температурных полей в методе неразрушающего контроля двухслойных полимерно-металлических изделий позволит выявить наличие стадии регуляризации теплового процесса и возможность применения одномерной математической модели распространения тепла в плоском полупространстве.

Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, \rho_1$ ; второй – с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, \rho_2$ . Толщина первого слоя –  $h_1$ , второго –  $h_2$ . Численно исследуется изделие с полимерным покрытием из пентапласта. Подложка изделия – в виде пластины из стали.

Для упрощения схемы и расчетов пренебрегаем теплоемкостью нагревателя и оттоками тепла по проводам термоприемников. Принимаем, что все элементы схемы находятся в идеальном тепловом контакте друг с другом. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию ( $q = 0$ ).

Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

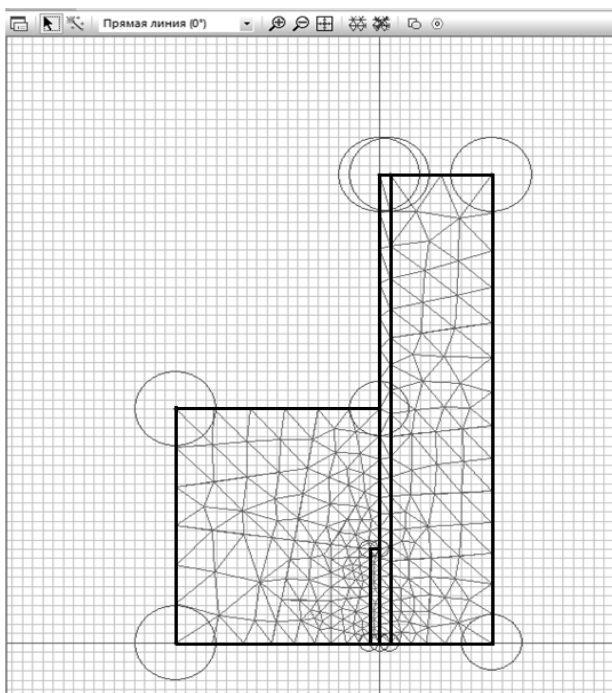
Для построения геометрии задачи использованы следующие размеры объекта. Размер подложки ИЗ: высота 20 мм, радиус 25 мм. Размеры двухслойного объекта: толщина полимерного покрытия – 1 мм, толщина металлического основания 10 мм. Нагреватель из меди имеет размеры: радиус 10 мм, высота 1 мм.

Теплофизические свойства материалов, из которых изготовлен объект исследования, сведены в таблицу.

**Таблица. Теплофизические свойства материалов**

Метка блока	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(К·м)	Теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Покрытие (пентапласт)	0,18	1930	1400
Нагреватель (медь)	400	385	8890
Подложка зонда (политетрафторэтилен)	0,25	970	2150
Пластина (Сталь 40)	47	462	7800

Выполнено построение сетки конечных элементов, распределение узлов которой представлено на рис. 1.

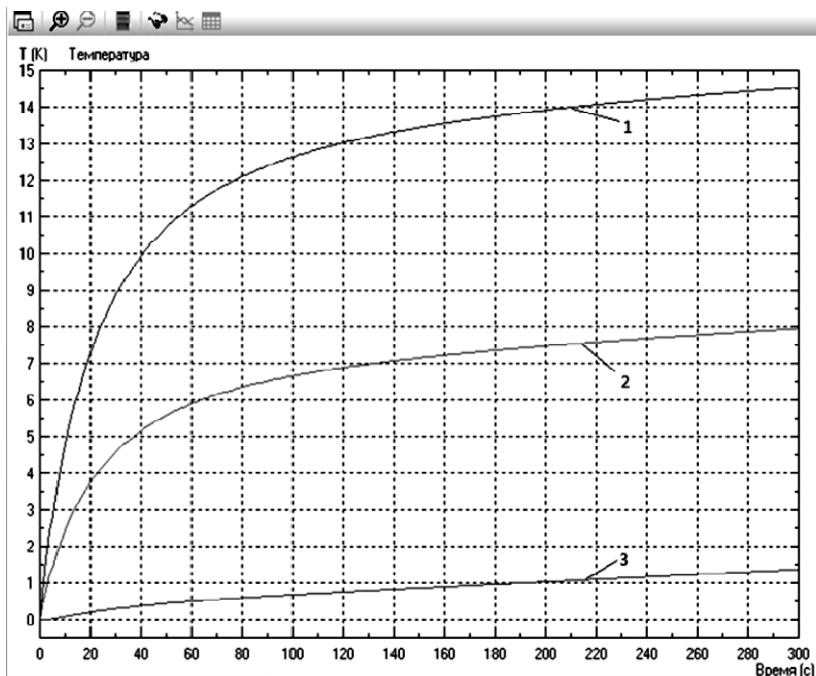


**Рис. 1. Распределение сетки конечных элементов**

На рисунке 2 представлены термограммы. Контролировали температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела «подложка ИЗ–покрытие» (1); в середине слоя покрытия (2); на границе раздела «покрытие–металл» (3).

Полученные данные (рис. 2) позволяют выделить на термограммах 1–3 рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности, и сделать вывод о реализации режима регуляризации для локальной области изделия.

Таким образом, ранее полученное решение можно использовать для расчета толщины покрытий из пентапласта [2].



**Рис. 2. Термограммы в точках контроля, расположенных на оси нагревателя:**  
на границе раздела «подложка зонда из рипора–покрытие» (1);  
в середине слоя покрытия (2);  
на границе раздела «покрытие из пентапласта–металл» (3)

## Список литературы

1. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 2. – С. 153–154.
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 «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»  
ФГБОУ ВПО «ГГТУ»*

**УДК 536.21**

*К. С. Хромый, А. Ю. Ярмизина\**

### **ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ДВУХСЛОЙНОМ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ**

Полимерно-металлические изделия с теплоизоляционными покрытиями на основе пенополиуретана (ППУ) получают методом заливки ППУ в пресс-форму («скорлупы» для трубопроводов, плиты, сэндвич-панели и т.д.).

Неразрушающий контроль качества таких изделий возможно осуществлять тепловым методом по теплофизическим свойствам (ТФС) слоев с использованием измерительного зонда (ИЗ). ТФС проявляются через температурный отклик (термограмму) исследуемого изделия на тепловое воздействие, которому подвергается объект в специально организованном эксперименте.

Цель данной работы – численное исследование температурного поля в методе неразрушающего теплового контроля (НК) двухслойных полимерно-металлических изделий. Исследуется стальное изделие в виде пластины с полимерным покрытием из ППУ.

Исследуемое изделие представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев с теплофизическими свойствами (ТФС): первый –  $\lambda_1, a_1, \rho_1$ ; второй –  $\lambda_2, a_2, \rho_2$ . Толщины слоев –  $h_1, h_2$ .

ТФС материалов, из которых изготовлен объект исследования, сведены в таблицу.

---

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



Тепловое воздействие на изделие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде диска, встроенного в ИЗ. Подложка ИЗ выполнена из теплоизоляционного материала – рипора. Радиус зонда –  $R_{ИЗ}$  (рис. 1). Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Температура в точках контроля поверхности полимерного покрытия измеряется с помощью термоприемников (ТП1, ТП2). В ходе измерения регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени.

Наиболее сложной задачей при создании новых тепловых методов НК является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплоперенос [1, 2].

В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим участкам соответствуют тепловые режимы опыта, вышедшие на стадию регуляризации. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участках термограмм, соответствующих регуляризации теплового режима в локальной области объекта исследования, расположенной вблизи нагревателя и термоприемника ТП1.

Полученное ранее решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме,

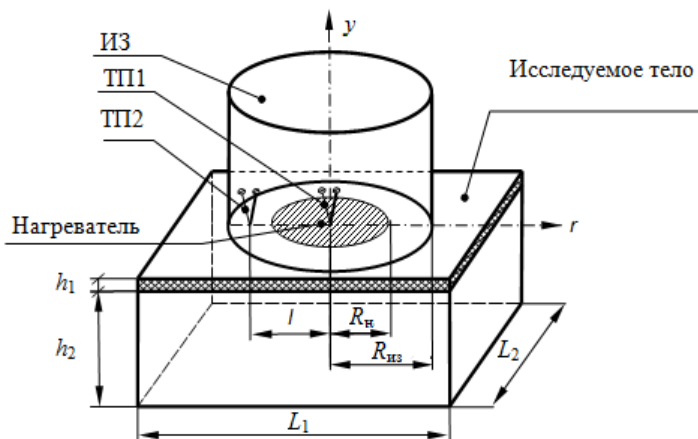


Рис. 1. Измерительная схема метода

**Таблица. Теплофизические свойства материалов**

Метка блока	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(К·м)	Теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Покрытие (пенополиуретан)	0,041	1470	80
Нагреватель (медь)	400	385	8890
Подложка зонда (рипор)	0,028	1270	50
Пластина (Сталь 40)	47	462	7800

пригодной для использования на рабочем участке термограммы, может быть использовано для получения математических выражений для расчета ТФС или толщины покрытий [1].

Моделирование температурных полей с целью выявления режима регуляризации выполнено методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия.

Выполнено построение сетки конечных элементов.

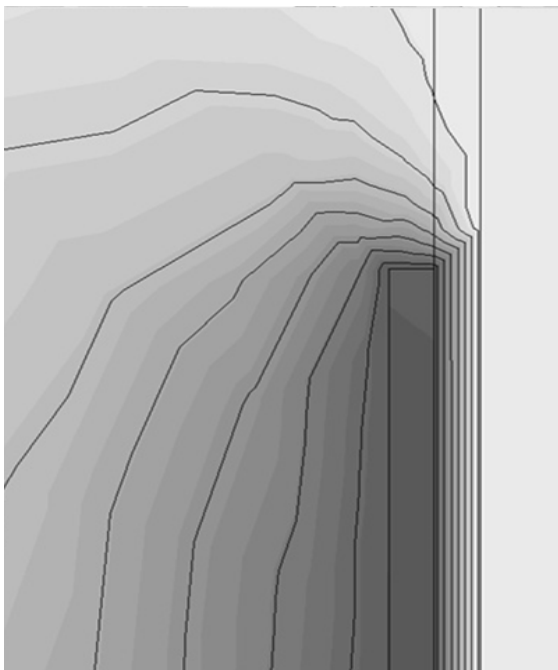
На рисунке 2 представлено распределение температуры по толщине покрытия и подложки ИЗ на момент времени – 300 с.

Размеры ИЗ: высота подложки – 20 мм; радиус – 25 мм. Двухслойное изделие с толщинами: теплоизоляционного пенополиуретанового покрытия – 1 мм, металлического основания – 10 мм. Нагреватель из меди: радиус – 10 мм, высота – 1 мм.

Численно определяем температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела «подложка ИЗ–теплоизоляционное полимерное покрытие из ППУ»; в середине слоя покрытия; на границе раздела «покрытие–металл».

Полученные результаты позволяют сделать вывод о кратковременном одномерном распространении тепла по толщине пенополиуретанового покрытия и реализации режима регуляризации теплового процесса для локальной области изделия [2].

Таким образом, появляется возможность выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Аналитические зависимости, описывающие термограмму на рабочих участках, получены на основании решения соответствующих краевых задач теплопроводности. Подробные описания алго-



**Рис. 2. Распределение температуры по толщине покрытия из пенополиуретана и подложки зонда из рипора**

ритмов получения и применения данных решений для расчета ТФС слоев или определения толщины покрытия представлены в работе [2].

### **Список литературы**

1. *Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий* / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 93 – 99.
2. *Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов* / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

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

УДК 004.658.2

*К. А. Алтунин, Н. А. Храмова\**

**АЛГОРИТМ РАБОТЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ  
БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ**

В работе [1, 2] предложен алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем. Разработанный алгоритм позволяет наиболее полно учесть определяющие, управляемые и возмущающие входные параметры системы резания, моделирует данную систему и дает возможность выбрать оптимальные варианты ее выходных параметров. При этом учитываются параметры динамической составляющей процесса резания (такие как устойчивости стружкообразования и виброустойчивости процесса резания). На основе разработанного алгоритма была создана основная часть системы автоматизированного проектирования (САПР) для оптимизации процесса резания с учетом его динамической составляющей, налажено взаимодействие между ними. Система построена на примере токарной обработки основных металлов и сплавов, используемых в промышленности.

Проектируемая САПР позволит подбирать оптимальные параметры для осуществления конкретного процесса резания (конструктивные – геометрию инструмента, режимные – режимы резания) с максимальной эффективностью, т.е. с минимальными денежными затратами и максимальной производительностью. Такая САПР позволила бы технологу рассмотреть все доступные наборы параметров конкретного процесса резания, смоделировать этот процесс и, исходя из каких-либо конкретных ограничений, обусловленных данным производством, или из целей, которые должны быть достигнуты при осуществлении данного технологического процесса, выбрать его оптимальный в данных условиях вариант.

Алгоритм работы САПР включает в себя также и исследование напряженно-деформированного состояния режущего инструмента, анализ устойчивости и частотный анализ режущего инструмента.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Пестрецова; д-ра техн. наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. В. Соколова.

По результатам этих исследований делается вывод о допустимости принятых режимов резания в зависимости, например, от требуемых показателей к качеству изготавливаемой детали или жесткости системы «станок–приспособление–инструмент–деталь» (СПИД) и о необходимости нахождения оптимальных геометрических параметров режущего инструмента с точки зрения обеспечения устойчивости процесса резания. Реализация данной методики, т.е. проведение некой оптимизационной процедуры с применением существующих САД/САМ-систем, по большей части, из-за структуры их баз данных (БД), практически не возможна. Главной причиной является отсутствие в БД твердотельных моделей режущего инструмента.

Работа с САПР для оптимизации процесса резания предполагает наличие всех исходных данных об этом процессе, как то: сведения об инструменте (его вид, тип, материал), режимах резания (скорость резания, подача, глубина резания, сила резания), обрабатываемом материале (вид, твердость и т.д.), сведения о металлообрабатывающем оборудовании (паспортные данные станка). Чтобы систематизировать эти данные для их дальнейшей обработки, необходимо создать БД по всем указанным параметрам. Подобная БД может быть использована как хранилище основных параметров процесса резания, в которое будет обращаться САПР при задании пользователем начальных данных и при варьировании этих данных на этапах моделирования и оптимизации процесса резания.

По нашему мнению, разрабатываемая БД должна состоять из следующих составных частей:

1. **БД режущих инструментов.** Она должна содержать информацию о геометрических параметрах режущего инструмента, физико-механических и теплофизических свойствах материала режущей части инструмента. Такую БД можно составить для режущих инструментов основных процессов лезвийной обработки материалов (точение, сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование). С целью повышения эффективности работы разрабатываемой БД следует сосредоточиться на информации по наиболее распространенным инструментам. При этом следует включать в таблицы стандартные универсальные режущие инструменты, так как для специальных инструментов существуют отдельные программы проектирования. Таким образом, для создания БД режущих инструментов можно использовать материалы ГОСТов.

Можно также рассмотреть возможность помещать твердотельные модели режущих инструментов в таблицы с их геометрическими параметрами. Тогда пользователь, найдя нужный ему инструмент в БД, может открыть и посмотреть его твердотельную модель.

2. **БД материалов заготовок.** Список обрабатываемых материалов довольно обширен. И, тем не менее, можно выделить три основные группы, которые наиболее часто используются в промышленности: стали, чугуны и цветные металлы и сплавы. Для каждой из этих групп можно составить отдельные таблицы, содержащие информацию о физико-механических и теплофизических свойствах этих материалов. В БД заносятся те свойства материалов, которые не изменяются от термообработки и не зависят от вида и состояния заготовки (плотность, теплостойкость и др.).

3. **БД металлообрабатывающего оборудования.** Для создания этой БД можно использовать классификацию станков по виду обработки и их паспортные данные. Согласно ей металлорежущие станки подразделяют на девять групп, а в свою очередь, эти группы подразделяются на девять типов. Так можно создать главную таблицу, в которой пользователь будет выбирать необходимую ему группу и тип станка. После чего им будет открыта вспомогательная таблица, содержащая информацию о параметрах станков выбранной группы и типа. Основную информацию о параметрах станков данного технологического типа можно найти в их паспортных данных.

С целью получения информации из БД, ее переработки и передачи другим блокам САПР предлагается создать блок обработки начальных данных. Схема взаимодействия данного блока с БД и основными блоками САПР показана на рис. 1.

Принцип работы блока состоит в следующем. Пользователь вводит начальные данные процесса обработки (материал заготовки, условия обработки, размеры заготовки и детали, требования к точности и качеству обработки и т.д.). В соответствии с этой информацией осуществ-



Рис. 1. Структурная схема получения информации из БД

ляется выбор из БД режущего инструмента и металлообрабатывающего оборудования. Вместе с тем из БД выводится информация, необходимая для дальнейшего моделирования процесса резания (свойства материала заготовки, геометрические параметры режущего инструмента, паспортные данные станков и др.). Так же следует предусмотреть возможность ввода в БД новой информации. Это может понадобиться в случае, если, например, пользователю понадобятся данные о материале, которого нет в таблицах. Тогда можно самостоятельно занести недостающую информацию в БД и использовать ее при дальнейших расчетах.

Выбор режущего инструмента и металлообрабатывающего оборудования, соответствующего заданным условиям обработки, является трудноформализуемой задачей. Трудноформализуемой называется задача, которая не имеет полного и точного математического решения. Для правильного выбора инструмента и металлообрабатывающего оборудования могут понадобиться знания эксперта в данной области. Решить данную проблему может помочь применение методов искусственного интеллекта. В частности на базе блока обработки начальных данных и БД параметров процесса резания можно создать экспертную систему. Экспертные системы – сложные программные комплексы, содержащие знания специалистов о некоторой конкретной области и способные принимать решения в пределах данной области. В этом случае БД параметров процесса резания можно использовать в качестве основы при создании базы знаний.

Использование описанной БД при работе САПР процессов резания позволит увеличить объем исходной информации, получаемой программой, что может стать первыми шагами на пути создания универсальной САПР для оптимизации процесса резания. Экспертная система, отвечающая за обработку начальных данных о процессе резания, позволит существенно повысить скорость обработки входных данных САПР.

### Список литературы

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

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

*М. А. Пеливан\**

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ МЕТОДОМ НАИБОЛЕЕ УДАЛЕННЫХ СОСЕДЕЙ ИЛИ МЕТОДОМ ПОЛНОЙ СВЯЗИ

В современном мире приходится работать с большими объемами данных, что вызывает множество трудностей. Кластеризация позволяет разделить данные на группы и иметь дело с меньшим объемом информации.

Кластеризация может обладать множеством целей, которые определяются в зависимости от особенностей поставленной задачи. К основным целям можно отнести: понимание данных – определение структуры множества данных путем разбиения его на группы схожих объектов; обнаружение новизны – выделение объектов, не подходящих ни к одному из кластеров; сжатие данных, когда рассматриваются не целые классы данных, а лишь типичных представителей классов.

Кластеризация используется во множестве различных областей деятельности человека. В медицине кластеризация симптомов и заболеваний заметно облегчает анализ и вид лечения. Верное рассмотрение кластеров симптомов шизофрении, паранойи и других болезней является определяющим при ведении успешной терапии. Так же кластеризация полезна в маркетинговых исследованиях и в археологии. Кластеризация является эффективной и полезной практически во всех случаях, когда требуется классифицировать огромное количество информации к удобному для последующей работы группам.

Пусть  $X$  – множество объектов,  $Y$  – множество номеров (имен, меток) кластеров. Задана функция расстояния между объектами  $\rho(x, x')$ . Имеется конечная обучающая выборка объектов  $X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$ . Требуется разбить выборку на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из объектов,

близких по метрике  $\rho$ : 
$$\frac{\sum_{i < j, c(x_j) = c(x_i)} \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j, c(x_j) = c(x_i)} 1} \rightarrow \min$$
, а объекты разных

кластеров существенно отличались 
$$\frac{\sum_{i < j, c(x_j) \neq c(x_i)} \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j, c(x_j) \neq c(x_i)} 1} \rightarrow \max$$
 [1].

---

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



Основной задачей при кластеризации является определение расстояний между внутрикластерными объектами – степень их «схожести». Существует множество методов определения расстояний между объектами, основные из них представлены в табл. 1.

Метод полной связи (CompleteLinkage) или метод удаленных соседей (FurthestNeighbor) относится к иерархическим агломеративным методам. В данных методах используется классификация, осуществляемая путем последовательного группирования (агломерации) объектов в кластеры, в результате объединения все объекты оказываются иерархически организованными. Иерархические методы кластеризации являются простыми комбинаторными процедурами, отличающимися критерием объединения объектов в группы (кластеры). В процессе работы алгоритма происходит многократное использование выбранного критерия объединения, применяемого к матрице расстояний между всеми объектами. В начале объединяются объекты, расположенные на одном уровне сходства, наиболее близкие друг к другу.

### 1. Метрики для определения расстояний между объектами

Метрика	Формализованное описание
Евклидово расстояние	$\rho(x, x') = \sqrt{\sum_i^n (x_i - x'_i)^2}$
Квадрат евклидова расстояния	$\rho(x, x') = \sum_i^n (x_i - x'_i)^2$
Расстояние Хемминга	$\rho(x, x') = \sum_i^n  x_i - x'_i $
Расстояние Чебышева	$\rho(x, x') = \max( x_i - x'_i )$
Степенное расстояние	$\rho(x, x') = \sqrt[r]{\sum_i^n (x_i - x'_i)^p}$ , где $p$ – взвешивание разностей по отдельным координатам; $r$ – прогрессивное взвешивание расстояний между объектами
Расстояние Махаланобиса	$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu) S^{-1} (x - \mu)^T}$ , где $S$ – матрица ковариаций

Впоследствии поочередно присоединяются оставшиеся несгруппированными объекты до тех пор, пока все они не будут объединены в один кластер. Метод полной связи является восходящим алгоритмом, т.е. вначале каждый объект помещается в отдельный кластер, а затем происходит объединение в более крупные кластеры. Таким образом, появляется система вложенных разбиений. Работа данных алгоритмов обычно отображается в виде ветвистого древовидного графика (дендрограммы) [2].

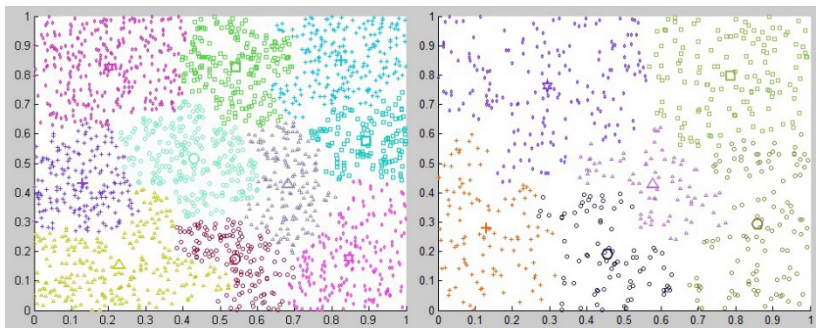
В методе полной связи расстояние между классами определяется как расстояние между самыми удаленными объектами, входящими в эти классы. Происходит объединение кластеров, расстояние между самыми отдаленными представителями которых имеет наименьшее значение. При использовании данного метода формируется большое количество компактных кластеров, включающих в себя наиболее похожие элементы.

На начальном этапе работы алгоритма происходит расчет матрицы расстояний между объектами. На каждом последующем этапе в матрице расстояний определяется минимальное значение, которое соответствует расстоянию между двумя ближайшими кластерами. Далее происходит образование нового кластера, состоящего из двух найденных кластеров. Происходит повторение действий до тех пор, пока не объединятся все кластеры [3].

Метод полной связи или метод удаленных соседей был реализован в среде Matlab. Ниже представлена функция, отвечающая за выбор объединяемых кластеров (рис. 1), а также результаты работы алгоритма (рис. 2).

```
function y=klast_ob(S1,N, Ztmp, Maxz)
for i=1:N
    if (i~=Ztmp(1)) & (i~=Ztmp(2))
        if S1(i,Ztmp(1))<S1(i,Ztmp(2))
            S1(i,Ztmp(1))=S1(i,Ztmp(2));
            S1(Ztmp(1),i)=S1(i,Ztmp(2));
        end
    end
end
S1(:,Ztmp(2))=Maxz+1;
S1(Ztmp(2),:)=Maxz+1;
y=S1;
```

Рис. 1. Функция выбора объединяемых кластеров



**Рис. 2. Результаты работы алгоритма**

**Выводы.** Таким образом, кластеризация является неотъемлемой частью современной обработки больших массивов информации, заметно облегчая работу с ней и охватывая множество областей применения. Выбор различных методов кластеризации зависит от конкретного случая и не может быть определен однозначно. Метод полной связи хорошо работает, когда объекты происходят из действительно различающихся групп. При удлиненной форме кластеров или их естественном «цепочечном» типе данный метод оказывается совершенно непригодным. Так же алгоритм хорошо справляется с задачей выделения аномальных объектов, не подходящих ни к одному из кластеров.

### Список литературы

1. *Заде, Л. А.* Кластеризация и кластер / Л. А. Заде, С. Рао и др. – Москва : Мир, 1980. – 383 с.
2. *Петренко, С. В.* Синтез математической модели автоматизированной системы управления специального назначения с микроядерной архитектурой / С. В. Петренко, А. В. Яковлев, Ан. В. Яковлев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – Вып. 1. – С. 160 – 169.
3. *Яковлев, А. В.* Использование формализма сетей Петри для моделирования распределенных систем с микроядерной архитектурой / А. В. Яковлев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – Вып. 5. – С. 96 – 104.

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

## **РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ FOREL В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ MATLAB**

Кластеризация или кластерный анализ – это задача разбиения заданной выборки объектов на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты различных кластеров значительно отличались [1].

Кластеризация может иметь различные цели, определяемые особенностью конкретной задачи. К основным целям относятся:

- аналитическая обработка данных – определение структуры множества данных путем разбиения его на группы схожих объектов;
- выявление атипичности – обособление объектов, которые не подходят ни к одному из кластеров;
- сокращение объема хранимых данных в случаях сверхбольшой выборки, оставив по одному наиболее типичному представителю от каждого кластера.

Процедура кластеризации позволяет разделить всю совокупность данных на группы, элементы которых схожи друг с другом по определенному признаку. Технология кластеризации применяется во многих областях. Например, в области медицины кластеризация заболеваний, лечения заболеваний или их симптомов приводит к широко используемым таксономиям. В археологии с помощью кластерного анализа исследователи пытаются установить схожести каменных орудий, предметов быта и т.д. В информационных системах используется для «интеллектуального» отбора результатов при поиске файлов, веб-сайтов, других объектов, предоставляя пользователю возможность выбора заведомо более релевантного подмножества поиска и исключения заведомо менее релевантного [2].

Кластерный анализ отличается от классификации тем, что не накладывает ограничения на представление изучаемых объектов, позволяет проводить анализ показателей различных типов данных, не требует предварительных гипотез о наборе данных. При этом следует помнить, что переменные должны измеряться в сопоставимых шкалах.

Целевой функцией для определения схожести и различия кластеров является расстояние между точками на диаграмме рассеивания. Основной задачей кластеризации является определение расстояний между внутрикластерными объектами – мера их близости. Существует

---

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

множество способов определения расстояний между объектами, основные из них представлены в табл. 1 [1].

Формальная постановка задачи кластеризации: пусть  $X$  – множество объектов;  $Y$  – множество номеров (имен, меток) кластеров. Задана функция расстояния между объектами  $\rho(x, x')$ . Имеется конечная обучающая выборка объектов  $X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$ . Требуется разделить выборку на непересекающиеся подмножества – кластеры, так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике  $\rho$ :

$$\frac{\sum_{i < j, c(x_j) = c(x_i)} \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j, c(x_j) \neq c(x_i)} 1} \rightarrow \min, \text{ а объекты разных кластеров существенно отличались } \frac{\sum_{i < j, c(x_j) \neq c(x_i)} \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j, c(x_j) \neq c(x_i)} 1} \rightarrow \max.$$

При этом каждому объекту  $x_i \in X^m$  приписывается номер кластера  $y_i$  [3].

### 1. Метрики для определения расстояний между объектами

Метрика	Формализованное описание
Евклидово расстояние	$\rho(x, x') = \sqrt{\sum_i^n (x_i - x'_i)^2}$
Квадрат евклидова расстояния	$\rho(x, x') = \sum_i^n (x_i - x'_i)^2$
Расстояние Хемминга	$\rho(x, x') = \sum_i^n  x_i - x'_i $
Расстояние Чебышева	$\rho(x, x') = \max( x_i - x'_i )$
Степенное расстояние	$\rho(x, x') = \sqrt{\sum_i^n (x_i - x'_i)^p}$ , где $p$ – взвешивание разностей по отдельным координатам; $r$ – прогрессивное взвешивание расстояний между объектами
Расстояние Махаланобиса	$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu) S^{-1} (x - \mu)^T}$ , где $S$ – матрица ковариаций

Алгоритм кластеризации – это функция  $a: X \rightarrow Y$ , которая любому объекту  $x \in X$  ставит в соответствие номер кластера  $y \in Y$ . Множество  $Y$  в определенных случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное количество кластеров с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации [3, 4].

Автором в пакете Matlab реализован алгоритм FOREL. Суть алгоритма заключается в том, что задаются некоторая точка  $x_0 \in X$  и параметр  $R$ . Выделяются все точки выборки  $x_i \in X^l$ , попадающие внутрь сферы  $\rho(x_i, x_0) \leq R$ , и точка  $x_0$  переносится в центр тяжести выделенных точек. Эта процедура повторяется до тех пор, пока состав выделенных точек, а значит, и положение центра, не перестанет меняться. При этом сфера перемещается в место локального сгущения точек. Центр сферы  $x_0$  при этом не является объектом выборки, потому и называется формальным элементом.

Последовательность шагов алгоритма представляет собой следующую совокупность:

- 1: инициализировать множество некластеризованных точек:

$$U := X^l;$$

- 2: пока в выборке есть некластеризованные точки,  $U \neq \emptyset$ :

- 3: взять произвольную точку  $x_0 \in U$  случайным образом;

- 4: повторять

- 5: образовать кластер-сферу с центром в  $x_0$  и радиусом

$$R : K_0 := \{x_i \in U \mid \rho(x_i, x_0) \leq R\};$$

- 6: поместить центр сферы в центр масс кластера:

$$x_0 := \frac{1}{|K_0|} \sum_{x_i \in K_0} x_i;$$

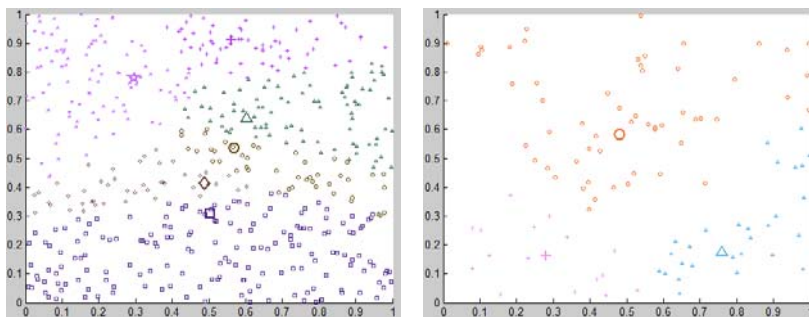
- 7: пока центр  $x_0$  не стабилизируется;

- 8: пометить все точки  $K_0$  как кластеризованные:  $U := U \setminus K_0$ ;

- 9: применить алгоритм КНП к множеству центров всех найденных кластеров;

- 10: объект  $x_i \in X^l$  приписать кластеру с ближайшим центром.

На рисунке 1 представлены результаты реализованного алгоритма FOREL.



**Рис. 1. Результат кластеризации по алгоритму FOREL**

Использование алгоритма кластеризации FOREL в конкретной области принципиально неоднозначно, и тому есть несколько причин:

- количество кластеров заранее не известно и устанавливается в соответствии с некоторым субъективным критерием;
- результат кластеризации существенно зависит от исходного радиуса, выбор которого, как правило, также субъективен и определяется экспертом.

### Список литературы

1. *Мандель, И. Д.* Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – Москва : Финансы и Статистика, 1988. – 176 с.
2. *Райзин, Дж. Вэн.* Классификация и кластер / Дж. Вэн Райзин. – Москва : Мир, 1980. – 392 с.
3. *Петренко, С. В.* Синтез математической модели автоматизированной системы управления специального назначения с микроядерной архитектурой / С. В. Петренко, Ал. В. Яковлев, Ан. В. Яковлев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 1. – С. 34 – 41.
4. *Петренко, С. В.* Использование формализма сетей Петри для моделирования распределенных систем с микроядерной архитектурой / С. В. Петренко, Ал. В. Яковлев, Ан. В. Яковлев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 5. – С. 11 – 19.

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

## **МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Исследование вопросов построения информационно-управляющих систем (ИУС) является актуальным, поскольку внедрение и практическое применение таких систем позволяет снизить материальные и энергетические затраты на производство, повысить качество выпускаемой продукции, сократить уровень загрязнения окружающей среды и т.д. В настоящее время практически ни одна отрасль промышленности не обходится без ИУС, которые позволяют решать все более сложные задачи управления техническими объектами по мере совершенствования информационных технологий и средств вычислительной техники.

Наиболее изученными являются методы построения ИУС одномерными объектами (SISO – Single Input Single Output). Однако, почти все объекты, встречающиеся на практике, являются многомерными (MIMO – Multiple Input Multiple Output), поскольку включают многочисленные входные и выходные переменные, взаимно влияющие друг на друга. При практическом решении задач анализа и синтеза оптимального управления MIMO-объектами зачастую возникают трудности, связанные с необходимостью учета случайных возмущений и помех, а также возможных изменений состояния функционирования ИУС в процессе реальной эксплуатации, что в значительной мере усложняет разработку математического и алгоритмического обеспечения ИУС.

Поэтому в большинстве случаев разработка алгоритмического обеспечения для ИУС, обеспечивающих оптимальное управление многомерными объектами, представляет собой сложное научно-техническое исследование, поскольку в состав алгоритмического обеспечения информационно-управляющей системы могут включаться достаточно сложные методы и алгоритмы (идентификации моделей; анализа и синтеза оптимального управления; имитационного моделирования; принятия решений в условиях неопределенности и т.д.).

Следует также заметить, что в большинстве случаев ИУС проектируют в предположении, что система в дальнейшем будет работать в состоянии нормального функционирования. Однако в процессе реальной эксплуатации могут происходить изменения параметров объекта управления, окружающей среды, интенсивности возмущающих воздействий и т.д. Эти изменения могут оказывать значительное влияние



на работу ИУС, поэтому при проектировании ее алгоритмического обеспечения часто возникает необходимость решения задач оптимального управления (ЗОУ) на множестве состояний функционирования (МСФ) [1].

Для решения задач оптимального управления на МСФ разрабатываются алгоритмы анализа ЗОУ и оперативного синтеза управляющих воздействий для различных состояний функционирования.

Многие российские и зарубежные ученые работают над проблемой интеллектуализации ИУС. Это обусловлено множеством причин, важнейшими из которых являются: непрерывное усложнение объектов управления; появление высокопроизводительных средств вычислительной техники; значительное повышение требований к точности, надежности и эффективности алгоритмов управления в условиях неопределенности; необходимость синтеза оптимальных управляющих воздействий в реальном масштабе времени; сложность или невозможность построения точной математической модели объекта и т.д.

По результатам анализа современного состояния исследований, посвященных вопросам построения ИУС многомерными объектами, можно выделить следующие проблемные места:

1) в настоящее время процесс разработки ИУС многомерными объектами представляет собой сложную научно-техническую задачу;

2) несмотря на значительное число публикаций по методам и алгоритмам построения ИУС в разных отраслях промышленности, следует отметить, что в основном они посвящены вопросам разработки SISO-систем, а ММО-системы рассматриваются значительно реже;

3) в настоящее время практически отсутствует четко формализованная методология создания интеллектуальных ИУС, обеспечивающих оперативное решение задач анализа и синтеза оптимального управления многомерными объектами на множестве состояний функционирования.

Предлагаемая методология основывается на применении следующих методов и алгоритмов на этапах построения ИУС многомерными объектами:

1. На этапе постановки задач применяются методы представления ЗОУ на МСФ. При рассмотрении ЗОУ на МСФ используется переменная, обозначающая текущее состояние функционирования, а МСФ представляет собой множество возможных значений этой переменной. Во всем множестве состояний функционирования выделяют два подмножества: наиболее вероятных и критических состояний. Первое подмножество включает состояния с нормальной работоспособностью элементов ИУС, а второе – содержит все состояния с отказами технических средств ИУС. В дальнейшем, при разработке ИУС, обеспечи-

вающих решение ЗОУ на МСФ, создается алгоритмическое обеспечение, включающее модели и алгоритмы управления для наиболее вероятных состояний, а также возможные действия при критических состояниях функционирования.

2. На этапе идентификации математических моделей объектов управления применяются методы структурной и параметрической идентификации математических моделей многомерных объектов на МСФ. На данном этапе также оценивается адекватность полученных моделей.

3. На этапе анализа задач оптимального управления применяются: аналитико-графический метод исследования области существования решения задачи оптимального управления многомерным объектом; методы и алгоритмы получения видов функций оптимального программного и позиционного управления на основе метода синтезирующих переменных и принципа максимума Понтрягина.

4. На этапе разработки алгоритмов синтеза оптимальных управляющих воздействий могут применяться следующие алгоритмы: 1) помехоустойчивого управления с оптимальной фильтрацией; 2) помехоустойчивого управления с прогнозирующей моделью; 3) аналитического конструирования оптимальной программы управления; 4) интеллектуального управления на основе нечеткой логики; 5) робастного управления; 6) адаптивного управления и др.

5. На этапе разработки информационного и программного обеспечения проводится функциональное и информационное моделирование ИУС, после чего определяются и создаются базовые компоненты ИУС, такие как:

- интеллектуальная база знаний, в которой хранятся процедурные знания в виде фреймов, реализующих алгоритмическое обеспечение ИУС;

- реляционная база данных, предназначенная для хранения исходных данных и результатов работы системы;

- модуль имитационного моделирования, предназначенный для имитирования влияния шумов и смены состояния функционирования объекта, что необходимо для сравнения эффективности различных алгоритмов управления;

- модуль планирования эксперимента, который обеспечивает составление плана эксперимента и получение статистических данных по заданному количеству опытов;

- модуль полного анализа задач оптимального управления на множестве состояний функционирования;

- модуль идентификации состояния функционирования позволяет идентифицировать текущее состояние функционирования объекта управления;

- модуль синтеза оптимального управления, который обеспечивает выбор оптимального алгоритма управления в зависимости от текущего состояния функционирования объекта управления;
- интегрированная среда разработки, позволяющая инженерам и экспертам вносить изменения в базу знаний (необходимость внесения изменений возникает при замене технологического оборудования или режимов его работы, смене номенклатуры выпускаемой продукции и т.д.);
- подсистема пользовательского интерфейса, обеспечивающая наглядный и доступный графический интерфейс для ввода исходных данных и вывода результатов работы ИУС.

При разработке программных модулей ИУС возможно использование как готовых инструментальных средств, предназначенных для создания систем автоматизации и управления, например, SCADA-систем, так и применение инструментальных средств на основе CASE-и RAD-технологий.

Предлагаемая методология предназначена для создания ИУС, позволяющих оперативно решать задачи оптимального управления с учетом возможных изменений состояния функционирования объекта управления в процессе реальной эксплуатации.

Рассмотренная методология построения ИУС многомерными объектами применялась при разработке информационно-управляющей системы динамическими режимами в многосекционных сушильных установках и мультиагентной информационной системы интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов [2].

### Список литературы

1. *Муромцев, Д. Ю.* Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами : монография / Д. Ю. Муромцев. – Тамбов–Москва–Санкт-Петербург–Баку–Вена : Изд-во «Нобелистика», 2005. – 202 с.
2. *Грибков, А. Н.* Мультиагентная информационная система интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов / А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – № 8. – С. 42 – 45.

*Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 14-08-00489-а, 14-08-00198-а, 12-08-00352-а.*

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

*А. М. Шуваева\**

## **МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ АТАК НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ**

Удаленная сетевая атака – информационное разрушающее воздействие на распределенную вычислительную систему, осуществляемое программно по каналам связи.

Для организации коммуникаций в неоднородной сетевой среде применяется набор протоколов *TCP/IP*, обеспечивая совместимость между компьютерами разных типов. Данный набор протоколов благодаря совместимости и предоставлению доступа к ресурсам глобальной сети Интернет стал стандартом для межсетевого взаимодействия, но повсеместное распространение обнажило и его слабые стороны. В особенности из-за этого удаленным атакам подвержены распределенные системы, поскольку их компоненты обычно используют открытые каналы передачи данных.

Сетевые атаки на удаленные серверы реализуются с помощью специальных программ – хакерских утилит. Вербальное описание удаленных сетевых атак строится с помощью сигнатур, таких как Land, WinNuke, UDP Flood, Smurf, ARP Spoofing, SYN Flood, SSPing, Ping of Death. Для представления сигнатур атак будем использовать семантические сети, так как они легче всего позволяют перейти от вербального описания к формальному.

Семантическая сеть – это ориентированный граф, вершины которого – понятия, а дуги – отношения между ними [1]. Узлы в семантической сети обычно соответствуют объектам, концепциям, событиям или понятиям. Логический вывод (поиск решения) на семантической сети заключается в том, чтобы найти или сконструировать подсеть, удовлетворяющую некоторым условиям.

Детектирование угрозы в такой сети будет выполняться следующим образом. В результате последовательного прохождения по вершинам такой сети определяются компоненты сигнатуры, совокупность которых характеризует конкретную атаку. Структура разработанной семантической сети позволяет значительно сократить время формирования цепочки соответствующих компонентов сигнатур, на основе группировки характеризующих определенный класс атак компонент и выделения наиболее показательных из них на верхний уровень сети.

---

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

Организация системы защиты сети является сложной задачей, в которой приходится учитывать большое количество параметров. Влияние этих параметров нередко взаимно противоположно, а часто неопределенно и плохо предсказуемо. В такой ситуации полезна система, способная моделировать процесс обнаружения атакующих воздействий в зависимости от наличия различных факторов.

Представим систему обнаружения вторжений в виде сети Петри с последующим ее анализом для получения важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация может использоваться для оценки моделируемой системы и выработки предложений по ее усовершенствованию.

Сети Петри – это аппарат для моделирования динамических дискретных систем и определяется как пятерка  $\langle P, T, I, O, \mu \rangle$ , где  $P$  и  $T$  – конечные множества позиций и переходов (табл. 1, 2);  $I$  и  $O$  – множества входных и выходных функций,  $\mu$  – маркировка [2].

Известно [2], что сеть Петри выполняется посредством запусков переходов. Формально работа сети Петри описывается множеством последовательностей запусков и множеством реализуемых маркировок.

### 1. Описание позиций сетевой модели

Позиция	Описание	Позиция	Описание
$P_0$	Начало анализа	$P_9$	Действия применены
$P_1$	Выбраны <i>ICMP</i> пакеты	$P_{10}$	Факт атаки зарегистрирован
$P_2$	Выбраны <i>UDP</i> пакеты	$P_{11}$	Обнаружен разрыв или наложение фрагмента
$P_3$	Выбраны <i>ARP</i> пакеты	$P_{12}$	Тип <i>ICMP</i> пакета равен 0
$P_4$	Выбраны <i>TCP</i> пакеты	$P_{13}$	Угроза отсутствует
$P_5$	Обнаружено изменение <i>ARP</i> таблицы	$P_{14}$	Флаг <i>OOB</i> обнаружен
$P_6$	Обнаружена сетевая атака	$P_{15}$	Обнаружен флаг <i>SYN</i> , без <i>ASK</i>
$P_7$	Угроза идентифицирована	$P_{16}$	Угроза возможна
$P_8$	Угроза заблокирована	$P_{17}$	Вероятность угрозы рассчитана

Каждому виду атак соответствует конкретная сеть Петри, которая моделирует процесс ее обнаружения. В данном случае цель состоит в том, чтобы показать совокупность условий, необходимых для успешного детектирования атаки. Если эти условия существуют, то можно говорить о том, что атака точно обнаружена. Но если их нет, или они присутствуют частично, то можно говорить о том, что атака отсутствует, либо присутствует с некоторой долей вероятности соответственно.

## 2. Описание переходов сетевой модели

Переход	Описание	Переход	Описание
<i>T0 – T3</i>	Для анализа выбираются <i>ICMP</i> ( <i>UDP</i> , <i>ARP</i> , <i>TCP</i> ) пакеты	<i>T21</i>	Обнаружение значительного превышения нормы уровня пакетов для <i>ICMP</i>
<i>T4</i>	Проверка наличия изменения <i>ARP</i> таблицы	<i>T22</i>	Не удастся обнаружить отклонение от нормального уровня <i>ICMP</i> пакетов
<i>T5</i>	Не удастся обнаружить изменение <i>ARP</i> таблицы	<i>T23</i>	Проверка совпадения портов получателя и отправителя
<i>T6</i>	Обнаружение значительного превышения нормы уровня пакетов для <i>ARP</i>	<i>T24</i>	Проверка совпадения <i>IP</i> получателя и отправителя
<i>T7</i>	Не удастся обнаружить отклонение от нормы уровня <i>ARP</i> пакетов	<i>T25</i>	Проверка наличия флага <i>SYN</i> и отсутствия флага <i>ASK</i>
<i>T8</i>	Блокирование угрозы	<i>T26</i>	Не удастся найти характерный признак атаки
<i>T9</i>	Выдача сообщения по ликвидации угрозы	<i>T27</i>	Проверка наличия флага <i>OOB</i>

Переход	Описание	Переход	Описание
T10	Идентификация угрозы	T28	Не удастся обнаружить соответствие портов
T11	Регистрация факта атаки	T29–T30	Проверка соответствующих портов получателя и отправителя значению *, 135 (*, 139)
T12 – T14	Проверка соответствующих портов получателя и отправителя значению 7, 19 (13, 37, 19)	T31	Обнаружение превышения нормального уровня пакетов для TCP
T15	Не удастся обнаружить соответствие портов	T32	Не удастся обнаружить отклонение от нормального уровня TCP пакетов
T16	Обнаружение разрыва или наложения фрагмента	T33–T34	Подготовка системы к новому сканированию
T17	Проверка соответствия типа ICMP пакета 0	T35 – T37	Обнаружение превышения нормы уровня пакетов для TCP (ICMP, ARP)
T18	Не удастся найти характерный признак атаки	T38	Расчет вероятности угрозы
T19	Поиск пакетов с разрывом или наложением фрагмента	T39	Принятие решения о наличии угрозы
T20	Не удастся найти подобные пакеты	T40	Принятие решения об отсутствии угрозы

К статическим свойствам сети относятся: конечное множество позиций, конечное множество состояний, множество входных позиций переходов, множество выходных позиций переходов, начальная мар-

кировка, дерево достижимости [2]. Дерево достижимости представляет все достижимые маркировки сети Петри, а также все возможные последовательности запусков ее переходов.

Полный анализ сети Петри можно провести с помощью изучения и анализа ее динамических свойств: достижимость, ограниченность, активность, обратимость и достижимость тупиковой разметки [2]:

1) достижимость: маркировка  $\mu_n$  достижима из маркировки  $\mu_0$ , если существует последовательность запусков, приводящих от  $\mu_0$  к  $\mu_n$ ;

2) ограниченность: сеть Петри называется  $K$ -ограниченной, или просто ограниченной, если для любой маркировки, достижимой от маркировки  $\mu_0$ , количество фишек в любой позиции не превышает некоторого числа  $K$ , т.е.  $\mu(p) \leq K$  для любого  $p$  и любой маркировки  $\mu$ , принадлежащей  $R(\mu_0)$ ;

3) активность: сеть Петри активна, если независимо от достигнутой  $\mu_0$  маркировки, для любого перехода существует последовательность дальнейших запусков, приводящая к его запуску;

4) обратимость и базовое состояние: сеть Петри обратима, если для любой маркировки  $\mu$  из  $R(\mu_0)$  маркировка  $\mu_0$  достижима от  $\mu$ ;

5) достижимость тупиковой разметки делает дальнейшее срабатывание любого перехода в данной сети невозможным [2].

Детектирование угрозы невозможно, пока она себя никак не проявит, следовательно, необходимо некоторое время, в течение которого она выполнит свои деструктивные функции. После этого атаку необходимо блокировать, чтобы она не достигла своего логического завершения.

Таким образом, без использования СОВ время реакции на атакующее воздействие зависит от должностной инструкции администратора по безопасности и чаще всего составляет не менее 24 часов. Такой подход не позволяет оперативно реагировать на атаку и тем более предотвратить ее. Использование разработанной системы обнаружения вторжений позволит значительно снизить время реакции на атакующие воздействия и в значительной мере позволит сократить нанесенный системе ущерб.

### Список литературы

1. *Представление и использование знаний* / Х. Уэно и др. ; пер. с япон. – Москва : Мир, 1989. – 220 с.

2. *Питерсон, Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – Москва : Мир, 1984. – 264 с.

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



*А. М. Манаенков, В. В. Морозов, Ю. В. Немтинова\**

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ПРОДУКЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

На сегодняшний день многие предприятия и организации региональной экономики испытывают дефицит в конъюнктурной рыночной информации. В России на сегодня нет специализированных систем для поиска и анализа продукции региональной экономики с развитыми возможностями прямого автоматического взаимодействия с удаленными массивами информации. В результате реализации проекта, предприятия и организации России и стран СНГ будут иметь следующие возможности: усовершенствование информационной основы принятия решений по управлению экономической деятельностью для предприятий, организаций и администрации; снижение издержек предприятий, организаций, администрации, связанные с деятельностью в информационной и рекламной сфере.

Основные функции разрабатываемого программного ресурса: сравнение цен, просмотр отзывов, поиск организаций с функцией своего геопозиционирования, принятие оптимальных решений по выбору товаров (услуг) за счет использования рекомендации системы, в основе которой лежит метод многокритериальной оптимизации. Это позволяет учитывать местоположение как покупателя, так и поставщика товаров и услуг, выдавая оптимальные результаты поиска. Таким образом, одна из основных целей данного ресурса – это создание информационно-торговой платформы для организаций России, осуществляющих свою деятельность в «offline».

За счет применения геоинформационных систем проект позволяет производить поиск на местном рынке оптимальных маршрутов покупок, цен, товаров и различных услуг. В настоящее время подобные сервисы становятся все более актуальными в связи с расширением рынка мобильных устройств.

Наполнение контента сайта может происходить как в ручном, так и в автоматическом режиме. Управление настройками для зарегистрированных пользователей осуществляется через интерфейс системы.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В. А. Немтинова.

Для этого следует пройти регистрацию и в кабинете зарегистрированного пользователя можно наполнить свою страничку продукцией, загрузив свой список каталогов на сайт, посмотреть отзывы, рейтинги, запросы, отчеты. Для загрузки каталогов с ценами есть возможность прикрепить файл выгрузки из 1С, пройдя в личный кабинет и изменив соответствующие параметры [1 – 3].

Основные достоинства продукта заключаются в осуществлении обратной связи между бизнесом и клиентами. Так, разработанная система отзывов будет контролировать как качество продукта, так и мониторинг пожеланий (спроса) клиентов. Рассказать о своих услугах, бизнесе не составит труда даже для небольшого ИП из любого населенного пункта страны [2].

Геоинформационная маркетинговая система (ГИМС) – это программный комплекс, который на основе геоданных, списков каталогов с ценами и другой информации определяет интересы и предпочтения посетителя и выдает рекомендации в соответствии с ними. Обработка поисковых запросов осуществляется при слаженном взаимодействии всех компонентов системы: рекомендательный, геоинформационный модуль, конструктор личной страницы в ГИМС, синхронизация с 1С-бухгалтерией, модуль sm (система управления взаимоотношениями с клиентами).

При выдаче поисковых запросов информационная система учитывает географическое расположение как организаций, так и покупателя и выдает несколько лучших решений в виде различных слоев с данными, учитывая множество парадигм ГИМС (рис. 1).

При создании аналогичных поисковых систем для комплексной оценки и анализа поступающей информации используется математический аппарат теории графов и множеств. Значимость данной работы подтверждается ее структурой, которая определяет состав и соотношения элементов моделируемой системы.

При формализации информационных массивов, которые нужны при решении вышеперечисленных задач, необходимо создать структурированную базу данных. Структура элементов рассматриваемой области отображается взаимосвязью информационно-логических моделей (ИЛМ) и производственных моделей (ПМ) поддержки принятия решений.

При создании модели данных в различных исследуемых областях могут использоваться несколько подходов. При реализации первого (аналитического) подхода сначала определим главные задачи, для решения которых построим базу, выявим информационные потребности задач приложения пользователя, и, следовательно, определим свойства

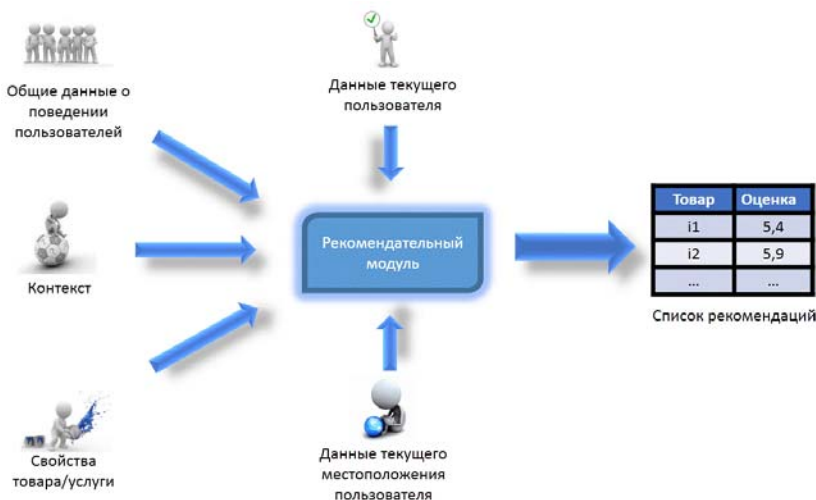


Рис. 1. Парадигмы ГИМС

и структуру информационных объектов модели, а также связи между ними. Во втором (интуитивном) подходе определим типовые объекты конкретной предметной области и их взаимосвязи. Наиболее точным (рациональным) будет сочетание этих подходов вместе. Это связано с тем, что на начальном этапе, как правило, нет исчерпывающих сведений обо всех задачах. Таким образом, ИЛМ отображает данные предметной области в виде совокупности информационных объектов и связей между ними.

Таким образом, ИЛМ, разработанная для поддержки принятия решений улучшает качество поисковой выдачи геоинформационной маркетинговой системы (ГИМС) за счет учета еще ряда параметров и правил.

В итоге, ИМЛ представляет следующий кортеж [1]:

$$M = (d_1, \dots, d_i, \dots, d_N, p_1, \dots, p_j, \dots, p_s), \quad (1)$$

где  $M$  – оператор ИЛМ;  $d_1, \dots, d_N$  – множество данных ИЛМ;  $p_1, \dots, p_s$  – множество правил.

В свою очередь, правила, входящие в модель, построены по типу: если ... (условия выполняются), то ... (реализация следствия), в формализованном виде описываются следующим образом [4]:

$$p^k : \{ \text{if} \left( (d_1^{k'} A_1 z_1^{k'}) \lambda_1 (d_2^{k'} A_2 z_2^{k'}) \lambda_2 \dots \lambda_{n-1} (d_n^{k'} A_n z_n^{k'}) \right) \text{ then } (d_{1m}^{k'} A_{1m} z_{1m}^{k'}) \}, \quad (2)$$

где if – определение условия «если»; then – обозначение последствия «то»;  $A'_i, A_i \in \{=, >, \geq, <, \leq\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  – арифметический оператор;  $\lambda_i \in \{\wedge, \vee\}$  – логический оператор;  $d'_s, d''_{1m}$  – соответственно входные и выходные смодулированные данные;  $Z^{k'} = \{z_1^{k'}, \dots, z_n^{k'}\}$  – множество входных значений  $d_s^{k'}$ ;  $z_1^{k''} \in \{z_{11}^{k''}, \dots, z_{1M}^{k''}\}$  – значения для выходных данных  $d''_{1k}$ ;  $n$  – количество условий;  $k$  – индекс правила ПМ.

В итоге, рассмотренный метод выбора решений, основывающийся на процедурных правилах, достаточно прост в своей реализации и параллельно с этим очень эффективен в работе.

Для реализации вышеприведенной ИЛМ необходим язык программирования. Выберем PHP – скриптовый язык программирования общего назначения, который является серверным языком, т.е. все вычисления происходят на стороне сервера, и что самое главное, имеет модуль поддержки СУБД Mysql.

**Закключение.** Таким образом, данная разработанная математическая модель для поиска оптимальных рекомендаций выдает системную оценку по ряду важных для пользователей параметров, учитывая: геопозиционирование объектов, оптимальное значение цены и качества товаров (услуг), данные о которых сформированы из оставленных отзывов. В итоге, данные поиска о покупках представляются в виде тематических слоев – все это помогает клиентам принять наиболее взвешенное решение за более короткое время.

### Список литературы

1. *Технология* использования различных программных сред при моделировании объектов исторического наследия / А. М. Манаенков, В. В. Морозов, В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова // Информационное общество. – 2013. – № 3. С. 58 – 61.

2. *Немтинов, В. А.* Виртуальное моделирование объектов культурно-исторического наследия с использованием ГИС-технологий / В. А. Немтинов, А. М. Манаенков, В. В. Морозов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 709 – 714.

3. *Немтинов, В. А.* Об оценке эффективности инвестиционной деятельности при размещении химических производств / В. А. Немти-

нов, Ю. В. Немтинова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 375 – 382.

4. *Remote Access Information System for Analysis of Chemical Engineering Objects* / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova, A. A. Pchelinzeva, A. M. Manaenkov // *Signal Processing Research*. – March 2013. – V. 2, Issue 1. – P. 12 – 16.

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

**УДК 004.658.2**

*К. А. Алтунин, Н. А. Храмова\**

### **РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

В качестве исходных данных при проектировании технологического процесса механической обработки принимается ряд параметров. Среди них параметры обрабатываемой заготовки (ее размеры, форма, а также конструкционный материал), режимы резания (скорость резания, подача, глубина резания, сила резания), свойства обрабатываемого материала (вид, твердость и т.д.). После обработки этой исходной информации назначаются материал и геометрические параметры режущего инструмента, производится выбор подходящего металлообрабатывающего оборудования. Чтобы систематизировать эти данные для их дальнейшей обработки, необходимо создать базы данных (БД) по всем указанным параметрам.

В работе [1] описано создание БД токарных резцов и обрабатываемых материалов. Была разработана логическая схема и интерфейс БД на примере токарной обработки. База содержит информацию о геометрических параметрах резца, физико-механических и теплофизических свойствах материала режущей части резца и материала заготовки. В таблицы заносилась информация об основных обрабатываемых материалах, используемых в промышленности.

Созданная БД может быть использована при автоматизированном проектировании технологического процесса механической обработки. Так, в работе [2] рассматривается применение БД в качестве блока

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Пестрецова; д-ра техн. наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М. В. Соколова.

системы автоматизированного проектирования процессов резания. Здесь созданная база используется как хранилище основных параметров процесса резания, в которое будет обращаться программа при задании пользователем начальных данных и при варьировании этих данных на этапах моделирования и оптимизации процесса резания.

Но для того чтобы обеспечить наибольшую полноту информации по всем исходным данным, необходимым при проектировании технологического процесса механической обработки, не хватает таблиц с информацией о параметрах технологического оборудования. Возникает необходимость в создании БД металлорежущих станков.

Для этого рассмотрим классификацию станков по виду обработки. Согласно ей металлорежущие станки подразделяют на девять групп, а в свою очередь эти группы подразделяются на девять типов. Данную классификацию можно использовать для создания БД металлорежущих станков. Так, можно создать главную таблицу, в которой пользователь будет выбирать необходимую ему группу и тип станка. После чего им будет открыта вспомогательная таблица, содержащая информацию о параметрах станков выбранной группы и типа.

Пример главной таблицы был создан в программе Microsoft Office Access 2007. Кроме полей, в которых содержится информация о группе и типе станка, она содержит поле с примечанием и поле с шифром. Поле с шифром является ключевым. Первая буква шифра указывает на группу станка, вторая – на его тип. По данной таблице была создана форма (рис. 1). На нее было помещено поле со списком, позволяющее перейти к нужной записи по описанию станка, данному в примечании.

Шифр:	<input type="text" value="12"/>
Группа станков:	<input type="text" value="1"/>
Тип станка:	<input type="text" value="2"/>
Примечание:	<input type="text" value="Автоматы и полуавтоматы многошпиндельные"/>

Переход к таблице основных параметров

Рис. 1. Форма главной таблицы

Так же на форме имеется кнопка, позволяющая перейти к нужной вспомогательной таблице. Переход осуществляется после сличения ключевого поля «Шифр». Например, если выбран шифр 12, как это показано на рис. 1 (группа «Токарные станки», тип «Автоматы и полуавтоматы многошпиндельные»), при нажатии на кнопку откроется таблица с основными параметрами токарных многошпиндельных автоматов и полуавтоматов.

Рассмотрим создание вспомогательной таблицы на примере токарно-винторезных станков. Основную информацию о параметрах станков данного технологического типа можно найти в их паспортных данных. Параметрами, которые могут понадобиться при моделировании и оптимизации токарной обработки, являются: мощность двигателя, КПД станка, минимальная частота вращения шпинделя, максимальная частота вращения шпинделя, минимальная продольная подача, максимальная продольная подача, минимальная поперечная подача, максимальная поперечная подача, наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, наибольшая длина обрабатываемой заготовки. Все эти данные

База : база данных (Access 2007)	
Конструктор	
Имя поля	Тип данных
Модель станка	Текстовый
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	Числовой
Мощность двигателя, кВт	Числовой
КПД станка	Числовой
Минимальная частота вращения шпинделя, об/мин	Числовой
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	Числовой
Минимальная продольная подача, мм/об	Числовой
Максимальная продольная подача, мм/об	Числовой
Минимальная поперечная подача, мм/об	Числовой
Максимальная поперечная подача, мм/об	Числовой
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	Числовой
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	Числовой
Высота резца устанавливаемого в резцедержателе, мм	Числовой
Шифр	Числовой

Рис. 2. Таблица «Токарно-винторезные станки»

становятся основой для создания таблицы. В качестве первичного ключа в этой таблице предлагается использовать модель станка. Таким образом мы получаем таблицу, содержащую основные параметры токарно-винторезных станков.

Данная таблица была создана в программе Microsoft Office Access 2007 (рис. 2). Так же по данной таблице, для лучшего отображения информации, была создана форма (рис. 3). Кроме полей отображения данных, на форму помещены кнопка добавления новых записей в таблицу, кнопка закрытия формы и поле со списком, позволяющее перейти к нужной записи по модели станка.

Таким образом, создавая таблицы основных параметров металлорезающих станков, соответствующие основным типам станков, можно создать БД металлорезающих станков. Информация из подобной БД может быть использована при моделировании и оптимизации процессов резания, при автоматизированном проектировании технологических процессов.

Токарно-винторезные станки			
		Выбор станка	16K20
Модель станка:	16K20	Максимальная продольная подача, мм/об:	2,8
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм:	2000	Минимальная поперечная подача, мм/об:	0,025
Мощность двигателя, кВт:	10	Максимальная поперечная подача, мм/об:	1,4
КПД станка:	0,75	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм:	400
Минимальная частота вращения шпинделя, об/мин:	12,5	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм:	220
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин:	1600	Высота резца устанавливаемого в резцедержателе, мм:	25
Минимальная продольная подача, мм/об:	0,05	Шифр:	16

Рис. 3. Форма «Токарно-винторезные станки»



## Список литературы

1. *Пестрецов, С. И.* База данных режущих инструментов и обрабатываемых материалов для САПР процессов резания материалов / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 688 – 695.
2. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

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

УДК 53.08

*С. О. Васильев, А. В. Рожков\**

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИРОВОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Физико-механические показатели растительных масел и жиров имеют большое значение для понимания их потенциальных технологических свойств. Определение свойств (одно из них – температура плавления) лежит в основе контроля качества жиров и жиросодержащих продуктов и позволяет проводить идентификацию, исключая возможность фальсификации или несоответствия критериям безопасности. Температура плавления является константой, очень чувствительной к примесям, поэтому по значению температуры плавления можно не только провести идентификацию жира, но и определить степень его чистоты [1]. Следует отметить, что при обнаружении фальсификации применяются те же методы, что и при идентификации, поскольку фальсификация является лишь альтернативным результатом идентификации.

Например, известно, что пальмовое и кокосовое масла содержат насыщенные жиры, которые повышают уровень холестерина в крови человека и способствуют развитию заболеваний (атеросклероза, тромбоза и др.). Пальмовое масло имеет температуру плавления около 40 °С, что существенно выше температуры человеческого организма. Замена молочного жира на растительные масла является часто применяемой фальсификацией с целью удешевления производства.

Применение масел-заменителей вместо масла какао, различных кондитерских жиров вместо молочного жира должно быть указано на этикетках готовой пищевой продукции, оговорено технологическими регламентами и, соответственно, должно сказаться на конечной цене продукта.

Таким образом, при оценке качества сыров, мясной, масложировой, кондитерской продукции, детского питания следует знать их состав и исключать фальсифицирование.

Повышение безопасности продуктов питания и предотвращение попадания на продовольственный рынок фальсифицированной про-

---

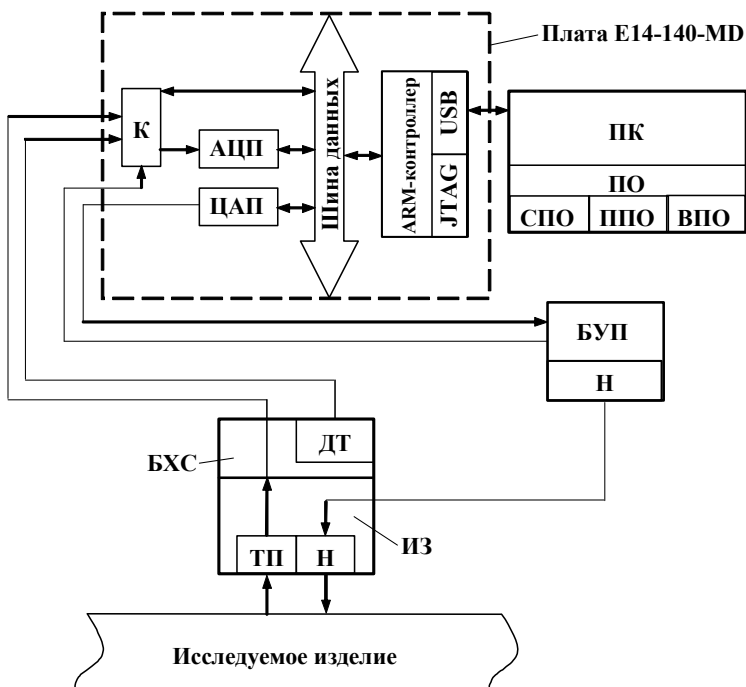
\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

дукции обусловили необходимость совершенствования классических методов анализа, адаптации известных методов к пищевым продуктам и разработки новых экспресс-методик.

Для реализации способа идентификации жирового состава объектов продовольственной направленности разработана измерительная система (ИС), схема которой представлена на рис. 1.

ИС состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, измерительного зонда (ИЗ), блока управления и питания (БУП).

ИЗ обеспечивает тепловое воздействие на исследуемый объект с помощью плоского круглого нагревателя (Н). Мощность и длительность теплового воздействия задаются программно. Регулирующий сигнал поступает с цифроаналогового преобразователя измерительно-управляющей платы E14-140-MD на вход блока управления и питания,



**Рис. 1. Схема измерительной системы:**

ПО – программное обеспечение; СПО, ППО, ВПО – системное, прикладное и вспомогательное программное обеспечение соответственно; БХС – блок холодных спаев; ДТ – датчик температуры

где усиливается и подается на полевой транзистор, который изменяет напряжение на выходе БУП.

ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого объекта, температура на поверхности которого контролируется ТП. Сигнал с ТП поступает через коммутатор (К) на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) платы.

ИС реализует алгоритмы управления режимами эксперимента, позволяет неразрушающим способом определять значения теплофизических свойств исследуемых объектов, фиксировать температурные точки плавления и застывания жира по аномалиям теплофизических свойств [1, 2].

ИС выполнена в виде портативного мобильного прибора, что позволяет проводить НК мяса, сыров, кондитерских изделий и других пищевых продуктов в полевых условиях (цех предприятия, склад).

Для демонстрации работоспособности метода и ИС экспериментально получены результаты испытаний.

На рисунке 2 представлены зависимости скорости изменения температуры в центре круглого плоского нагревателя, отнесенные к значению температуры в центре нагревателя, при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования – мяса говядины. Зафиксирован процесс плавления жира при 45 °С. Это позволяет идентифицировать данный вид мяса.

На рисунке 3 представлены зависимости скорости изменения температуры локального участка поверхности (диаметром 8 мм) при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования – сыра «Масдам». Зафиксированы процессы плавления молочного жира и эндотермические твердофазные переходы в подложке измерительного

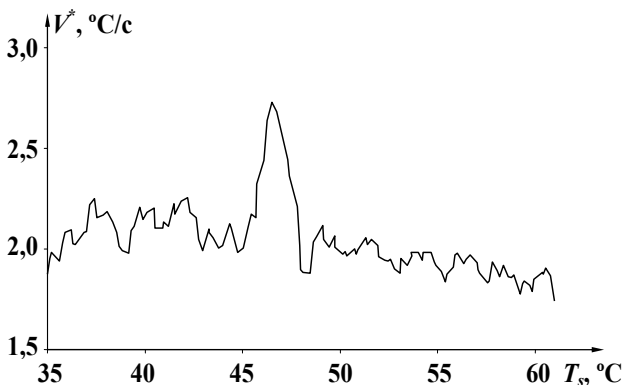


Рис. 2. Зависимость  $V^* = f(T_s)$ . Объект испытаний – мясо говядины



**Рис. 3. Зависимость  $V = f(T)$ .  
Объект испытаний – сыр в парафинизированной оболочке**

зонда (ИЗ), плавление заменителя молочного жира и плавление пищевого парафина оболочки сыра. Таким образом, полученные результаты позволяют идентифицировать данный вид сыра.

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

### Список литературы

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

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

УДК 006.065

*Т. С. Кузнецова, А. М. Зяблова\**

**ПРОЦЕДУРА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ  
КАЧЕСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ  
И МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ**

Сертификация наноматериалов позволяет осуществлять международное экономическое, научно-техническое сотрудничество, создает условия для свободного перемещения товаров по территории РФ, способствует развитию мировой торговли.

Международная сертификация позволяет производителю выходить на новые транснациональные рынки. Подтверждение качества продукции наноиндустрии не только на региональном, но и на международном уровнях значительно повышает конкурентоспособность товаров. Для сотрудничества в области стандартизации и сертификации продукции требуется принятие общих норм и правил проведения процедуры подтверждения качества, создание единой базы нормативно-правовой документации [1].

Главенствующая роль по созданию такой базы в области подтверждения соответствия качества принадлежит Международной организации по стандартизации. Разработкой основополагающих принципов сертификации занимается Международная электротехническая комиссия. Международный форум по аккредитации – соглашение по многостороннему признанию занимается разработкой единых правил аккредитации и порядка проведения подтверждения соответствия качества. Европейский комитет по стандартизации устраняет барьеры между производителями и покупателями за счет создания единых нормативно-технических документов и стандартов. Международная сеть по сертификации – ассоциация органов по сертификации различных стран мира с целью взаимного признания сертификатов стран-участников. Европейская кооперация по аккредитации разрабатывает единые подходы, правила и нормы по аккредитации органов по сертификации и исследовательских центров, расположенных на территории европейского сообщества [2].

---

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

На территории Российской Федерации национальным органом исполнительной власти является Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт), занимающееся разработкой стандартов, контролем их применения, обеспечением единства измерений. Научно-исследовательской деятельностью в данной области занимается Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации, распространением официальных версий нормативно-технической документации – ФГУП «Стандартинформ».

Российская Федерация является участником многих международных организаций. Процесс сертификации приближен к мировым аналогам. Однако в каждой стране существуют свои особенности. Например, во Франции сертификация построена по отраслевому принципу и имеет, в основном, добровольный характер, за исключением медицинского направления. В Японии существует обязательная сертификация, добровольная, проводимая частными организациями, и добровольная, проводимая органами, уполномоченными правительством. В США производится обязательная и добровольная сертификация по трем основным категориям (сертификация товаров и услуг на безопасность, проверка образцов продукции, заменяющая основной контроль и программа оценки качества и условий производства до поступления продукции в торговлю).

Порядок проведения сертификации наноматериалов и продукции, произведенной с их использованием, идентичен подтверждению соответствия качества других товаров и услуг, утвержденному Комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации постановлением от 21 сентября 1994 г. № 15, с учетом последующих изменений.

1. Подача заявки. Заявитель имеет право обратиться в любой орган по сертификации, соответствующий виду продукции, расположенный на территории РФ. Перечень учреждений, срок действия аттестата, виды сертифицируемой продукции, а также контактную информацию можно посмотреть на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

2. Принятие решения по заявке. Не позднее одного месяца после подачи заявки сообщается решение заявителю. В нем содержатся все условия проведения, схема сертификации, необходимые технические документы, определяется перечень аккредитованных испытательных центров, из которых заявитель может выбрать организацию по своему усмотрению.

3. Отбор, идентификация образцов и их испытания. Состав, конструкция и технология изготовления образцов должны быть идентич-

ны производимой продукции. Их количество, правила и сроки хранения определяются индивидуально. Протоколы испытаний передаются заявителю и в орган по сертификации, а их копии хранятся в центре, как минимум, сроком, равным действию сертификата.

4. Оценка состояния производства или сертификация системы качества. Производится в случае, если это предусмотрено схемой сертификации. Результаты заносятся в заключение, влияющее на решение о выдаче сертификата, а также указываются в сертификате на продукцию.

5. Принятие решения о выдаче (об отказе в выдаче) сертификата соответствия. Эксперт органа по сертификации анализирует протоколы испытаний, состояние производства, технические документы, осуществляет оценку соответствия продукции заявленным показателям и выносит заключение, на основании которого орган по сертификации принимает положительное решение о выдаче сертификата. При отрицательной оценке выдается заключение с указанием всех причин отказа.

6. Выдача сертификата. В случае положительного ответа эксперта орган по сертификации оформляет и регистрирует сертификат. В нем указывают все документы, на основании которых принималось решение. Срок его действия устанавливается в зависимости от нормативных документов на продукцию, сертификации производства или системы качества, но не более чем на три года.

7. Инспекционный контроль сертифицированной продукции. Осуществляется на протяжении всего срока действия, если это предусмотрено схемой сертификации, но не реже одного раза в год в виде плановых и внеплановых проверок с проведением испытаний продукции на подтверждение соответствия качества. По их результатам выдается заключение о сохранении действия сертификата. Данный акт хранится в органе по сертификации, а его копии предоставляются заявителю и инспектирующей организации. В случае несоответствия продукции, технологии и других параметров заявленным показателям может быть принято решение о приостановке или отмене действия сертификата.

8. Корректирующие мероприятия при нарушении соответствия продукции установленным требованиям и неправильном применении знака соответствия. Знак соответствия наносится на несъемную часть изделия, тару, упаковку, техническую документацию контрастным, четким исполнением к фону поверхности, на которую он нанесен. При проведении корректирующих мероприятий приостанавливается действие сертификата, определяется срок и виды контроля устранения



несоответствий. Производитель обязан выявить масштаб нарушений, номер партии, предупредить потребителей и общественность об опасности. После проведения корректирующих мероприятий изготовитель обязан изменить маркировку для отличия продукции до и после изменений и проинформировать заинтересованных участников сертификации. При невыполнении данных действий или их неэффективности, действие сертификата прекращается.

9. Представление информации о результатах сертификации. Орган по сертификации предоставляет всю необходимую информацию по требованию заявителя в пределах своей компетенции [3].

Подтверждение соответствия качества наноматериалов призвано сформировать положительное отношение к производителям, повысить доверие потребителей. Объектами сертификации на территории Российской Федерации являются:

- продукция, созданная с использованием нанотехнологий или содержащая их;
- оборудование и приборы, используемые при производстве и применении товаров наноиндустрии;
- система менеджмента предприятий, производящих, обслуживающих или использующих наноматериалы [4].

Для работы на российском рынке производителям могут потребоваться различные виды сертификатов: сертификат соответствия ГОСТ Р, декларация о соответствии в системе ГОСТ Р, сертификат или декларация о соответствии техническому регламенту, свидетельство о государственной регистрации. Для международной деятельности стоит оформить документы на подтверждение соответствия требованиям системы ГОСТ Р ИСО серии 9000. Процедура подтверждения соответствия качества наноматериалов является авторитетным свидетельством, что работа организации производится в соответствии с требованиями и рекомендациями, разработанными Международной организацией по стандартизации и одобренными в Российской Федерации.

### Список литературы

1. Пасько, Т. В. Анализ динамики изобретательской активности в сфере нанотехнологии / Т. В. Пасько, С. И. Семикина // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20, №. 3. – С. 586 – 593.

2. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во «Юрайт», 2013. – 813 с.

3. *Порядок* проведения сертификации продукции в Российской Федерации. – Москва : Изд-во стандартов, 1996.

4. *Совершенствование* процессов и аппаратурного оформления синтеза углеродных наноматериалов «Таунит» / А. А. Аладинский и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 572 – 578.

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

**УДК 621.3**

*А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, К. В. Шестоков\**

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАГРЕВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Электротермические установки (ЭТУ) для технологического обслуживания имеют ряд преимуществ (в сравнении с установками, работающими на теплоте, получаемой от внешней тепловой сети или индивидуального теплового пункта), к которым относится:

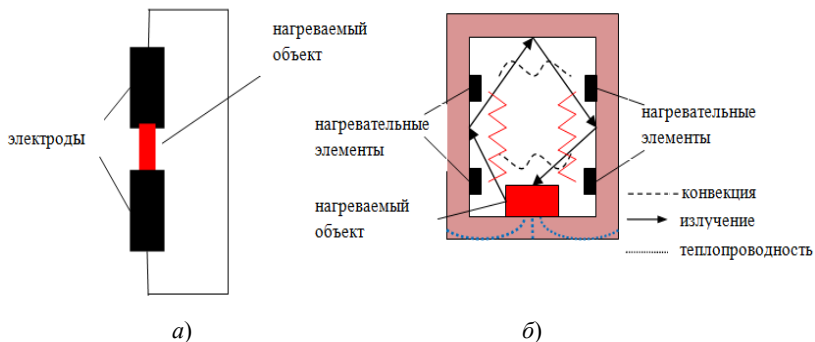
- 1) возможность концентрации высоких мощностей в малом объеме;
- 2) получение высоких температур;
- 3) возможность получения высокой равномерности температурного поля;
- 4) легкость механизации и автоматизации ЭТУ.

В настоящее время для различных технологических процессов широко используют электронагрев сопротивлением, при котором электрическая энергия преобразуется в тепловую непосредственно в проводящей среде или проводнике, включенных в цепь электрического тока (рис. 1).

Основными элементами ЭТУ, реализующими нагрев методом сопротивления, являются нагревательные элементы (нагреватели). В ЭТУ с рабочими температурами  $t_{\text{раб}} > 1250$  °С применяют неметаллические нагреватели из графита, тугоплавких металлов, их также применяют для ЭТУ низкотемпературного нагрева (300...400 °С) [1]. В диапазоне

---

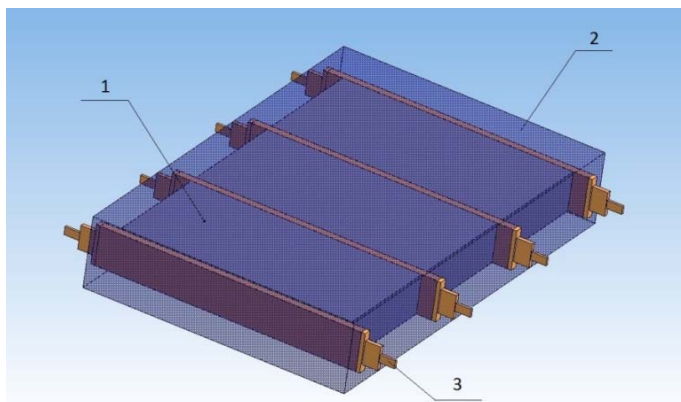
\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «ТТНП» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Щеголькова.



**Рис. 1. Нагрев сопротивлением:**  
*а* – прямой; *б* – косвенный

температур от 90 до 400 °С используют керамические нагреватели, если требуется добиться эффекта адаптации под окружающую среду, применяют специальные легирующие добавки (стронций или свинец). Недостатком представленного типа электронагревателей является высокая стоимость, токсичность и низкая устойчивость к механическим воздействиям. Стоит отметить, что информационный обзор показал отсутствие электронагревателей с рабочим диапазоном температур менее 90 °С, однако для большинства технологических процессов и бытового использования благоприятнее использовать электронагреватели с этим верхним пределом температуры.

В связи с этим актуальным является применение электронагревателей на основе материалов, полученных путем модификации веществ с фазовым переходом, таких как церезин, воск и парафин [2]. При этом имеется возможность реализовать целый ряд новых функциональных возможностей, к которым следует отнести более эффективный тепловой контакт, устойчивый электрический контакт, теплоаккумулирование и более точное поддержание температурного диапазона, что позволяет создавать энергоэффективные системы электронагрева. Электрический нагреватель на основе наномодифицированного материала работает следующим образом: на электрические контакты 3 через токоведущие провода подается электрическое напряжение. За счет наличия в наполнителе 1 углеродного наноматериала УНМ «Таунит» происходит выделение джоулева тепла. Диэлектрическая часть накапливает это тепло, которое через оболочку в ходе теплообмена передается во внешнюю среду (рис. 2, 3).



**Рис. 2. Электрический нагреватель  
на основе наномодифицированного материала:**  
1 – наполнитель (наномодифицированный парафин);  
2 – корпус (цементная связка); 3 – электрические контакты

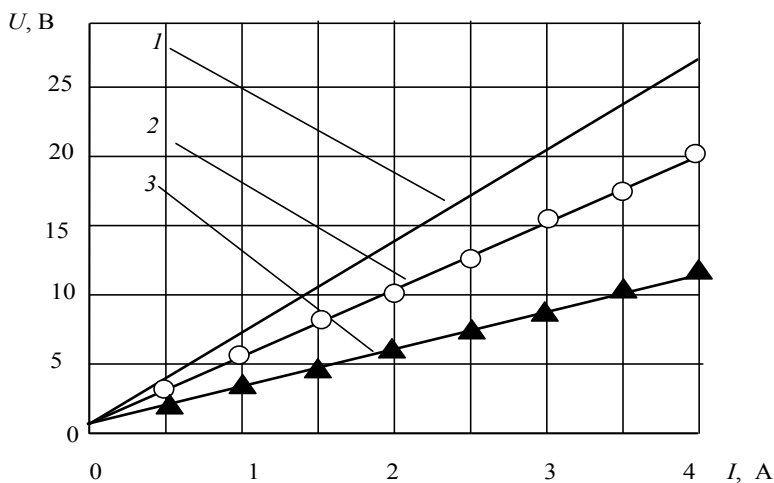


**Рис. 3. Внешний вид электрического нагревателя  
на основе наномодифицированного материала**

Характеристики электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала представлены в табл. 1.

## 1. Характеристики электронагревателя

Тип электронагревателя	Рабочее напряжение $U$ , В	Диапазон рабочих температур $T$ , °С
Цемент–парафин–УНТ	от 5 до 220	250...320
Полиэфирная смола–УНТ	от 1,5 до 50	90...250
Церезин–УНТ	от 1,5 до 12	30...90
ПЭГ–УНТ	от 1,5 до 12	30...50
Полиуретан–УНТ	от 1,5 до 12	30...120



**Рис. 4. ВАХ электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала:**

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

На рисунке 4 показаны вольт-амперные характеристики (ВАХ) электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала.

У разработанного электронагревателя имеются преимущества перед аналогами (вследствие новых функциональных возможностей):

- высокая энергетическая эффективность;
- модульный принцип компоновки упрощает монтаж устройств на технологическом объекте (выполняется как отдельными модулями по 50 Вт тепловой мощности, так и единым блоком от 2 кВт до 100 кВт);

- экологически чистая технология производства и эксплуатации;
- широкий диапазон стоимости, позволяющий привлечь разные категории потребителей.

### Список литературы

1. *Электротехнология* / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. *Пат. 2466333* Российская Федерация, МПК7 F24Н7/00. Электротеплоаккумулирующий нагреватель / В. Ф. Калинин, А. В. Щегольков ; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – № 2011118301/06 ; заявл. 05.05.2011 ; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 24. – 8 с.

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

**УДК 699.231.3**

***А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, А. А. Попова\****

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С ДОЛГОВРЕМЕННЫМ ХРАНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ**

Повышение эффективности технологического оборудования, в котором происходят периодические тепловые процессы (варочные аппараты, сушильные шкафы, выпарные установки и т.д.), возможно путем использования тепловых аккумуляторов. Для разработки систем тепловой аккумуляции необходимо решить ряд задач: выбор материалов и типа теплообменного оборудования, оптимизация режимно-конструктивных параметров.

Для тепловых аккумуляторов наиболее рационально использовать материалы с фазовым переходом (церезин, парафин, воск, кристаллогидраты и т.д.), что обеспечит снижение массогабаритных параметров и облегчит установку теплообменных элементов непосредственно в теплоаккумулирующем материале.

В этом отношении весьма актуальным является разработка новых типов накопителей тепловой энергии, которые позволяют хранить энергию без существенных потерь энергии в окружающую среду в

---

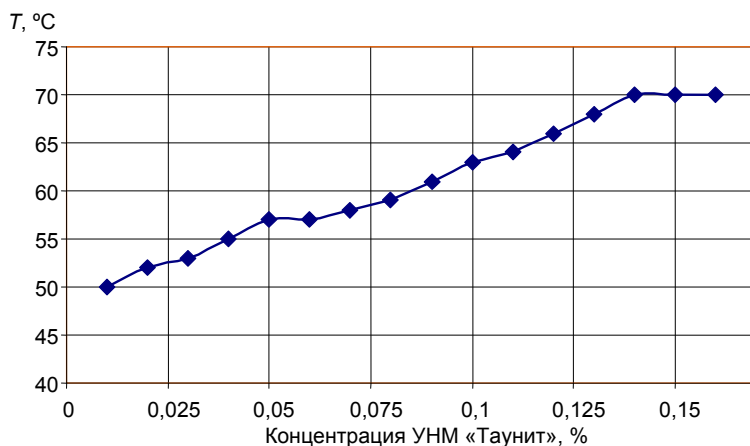
\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «ТТНП» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Щеголькова.

течение длительного времени (от нескольких часов до нескольких месяцев). При этом тепловой аккумулятор должен выполнять функцию короткоциклового зарядки и разрядки, когда циклический процесс имеет небольшую паузу.

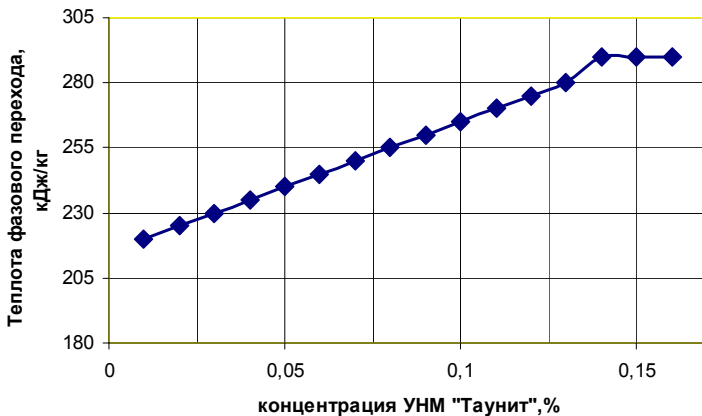
С целью решения вопроса о долговременном хранении тепловой энергии стоит обратить внимание на водно-солевые смеси, к примеру, ацетат натрия, который при кристаллизации выделяет теплоту (и в общем имеет два устойчивых состояния: жидкое и твердое). Для ацетата натрия фазовый переход, связанный с выделением теплоты, приводит к превращению его в твердое состояние из жидкого, после механического воздействия (обратный переход возможен при нагреве до  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает его переход в жидкое состояние). Нахождение в жидком состоянии обеспечивает возможность долговременного удержания теплоты, так как температурный режим соответствует температуре окружающей среды. Тепловыделения в материале возможно контролировать, организуя в нужный момент кристаллизацию путем механического воздействия.

Однако, у ацетата натрия относительно невысокая температура тепловыделений (до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Для того чтобы обеспечить увеличение температуры экзотермической реакции, был использован углеродный наноматериал серии «Таунит», что позволило увеличить температуру экзотермической реакции до  $60\text{...}70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 1) и теплоту фазового перехода (кристаллизации) до  $300\text{ кДж/кг}$  (рис. 2).

На рисунке 3 представлены экспериментальные образцы модифицированного ацетата натрия, размещенные в силиконовые оболочки.

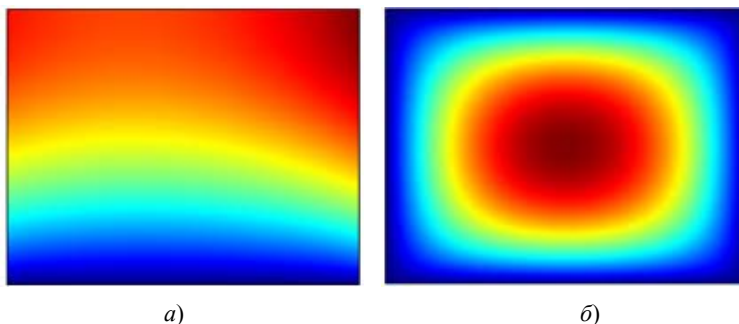


**Рис. 1.** Влияние концентрации УНМ на температуру фазового перехода



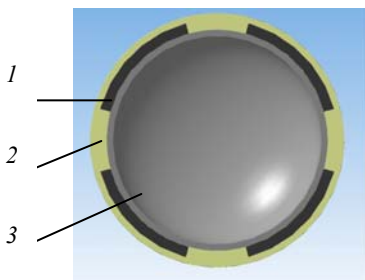
**Рис. 2.** Влияние концентрации УНМ на теплоту фазового перехода

**Рис. 3.** Внешний вид модифицированного ацетата натрия (в заряженном состоянии)



**Рис. 4.** Распределения температурного поля на поверхности наномодифицированного ацетата натрия в режиме разрядки:  
*а* – инициация тепловыделений с верхнего правого края образца;  
*б* – инициация тепловыделений в центре образца





**Рис. 5. Расположение системы тепловой аккумуляции на технологическом аппарате:**  
 1 – теплоаккумулирующий модуль на основе наномодифицированного ацетата натрия;  
 2 – тепловая изоляция;  
 3 – корпус технологического аппарата

На рисунке 5 представлено расположение системы тепловой аккумуляции на основе наномодифицированного ацетата натрия на технологическом аппарате.

Преимущества наномодифицированного ацетата натрия, необходимые для применения его в системах тепловой аккумуляции:

- высокая плотность накопления тепловой энергии;
- возможность подбора и расширения диапазона фазового перехода;
- возможность подзарядки от электрической сети;
- возможность массового выпуска и низкая себестоимость;
- не токсичен;
- позволяет организовать следящий тепловой контакт с технологическим объектом;
- тепловой аккумулятор на основе наномодифицированного ацетата натрия может принимать любые геометрические конфигурации.

Проведенные исследования позволили экспериментально установить эффект расширения температурного диапазона фазовых переходов в ацетате натрия при модифицировании углеродными наноматериалами, что дает возможность повысить эффективность использования этого материала в теплоаккумулирующих системах.

### Список литературы

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

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

*А. В. Фирсова, А. В. Медведева\**

## **УСТАНОВКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЛЕНОК**

В современных высокотехнологичных производствах широко используются мономолекулярные пленки. Одним из методов их формирования является метод Ленгмюра–Блоджетт, заключающийся в нанесении на поверхность жидкой субфазы пленкообразующего вещества, формировании мономолекулярного слоя и снятии сформированной пленки.

В технологии Ленгмюра–Блоджетт используют вещества, которые образуют стабильные монослои на поверхности жидкой субфазы. Такие вещества состоят из молекул, имеющих гидрофильную часть («голову») и гидрофобную часть («хвост») и называются дифильными или амфифильными. Из-за того что полярные головки молекул этих веществ легко взаимодействуют с водной средой, а углеводородным гидрофобным хвостам невыгодно находиться в воде, возникает гидрофобный эффект. В результате этого эффекта образуется мономолекулярный слой из молекул дифильного вещества. Углеводородные хвосты этих молекул находятся в газовой фазе, а гидрофильная голова – на границе раздела жидкой и газовой фаз. При уменьшении площади поверхности, занимаемой молекулами амфифильного вещества, последние формируют мономолекулярный слой.

Анализируя методы формирования молекулярных пленок, следует отметить, что установки, используемые в технологии Ленгмюра–Блоджетт, различаются формой, материалами изготовления, набором инструментов и методикой выполнения.

Известна установка для получения монослоя методом Ленгмюра–Блоджетт. Она содержит подвижный барьер, который выполнен в виде замкнутой гибкой ленты, огибающей направляющие с образованием многоугольника [1]. Однако эта установка имеет сложную конструкцию, сложна в реализации и обслуживании.

Так же для формирования и изучения мономолекулярных пленок используется установка, в которой подвижный барьер выполнен в виде замкнутой ленты постоянного периметра. При этом одна часть ленты закреплена неподвижно, а другая сделана так, чтобы было возможно

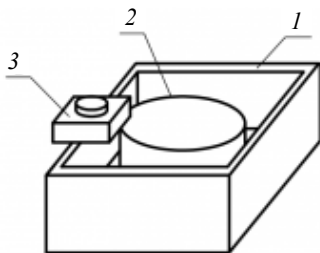
---

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

контактировать с подвижными держателями для сжатия барьера. Недостатком такой установки является неравномерное сжатие монослоя. Тем самым увеличивается риск получения некачественных пленок.

Известны устройства, позволяющие синтезировать наноразмерные слои путем управления физико-химическими свойствами слоя с помощью электрического поля.

С целью проведения исследований поведения пленок Ленгмюра при аэродинамических и акустических воздействиях на них, разработана экспериментальная установка, основными блоками которой являются блок формирования возмущающего воздействия и устройство формирования мономолекулярных пленок. Блок формирования возмущающего воздействия представляет собой струйно-акустический генератор диафрагмового типа, конструкция и принцип действия которого подробно описаны в работах [2, 3]. Устройство по получению монослоев состоит из прямоугольной ванны 1 с жидкой субфазой; подвижного барьера 2, выполненного в виде замкнутой ленты; системы 3 для перемещения барьера.



**Рис. 1. Устройство формирования мономолекулярных пленок**

Устройство, изображенное на рис. 1, работает следующим образом: в прямоугольную ванну 1 на поверхность жидкой субфазы (дистиллированная вода) наносится расчетное количество раствора амфифильного вещества (стеариновой кислоты), которое распределяется по всей поверхности в пределах площади, ограниченной барьером 2. При небольшом количестве амфифильного вещества и большой площади поверхности,

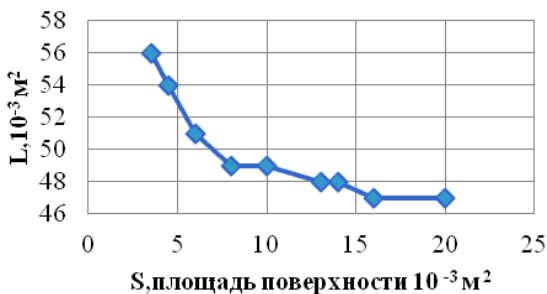
на которой оно находится, слой не является сплошным, расстояние между молекулами велико. Молекулы практически не взаимодействуют друг с другом, они ориентированы произвольно, поэтому такое фазовое состояние пленки аналогично газу. С помощью системы 3 перемещением барьера 2 осуществляется сжатие полученной пленки. При этом молекулы сближаются и начинают взаимодействовать. Такое фазовое состояние пленки аналогично жидкости. При дальнейшем уменьшении площади поверхности, молекулы амфифильного вещества приобретают ориентационную упорядоченность. Это приводит к повышению упругости поверхностного слоя. Новая фаза является двумерным жидким кристаллом. Дальнейшее увеличение поверхностного давления приведет к разрушению монослоя [4].

С целью исключения температурных погрешностей и погрешностей, вызванных вибрациями, устройство формирования мономолекулярных пленок следует размещать в термостатированном помещении на виброзащитном основании. Так же следует учесть то, что перемещение барьера должно происходить с постоянной скоростью.

Преимуществом разработанной установки является несложная конструкция, простота в использовании. Устройство позволяет без значительных затрат формировать мономолекулярные слои низкомолекулярных и высокомолекулярных веществ.

С использованием созданной установки проведены исследования по выявлению физических основ взаимодействия струйно-акустического сигнала с пленками амфифильных веществ на поверхности жидкой субфазы. В ходе исследований на поверхность жидкости с амфифильным веществом подавалось струйно-акустическое воздействие и определялось расстояние от генератора до поверхности, при котором в системе наблюдается узел стоячей акустической волны. По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что измеряемое расстояние непостоянно. Это можно объяснить тем, что молекулы дифильного вещества упорядочиваются, т.е. уменьшается расстояние между молекулами.

На рисунке 2 показана экспериментально полученная изотерма сжатия монослоя в координатах «расстояние до поверхности–площадь поверхности». На графике имеется два ярко выраженных перегиба – при площади  $15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  и  $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , разбивающих график на три участка, соответствующих прохождению формируемой пленкой агрегатных состояний – газ, жидкость, жидкий кристалл (по мере уменьшения площади).



**Рис. 2. Изотерма сжатия монослоя при струйно-акустическом воздействии**

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о наличии новых физических эффектов в струйно-акустической системе с нагрузкой в виде пленки Ленгмюра, а также позволяют использовать струйно-акустическое устройство в качестве индикатора фазовых переходов в пленке при ее сжатии.

Техника Ленгмюра–Блоджетт открывает возможности для изучения принципов самоорганизации сопряженных молекул с пониженной размерностью, для получения органических ультрапленок. Согласно современным исследованиям, метод Ленгмюра–Блоджетт является единственным, с помощью которого можно наносить на подложки сплошные органические пленки с определенной толщиной. Техника Ленгмюра–Блоджетт проста и экономична, так как она позволяет без применения высоких температур и вакуумирования получать мономолекулярные слои. Однако требуются существенные затраты для создания определенных условий: особо чистые помещения, так как любая пылинка, которая оседает на монослое, приводит к неустранимым дефектам.

### Список литературы

1. *Авторское свидетельство СССР № 557823*, кл В 05 С 3/02. Подвижный барьер для получения монослоев методом Ленгмюра Блоджетта / В. В. Кислов, И. Э. Неверов. – № 4902703/05 ; заявл. 14.11.90 ; опубл. 15.08.92, Бюл. № 30.

2. *Мордасов, Д. М.* Струйно-акустический контроль концентрации газовой фазы в слое сыпучего материала / Д. М. Мордасов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – Т. 11, № 1. – С. 88 – 93.

3. *Мордасов, Д. М.* Влияние конструктивных параметров струйно-акустического генератора на частоту возникающих колебаний / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов, А. А. Иванцов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 44 – 48.

4. *Абрамзон, А. А.* Об агрегатном состоянии монослоев ПАВ на поверхности жидкости / А. А. Абрамзон, С. И. Голоудина // В кн. Успехи коллоидной химии. – Ленинград : Химия, 1991. – С. 239 – 261.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31060-мол-а.*

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

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

### **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ СОРБЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ**

Электрокондиционер – это система очистки воды, имеющая в своем составе фильтрующий элемент с пористыми поглотителями и электродами, генерирующими электромагнитное поле. Электрокондиционер может использоваться для обработки сточных вод с целью удаления опасных загрязнителей различной химической природы [1, 2].

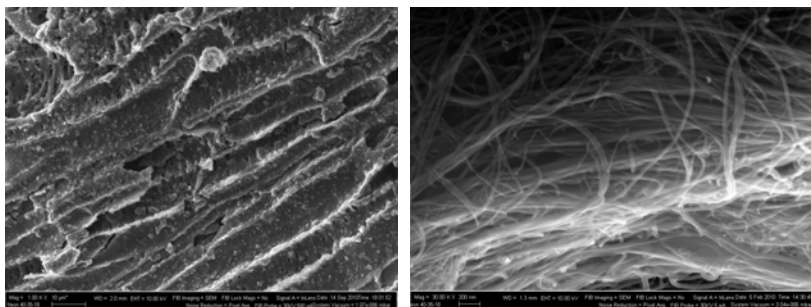
Для реализации процесса электроуправляемой жидкофазной сорбции авторами предложена экспериментальная установка, представляющая собой закрытый контур циркуляции водного раствора. Основным элементом установки является сорбционная ячейка, в которой располагается фильтрующий элемент, содержащий навеску активного поглощающего материала, и электроды (рис. 1).

**Методика проведения эксперимента:** с помощью центробежного насоса исходный раствор (объем 4 л), имеющий начальную концентрацию 15 мг/л, из емкости подавался в сорбционную колбу, содержащую фильтрующий элемент с навеской сорбента, а также 2 электрода,



**Рис. 1. Экспериментальная установка кондиционирования воды**

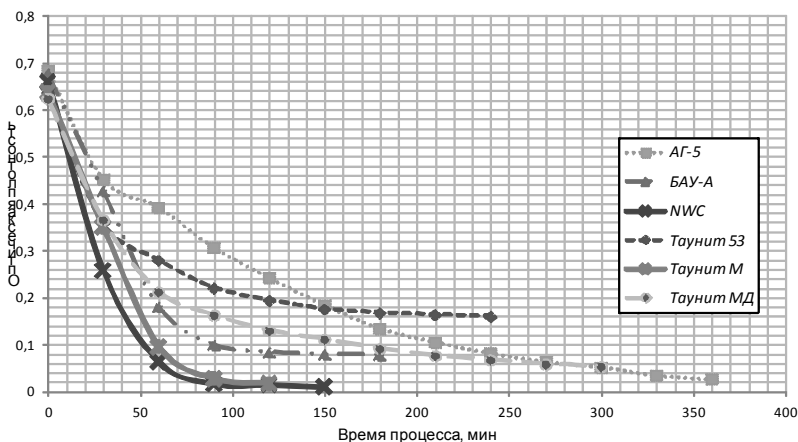
на которые подавалось напряжение  $U = 0 \dots 150$  В. Из сорбционной колбы раствор по обратному контуру возвращался в исходную емкость. Расход раствора регулировали с помощью счетчика СВ-15Г. Измерение концентрации раствора производили, используя стандартную методику спектрофотометрического анализа. В качестве опытных образцов поглотителя использовали активированный уголь различной химической природы (древесный, каменный, кокосовый) и наноструктурированный углеродный материал серии «Таунит», структура которых представлена на (рис. 2).



*a)*

*б)*

**Рис. 2. Структура активированного угля (*a*) и углеродного наноматериала (*б*)**



**Рис. 3. Экспериментальные кривые изменения оптической плотности раствора от времени**

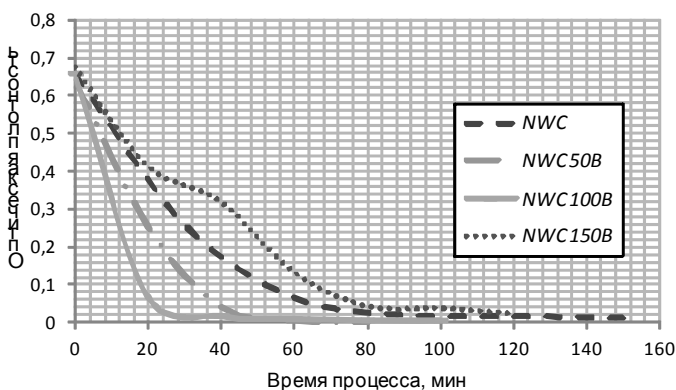
В экспериментах использовался раствор органического красителя гелиантина (*n*-диметиламиноазобензолсульфонат натрия – метило-ранж). Доза сорбента составляла: активированного угля – 20 г, углеродного наноматериала – 2 г. Полученные кинетические зависимости приведены на рис. 3.

Анализ представленных результатов показывает, что каждый исследуемый поглотитель имеет свои кинетические особенности процесса сорбции органического красителя; максимальной сорбционной активностью обладают кокосовый уголь марки NWC и наноструктурированный материал типа «Таунит-М». Таким образом, для дальнейших исследований влияния электромагнитного поля на процесс жидкофазной сорбции целесообразно использовать два наиболее сорбционно-активных поглотителя марок NWC и Таунит-М.

Эффект влияния электромагнитного поля на процесс сорбции исследовали при фиксированных значениях напряжения ( $U = 0 \dots 150$  В) с шагом 50 В. Пробы для диагностики отбирались с интервалом 20 мин. Результаты исследований отображены на рис. 4, 5.

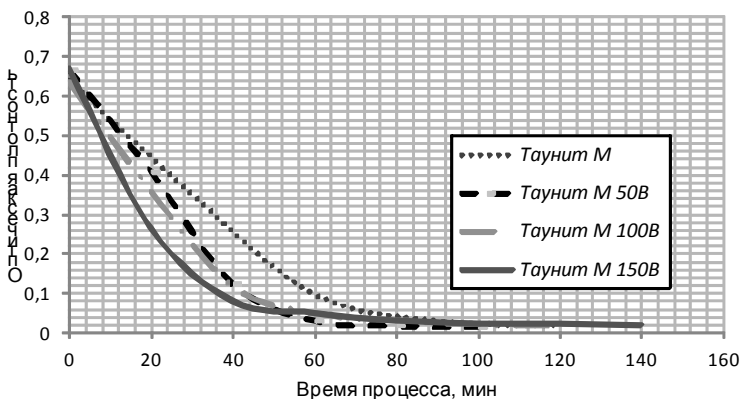
Из анализа приведенных зависимостей следует, что для кокосового угля марки NWC (рис. 4) характерно увеличение степени извлечения ключевого компонента с ростом напряжения до 100 В. Дальнейшее повышение значений  $U$  приводит к обратному эффекту.

Результаты воздействия электромагнитного поля на сорбционную активность Таунита-М (рис. 5) говорят о прямой зависимости сорбционной активности поглотителя от напряжения. Оптимальное значение



**Рис. 4. Влияние напряжения на процесс адсорбции на кокосовом угле марки NWC**





**Рис. 5. Влияние напряжения на процесс адсорбции на углеродном наноматериале «Таунит М»**

напряжения для данного процесса составляет 150 В в рамках проведенных исследований.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о положительном влиянии электромагнитного воздействия на сорбционную активность поглотителей в процессах извлечения органических загрязнений из водных сред, что способствует перспективности использования метода электроуправляемой сорбции в промышленных масштабах.

### Список литературы

1. Цветнов, М. А. Адсорбция и электросорбция моно- и полуфункциональных органических соединений из водных и водно-органических сред на гранулированных и волокнистых углеродных материалах : дис. ... канд. хим. наук / М. А. Цветнов. – Владивосток, 2002. – 190 с.
2. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – Москва : Химия, 1976. – 511 с.

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

*Д. О. Абоносимов\**

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

Для решения ряда теоретических и практических вопросов при разработке мембранных аппаратов с использованием мембран на основе аморфно-кристаллического полимера, необходимо иметь знания соотношения в нем кристаллической и аморфной фаз, а так же, как изменяется это соотношение в процессе эксплуатации.

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

Полученные результаты специфических влияний, возникающих при взаимодействии пенетрата с полимерной матрицей мембраны, необходимо учитывать при реализации технологического процесса очистки вод.

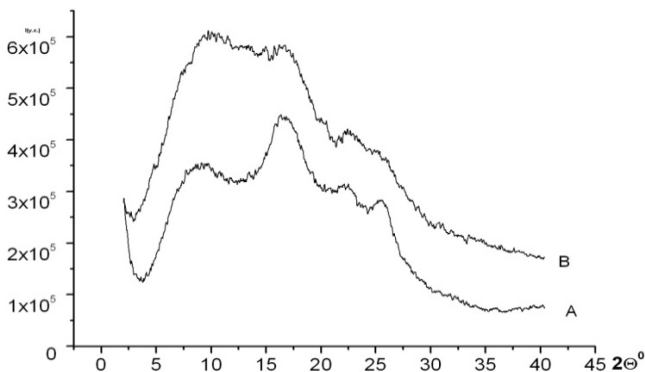
Рентгенодифрактометрические измерения осуществляли в интервале углов от 2 до 40° на дифрактометре Дрон-3 с автоматической записью результатов на ПК.

На рисунке 1 представлены полученные дифрактограммы, содержащие размытые малоинтенсивные пики с максимумами при углах, приблизительно равных 8, 16, 22, 25°. При этом можно заметить, что в образце мембраны, насыщенном водой (рис. 1, В), происходит перераспределение интенсивности и увеличение диффузной составляющей рассеяния. Однако положение максимумов при углах 16, 22, 25° для образцов мембраны, находящихся в различных состояниях, практически не меняется. В то же время максимум при угле 8° не только сильно расширяется, но и наблюдается его смещение в область больших углов у образца мембраны, насыщенного водой.

Наблюдаемые закономерности указывают на то, что в процессе насыщения образца водой происходит увеличение внутренней по-

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Лазарева.



**Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы от образцов полимерной мембраны МГА-95, полученных в геометрии на отражение: А – сухой; В – набухшей водой**

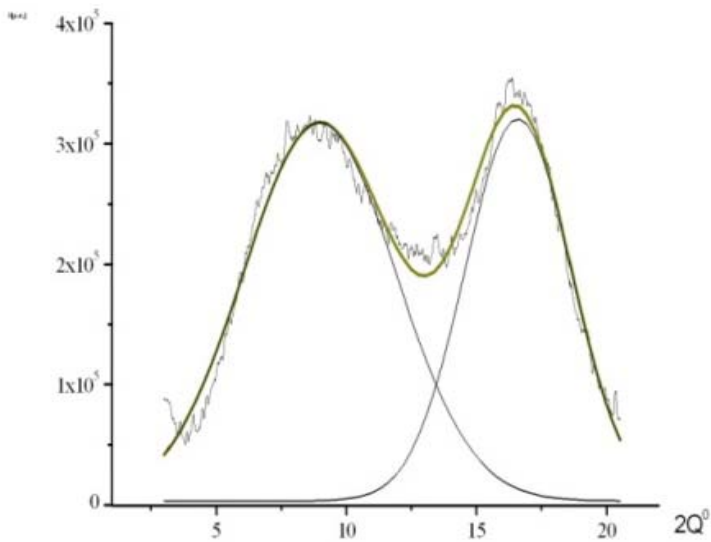
верхности капиллярно-пористой среды, приводящее к перестройке гетероструктуры мембраны. Именно это уменьшает интенсивность рассеяния и уширение максимумов, соответствующих кристаллической фазе и возрастанию рассеяния от аморфной составляющей.

Для объяснения этих экспериментальных данных в мембранах на основе аморфно-кристаллических полимеров были выполнены расчеты рентгеновской степени кристалличности. Известно, что формирование мезофазы при увеличении концентрации полимера вызывает рост интенсивности рентгеновского рефлекса в области углов  $7...8^\circ$  и уменьшение интенсивности рефлексов в интервале углов  $20...21^\circ$ , которые отвечают за кристаллизацию полимера [1].

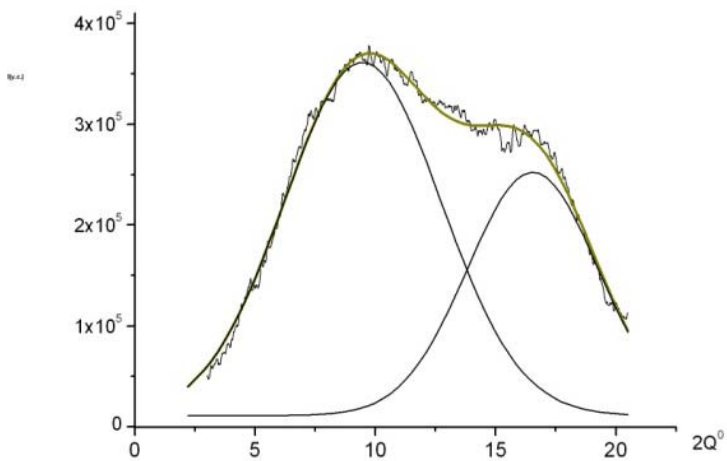
Поэтому рефлекс при угле  $8^\circ$  следует соотносить с дифракцией от аморфной мезофазы особого вида структурного упорядочения надмолекулярной спирали определенной ориентацией. Кристаллографические расчеты, выполненные по уравнению Брэгга,

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

для рефлексов при углах  $16, 22, 25^\circ$  дают следующие величины межплоскостных расстояний:  $d_{16,5} = 0,597$  нм;  $d_{22,5} = 0,439$  нм;  $d_{25,5} = 0,387$  нм, что согласуется в пределах 10%-ной ошибки с параметрами кристаллической решетки целлюлозы первой фазы при радиальной дифракции от атомов, находящихся в кристаллографических плоскостях: (100); (010); (110) [2]. Следовательно, рефлексы в области этих углов дифракции следует, очевидно, идентифицировать как структурное состояние кристалл-



A)



B)

Рис. 2. Дифракционные максимумы при углах рассеяния  $2Q$   $8,4^\circ$  и  $16,5^\circ$ :

*A* – сухой мембраны; *B* – набухшей водой;

сплошные тонкие линии – бимодальный Гауссиан

лической части ацетата-целлюлозы. Для расчета рентгеновской степени кристалличности применялась методика Аггарвала–Тилиа, суть которой состоит в том, что на дифрактограмме полимерного материала разделяют отражения, связанные с кристаллической и аморфной фазами, а расчет выполняют по соотношению

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

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

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

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

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

### Список литературы

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

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

*А. А. Родина, И. В. Облицов\*, А. С. Поляков\**

**СИНТЕЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАНКОВ  
СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ**

Модульный принцип рационального построения внутренних цепей металлорежущих станков возможно осуществить на основе гидравлических связей в виде дискретного шагового гидравлического привода, где в качестве силового исполнительного органа применяется шаговый гидродвигатель с механической редукцией шага.

В качестве силового исполнительного органа в такой схеме используется специальный гидравлический шаговый двигатель (ГШД), выходной вал которого обрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности. Звеном настройки такой передачи служит генератор гидравлических импульсов, который соединен с шаговым гидродвигателем системой трубопроводов и преобразует энергию рабочей жидкости в гидравлические импульсы и распределяет их в определенной последовательности по рабочим камерам гидродвигателя.

Скорость вращения и суммарный угол поворота выходного вала ГШД пропорциональны соответственно частоте и количеству управляющих импульсов. При использовании шагового гидропривода во внутренних цепях металлорежущих станков передаточное отношение между исполнительными органами гидравлической связи зависит от соотношения частот управляющих импульсов, формируемых коммутирующим устройством (генератором гидравлических импульсов) и подаваемых к исполнительным шаговым двигателям привода заготовки и инструмента [1, 2].

Поскольку для получения формообразующего движения необходимо обеспечить жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом для осуществления требуемой функциональной зависимости между перемещениями рабочих органов, то в данном случае из всех видов шаговых гидродвигателей наиболее приемлемыми для применения во внутренних кинематических цепях являются двигатели с механической редукцией шага.

---

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

Шаговый гидропривод состоит из автономных функционально и конструктивно завершенных блоков (модулей), которые могут выполнять заданные функции либо самостоятельно, либо совместно с другими подобными модулями в зависимости от сложности и назначения кинематической цепи, количества формообразующих движений, точности кинематической цепи.

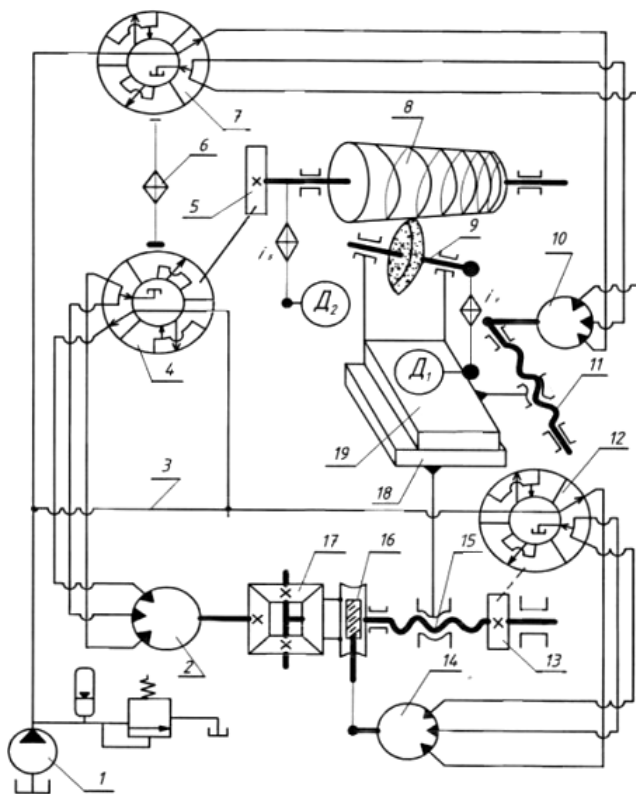
Все узлы шагового гидропривода имеют типовые присоединительные размеры и стыковочные устройства, чем обеспечивается возможность соединения с конечными звеньями кинематических цепей – делительными червячными или винтовыми передачами и выполнения ими заданных функций либо самостоятельно, либо совместно с другими такими же модулями в зависимости от назначения и сложности кинематических цепей, количества формообразующих движений, точности кинематических цепей.

Построение внутренних кинематических цепей на основе шагового гидропривода в виде гидравлических связей возможно благодаря тому, что при использовании гидравлических связей обеспечивается:

- 1) жесткая функциональная кинематическая связь между исполнительными органами с сохранением точного передаточного отношения;
- 2) возможность регулирования скоростей движения исполнительных органов и их передаточных отношений в определенном диапазоне;
- 3) податливость гидравлической цепи не ниже податливости цепи, составленной из механических звеньев.

Применение гидравлических связей во внутренних цепях станков позволяет существенно упростить систему управления, получить достаточную точность при разомкнутой системе управления благодаря однозначному соответствию между количеством и частотой следования управляющих импульсов и величиной и частотой отработки дискретных перемещений (угловых или линейных) на выходе исполнительного органа.

Используя высокие компоновочные качества гидравлического шагового привода представляется возможным применить гидравлические связи к построению внутренних кинематических цепей, требующих точных взаимосвязанных движений заготовки и инструмента. Наиболее наглядно это проявляется в станках, имеющих сложные разветвленные многозвенные цепи значительной протяженности, где наличие тяжелонагруженных протяженных силовых цепей, подверженных значительным механическим и температурным деформациям и износу, требует применения громоздких механических устройств [3, 4].



**Рис. 1. Структурная схема резьбошлифовального станка с внутренними гидравлическими связями для шлифования конических резб с неравномерным шагом**

На рисунке 1 представлена структурная схема резьбошлифовального станка с гидравлическими формообразующими связями для обработки конических винтовых поверхностей переменного шага.

Станок включает в себя заготовку 8, совершающую вращательное движение от электродвигателя  $D_2$  через звено настройки  $i_s$  и связанную винторезной цепью с инструментом 9.

Кинематическая структура резьбошлифовального станка для обработки конических винтовых поверхностей переменного шага включает в себя кинематическую цепь вращения инструмента, кинематическую цепь вращения с заготовкой; кинематическую цепь начального шага, связывающую между собой вращение заготовки и продольное



перемещение продольного суппорта 7 с инструментом 9, получающим вращение от двигателя Д<sub>1</sub>, цепь поперечного перемещения верхних салазок 19 суппорта с инструментом, связывающее между собой продольное перемещение продольного суппорта 18 и поперечное перемещение верхних салазок с инструментом для воспроизведения наклонной образующей конической поверхности; цепь приращения шага винтовой поверхности, связанная с цепью начального шага посредством суммирующего механизма 4, выполненного в виде дифференциала из конических колес.

Продольное перемещение продольного суппорта с инструментом осуществляется от шагового гидродвигателя 2, кинематически связанного с ходовым винтом 15 продольной подачи продольного суппорта 18 и управляемого генератором гидравлических импульсов 4, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 5, жестко закрепленного на шпинделе заготовки 8.

Поперечное перемещение поперечного суппорта 19 с инструментом 9, связанное определенной зависимостью с продольным перемещением продольного суппорта 18 для воспроизведения наклонной образующей, производится шаговым гидродвигателем 10, кинематически связанным с ходовым винтом 11 поперечной подачи поперечного суппорта и управляемого генератором гидравлических импульсов 7, золотниковая втулка получает вращение от генератора гидравлических импульсов 4, управляющего шаговым гидродвигателем 2 цепи продольного перемещения продольного суппорта 18 через несилую гитару сменных зубчатых колес 6.

Дифференциальное движение, необходимое для обработки винтовых канавок с переменным шагом, равное величине приращения шага линии, осуществляется от шагового гидродвигателя 14, кинематически связанного посредством червячной передачи 16 с суммирующим механизмом 17, выполненным в виде дифференциала с коническими колесами и управляемого генератором гидравлических импульсов 12, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 13, жестко закрепленного на ходовом винте 15 продольной подачи суппорта 18. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 1 по трубопроводу 3.

### Список литературы

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

2. *Vanin, V. A. Modular Design Based on Hydraulic Step Drives for Internal Kinematic Chains in Metal-cutting Machines / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 31 (1). – 2011. – P. 56 – 58.*

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

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

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

**УДК.621.9-529.001.2**

*А. Н. Колодин, И. В. Облицов\*, А. С. Поляков\**

### **КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИВОДОВ**

Тенденцией развития зубо- и резьбообрабатывающих станков является повышение точности обрабатываемых изделий за счет снижения суммарной кинематической погрешности кинематических связей между инструментом и заготовкой, снижение металлоемкости.

Для получения в станках требуемого определенного формообразующего движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка – заготовкой и инструментом и кинематическую связь этих звеньев с источником движения. Такие связи в основном в большинстве случаев осуществляются с помощью механических звеньев.

Внутренние цепи, составленные из механических звеньев, при значительной протяженности становятся громоздкими и поэтому не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность.

Одним из возможных направлений повышения точности внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженно-

---

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

сти кинематических цепей за счет применения гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода.

Гидравлические связи на основе шагового гидропривода выполняются по разомкнутой схеме без применения датчиков обратной связи.

Структурно-шаговый гидропривод состоит из трех функционально и конструктивно завершенных агрегатов (модулей): источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя [1, 2].

Генератор гидравлических импульсов представляет собой устройство, преобразующее постоянный поток рабочей жидкости, поступающей от насосной установки, в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые поступают к силовому гидравлическому шаговому двигателю.

В качестве силового органа в шаговом гидроприводе используется специальный шаговый гидродвигатель, выходное звено которого обрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилием по мощности.

При использовании во внутренних кинематических цепях в качестве силового органа шаговых гидродвигателей связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости генератором гидравлических импульсов преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые распределяются по силовым камерам шагового гидродвигателя, при этом каждому из них соответствует определенный угол поворота выходных валов ГШД, пропорциональный числу импульсов, а скорость вращения пропорциональна частоте их следования. Передаточные отношения между исполнительными органами гидравлической связи – заготовкой и инструментом – зависят от соотношения частот гидравлических импульсов, подаваемых к шаговым гидродвигателям.

Применение дискретного шагового привода позволяет существенно упростить систему управления, получить достаточную точность при разомкнутой системе управления.

Используя свойство частотного регулирования скорости исполнительных органов гидравлического шагового привода, представляется возможным применить гидравлические связи на базе шагового гидропривода в кинематических внутренних цепях металлорежущих станков. Наиболее наглядно это проявляется в станках, имеющих сложные разветвленные многозвенные переналаживаемые механические цепи значительной протяженности.

Ниже рассмотрены структурные схемы станков различного технологического назначения, формообразующие кинематические цепи которых построены с использованием гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода по модульному принципу.

На рисунке 1 приведена структурная схема гидравлической цепи деления зубодолбежного станка для нарезания призматических реек.

Главное возвратно-поступательное движение долбяка производится от электродвигателя Д через звено настройки  $i_v$ .

Вращение долбяка 8, связанное с прямолинейным перемещением стола с заготовкой 9 цепью деления, осуществляется от шагового гидродвигателя 6, кинематически связанного с долбяком посредством червячной передачи 7.

Управление этим шаговым гидродвигателем осуществляется генератором гидравлических импульсов 5, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого вращается от гидромотора 4.

Прямолинейное перемещение стола с заготовкой 9 осуществляется от шагового гидродвигателя 11, кинематически связанного со столом посредством ходового винта 10 продольного перемещения стола и управляемого генератором гидравлических импульсов 3, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение через несилую гитару сменных зубчатых колес  $i_x$  от вращающейся золотниковой втулки генератора гидравлических импульсов цепи привода долбяка.

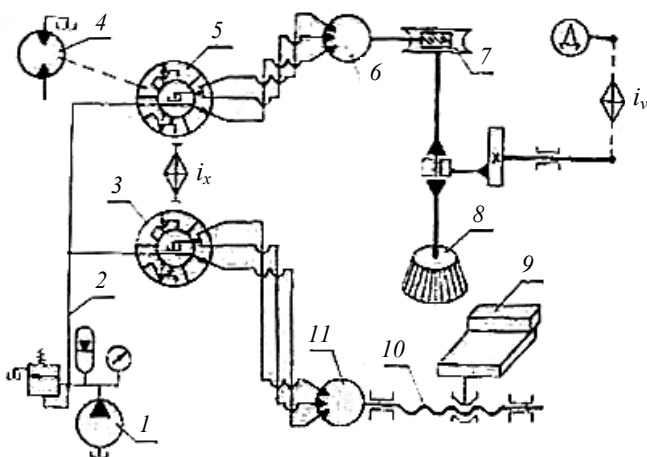


Рис. 1. Структурная схема зубодолбежного станка

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 1 по трубопроводу 2.

На рисунке 2 показана структурная схема станка с гидравлическими внутренними связями для фрезерования канавок сверл.

Станок включает в себя инструмент 5, совершающий вращательное движение от электродвигателя Д1 через звено настройки  $i_v$ ; заготовку 6, вращающуюся от электродвигателя Д2 через звено настройки  $i_s$ .

Продольная подача заготовки осуществляется от шагового гидродвигателя 7, кинематически связанного с ходовым винтом 8 продольной подачи. Шаговый гидродвигатель управляется генератором гидравлических импульсов 4, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей получает вращение от зубчатого колеса 3, жестко закрепленного на шпинделе изделия.

Рабочая жидкость к генератору гидравлических импульсов поступает от насосной установки 1 по трубопроводу 2.

Применение гидравлических связей на основе шагового гидродвижения во внутренних цепях зубо- и резбообрабатывающих станков позволит: сократить общую протяженность кинематической цепи между согласуемыми органами, которая обуславливает накопление ошибки за счет увеличения угла закручивания по ее длине; осуществить унификацию как элементов привода, так и приводов в целом для станков одного назначения по отдельным координатам, так и для станков различного технологического назначения и разных типоразмеров; уменьшить металлоемкость станка и массу станка [3].

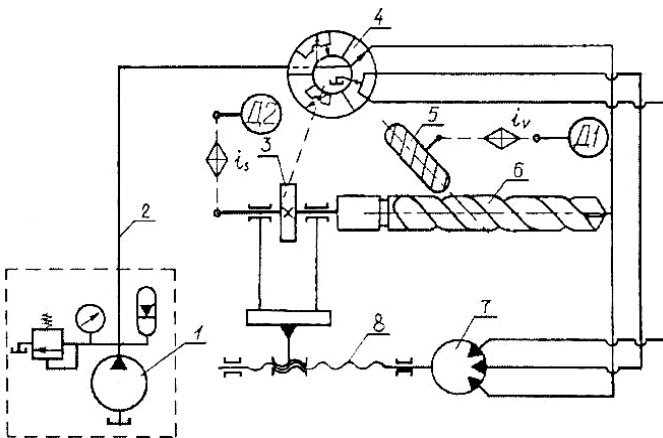


Рис. 2. Структурная схема станка с гидравлическими внутренними связями

## Список литературы

1. *Vanin, V. A.* Application of Hydraulic Step Drives in Metal-cutting Machine Tools / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (5). – 2010. – P. 446 – 450.

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

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

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

УДК.621.9-529.001.2

*А. А. Родина, И. В. Облицов\*, А. С. Поляков\**

### **КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ШАГОВОГО ГИДРОПРИВОДА**

Одним из путей совершенствования металлорежущих станков, сокращения времени на их проектирование, изготовление и отладку является применение агрегатно-модульного метода построения как самого станка, так и его кинематики.

Модульный принцип построения позволяет не конструировать кинематические цепи станков различного назначения с большим различием характеристик каждый раз заново, а компоновать их из небольшого, экономически обоснованного количества типоразмеров одинаковых типовых (или стандартных) общих блоков (модулей), имеющих функциональную и конструктивную завершенность, с использованием ограниченного числа деталей и узлов индивидуального проектирования и изготовления.

---

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

Модульный принцип рационального построения внутренних цепей металлорежущих станков возможно осуществить на основе гидравлических связей в виде дискретного привода с шаговыми гидравлическими двигателями, которые составляют новый класс объемных гидроприводов. Их функциональные свойства состоят в том, что они способны устойчиво отрабатывать импульсные и релейные управляющие сигналы с высокой точностью и быстродействием при практически любой встречающейся нагрузке [1].

Применение гидравлических шаговых приводов объясняется известными достоинствами гидропривода, главными из которых являются:

1) бóльшая удельная мощность (отношение развиваемой приводом мощности к его массе) – на 20...30% больше электрических приводов;

2) малая инерционность гидравлических приводов по сравнению с другими, аналогичными по назначению и мощности;

3) простота и широкий диапазон их регулирования бесступенчатого регулирования скоростей;

4) способность воспринимать значительные динамические нагрузки и легкость защиты от перегрузок за счет ограничения давления рабочей жидкости;

5) простота конструкции и возможность получения наиболее удобной компоновки;

6) высокое быстродействие благодаря малой инерционности;

7) высокая износостойкость элементов гидроприводов из-за их самосмазываемости.

В станках со сложными формообразующими движениями (резьбо- и зубообрабатывающие станки) необходимо обеспечить жесткую функциональную связь между отдельными движениями исполнительных органов, несущих инструмент и заготовку, с высокой точностью. В существующих универсальных станках эта функциональная связь, как правило, обеспечивается за счет внутренних механических кинематических цепей, которые часто имеют значительную протяженность и состоят из большого числа деталей. Причем кинематические цепи различных станков отличаются друг от друга существенно [2].

Механические связи в станках со сложными формообразующими движениями можно заменить гидравлическими связями на основе гидравлических шаговых приводов, что позволяет существенно упростить кинематику и снизить металлоемкость станка. При этом каждый исполнительный орган формообразующей цепи приводится в движение от отдельного шагового гидродвигателя, а скорости исполнительных

органов согласуются друг с другом специальным управляющим (коммутирующим) устройством.

В качестве силовых двигателей в таких приводах применяются шаговые гидродвигатели с механической редукцией шага, которые отличаются большим разнообразием конструкций: поршневые, мембранные, сифонные, шиберные, шестеренные, планетарно-роторные. Для получения малой величины шага целесообразно использовать шаговые гидродвигатели с встроенными волновыми и планетарными редукторами.

Гидравлические связи на основе шагового гидропривода выполняются по разомкнутой схеме без применения датчиков обратной связи.

Структурно шаговый гидропривод состоит из трех функционально и конструктивно завершенных модулей: источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего (коммутирующего) устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя.

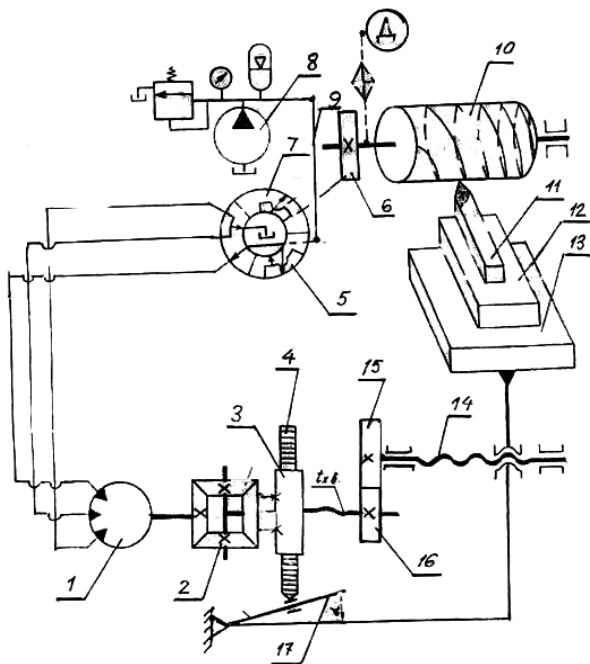
Генератор гидравлических импульсов представляет собой устройство, преобразующее постоянный поток рабочей жидкости, поступающей от насосной установки, в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые поступают к силовому гидравлическому шаговому двигателю. Выходным сигналом шагового гидродвигателя является угловое или линейное шаговое перемещение выходного звена, соединенного с рабочим органом станка.

В качестве силового органа в шаговом гидроприводе используется специальный шаговый гидродвигатель, выходное звено которого обрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности.

При использовании во внутренних кинематических цепях в качестве силового органа шаговых гидродвигателей связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости посредством рабочих щелей распределительного устройства преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые распределяются по силовым камерам шагового гидродвигателя, при этом каждому из них соответствует определенный угол поворота выходных валов ГШД, пропорциональный числу импульсов, а скорость вращения – пропорциональна частоте их следования [3].

На рисунке 1 представлена структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими формообразующими связями для обработки цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага с модифицированным механизмом приращения шага.





**Рис. 1. Структурная схема резбонарезного станка с гидравлическими внутренними связями для нарезания винтовых поверхностей переменного шага**

Станок содержит рабочий орган, состоящий из суппорта 13, с размещенным на нем режущим инструментом 11, а также рабочий орган (шпиндель), несущий заготовку 10, на которой нарезается винтовая поверхность переменного шага.

Формообразование винтовой поверхности переменного шага осуществляется в результате равномерного вращения заготовки, установленной в центрах передней и задней бабки и неравномерного поступательного перемещения суппорта с инструментом. Вращение заготовки 10 осуществляется от электродвигателя Д через звено настройки  $i_v$ . Продольное перемещение суппорта 13 с инструментом 11 (цепь начального шага винтовой поверхности) осуществляется от шагового гидродвигателя 1, кинематически связанного с суппортом 13 посредством ходового винта 14 и управляемого генератором гидравлических импульсов 5, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 6, жестко закрепленного на шпинделе заготовки 10.

Дополнительное перемещение суппорта 13 с инструментом, необходимое для получения величины приращения шага винтовой поверхности при продольном перемещении суппорта, осуществляется от коррекционной линейки 17, установленной под углом к линии центров станка. При продольном перемещении суппорта 13 одновременно будет перемещаться в поперечном направлении к линии центров станка зубчатая рейка 4, шарнирно связанная с установленной под углом коррекционной линейкой 17, и поворачиваться реечное зубчатое колесо 3, связанное с суммирующим механизмом 2 в виде дифференциала с коническими колесами. Рабочая жидкость к генератору гидравлических импульсов поступает от насосной установки 8 по трубопроводу 9.

### Список литературы

1. *Vanin, V. A.* Application of Hydraulic Step Drives in Metal-cutting Machine Tools / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (5). – 2010. – P. 446 – 450.

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

3. *Ванин, В. А.* Станки с гидравлическими внутренними (формообразующими) связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей / В. А. Ванин, А. Н. Колодин // Инженерный журнал. Справочник с приложением. – 2012 – № 7. – С. 30 – 35.

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

УДК 621.9-529.001.2

*А. Н. Колодин, И. В. Облицов\*, А. С. Поляков\**

### **КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ**

Одним из важнейших технико-экономических показателей качества станков является точность обработки, определяемая погрешностью изготовления деталей узлов, деформациями упругой системы от

---

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

действия сил резания, массы подвижных узлов, температурных воздействий.

Кинематические цепи зубо- и резьбообрабатывающих станков в большинстве своем состоят из механических передач, связывающих с требуемым кинематическим отношением обрабатываемую заготовку и инструмент.

К наиболее существенным недостаткам кинематических цепей, составленных из механических звеньев, относятся:

1) значительная протяженность и громоздкость кинематических цепей, особенно при сложном пространственном расположении рабочих органов и при больших расстояниях между исполнительными органами станка;

2) непостоянная крутильная жесткость кинематических цепей, которая зависит от протяженности цепи, количества и жесткости стыков кинематических пар, составляющих цепь;

3) индивидуальное проектирование и построение внутренних кинематических цепей под каждую отдельную компоновку станка одного и того же типа и назначения, но разного габарита.

Применение механических связей усложняет конструкцию станка, увеличивает его металлоемкость, а при значительной протяженности механической цепи не всегда возможно обеспечить необходимую кинематическую точность цепи без применения специальных корригирующих устройств [1].

При рациональном построении внутренних кинематических цепей станков достижение высокой точности кинематических цепей станков может быть реализовано уменьшением до возможного предела погрешностей составляющих звеньев цепи и выбором такой кинематической схемы и ее звеньев, которые делают возможным минимальное влияние этих погрешностей и обеспечивает значительное уменьшение отдельных составляющих суммарной погрешности кинематической цепи. Это возможно осуществить обеспечением необходимой и достаточной точности делительных червячных передач, необходимой точности промежуточных звеньев кинематических цепей формообразования (зубчатые колеса, подшипники); рациональным построением кинематической цепи с целью уменьшения влияния погрешности ее элементов. Это достигается тем, что кинематическую цепь целесообразно составлять из возможно меньшего числа промежуточных звеньев, так как их погрешности суммируются.

Одним из возможных путей совершенствования станков может служить реализация модульного принципа формирования техники при проектировании и построении внутренних кинематических цепей.

При этом представляется возможным создание кинематики станков с разнообразными технологическими возможностями, разных типоразмеров и разного исполнения на основе ограниченного, экономически обоснованного ряда типоразмеров одинаковых типовых унифицированных элементов (модулей), имеющих функциональную и конструктивную завершенность с использованием ограниченного числа деталей и узлов индивидуального проектирования и изготовления.

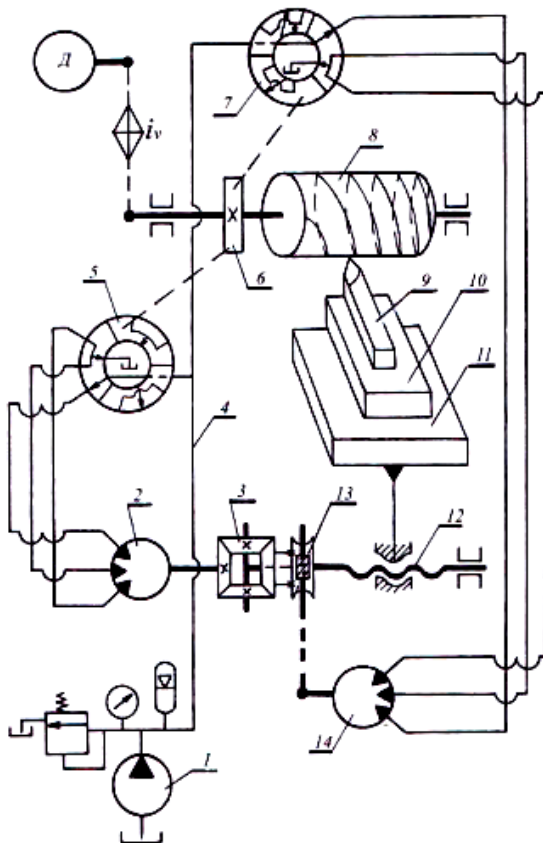
Модульный принцип рационального построения внутренних цепей металлорежущих станков возможно осуществить в зубообрабатывающих станках, используя гидравлические связи в виде дискретного шагового гидропривода с исполнительными силовыми шаговыми гидродвигателями.

Структурно шаговый гидропривод состоит из трех функционально и конструктивно завершенных агрегатов (модулей): источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя. Используя высокие компоновочные свойства гидравлического шагового привода, представляется возможным применить гидравлические связи на его основе при построении внутренних кинематических цепей, требующих точных взаимосвязанных движений заготовки и инструмента, и осуществить на их основе агрегатно-модульный принцип построения внутренних цепей металлорежущих станков, позволяющего не конструировать кинематические цепи станков различного назначения с большим различием характеристик каждый раз заново, а компоновать их из небольшого, экономически обоснованного количества типоразмеров одинаковых типовых (или стандартных) общих блоков (модулей): источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя [2, 3].

На рисунке 1 представлена структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими внутренними связями для нарезания цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага и постоянной глубины.

Формообразование винтовой поверхности переменного шага осуществляется в результате сложения двух равномерных движений вращения шпинделя с заготовкой.

Вращение заготовки  $\delta$  осуществляется от электродвигателя  $D$  через звено настройки  $i_v$ . Продольное перемещение продольного суппорта  $11$  с инструментом  $9$  (цепь начального шага винтовой поверхности) осуществляется от шагового гидродвигателя  $2$ , кинематически связанного с суппортом  $11$  посредством ходового винта  $12$  и управляемого



**Рис. 1. Структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими внутренними связями для нарезания цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага**

генератором гидравлических импульсов 5, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 6, жестко закрепленного на шпинделе заготовки 8. Дополнительное перемещение суппорта 11, необходимое для получения величины приращения шага винтовой поверхности при продольном перемещении суппорта, осуществляется от шагового гидродвигателя 14, кинематически связанного с инструментом посредством ходового винта 12, через червячную передачу 13 и суммирующий механизм 3 в виде дифференциала с коническими колесами и управляемого от генера-

тора гидравлических импульсов 7, золотниковая втулка которого получает вращение от зубчатого колеса 6, закрепленного на шпинделе заготовки 8. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 1 по трубопроводу 4.

### Список литературы

1. *Vanin, V. A. Modular Design Based on Hydraulic Step Drives for Internal Kinematic Chains in Metal-cutting Machines / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (12). – 2010. – P. 1248 – 1251.*
2. *Ванин, В. А. Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.*
3. *Ванин, В. А. Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 37 – 45.*

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

УДК 663.549

*С. Х. Рашид, Е. К. Богатырева\**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
БИОЭТАНОЛА ИЗ ФИНИКОВ**

Согласно экспертным исследованиям, перспективной признана переработка растительного сырья по технологии, позволяющей получить биоэтанол. В отличие от бензина, который производится из невозобновляемых природных ресурсов естественных месторождений, спирт – возобновляемое топливо, производимое из углеводов определенных видов растений. Пока этиловый спирт является неполной заменой бензину и используется чаще всего в виде 5...10%-ных добавок к углеводородам, в Бразилии к моторному топливу добавляют до 20% биоэтанола [1].

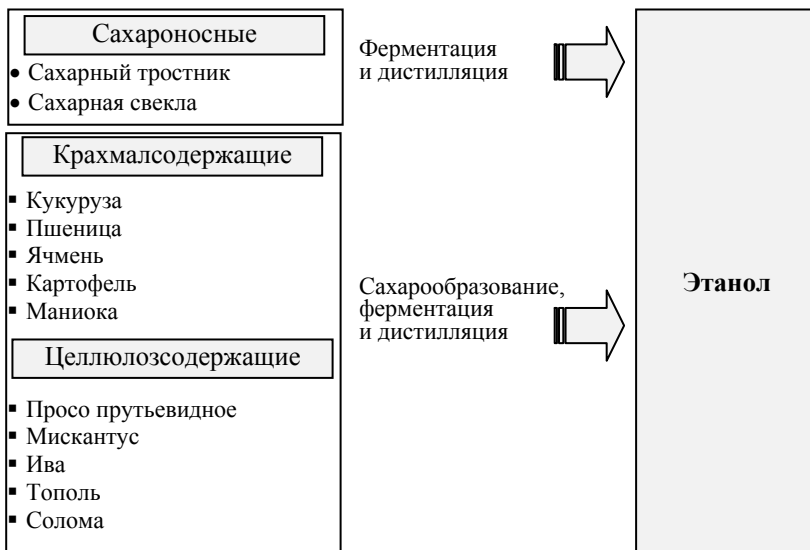
Главным источником сахара для выработки биоэтанола служит сырье из пшеницы, кукурузы, маиса, тапиоки, сорго, сахарного тростника, сахарной свеклы и т.д. Кроме того, могут использоваться отходы сельскохозяйственного производства и деревообрабатывающей промышленности (солома, трава, древесина, опилки и др.), твердые бытовые отходы (рис. 1).

Выход биотоплива на гектар для различных сельскохозяйственных культур широко варьируется в зависимости от вида сырья, страны и системы производства. Такие колебания показателей объясняются разницей в урожайности культур на гектар, зависящей от самих культур и стран, а также неравноценной эффективностью переработки различных культур. Это означает, что потребности в земельных площадях для расширяющегося производства биотоплива будут резко различаться в зависимости от культуры и места выращивания.

В настоящее время производство этанола из сахарного тростника и сахарной свеклы дает самые высокие показатели, причем на первом месте по выходу биотоплива на гектар стоит производство на основе сахарного тростника в Бразилии, от которой лишь незначительно отстает Индия [1].

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» П. М. Смолихиной.



**Рис. 1. Преобразование сельскохозяйственного сырья  
в жидкое биотопливо**

Исходя из вышесказанного, для арабских стран перспективным сырьем для получения биоэтанола могут стать плоды финиковых пальм. На улучшенных сортах и плантациях с повышенной плотностью посадки финиковых пальм возможны урожаи 100...150 кг с дерева при валовом сборе 11...17 т/га. Учитывая, что финиковая пальма приносит высокие урожаи в течение 60 – 80 лет, финики являются одним из самых доступных видов сырьевых источников для получения биоэтанола. Для переработки в биоэтанол можно использовать свежие и сушеные плоды фиников, а также пасты и сиропы из фиников.

Финики содержат большое количество простых углеводов, представленных в форме сахаров, в сушеных плодах содержится самый высокий процент сахаров по сравнению со всеми другими фруктами. Химический состав фиников приведен в табл. 1 [2].

Целью исследования является разработка ресурсосберегающей технологии получения биоэтанола из фиников. В общем виде технология получения биоэтанола состоит из следующих стадий:

1. Приготовление углеводных растворов.
2. Получение бражки сбраживанием углеводных растворов под действием дрожжей.
3. Выделение спирта из бражки и его очистка.



## 1. Химический состав фиников

Наименование показателя	Значение, г/ 100 г
Вода	20,53
Жиры	0,39
Белки	2,45
Углеводы	67,03
Пищевые волокна	8,0
Витамины (А, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , В <sub>3</sub> , В <sub>5</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>9</sub> , С, D, К)	0,003
Зола	1,6

Целью исследования является разработка ресурсосберегающей технологии получения биоэтанола из фиников. В общем виде технология получения биоэтанола состоит из следующих стадий:

4. Приготовление углеводных растворов.

5. Получение бражки сбраживанием углеводных растворов под действием дрожжей.

6. Выделение спирта из бражки и его очистка.

Каждая из перечисленных стадий имеет свои особенности, обусловленные типом перерабатываемого сырья, расами дрожжей, применяемых для сбраживания сула, способами и режимами дистилляции, аппаратным оформлением технологических процессов.

Первоочередной задачей при подготовке питательной среды для организации спиртового брожения является максимальное извлечение углеводов как целевого компонента сырья.

Производство сула из фиников осуществляли двумя способами: мацерацией и развариванием фиников.

По первому варианту финики освобождали от косточек, измельчали, добавляли воду, нагревали при различных температурах и продолжительности настаивания (табл. 2).

Извлечение экстрактивных веществ осуществляется только за счет экстрактивности растворителя, поэтому процесс внутренней диффузии и проникновение растворителя внутрь клеток протекает медленно, причем недостаточно эффективна и внешняя диффузия, что ухудшает выравнивание концентраций между сырьем и водно-спиртовой смесью. В связи с этим процесс мацерации осуществляется в течение длительного времени.

## 2. Содержание экстрактивных веществ в водных экстрактах фиников при различных температурах

Продолжительность настаивания	Температура, °С		
	40	60	80
10 мин	6,5	16,0	23,5
60 мин	7,3	19,2	25,8
90 мин	9,0	21,5	27,5
120 мин	24,4	27,2	29,4
180 мин	27,5	30,0	31,0

При сравнении содержания экстрактивных веществ отмечено, что наилучший результат наблюдали при мацерации в течение 180 мин при 60 и 80 °С.

Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее значимым фактором, влияющим на степень извлечения экстрактивных веществ из фиников при мацерации, является продолжительность настаивания. Температурный режим и гидромодуль суспензии наиболее заметно влияют на процесс экстрагирования на его начальных этапах (до 90 мин). При низкотемпературной экстракции возможны риски, связанные с возможностью заражения углеводсодержащих растворов контаминантами.

Для интенсификации процесса экстрагирования растительного и плодово-ягодного сырья, увеличения степени извлечения экстрактивных веществ необходима дополнительная обработка сырья (ферментативная, СВЧ-обработка и др.) и использование органических кислот.

Разваривание фиников с последующим прессованием и концентрированием сиропа путем его нагревания до температуры 80...85 °С в течение одного часа позволяет увеличить концентрацию сахаров в сиропе до 70%. Такие сиропы после стерилизации имеют продолжительный срок хранения, однако процесс их приготовления более энергоемок по сравнению с получением углеводсодержащих сред мацерацией.

На основании проведенных экспериментальных исследований и математического моделирования были выбраны оптимальные технологические параметры процесса приготовления сула с максимальным содержанием экстрактивных веществ из фиников.

Следующим этапом исследований является определение основных технологических свойств среды для производства спирта, которыми являются: степень сбраживания сахаров; наличие трудносбражи-

ваемых сахаров и декстринов; содержание летучих примесей и их влияние на процесс сбраживания; содержание нелетучих примесей и их влияние на процесс сбраживания; содержание взвесей; степень инфицирования исходной среды контаминантами и ее устойчивость к развитию посторонней микрофлоры в процессе сбраживания.

### Список литературы

1. *Анализ мирового рынка биоэтанола: 2005 – 2014 гг.* [Электронный ресурс] / Бизнес Статистика. Готовые обзоры рынков. – Режим доступа : <http://businessstat.ru>.

2. *Химический состав пищевых продуктов.* Кн. 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1987. – С. 70–71. – 224 с.

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

УДК 663.11

*М. С. Темнов, Р. Д. Санталов, Н. С. Михалев*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОСТА БИОМАССЫ CHLORELLA VULGARIS В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

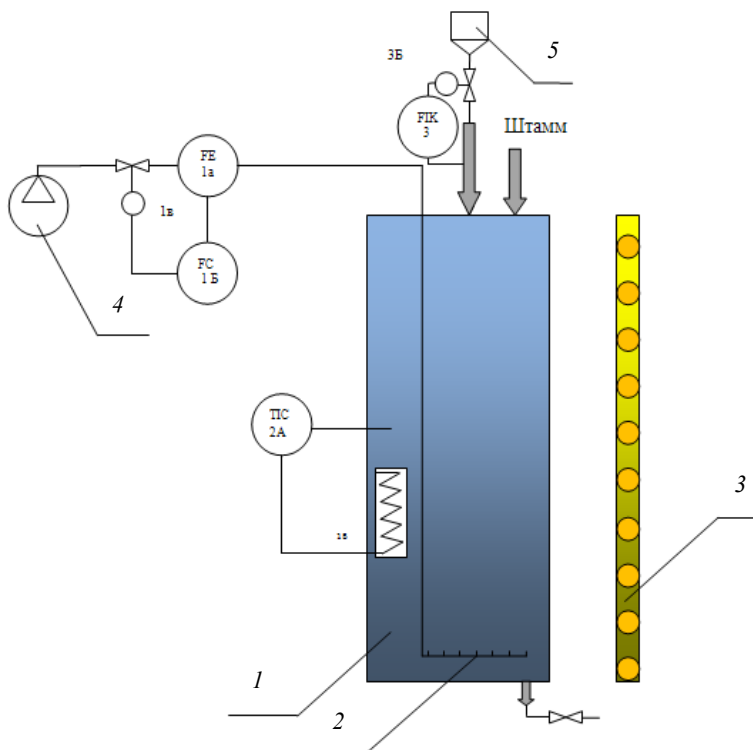
Постоянно возрастающая стоимость традиционных энергоносителей увеличивает интерес к источникам альтернативного топлива. Производство биотоплива из биомассы микроводорослей – это актуальная область исследований для ученых. Одно из самых важных направлений в этих исследованиях – выявление факторов и зависимостей, обеспечивающих максимальное накопление биомассы.

Целью работы являлось выявление математической зависимости прироста биомассы микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 от времени культивирования.

Эксперимент по культивированию штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 являлся периодическим процессом. Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой реактор цилиндрической формы объемом 0,002 м<sup>3</sup> из прозрачного материала, снабженный барботером, с помощью которого осуществлялось обогащение суспензии газо-

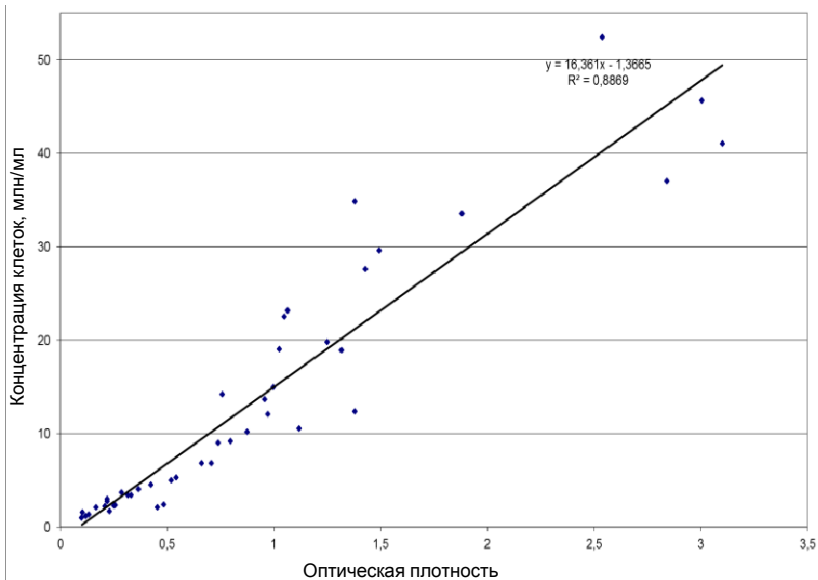
воздушной смесью с содержанием углекислого газа 0,04%, который круглосуточно освещался энергосберегающими лампами, температура суспензии составляла 28 °С, штамм выращивался на стандартной питательной среде Тамияя [1].

В течение 14 суток проводилось измерение оптической плотности суспензии, а затем подсчет клеток в камере Горяева. По результатам эксперимента была установлена прямо пропорциональная линейная зависимость между величиной оптической плотности и количеством клеток, что позволяет проводить экспресс-анализы по определению количества клеток в суспензии. Зависимость представлена на рис. 2.

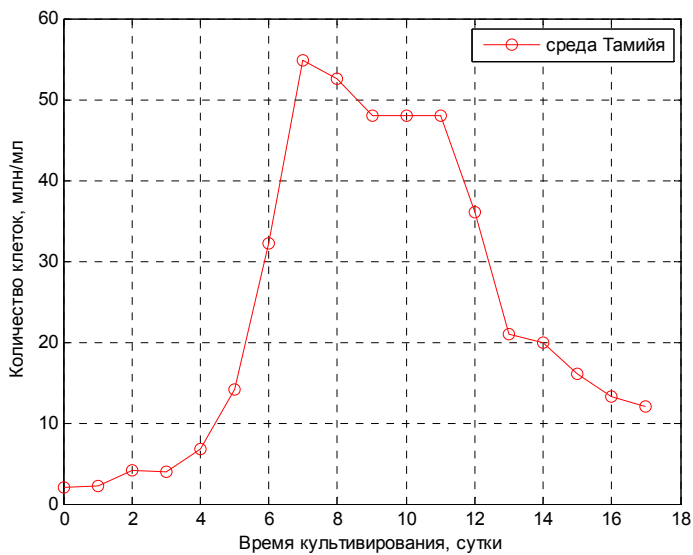


**Рис. 1. Лабораторный фотореактор для культивирования *Chlorella vulgaris*:**

- 1 – реактор в форме цилиндра ( $h = 400$  мм,  $D = 8$  мм);
- 2 – барботажное устройство; 3 – панель с энергосберегающими лампами (освещенность слоя суспензии порядка 10 клк);
- 4 – компрессор; 5 – емкость для подачи питательной среды



**Рис. 2. График, описывающий зависимость оптической плотности от концентрации клеток в суспензии**



**Рис. 3. Кинетика накопления биомассы *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111**

На основании экспериментальных данных построена кривая зависимости количества клеток от времени (продолжительности культивирования), она представлена на рис. 3.

Анализ рисунка 3 показал, что характер кривой соответствует графику решения логистического уравнения Ферхюльста, которое характеризует модель ограниченного роста (рис. 4).

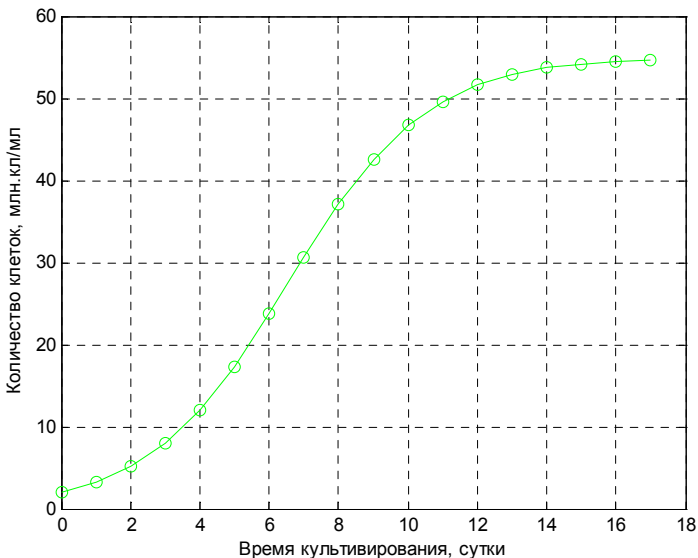
$$\frac{dx}{dt} = \mu x \left( 1 - \frac{x}{K} \right), \quad (1)$$

где  $K$  – емкость популяции;  $\mu$  – удельная скорость роста.

Аналитическое решение уравнения Ферхюльста имеет вид

$$x(t) = \frac{x_0 K e^{\mu t}}{K - x_0 + x_0 e^{\mu t}}. \quad (2)$$

Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием уравнений нелинейной регрессии (метод Гаусса–Ньютона) в среде MATLAB, по результатам расчетов величина удельной скорости роста  $\mu$  равна  $0,5 \text{ сутки}^{-1}$ , а емкость популяции 55 млн. кл/мл суспензии.



**Рис. 4. Модельный график прироста биомассы *Chlorella vulgaris* от времени культивирования**

Таким образом, уравнение Ферхюльста для условий, при которых производился эксперимент, имеет вид

$$\frac{dx}{dt} = 0,5x \left( 1 - \frac{x}{55} \right). \quad (3)$$

При этом удельная скорость роста зависит от многих факторов культивирования, например, содержания в среде питательных веществ (азота, фосфора, серы), уровня освещенности (при культивировании фотосинтетических организмов), температуры суспензии.

Для вычисления удельной скорости роста в многофакторном процессе целесообразно использовать универсальную мультипликативную зависимость [2], в которой каждый фактор автономен

$$\mu = \mu(S_1) \cdot \mu(I) \dots,$$

где  $S$  – концентрация субстратных компонентов в биореакторе, г/л;  $I$  – уровень освещенности.

Так как данная биомасса – сырье для получения биотоплива (метиловых эфиров жирных кислот), то она должна содержать большое количество внутриклеточных нейтральных липидов. Для стимулирования накопления липидов для клеток микроводорослей необходимо создать стрессовые условия – дефицит азотсодержащих веществ (для среды Тамийя – нитрат калия), а, как известно, из принципа минимума Либиха, именно субстрат, находящийся в наименьшей доступности, и определяет скорость размножения. Таким образом, именно азотсодержащее вещество будет оказывать наибольшее влияние на удельную скорость роста.

Зависимости по источнику азота и уровню освещенности будут описываться уравнением Эндрюса так, как при повышенных концентрациях нитрата калия наблюдается субстратное ингибирование, т.е. замедление скорости роста, а при высоком уровне освещенности (выше пороговой) наблюдается угнетение процесса фотосинтеза.

Удельная скорость роста биомассы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, которая будет использоваться в качестве источника липидов, может быть определена по формуле

$$\mu_x = \mu_{\max} \left( \frac{I}{K_I + I - I_H} \right) \left( \frac{S_{\text{KNO}_3}}{K_S + S_{\text{KNO}_3} + S_{\text{KNO}_3}^2 / K_i} \right), \quad (4)$$

где  $\mu_{\max}$  – максимальная удельная скорость роста, сутки<sup>-1</sup>;  $I$  – освещенность, клк;  $K_I$  – константа насыщения по освещенности, лкк;  $I_H$  –

пороговое значение освещенности, клк;  $K_s$  – субстратная константа насыщения, г/л;  $K_i$  – константа ингибирования, г/л.

Определение констант уравнения (4) позволит получить математическую модель роста биомассы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, которую можно использовать для оптимизации процесса по получению максимального количества биомассы как сырьевого источника для получения биотоплива.

### Список литературы

1. *Богданов, Н. И.* Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н. И. Богданов. – Волгоград : Здоровье и экология, 2007. – 48 с.
2. *Бирюков, В. В.* Основы промышленной биотехнологии / В. В. Бирюков. – Москва : КолосС, 2004. – 296 с.

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

**УДК 663.916.19**

*А. А. Павлова, А. В. Тихий\**

### **ВЛИЯНИЕ КАРРАГИНАНА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЙНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Актуальная тенденция развития кондитерского рынка – увеличение использования гидроколлоидов в производстве кондитерских изделий. Загустители и желеобразователи позволяют получать пищевые продукты с нужной консистенцией, улучшают их структуру, играя роль стабилизаторов и влагоудерживающих агентов, и при этом оказывают положительное влияние на вкусовое восприятие. Применение гидроколлоидов позволяет снизить сахароемкость продукции. Кроме того, с их помощью можно придавать продуктам функциональные свойства.

В кондитерской промышленности используется широкий спектр гидроколлоидов, выступающих в качестве железирующих и загущающих добавок: агар и агароиды, альгиновая кислота и альгинаты, желатин,

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» П. М. Смолихиной.



камеди, крахмал, пектины и др. В последнее время можно отметить возрастающий интерес со стороны кондитерских предприятий России к гидроколлоиду, ранее малоприменяемому в кондитерском производстве – каррагинану. Этот интерес вызван его способностью к созданию разнообразных структур: от хрупкой легко разламывающейся, близкой к агару, до жевательной, получаемой при использовании желатина.

Каррагинан – природный гелеобразователь, получаемый при переработке красных морских водорослей *Kappaphycus alvarezii*, *K.striatum* и *Eucheuma denticulatum* методом экстракции с последующей очисткой от примесей многократным осаждением, фильтрацией и промывкой в воде и спирте [1].

Применение каррагинана в качестве студнеобразователя позволяет получить продукт с требуемой структурой, приятными вкусовыми ощущениями и широким спектром терапевтического действия. Каррагинаны характеризуются биологической активностью: антикоагулирующей, антивирусной, антираковой и антиязвенной, а также способны выводить из организма тяжелые металлы и радионуклиды, снижать уровень холестерина и сахара в крови, нормализовать работу желудочно-кишечного тракта.

На рынке сырьевых ингредиентов для кондитерских изделий представлены каппа-, йота- и лямбда-каррагинаны различных марок, отличающиеся технологическими свойствами. При производстве желейных конфет чаще всего используется каппа-каррагинан.

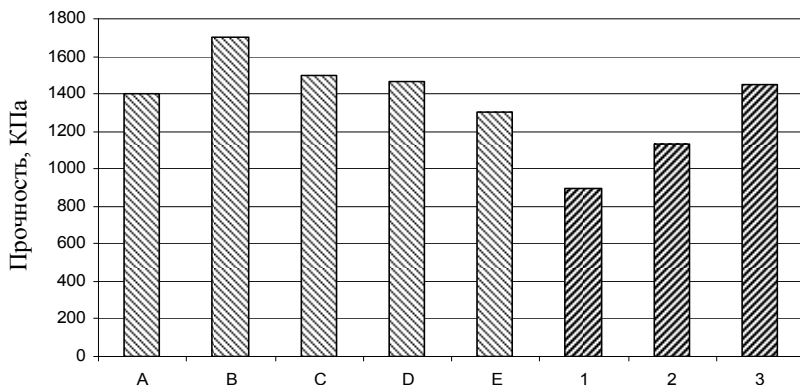
В статье представлены результаты исследований влияния каппа-каррагинана марки Гелеон 202 М на реологические свойства желейных полуфабрикатов. Разработка технологического регламента для производства жевательных желейных конфет с жидкой начинкой на основе каррагинана марки Гелеон 202 М является актуальной, поскольку одним из последних новшеств на рынке желейных конфет является производство жевательных конфет с жидким центром.

Структурно-механические свойства желейных полуфабрикатов оценивали с помощью ротационного вискозиметра Вискотестер НААКЕ VT550 и текстурного анализатора СТЗ Texture Analyzer (Brookfield engineering laboratories, inc., США). Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики с использованием пакетов прикладных программ: Brookfield texture PRO СТ, MS Office 2003(Excel).

Для обоснования дозировки каррагинана в рецептуре желейных конфет с желейной начинкой провели сравнение пластической прочности изготовленных образцов желейных полуфабрикатов корпуса (концентрации каррагинана 1,2; 1,5 и 1,8%) и начинки (концентрация каррагинана 0,4; 0,6 и 0,8%) с аналогичными продуктами, уже имею-

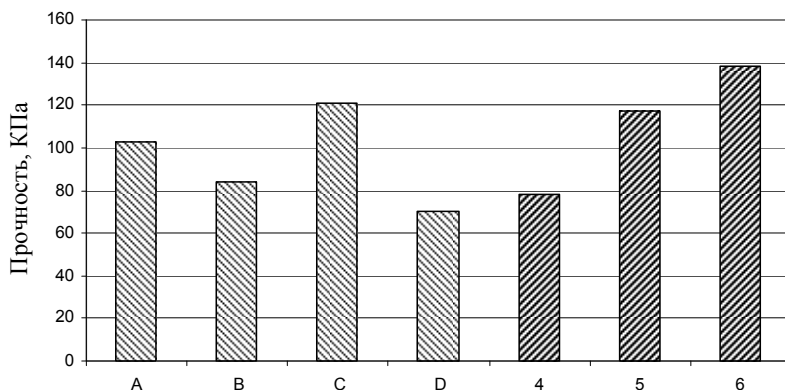
щихся на российском рынке («Бешеная пчелка фрукти» ROSHEN; «Citrus Boom» ROSHEN; «BS Бине» Баян Сулу; «Трезвучие» Славянка; «Кола» Бон-Пари).

Значения пластической прочности образцов желейных полуфабрикатов представлены на рис. 1 и 2.



**Рис. 1. Значения пластической прочности корпусов конфет:**

A – «Бешеная пчелка фрукти»; B – «Citrus Boom»; C – «Трезвучие»; D – «Кола»; E – «BS Бине»; 1 – с добавлением 1,2% каррагинана «Гелеон 202 М»; 2 – с добавлением 1,5% Гелеона 202 М; 3 – с добавлением 1,8% Гелеона 202 М



**Рис. 2. Значения пластической прочности желейных начинок:**

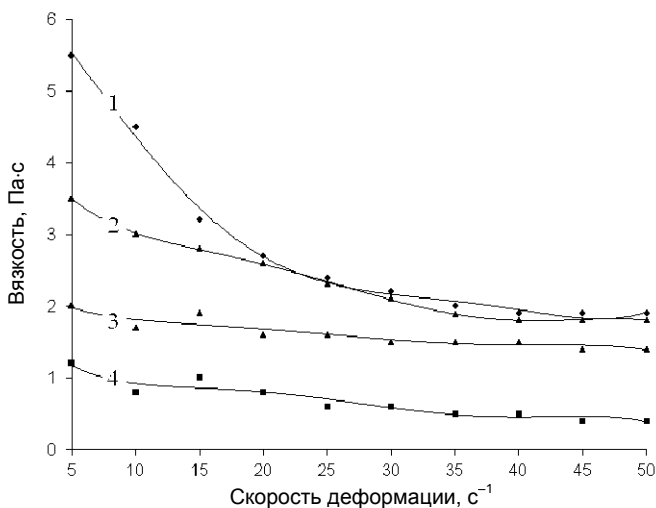
A – «Бешеная пчелка фрукти»; B – «Citrus Boom»; C – «Трезвучие»; D – «Кола»; 4 – с добавлением 0,4% каррагинана «Гелеон 202 М»; 5 – с добавлением 0,6% Гелеона 202 М; 6 – с добавлением 0,8% Гелеона 202 М

Результаты проведенных исследований показали, что оптимальное значение прочности для корпуса жевательной конфеты составляет 1300...1700 кПа, что соответствует концентрации каррагинана 1,8%, а для начинки – 70...120 кПа, что соответствует концентрации каррагинана 0,4...0,6%.

При производстве жележных конфет с жидким центром необходимо, чтобы значения вязкостей полуфабрикатов совпадали. Это требуется для того, чтобы незастывшие жележные массы при формовании не смешивались. Вязкость кондитерских полуфабрикатов можно регулировать путем изменения температурного режима стадий темперирования и формования [2].

В характеристике каррагинана Гелеон 202 М рекомендована температура формования корпуса не менее 95 °С. С помощью ротационного вискозиметра Вискотестер НААКЕ VT550 определяли вязкость жележных полуфабрикатов в диапазоне скоростей деформации 5...50 с<sup>-1</sup>, соответствующем скоростям деформации масс при отливке.

При проведении эксперимента подбирали температуру темперирования и отливки начинки с концентрацией каррагинана 0,4%, позволяющую обеспечить достижение значений вязкости, близких к значению вязкости жележной массы при 95 °С. Результаты измерений представлены на рис. 3.



**Рис. 3. Реологические кривые жележных полуфабрикатов при разных температурах:**

1 – корпус 95 °С; 2 – начинка 50 °С; 3 – начинка 70 °С; 4 – начинка 90 °С

Установлено, что наиболее близким к значению вязкости корпуса, отлитого при температуре 95 °С, является значение вязкости начинки, отлитой при 50 °С.

Проведенные экспериментальные исследования влияния каррагинана на комплекс технологических свойств жележных полуфабрикатов позволили сформулировать рекомендации по оптимальной дозировке каррагинана для корпуса и начинки и обосновать температурные режимы отливки изделия. Разработка проекта технических условий для производства жевательных жележных конфет с жидким центром на основе каррагинана марки «Гелеон 202 М», позволит расширить ассортимент выпускаемых на ОАО «Кондитерская фирма «ТАКФ» жележных конфет.

### Список литературы

1. *Функциональные* пищевые продукты. Введение в технологии : учебник / А. Ф. Доронин, Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова и др. – Москва : ДелиПринт, 2003. – 315 с.

2. *Леонов, Д. В.* Моделирование и оптимизация реологических свойств жележных полуфабрикатов / Д. В. Леонов, Е. И. Муратова, С. И. Дворецкий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 378 – 383.

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

УДК 664.149

*А. Е. Курганова\**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНФЕТ С КОМБИНИРОВАННЫМИ КОРПУСАМИ**

Постоянно усиливающаяся конкуренция на рынке кондитерских изделий заставляет производителей расширять ассортимент и создавать новые продукты. При этом происходит совершенствование технологических процессов, в результате которых появляются сложные продукты из различных кондитерских масс [1].

Наиболее развивающимся сегментом среди кондитерских изделий являются конфеты. Для расширения ассортимента конфет при получении

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» П. М. Смолихиной.

нии корпусов используют комбинацию из нескольких конфетных масс, при этом учитываются органолептические и физико-химические показатели комбинируемых масс.

При создании нового ассортимента кондитерских изделий особый интерес представляют желейные и сбивные конфеты для производства изделий с комбинированными корпусами.

Процесс производства комбинированных желейно-сбивных конфет может быть представлен как технологический поток, состоящий из отдельных этапов, преобразующих исходное сырье и полуфабрикаты в готовый продукт. Общая структурная схема процесса производства желейно-сбивных конфет представлена на рис. 1.

При производстве желейно-сбивных конфет существует проблема совмещения различных по физико-химическим свойствам масс, которая характеризуется расслоением корпуса при формировании корпусов и миграцией влаги между слоями в процессе хранения. Кроме того, все сахаристые кондитерские изделия имеют высокую калорийность и недостаток витаминов и минеральных веществ.

При приготовлении желейной массы в качестве студнеобразователя традиционно используется пектин, при приготовлении сбивной массы – агар. Указанные структурообразователи обладают различными



Рис. 1. Структурная схема процесса производства комбинированных желейно-сбивных конфет

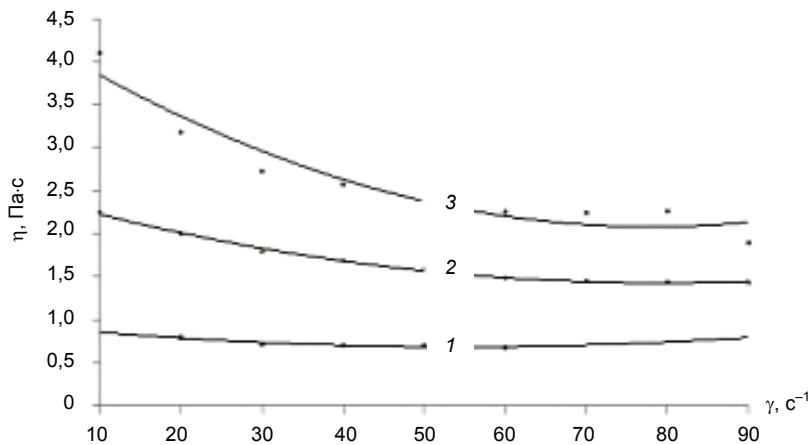
условиями и технологическими режимами студнеобразования. Использование в качестве студнеобразующего компонента одного ВМС (пектина или агара) позволит упростить технологию производства желеино-сбивных конфет за счет обеспечения одинаковых температурных режимов стадий производства, приготовления одного сиропа на обе конфетные массы, а, следовательно, сокращения единиц оборудования.

Для создания конфет наиболее перспективным является использование единого студнеобразователя. Поэтому сравним характеристики агара и пектина более подробно (табл. 1).

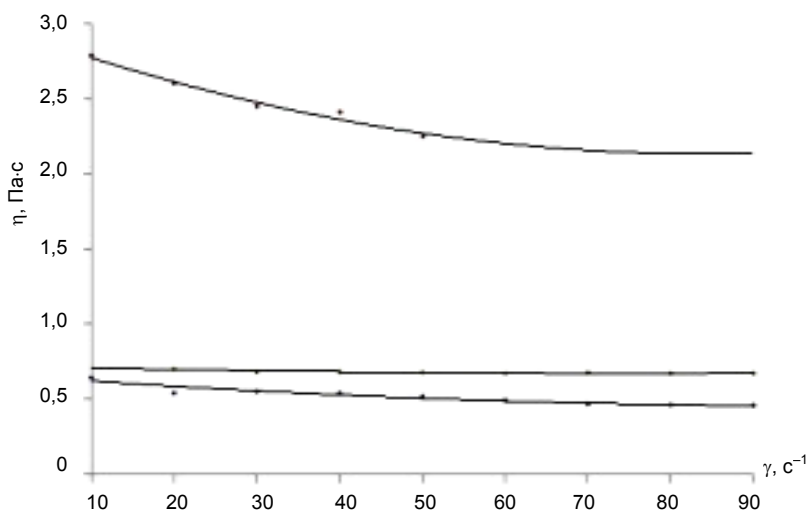
Как видно из сравнения приведенных в табл. 1 физико-химических свойств, для создания комбинированных конфет наиболее перспективным является использование в качестве единого студнеобразователя агара, поскольку агар имеет меньшую, по сравнению с пектином температуру желирования, позволяет уменьшить кислотность продукта и получать студни, прочность которых не зависит от рецептурного количества сахара [2].

### 1. Сравнительная характеристика студнеобразователей

Название студнеобразователя	Агар	Пектин
Химический состав	Полисахарид, имеющий цепеобразную молекулу, состоящую из галактозы	Полисахарид, состоящий из остатков галактуроновой кислоты, соединенных гликозидной связью
Растворимость	Не растворим в холодной воде, но набухает в ней как коллоид. При кипячении полностью переходит в раствор	Хорошо растворим в воде, при нагревании растворимость увеличивается
Температура застудневания	30 °С	70 °С
Особенности образования студня	Разрушается в присутствии кислот при температуре 60...70 °С. Сахар увеличивает прочность студня	Образует студень только в присутствии сахара и кислот

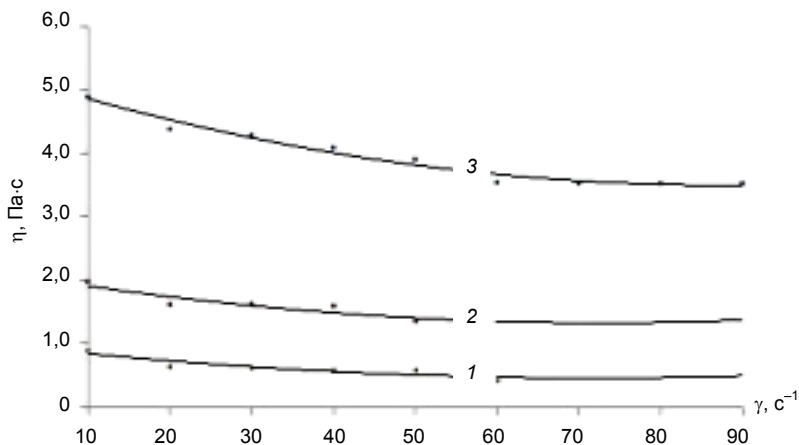


a)



б)

**Рис. 2. Зависимость вязкости желейных масс с различной дозировкой агары:**  
*a* – 1,3%; *б* – 0,8%; *в* – 1,8% от скорости деформации при различных температурах 1 – 75 °С; 2 – 65 °С; 3 – 55 °С



в)

**Рис. 2. Окончание**

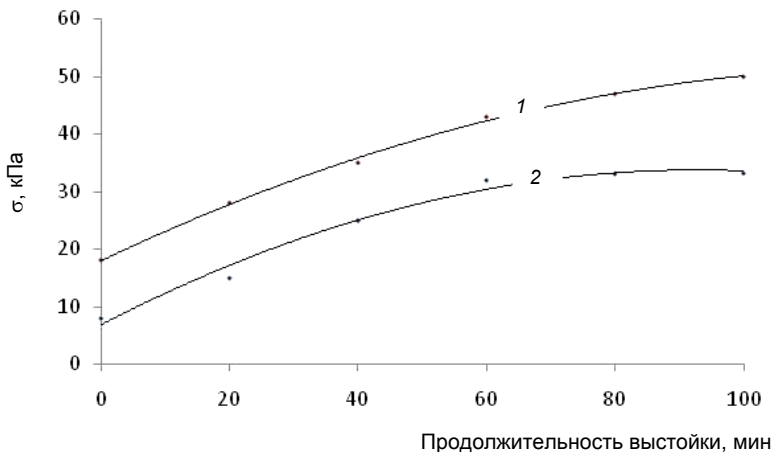
Были проведены исследования по изучению реологических свойств жележных масс и структурно-механических свойств жележных студней, в результате были получены зависимости: вязкости и напряжения сдвига от скорости деформации; прочности студней от дозировки агара и сахара.

Анализ температурных зависимостей вязкости жележных масс свидетельствует о том, что упрочнение их структуры начинается при 65...70 °С (рис. 2).

Для жележных масс на основе агара при снижении температуры ниже 55 °С наблюдается изменение характера кривых течения, что свидетельствует о переходе масс в студнеобразное состояние и нарушении их сплошности в процессе деформации. Происходит сшивание отдельных участков агаровых молекул в единый пространственный каркас с последующим его упрочнением и переходом массы в студнеобразное состояние.

Были проведены исследования изменения пластической прочности и температуры жележных студней на основе агара и пектина в процессе выстойки (рис. 3). По результатам сравнения пластической прочности жележных студней установлено, что при увеличении концентрации студнеобразователя на 0,5% она возрастает в среднем на 16,0...17,5 кПа.





**Рис. 3. Изменение пластической прочности жележных студней в процессе выстойки:**

*1* – на пектине; *2* – на агаре

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что продолжительность студнеобразования жележных масс на агаре при температуре воздуха в процессе выстойки 25 °С составляет 60...65 мин (до достижения температуры внутри корпусов конфет 23...24 °С), после чего дальнейшего повышения пластической прочности либо не наблюдается, либо скорость его незначительна.

Характер зависимостей изменения пластической прочности жележных студней на основе агара и пектина в процессе выстойки идентичный и составляет около 1 часа. Формоудерживающая способность агара наступает при значениях прочности студня 35...40 КПа, тогда как значения для студней на пектине 55...60 кПа.

Предлагаемое решение позволит упростить технологическую схему за счет приготовления сиропа одинакового состава для обеих конфетных масс в одной единице оборудования, снизить энергетические затраты и сахароемкость конфет.

### 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.

2. *Леонов, Д. В.* Моделирование и оптимизация реологических свойств жележных полуфабрикатов / Д. В. Леонов, Е. И. Муратова, С. И. Дворецкий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 378 – 383.

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

**УДК 612.141**

***А. И. Истомина\****

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

В связи с важностью контроля артериального давления для людей, страдающих артериальной гипертензией, распространенность которой в мире составляет от трети до половины всех обследованных, и высокой стоимостью аппаратов суточного мониторинга, предлагается новая система контроля уровня артериального давления (АД), основанная на измерении АД по температуре дистальных фаланг пальцев (ДФП).

В настоящее время широкое распространение получили 3 способа измерения артериального давления: инвазивный, осциллометрический и аускультативный. Прямой метод измерения артериального давления является наиболее точным и применяется только при хирургических вмешательствах.

В основе приборов суточного мониторинга артериального давления лежат неинвазивные методы. К ним относят осциллометрический метод определения артериального давления и аускультативный метод, признанный на сегодняшний день эталоном неинвазивного измерения. Данные методики не позволяют производить непрерывный контроль артериального давления в нестационарных условиях.

В настоящее время появляется все больше неинвазивных методов определения АД.

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).

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В. М. Строева.

Датчик прикрепляется в проекции лучевой артерии. В приборе отсутствует компрессионная манжета и компрессор для нагнетания воздуха, что позволяет использовать прибор без дискомфорта. Данный прибор не нарушает венозный отток, сон и повседневную жизнь человека.

Общим недостатком всех систем суточного мониторинга АД является высокая стоимость и недоступность подобных приборов 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 артериального давления, после чего необходимо принять меры по нормализации давления.

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

Так же известно, что изменение среднего уровня АД повторяет изменение систолического АД (рис. 1). Поэтому по среднему уровню АД можно судить об изменении максимального уровня АД.

Использование взаимосвязи температуры ДФП кисти и АД человека позволит снизить чувствительность системы контроля уровня артериального давления к шумам в помещении и движениям руки, что лишает ее недостатков традиционных неинвазивных методов измерения артериального давления.

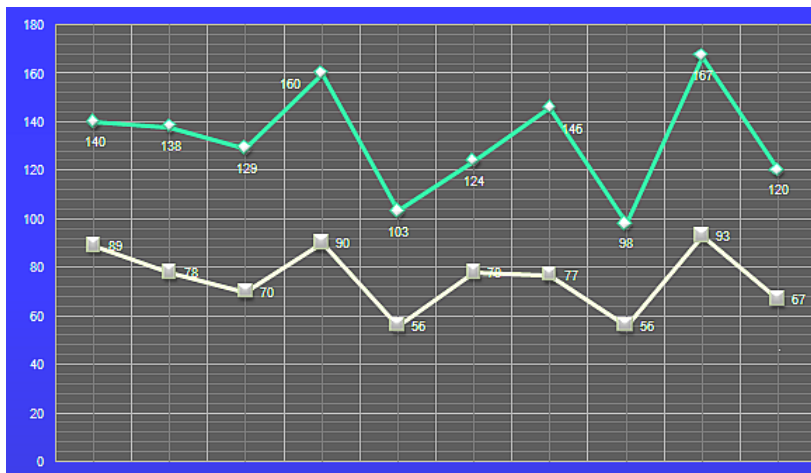


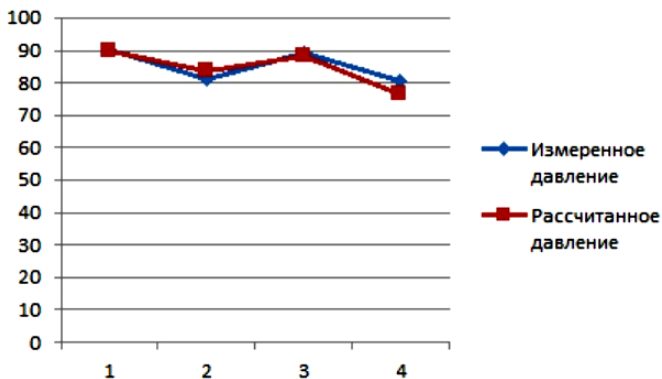
Рис. 1. Графики изменения систолического давления и среднего артериального давления

Таким образом, система для контроля уровня артериального давления должна включать в себя инфракрасный датчик, микропроцессорную систему, оперативное запоминающее устройство, аккумулятор, блок управления, систему индикации и динамик. Для предварительной настройки такой системы потребуется нетбук и эталонный тонометр. Микропроцессорная система будет выполнять роль управляющей измерительной системы. Она будет задавать прибор, который будет использоваться в данном измерении, момент его включения, момент считывания данных с их последующей обработкой. Результаты измерений могут выводиться в систему индикации, а при превышении порогового уровня АД будет формироваться звуковой сигнал.

Программная реализация метода определения уровня АД по температуре дистальных фаланг пальцев, представленная на рис. 2, предусматривает два этапа – предварительная настройка системы под особенности конкретного пациента и непосредственно процесс измерения АД. Первый этап заключается в измерении давления  $P_{исх}$  и температуры дистальной фаланги указательного пальца.



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



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

На основании полученных данных происходит вычисление среднего значения температуры  $T_{\text{ср}}^{\circ}$ . Исходные данные ( $P_{\text{исх}}$  и  $T_{\text{ср}}^{\circ}$ ) применяются для вычисления поправочного коэффициента. Все результаты хранятся в базе данных.

Второй этап включает в себя измерение температуры с помощью инфракрасного датчика с интервалом 10 с. После чего методом скользящего среднего вычисляется средняя температура  $T_{\text{ср}}$ , с помощью которой осуществляется расчет значения среднего АД. Через систему индикации значения АД будут выводиться на экран. В случае превышения вычисленным АД заданного на первом этапе порогового значения АД прозвучит сигнал, информирующий пациента о том, что необходимо принять меры по нормализации АД.

На рисунке 3 представлены результаты апробации вышеуказанного метода, подтверждающие возможность определения среднего уровня АД по температуре ДФП.

Разработанные алгоритмы позволят производить контроль артериального давления в нестационарных условиях и тем самым снизить риск смертности от неконтролируемого повышения АД.

### Список литературы

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

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

УДК 637.3.04

*М. А. Шаволина, О. Б. Шуняева, М. И. Лопатина\**

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ МОЛОЧНО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРНОГО ПРОДУКТА**

В последние несколько лет особое внимание уделяется использованию сырья растительного происхождения в составе молочных продуктов. В соответствии с ФЗ № 88 такая продукция относится к молоко-содержащей или молочной составной категории. Самыми распространенными растительными компонентами, включаемыми в состав продукта с целью изменения себестоимости, выступают растительные жиры в виде заменителей молочного жира, кокосового масла. Пищевая ценность продукта при этом остается в исходных пределах, но претерпевает существенные изменения биологическая ценность, в частности, увеличивается содержание эссенциальных жирных кислот. В области разработки технологии сырной продукции с растительными жирами известны работы О. В. Лепилкиной, В. А. Мордвиновой [1]. Авторы отмечают следующие особенности в производстве таких продуктов в отличие от классических приемов в сыроделии (табл. 1).

Основные отличительные особенности технологий изготовления сырных продуктов от полутвердых натуральных сыров проявляются в составе нормализованной смеси, включающей структурообразующие добавки, а также условия обработки сгустка и созревание сыра.

Одной из актуальных проблем является «вработывание» растительного жира в молочную эмульсию. Для этого необходимо:

- 1) создание устойчивой эмульсии, которая должна быть достаточно стабильна и выдерживать все температурные и механические воздействия, обусловленные технологией;
- 2) подбор эмульгатора, который образует пограничный слой в определенном порядке;
- 3) отработка режимов получения молочно-растительной эмульсии на имеющемся в технопарке предприятия оборудовании;
- 4) подбор закваски для процессов ферментирования молочного сгустка и сыра при созревании.

---

\* Работа выполнена под руководством профессора Н. М. Срашнова, канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

Таблица 1

Стадия производства	Сыр	Сырный продукт
Составление смеси	Нормализованная молочная смесь	Молочно-растительная смесь
Гелеобразование	Без добавления структурообразователей	С добавлением структурообразователей: – камедь тары; – модифицированный кукурузный крахмал
Нагревание	38...42 °С 50...56 °С	36...38 °С
Созревание	1,5 – 2,5 месяца	30 дней

Создание устойчивой эмульсии являлось предметом производственно-технологических работ во время производственной практики по подготовке молочно-растительных сливок для изготовления сырного продукта. Была выполнена серия экспериментальных исследований по изучению устойчивости и способов изготовления молочно-жировой эмульсии. Были изготовлены образцы молочно-растительных сливок с 30%-ной жирностью с использованием СОМ, ЗЖК, эмульгатора, полифосфата, пахты (рис. 1).

На основе молочно-растительной смеси изготавливали сырные сгустки, используя кислотно-сычужный способ сквашивания. В полученных образцах определяли массовую долю жира, влаги, массу сгустка, жирность сыворотки, рассчитывали выход продукта по сухим веществам. Результаты представлены в табл. 2.

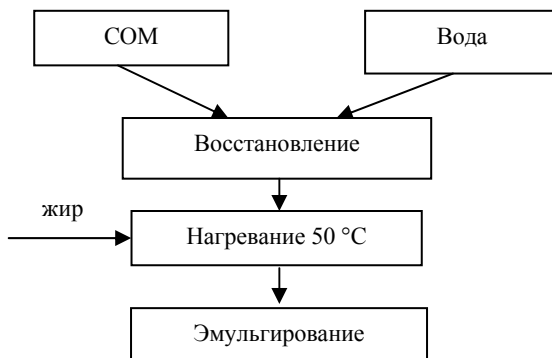


Рис. 1. Схема изготовления образцов

Таблица 2

	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
Состав смеси	– обезжиренное молоко 250 г; – хлорид кальция 0,25 г; – производ. закваска 0,2 г; – сбивание	– обезжиренное молоко 250 г; – хлорид кальция 0,25 г; – эмульгатор 0,1 г; – сбивание	– обезжиренное молоко 250 г; – хлорид кальция 0,25 г; – полифосфат 0,1 г; – сбивание	– обезжиренное молоко 250 г; – хлорид кальция 0,25 г; – пахта 25 г; – сбивание
Время образования сгустка, мин	40	34	34	50
Масса сыворотки, г	180	196,2	182,5	203,1
Масса сгустка, г	55,3	51,3	55,0	48,3
Массовая доля влаги в сгустке, %	67	65	62,4	64,4
Массовая доля жира в СВ, %	45	44	41	46,3
Массовая доля жира в сыворотке, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Выход СВ, %	49,4	48,6	50,5	55,5

Важным технологическим условием получения качественного сгустка при минимальных потерях жира является получение устойчивой молочной эмульсии перед сквашиванием [2]. С целью исследования стойкости эмульсии для производственных условий были изготовлены образцы с 30%-ным содержанием жира на восстановленном обезжиренном молоке и вновь выработанной пахте из молочного цеха, с эмульгаторами. Результаты по анализу стойкости эмульсий приведены в табл. 3.

Введение эмульгирующих добавок существенно не повлияло на стойкость эмульсий изготовленных образцов, за исключением образца на основе пахты, что можно объяснить химическим сродством природы взаимодействующих компонентов. Полученные результаты научно-практических испытаний выполнены по заказу предприятия



Таблица 3

	Восстановленное СОМ			Пахта		
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец	5 образец	6 образец
Добавки	–	Химический эмульгатор	Лецитин	–	Химический эмульгатор	Лецитин
Высота сгустка, см	5...5,5	5...6	5...6	5,5...6	8	5...6

и являются необходимым материалом для производственных работ по изготовлению сырного продукта в условиях молочного цеха предприятия.

### Список литературы

1. *Лепилкина, О. В.* Сырные продукты с растительными жирами / О. В. Лепилкина. – Москва : Изд-во Россельхозакадемии, 2009. – 182 с.
2. *Сыростроение и маслоделие.* – 2013. – № 1. – С. 6–7.
3. *Переработка молока.* – 2005. – № 7(69). – С. 29–30.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
и завод ОАО «Орбита»*

УДК 664.149

*Д. Ю. Усиевич\**

### ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЖИРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗУРИ

Глазурь – кондитерский полуфабрикат, представляющий собой систему, состоящую из дисперсной фазы, представленной твердыми частицами сахара и какао-порошка, и дисперсионной среды, представленной жиром. Твердые мелкие частицы стремятся коагулировать друг

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» П. М. Смолихиной.

с другом. Добавление ПАВ (поверхностно-активных веществ) снижает силу сцепления частиц, поэтому ПАВ используются для придания необходимой вязкости и текучести, обеспечивающей глазирование кондитерских изделий. В качестве ПАВ часто используется лецитин или полиглицерил полирицинолеат (PGPR).

Целью работы, проводимой в Центре прикладных исследований компании ООО ГК «ЭФКО» в рамках специализированной производственной практики, являлась разработка рецептур глазурей с использованием различных заменителей масла какао (ЗМК).

Эскизная схема производства глазури показана на рис. 1.

Жир растапливается при температуре не более 60 °С, так как превышение указанного значения способствует ускорению окислительных процессов, протекающих в жире.

Рецептурные компоненты смешиваются в порядке уменьшения жирности (жир, какао тертое, какао-порошок, сахарная пудра) для обеспечения равномерного распределения компонентов.

На стадии измельчения происходит измельчение твердых частиц (какао-порошка, сахара) до размера не более 35 мкм, достижения тонкой однородной структуры.

Для улучшения реологических характеристик (снижение вязкости и предела текучести) кондитерской глазури в нее вносят лецитин и PGPR, предварительно смешав их с ЗМК в соотношении 1:1. Доля лецитина составляет до 0,4% от общего рецептурного количества компонентов.

Качество глазури зависит от качества сырья, в том числе жировой основы. Существуют специализированные промышленные жиры,

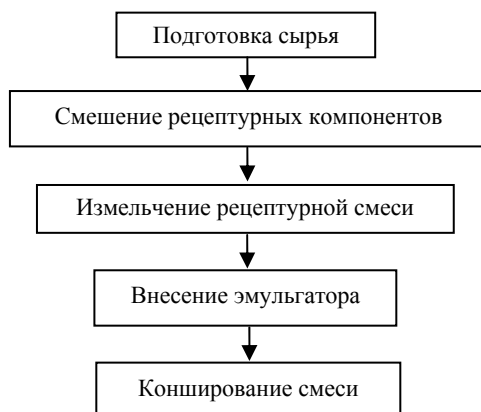


Рис. 1

## 1. Характеристика кондитерских жиров

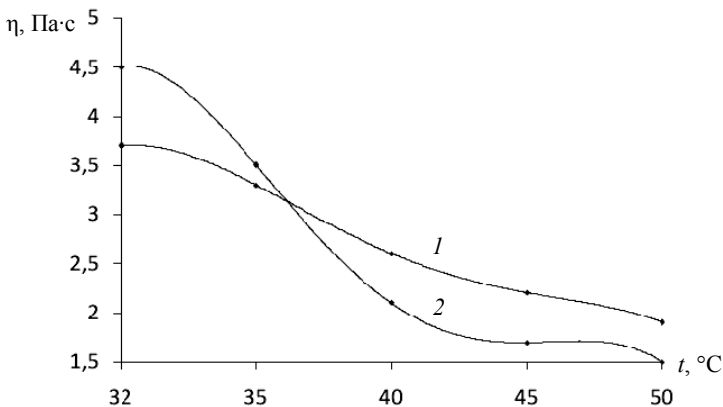
Название	Область применения	Температура плавления, °С
«ЭКОЛАД 1001-33»	Производство глазурей для пастило-мармеладных изделий, печенья, вафель	33
«ЭКОЛАД 3001-35 S»	Производство твердых хрупких кондитерских глазурей, корпусов конфет, пустотелых фигур	35

которые широко применяются в производстве глазурей и жировых начинок. Все жиры отличаются друг от друга по физико-химическим свойствам и области применения (табл. 1).

По своим свойствам глазури относятся к структурированным высокодисперсным системам, в которых дисперсионной средой являются расплавленный заменитель масла какао, а дисперсионной фазой – частицы какао-порошка, сахара и других рецептурных компонентов. Реологические свойства глазури определяются, с одной стороны, свойствами текучести жидкой расплавленной жировой фазы, а с другой – количеством, видом и гранулометрическим составом компонентов дисперсионной фазы.

Исходя из рекомендаций Международной ассоциации по производству какао, шоколада и кондитерских изделий из сахара (OICC), реологические характеристики определяли по методу Кессона на ротационном вискозиметре Брукфильда при 40 °С, когда жир находился в расплавленном состоянии. Согласно этой методике определяющими реологическими параметрами служат предельное напряжение сдвига (предел текучести) и пластическая вязкость, на которые существенное влияние оказывают температура и степень измельчения (дисперсность) глазури [1].

Установлено, что температура в диапазоне 35...50 °С не оказывает влияния на предел текучести кондитерской глазури. Однако с понижением температуры пластическая вязкость увеличивается (рис. 2), что обусловлено переходом части дисперсной среды (жидкий ЗМК) в дисперсную фазу.



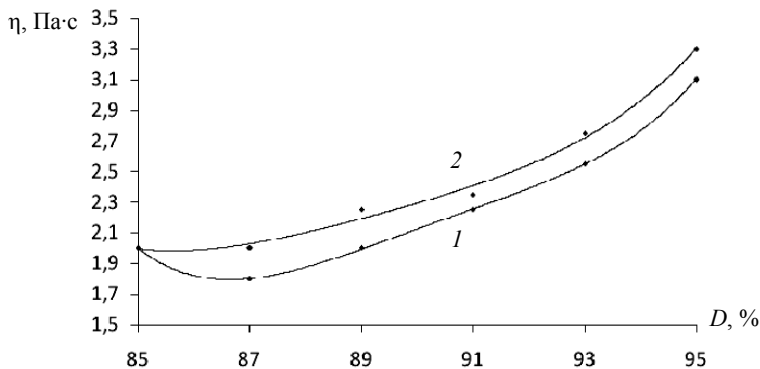
**Рис. 2. Влияние температуры на пластическую вязкость кондитерской глазури:**  
 1 – «Эколад 1301-33»; 2 – «Эколад 3001-35S»

Пластическая вязкость лауриновой глазури (на основе ЗМК «Эколад 3001-35S») при температурах более 37 °С ниже, чем нелауриновой (на основе ЗМК «Эколад 1301-33»), что обусловлено различным жирнокислотным составом жиров, присутствием низкомолекулярной лауриновой кислоты [2]. Поскольку приготовленная на основе ЗМК глазурь не требует темперирования, ее вязкость можно корректировать изменением температуры. Максимальная температура глазури определяется видом изделия, на которое она наносится, и обычно не превышает 45 °С.

Для достижения высоких органолептических и оптимальных реологических показателей все частицы твердой фазы продукта должны находиться в узком диапазоне распределения от 10 до 30 мкм.

По литературным данным порог чувствительности языка человека составляет 25...35 мкм. Чтобы глазурь имела нежный тающий вкус, не оставляя «песчанности» во рту, все твердые частички должны иметь размер менее 25 мкм, дисперсность по Реутову – более 92%. Однако увеличение количества более мелких частиц (5...15 мкм) приводит к значительному увеличению пластической вязкости и предела текучести глазури, что обусловлено резким возрастанием суммарной поверхности частиц (рис. 3) [2].

Чтобы достичь заданных реологических характеристик для глазирования корпусов конфет без технологических трудностей, необходимо контролировать дисперсность по Реутову в строго определенных пределах – 92...94%.



**Рис. 3. Влияние степени измельчения на пластическую вязкость кондитерской глазури:**

*1* – «Эколад 1301-33»; *2* – «Эколад 3001-35S»

Принимая во внимание, что основу твердой фазы глазури составляют частицы сахара, какао и молочных продуктов, необходимо, чтобы их гранулометрический состав был равномерным и находился в узком диапазоне распределения от 30 до 75 мкм при отсутствии мелких и крупных частиц, поскольку они подвергаются измельчению в процессе производства. В ходе проведенных исследований установили, что глазурь ложится равномерным тонким слоем на поверхность изделия при вязкости 2,5 Па·с, что соответствует температуре для нелауриновой глазури 41 °С, а лауриновой – 39 °С; дальнейшее снижение вязкости приведет к истончению слоя глазури и в конечном итоге к ее стеканию. Таким образом, рекомендуемая температура для нелауриновой глазури составляет 37...41 °С, лауриновой – 37...39 °С [2].

Предложенные в статье технологические параметры имеют рекомендательный характер, конкретные значения указанных величин зависят от технологического оборудования и используемых на предприятии рецептур.

### Список литературы

1. *Линовская, Н. В.* Разработка рациональной технологии производства кондитерских глазурей с заданными показателями качества : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Линовская. – Москва, 2012. – 25 с.

2. Яковлев, Е. А. Влияние эмульгаторов на вязкостные свойства кондитерских глазурей / Е. А. Яковлев, О. С. Бережная // Продуктовый бизнес. – 2010. – № 1.

3. Муратова, Е. И. Реология кондитерских масс : монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.

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

**УДК 637.344.8**

***А. С. Надеждина, У. В. Ланцова, А. И. Бушковская\****

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНТАМИНАЦИИ СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА ПРИ ХРАНЕНИИ**

Молочная сыворотка является уникальным по своему составу и свойствам отходом производства белковых продуктов из молока и выступает в качестве вторичного сырья для получения самых разнообразных продуктов высокой пищевой и биологической ценности. Химические соединения, входящие в состав сыворотки – белки, пептиды, аминокислоты, минеральные соли, отличаются высокой скоростью усвоения и доступностью при питании клеток [1]. Особенно активно включается в биохимические превращения дисахарид лактозы, который выступает в качестве субстрата для биологически активных объектов и в свежееотобранной сыворотке в производственных условиях быстро начинают размножение различные микроорганизмы. Их происхождение связано как с остаточной, термостойкой и термофильной микрофлорой пастеризованного молока, так и с микрофлорой заквасок, используемых при производстве белковых продуктов организмами воздуха и оборудования, не уничтоженных после санитарной обработки. В результате активной жизнедеятельности микроорганизмов-контаминантов начинаются глубокие изменения доступных соединений и происходит изменение главных свойств сыворотки. По этим причинам сыворотку относят к категории скоропортящихся объектов,

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством профессора Н. М. Страшнова и канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

а реализация в нативном виде сталкивается с естественными затруднениями, и требованиями ограничений определенными температурными режимами и условиями хранения. При длительном хранении охлажденной сыворотки эти бактерии могут обуславливать различные пороки вкуса и запаха. В соответствии с ГОСТ Р 53438–2009 температура хранения сыворотки и продуктов из нее должна быть не более 6 °С, а микробиологические показатели в процессе хранения не должны превышать установленных норм, рекомендованных методическими рекомендациями по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности. Предельно допустимая концентрация патогенных микроорганизмов (в том числе сальмонелл) КОЕ/см<sup>3</sup> – 5·10<sup>5</sup>, а содержание бактерии группы кишечных палочек не допустимо в 0,01 см<sup>3</sup>, при условии, что сыворотка используется для изготовления напитков.

При изготовлении на основе сыворотки напитков с включением ингредиентов растительного происхождения в виде сиропов микрофлора сыворотки дополняется микроорганизмами этих компонентов и требуется корректировка режимов термообработки, уточнение сроков хранения. С целью изучения изменения микробиологической обсемененности сывороточного напитка при длительном хранении были изготовлены опытные образцы без добавления и с добавлением к продукту консервирующих добавок – сорбата калия (Е202), сорбиновой кислоты (Е200). После кратковременной пастеризации и заполнения напитками стерильных емкостей их поместили на хранение при 4 °С. Исследования опытных образцов продукта проводили в микробиологической лаборатории завода ОАО «Орбита».

Для оценки основных качественных признаков хранения объекта определяли динамику изменения концентрации колоний мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), а также наличие бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в соответствии с действующими нормами и правилами в молочной промышленности. Отбор проб для анализа проводили через 6, 10, 15, 19 и 27 суток хранения. Расчет КОЕ и изменение рН всех образцов, полученных в результате посевов по КМАФАнМ представлены в табл. 1.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что в течение 27 дней во всех образцах, кроме образцов с сорбатом калия, не произошло микробиологической порчи, что свидетельствует о том, что срок хранения сывороточного напитка при соблюдении температуры 2...4 °С составляет 27 суток.

На рисунке 1 представлен график изменения концентрации мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов в процессе хранения.

## 1. Результаты посевов всех образцов по КМАФАнМ

Образец		0 суток	6 суток	10 суток	15 суток	19 суток	27 суток
К	pH	3,84	3,87	3,84	3,84	3,88	3,88
	1:100	100	0	200	0	0	100
	1:1000	0	0	0	$1 \cdot 10^3$	0	$2 \cdot 10^3$
	1:10 000	0	$5 \cdot 10^4$	0	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	0
E200	pH	3,815	3,829	3,84	3,8	3,86	3,822
	1:100	$2,6 \cdot 10^3$	0	0	400	200	0
	1:1000	0	0	0	$9 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	0
	1:10 000	0	0	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
E202	pH	3,85	3,86	3,861	3,857	3,9	3,897
	1:100	0	0	0	0	900	Более $5 \cdot 10^5$
	1:1000	$1,92 \cdot 10^5$	$2,94 \cdot 10^5$	0	0	$6 \cdot 10^3$	
	1:10 000	0		$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	

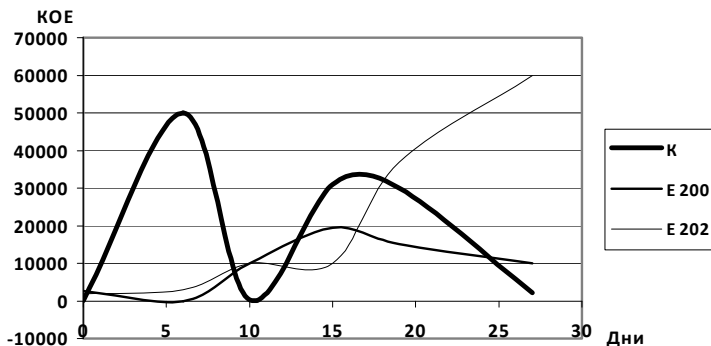


Рис. 1. Изменение концентрации КМАФАнМ в процессе хранения



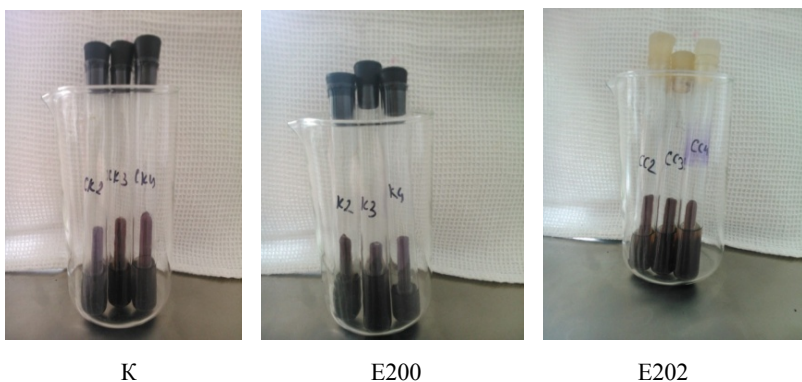
Для полноты оценки срока хранения был проведен анализ на наличие бактерий группы кишечных палочек в напитках. При проведении эксперимента производили посев в среду Кесслера. Просматривали пробирки с посевами и определяли наличие бактерий группы кишечных палочек по газообразованию. На рисунке 2 представлены фотографии по состоянию образцов по БГКП на 27 день хранения.

Как видно на фотографиях, по истечении 27 дней газообразование отсутствовало, поэтому было дано заключение об отсутствии бактерий группы кишечных палочек в сыровоточном напитке на протяжении всего процесса хранения.

По органолептическим показателям, по окончании срока хранения не наблюдалось выделения газов, слизи и диффундирующих пигментов. В процессе хранения не было выявлено загнивания, посторонних запахов и привкусов.

Также можно сделать вывод о том, что пастеризация играет важную роль в увеличении срока хранения молочных продуктов. Сорбиновая кислота при установлении срока хранения оценивается высокими показателями в предотвращении развития патогенной микрофлоры. Сорбат калия в свою очередь не показал таких высоких результатов, вследствие чего использование его в качестве консерванта при изготовлении сыровоточных напитков неэффективно.

Оптимальный срок хранения также зависит от соблюдения температурного режима. В процессе хранения сыровоточного напитка в стеклянной таре при температуре 4 °С достигнута максимальная продолжительность хранения для сыровоточного напитка – 27 дней.



**Рис. 2. Состояние образцов на наличие БГКП на 27 день хранения**

Проведенное исследование имеет важное практическое значение в разработке технологии сывороточных напитков и может использоваться на предприятиях, вырабатывающих белковые продукты из молока, побочным продуктом производства которых является молочная сыворожка. Благодаря увеличению срока хранения повышается экономическая эффективность продукта и в перспективе это позволит пополнить сегмент продуктов рационального и сбалансированного питания.

### Список литературы

1. *Храмцов, А. Г.* Феномен молочной сыворожки / А. Г. Храмцов. – Санкт-Петербург : Профессия, 2011. – 804 с.
2. *О безопасности* молока и молочной продукции : технический регламент таможенного союза принят решением евразийской экономической комиссии от 09.10.2013 № 67. – 2013.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых  
и химических производств» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
и завода ОАО «Орбита»*

УДК 661.935; 519.633.2

*Г. А. Чернов\**

### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОБОГАЩЕНИЕ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

При проектировании индивидуальных систем жизнеобеспечения возникает задача обеспечения их эффективной работы в различных внешних и внутренних условиях, что обусловлено наличием неопределенности в исходных данных. При проектировании взаимодействующих с окружающей средой индивидуальных систем жизнеобеспечения, в частности, установок по обогащению воздуха кислородом, необходимо учитывать, что в зависимости от условий работы, концентрация кислорода в атмосферном воздухе может изменяться от 19 до 23%, величина предельного адсорбционного объема адсорбента может изменяться от партии к партии до 30%, температура окружающего воздуха

---

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

может варьироваться от 0 до 40 °С. Кроме того, в зависимости от применяемой формулы, значение коэффициента массоотдачи может изменяться в пределах до 50% от номинального значения.

При изучении влияния условий окружающей среды на величину концентрации кислорода на выходе из установки по обогащению воздуха кислородом будем использовать математическую модель, включающую [1]:

1) уравнение диффузии азота

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} + \frac{1-\varepsilon_i}{\varepsilon_i} \frac{\partial a_i(t)}{\partial t} = -w \frac{\partial c(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( D_g(x) \frac{\partial c(x,t)}{\partial x} \right), \quad (1)$$

где  $c$  – концентрация азота в газовой фазе, моль/м<sup>3</sup>;  $a$  – концентрация азота в твердой фазе, моль/м<sup>3</sup>;  $\varepsilon_i$  – пористость слоя адсорбента;

2) уравнение изменения концентрации азота в  $i$ -м слое адсорбента

$$V_{ai} \left( \frac{\partial a_i(t)}{\partial t} \right) = \beta S_{ai} \left( a_i^*(\bar{c}_i(t), \bar{T}_{gi}(t)) - c_i(t) \right), \quad i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где  $S_{ai}$  – площадь твердой фазы в  $i$ -м слое адсорбента, м<sup>2</sup>;  $V_{ai}$  – объем  $i$ -го слоя адсорбента, м<sup>3</sup>;

$$\bar{c}_i(t) = (c(x_i, t) + c(x_{i+1}, t)) / 2;$$

3) уравнение изменения скорости газовой смеси по высоте адсорбента

$$-\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{M_{N_2}}{\rho_{N_2}} \left( \frac{1-\varepsilon_i}{\varepsilon_i} \right) \frac{\partial a_i(t)}{\partial t}, \quad (3)$$

где  $w$  – скорость газового потока, м/с;  $M_{N_2}$  – молярная масса азота, г/моль.

Начальные условия для уравнений (1) – (3) имеют вид:  
при  $t = 0$

$$a_i(0) = 0, \quad c(x, 0) = c_0, \quad w(x, 0) = w_0, \quad 0 \leq x \leq H; \quad (4)$$

при  $t = n \times t_{\Pi}, n = 1, 2, \dots$

$$a_i(t) = a_i^{\text{дес}}(t_{\Pi}), \quad c(x, t) = c^{\text{дес}}(x, t_{\Pi}), \quad (5)$$

$$w(x, t) = w^{\text{дес}}(x, t_{\Pi}), \quad 0 \leq x \leq H;$$

– для десорбционного процесса  
при  $(n - 1/2)t_{ц}, n = 1, 2, \dots$

$$a_i^{\text{дес}}(t) = a_i(t_{ц}/2), \quad c^{\text{дес}}(x, t) = c(x, t_{ц}/2),$$

$$w^{\text{дес}}(x, t) = w(x, t_{ц}/2), \quad 0 \leq x \leq H. \quad (6)$$

Граничные условия для адсорбционного процесса при  $(n - 1)t_{ц} \leq t \leq (n - 1/2)t_{ц}, n = 1, 2, \dots$  и десорбционного процесса при  $(n - 1/2)t_{ц} < t \leq nt_{ц}, n = 1, 2, \dots$  принимались следующими:

– для адсорбционного процесса  
при  $x = 0$

$$c^{\text{ад}}(0, t) = c_{\text{вх}}, \quad w^{\text{ад}}(0, t) = w_{\text{вх}}, \quad (7)$$

при  $x = H$

$$\frac{\partial c(H, t)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial w(H, t)}{\partial x} = 0; \quad (8)$$

– для десорбционного процесса  
при  $x = 0$

$$\frac{\partial c(H, t)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial w(H, t)}{\partial x} = 0, \quad (9)$$

при  $x = H$

$$c^{\text{дес}}(H, t) = c(H, t_{\text{ад}}), \quad w(H, t) = w(H, t_{\text{ад}}). \quad (10)$$

Коэффициенты математической модели рассчитывались по формулам, приведенным в [2].

С целью изучения влияния условий окружающей среды на процесс обогащения воздуха кислородом нами были построены допустимые области значений неопределенных параметров, характеризующих условия окружающей среды при следующих ограничениях: концентрация кислорода на выходе из установки КЦА:  $c_{\text{O}_2}^{\text{вых}} \geq [c_{\text{O}_2}^{\text{вых}}]_{\text{зад}}$ , производительность по смеси, обогащенной кислородом на выходе:  $Q \geq Q_{\text{зад}}$ .

Построение допустимых областей значений неопределенных параметров осуществлялось методом сканирования для заданного диапазона неопределенных параметров (табл. 1) при заданных значениях констант модели (табл. 2).

## 1. Исходные данные для расчета

Характеристика	Диапазон изменения
Коэффициент обратной промывки, $\theta$	[1,4÷2,8]
Длительность цикла $\tau_{ц}$ , с	[2÷6]
Предельный адсорбционный объем $W_0$ , $\text{м}^3 \times 10^{-6}/\text{кг}$	[0,155÷0,205]
Концентрация кислорода в исходной смеси $c_{\text{вх}}$ , % об.	[19÷21]
Температура окружающей среды $T$ , °К	[273÷313]
Коэффициент массоотдачи, $\beta$	[1÷10]· $10^{-3}$

Исходные данные, использованные при построении допустимых областей значений неопределенных параметров, представлены в табл. 1. Расчет производился при следующих значениях варьируемых параметров математической модели: коэффициент обратной промывки  $\theta = [1,4 \div 2,8]$ , длительность цикла адсорбции–десорбции  $\tau_{ц} = [2 \div 6]$  с.

Значения неопределенных параметров лежали в следующих пределах: предельный адсорбционный объем,  $W_0 = [0,155 \div 0,205]$ ,  $\text{м}^3 \times 10^{-6}/\text{кг}$ ; концентрация кислорода в исходной смеси,  $c_{\text{O}_2}^{\text{вх}} = [19 \div 21]$ , % об.; температура окружающей среды,  $T = [273 \div 313]$ , °К; коэффициент массоотдачи  $\beta = [1 \div 10] \times 10^{-3}$ .

## 2. Константы модели

Характеристика	Значение
Высота адсорбера $H$ , м	0,3
Диаметр адсорбера $D$ , м	0,035
Относительный объем вторичных пор адсорбента, $\epsilon$	0,394
Эквивалентный диаметр частиц адсорбента $d_p$ , м	$2 \cdot 10^{-4}$
Характеристическая энергия адсорбции $E_0$ , Дж/моль	16 800
Плотность адсорбента $\rho_a$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	660
Концентрация кислорода на выходе из установки $c_{\text{вых}}$ , % об.	90
Производительность по смеси, обогащенной кислородом $Q_{\text{зад}}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$5 \cdot 10^{-5}$

Анализ полученных данных позволяет заключить, что влияние температуры окружающей среды  $T$  на концентрацию кислорода на выходе из установки  $c_{O_2}^{Вых}$  при заданных ограничениях составляет менее 5%, в то время как основное влияние оказывают значения величины предельного адсорбционного объема адсорбента  $W_0$ , концентрации кислорода в исходной смеси  $c_{O_2}^{Вх}$ , коэффициента массоотдачи  $\beta$ .

Полученные результаты исследований в перспективе должны позволить решать принципиально новые задачи при создании индивидуальных систем жизнеобеспечения с гарантированной работоспособностью в широком диапазоне внутренних и внешних условий. В дальнейшем необходимо разработать алгоритм решения задачи оптимизации конструктивных параметров и режимных переменных установки короткоцикловой адсорбции и разработать методологию проектирования индивидуальных систем жизнеобеспечения в условиях неопределенности исходных данных.

### Список литературы

1. Акулинин, Е. И. Разработка и проектирование энергосберегающих установок короткоцикловой адсорбции на основе математического моделирования и оптимизации тепло- и массообменных процессов // Е. И. Акулинин, Д. С. Дворецкий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 4–6(29). – С. 310–317.

2. Моделирование процесса обогащения воздуха кислородом в установке короткоцикловой адсорбции / Е. И. Акулинин, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. Н. Туголуков // Химическая технология. – 2012. – № 4. – С. 247–256.

*Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук в области знания «Технические и инженерные науки», № МК-3075.2014.8.*

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

*К. В. Анциферов, Е. Н. Краснослободцева, Е. С. Кулаева\**

## **МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА**

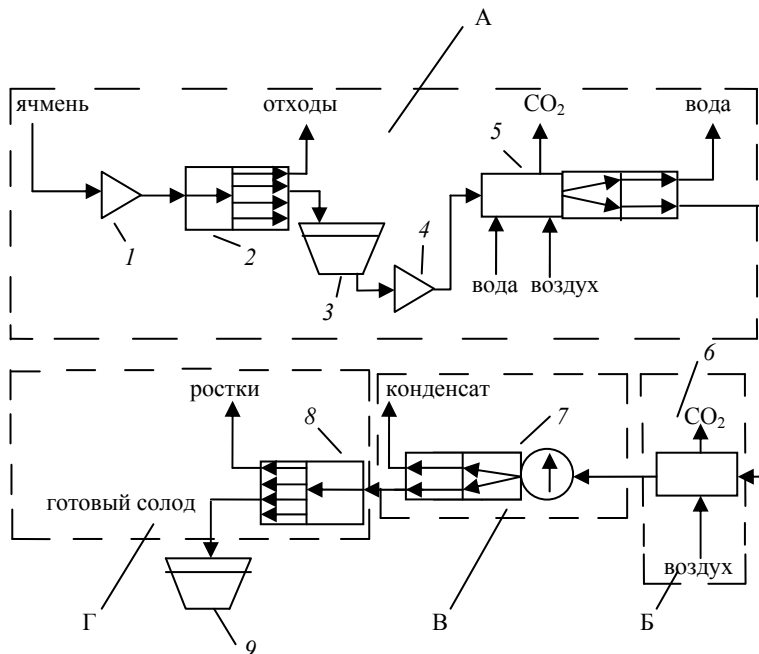
В современных экономических условиях растущая конкуренция среди производителей ячменного солода является стимулом для изменения и освоения новых технологий, а также пристального внимания к вопросам комплексной переработки зерна.

Солод имеет достаточно широкое применение в хлебопекарной промышленности, в производстве напитков, в частности кваса и пива, в спиртовой промышленности, а также применяется как пищевая добавка для придания продуктам специфических вкусовых качеств [2]. Известны отдельные случаи по использованию солода для увеличения сроков хранения. Сырье для проращивания солода очень разнообразно, но в основном используют следующие злаковые культуры: ячмень, пшеница, рожь, овес, просо, но основная доля сырья для производства солода приходится на ячмень, так как спрос на ячменный солод, особенно пивоваренными предприятиями, ежегодно наращивает объемы [1]. В настоящее время в РФ располагается 11 крупных солодовен общей годовой мощностью 1,1 млн. т, что составляет 73% от общей потребности, остальное недостающее количество солода импортируется из Франции, Германии, Великобритании, Дании и Финляндии [3].

В зависимости от технологии производства различают следующие виды ячменных солодов: высокоферментативный, темный, короткого рашения, карамельный, обжаренный, томленный, меланоидиновый, ржаной, RH-солод, пшеничный [3]. Технология изготовления солода представляет собой комплекс механических, биохимических, теплофизических и массообменных процессов, определяющих показатели качества готовой продукции. Для анализа рисков возникновения брака для условий действующего предприятия была применены положения теории технологического потока [4]. Для выполнения анализа была составлена операторная модель (рис. 1). Предполагается, что данная технологическая цепочка будет функционировать как целостная система путем взаимосвязанных между собой блоков – четырех подсистем: А – подготовка сырья, Б – солодоращение, В – сушка, Г – отбивка ростков.

---

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



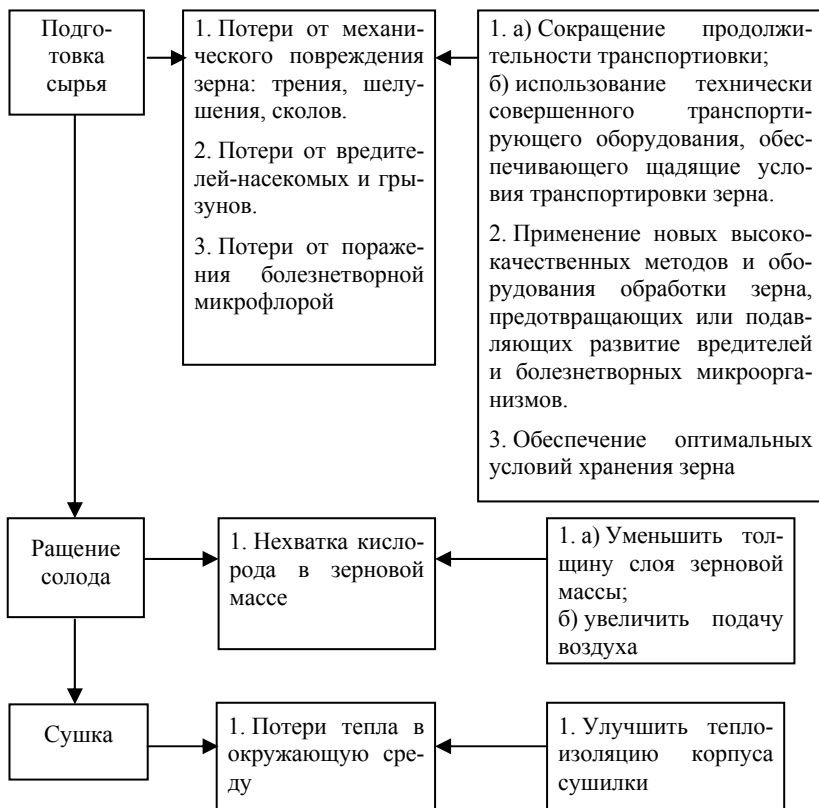
**Рис. 1. Операторная модель изготовления солода**

Для обозначения процессов в технологической цепочке использованы условные обозначения процессоров: 1, 4 – дозирование ячменя; 2 – очистка солода, удаление примесей; 3, 9 – хранение; 5 – замачивание ячменя; 6 – солодоращение; 7 – сушка зеленого солода; 8 – отбивка от ростков. Данная схема позволяет выполнить аналитические действия для выбора направления совершенствования линии и работ по ее модернизации.

Для дальнейшего совершенствования технологического оборудования были выделены проблемы в период производственной практики на действующем предприятии «Каргилл» г. Ефремов Тульской области. На основании анализа имеющихся данных и материалов информационных источников по теме были выбраны методы их устранения (рис. 2).

Анализируя эту систему с точки зрения надежности функционирования, можно назвать самым нестабильным звеном блок – А, вызывающий наиболее частые отклонения в качестве и количестве конечного продукта. Главными причинами колебаний будут являться объективные факторы, связанные с потерей от механического повреждения





**Рис. 2. Схема технологических рисков при производстве солода и возможные способы их устранения**

зерна, убытков от вредителей, потерь от болезнетворной микрофлоры, нехватка кислорода в зерновой массе, перерасхода тепла при сушке. Для исключения их влияния на сырье и готовую продукцию представляется возможной замена оборудования для сокращения времени транспортировки зерна, использование прогрессивных методов его обработки, совершенствование методов и приборов контроля за качеством и обеспечение оптимальных условий хранения. Благодаря таким методам модернизации производства можно добиться наилучших результатов, а именно:

- уменьшить потери сырья, тем самым увеличив выход продукции;
- экономить энергоресурсы;
- уменьшить выбросы в окружающую среду;
- увеличить экономическую эффективность производства.

## Список литературы

1. *Нарцисс, Л.* Технология солодоращения / Л. Нарцисс. – Санкт-Петербург : Профессия, 2007. – 584 с.
2. *Кунце, В.* Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. – Санкт-Петербург : Профессия, 2000. – 265 с.
3. *Балашов, В. Е.* Технологическое оборудование предприятий пивоваренного и безалкогольного производств / В. Е. Балашов, Б. Н. Федеренко. – Москва : Колос, 1994. – 431 с.
4. *Панфилов, В. А.* Технологические линии пищевых производств / А. В. Панфилов. – Москва : Колос, 1993. – 288 с.

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

УДК 663.127

*К. А. Сергеева, И. В. Маркин, А. С. Великанова\**

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НОВОГО СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК ПРИ СЕПАРИРОВАНИИ**

При производстве хлебопекарных дрожжей на спиртодрожжевых заводах производители сталкиваются с различными проблемами, в частности: снижение продуктивности, увеличение потерь при сепарировании, уменьшение сроков хранения продукта [1]. Причинами снижения продуктивности производства и уменьшения сроков хранения готовой продукции могут являться разные производственные факторы. Колебание микробиологической обсемененности основного сырья – мелассы, артезианской воды, потери при сепарировании из-за неисправности сепараторов, преобладания значительного количества молодых клеток, размеры и масса которых не достигли технологического состояния на этапе выращивания биомассы в дрожжерастильном аппарате и при дображивании, что становится в реально действующих условиях причиной «вымывания» мелких клеток с оттоками от сепарирующих устройств.

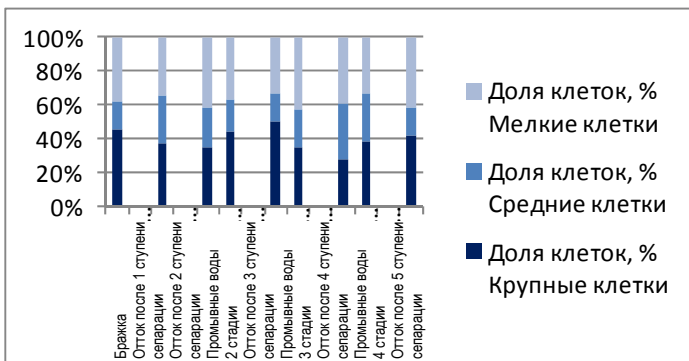
---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

Для уменьшения потерь дрожжевых клеток при сепарации была рассмотрена возможность использования приема по введению в состав бражки вещества – коагулянтов, которые способствуют процессу агрегации клеток [2], в результате увеличивается плотность и размер частиц, что предположительно приведет к снижению потерь при сепарировании. В роли вещества коагулянта была апробирована гуаровая камедь (E412) – пищевая добавка, которая используется в пищевой промышленности в качестве загустителя, способствующего повышению вязкости. Гуаровая смола относится к полисахаридам и является достаточно хорошо растворимым веществом. Экспериментальные исследования проводились с реальными объектами – образцами оттоков бражки, отобранных в производственных условиях согласно схеме (рис. 1). Был выполнен анализ отобранных образцов бражки, в них были определены методом подсчета количество крупных, средних и мелких клеток в камере Горяева.



Рис. 1. Схема отбора проб на участке сепарации бражки



**Рис. 2. Результаты подсчета количества дрожжевых клеток**

Для анализа полученных результатов были выполнены расчеты доли клеток разного размера в исследуемых объектах – бражке, оттоках и промывных водах. Результаты представлены в виде диаграммы на рис. 2.

Первоначальное количество клеток в бражке составляет: крупные клетки 45,2%, средние клетки 16,7% и мелкие клетки 38,1%. В оттоке после 1 ступени сепарации наблюдаем уменьшение крупных клеток на 7,7%, увеличение средних 10,8% и уменьшение мелких на 3,1%. В оттоке после 2 ступени сепарации крупных клеток стало меньше на 2,6%, а средних – на 4,2% и содержание мелких клеток увеличилось на 6,8%. В промывных водах количество крупных клеток увеличилось на 8,3%, количество средних клеток уменьшилось на 0,6% и мелких – на 7,7%. В оттоке после 3 ступени сепарации наблюдаем увеличение крупных клеток на 6,1%, уменьшение средних клеток на 2,8% и мелких на 3,1%. В промывных водах после 3 ступени сепарации крупных клеток стало меньше на 6,8%, а содержание средних клеток увеличилось на 6% и мелких клеток на 0,8%. В оттоке после 4 ступени сепарации наблюдаем уменьшение крупных клеток на 16,6%, увеличение средних на 13,8% и мелких на 2,8%. В промывных водах количество крупных клеток увеличилось на 10,8%, количество средних клеток уменьшилось на 4,7% и мелких на 6,1%. В оттоке после 5 ступени сепарации наблюдаем увеличение крупных клеток на 3,1%, уменьшение средних клеток на 11% и увеличение мелких на 7,9%.

Самое большое количество потерь дрожжевых клеток наблюдается в промывных водах после 3 ступени сепарации (проба б), для снижения этих потерь предлагается внесение вещества коагулянта (гуаро-

вой камеди). Для того чтобы определить, в каком количестве надо внести коагулянт, для достижения видимого результата проводим некоторые исследования.

На II этапе исследований в пробу 6 добавляли гуаровую камедь из расчета: 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05%, после выдержки в течение 15 минут центрифугировали и производили расчет в надосадочной жидкости клеток, контрольной являлась проба без обработки. Результаты подсчета дрожжевых клеток выполнены в виде диаграммы на рис. 3.

Анализ полученных результатов показал, что внесение гуаровой камеди способствует снижению потерь дрожжевых клеток, тем самым увеличивает выход готового продукта. Наилучшие результаты получены при внесении гуаровой камеди в концентрации 0,04%, а с концентрацией 0,05% давала небольшие отличия на 5,6%, и с экономической точки зрения эффекта не имела.

Предварительные испытания показали, что добавление гуаровой камеди в бражку с температурой 20 °С в количестве 0,03...0,04% на этапе промывания дрожжевого концентрата после 3 ступени сепарации может сократить потери дрожжей на 39%.

На заключительном этапе изучили влияние добавления гуаровой камеди на свойства готового продукта. Были выполнены анализы этого показателя для дрожжей без обработки и с добавлением гуаровой камеди. Подъемная сила обработанных дрожжей уменьшилась на 20% в сравнении с контрольной пробой, а осмоустойчивость практически не изменилась. Результаты работы представляют интерес для профильных предприятий.

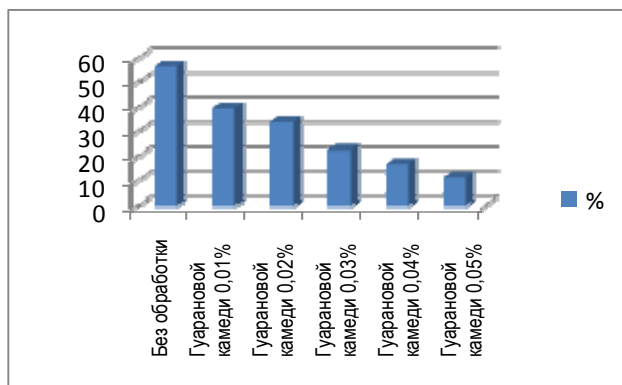


Рис. 3. Результаты подсчета количества дрожжевых клеток после внесения гуаровой камеди в бражку

## Список литературы

1. *Фараджева, Е. Д.* Производство хлебопекарных дрожжей : учебник / Е. Д. Фараджева, Н. А. Болотов. – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 334 с.

2. *Сивенков, А. В.* Повышение эффективности дрожжевого производства путем культивирования хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы / А. В. Сивенков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 11. – С. 29.

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

УДК 664.149

*К. С. Богданова, А. Е. Курганова\**

### **ПРОИЗВОДСТВО КОНФЕТ С КОМБИНИРОВАННЫМИ КОРПУСАМИ И РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ**

Традиционные продукты не способны компенсировать потребности современного человека в витаминах, микроэлементах и других пищевых компонентах. В связи с этим все большее распространение получают новые виды функциональных продуктов питания (ФПП), отвечающие физиологическим потребностям конкретных групп населения, обладающие лечебно-терапевтическим и лечебно-профилактическим спектром действия.

Одним из наиболее перспективных способов создания ФПП является введение фитодобавок в традиционную рецептуру. Ассортимент фитодобавок весьма разнообразен и позволяет учитывать территориальное расположение предприятия-изготовителя. Так, например, в нашем регионе распространены следующие виды растений: крапива, малина, черная смородина, мята, трава клевера, люцерны, чабреца, одуванчика, плоды тыквы, моркови [1].

Обогащение кондитерских изделий фитодобавками позволяет получать продукты, обладающие заданным микронутриентным составом. Химический состав некоторых добавок представлен в табл. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» П. М. Смолихиной.

## 1. Химический состав порошков крапивы, моркови и тыквы

Наименование показателя	Порошок крапивы двудомной	Порошок тыквы	Порошок моркови
Массовая доля сухих веществ, %	90,1	93,2	94
Пектиновые вещества, %	7,23	8,0	16,1
Каротиноиды, мг/100 г	0,52	70	35
Витамин С, мг/100 г	312	270	650
К, %	2,71	8,94	9,72
Са, %	3,78	4,06	3,85
Mg, %	0,33	1,16	1,4
P, %	0,59	–	–
Fe, мг/100 г	33,6	–	–

Растительные добавки являются сбалансированным природным источником витаминов, незаменимых аминокислот, минеральных веществ, пищевых волокон, способных даже в минимальных количествах оказывать стимулирующее и лечебно-профилактическое действие на организм человека. Такой прием позволяет расширить сырьевую базу кондитерской промышленности за счет использования нетрадиционного сырья и частично или полностью отказаться от использования синтетических вкусоароматических веществ.

Исследование пищевого статуса населения Российской Федерации показало, что одними из наиболее дефицитных в рационе питания людей являются витамины группы В, йод и железо. В качестве йодсодержащих добавок могут выступать листья грецкого ореха, ламинария, листья ольхи серой, череда (табл. 2).

При выборе добавок необходимо учитывать взаимодействие компонентов добавки и рецептурных ингредиентов кондитерских масс. Так, например, в желейные массы, предотвращая нарушение структуры, лучше вводить водные и водно-спиртовые экстракты; мелкокристаллическая структура помады позволяет использовать фитодобавки в виде порошков без предварительной экстракции (табл. 3).

## 2. Химический состав порошков из листьев грецкого ореха и ламинарии

Наименование показателей	Порошок листьев грецкого ореха	Порошок ламинарии
Массовая доля, %:		
белков	7,8	7,65
липидов	1,1	0,48
углеводов,	36,5	12,29
в том числе клетчатки	28,63	5,7
Массовая доля витаминов мг/100 г:		
С	1300	500
А (β-каротин)	330	622
В1	500	530
Е (токоферол)	230	150
Макроэлементов, мг/100 г:		
кальций	1240	686
магний	1260	514
калий	664	527
Микроэлементов, мг/кг:		
марганец	101	97
железо	23,1	74
фтор	1,06	3,4
йод	1120	980

Порошок моркови содержит жирорастворимые каротиноиды, поэтому рекомендуется добавление этого порошка к жиросодержащим массам, например, сбивным. Для максимального перевода комплекса микронутриентов часто прибегают к комбинированию различных кондитерских масс. Результаты исследований по комбинированию обогащенных порошками тыквы и моркови желеино-сбивных масс представлены в табл. 4 [2].



### 3. Сравнение пищевой ценности базовой и предлагаемой рецептур железных и помадных конфет

Наименование функциональных ингредиентов	Содержание в 100 г неглазированных конфет			
	помадный корпус		железный корпус	
	базовая рецептура	с порошком грецкого ореха	базовая рецептура	с порошком крапивы
Содержание, г:				
белки	2,1	2,51	1,4	1,4
жиры	16,2	14,85	6,2	0,4
углеводы, в том числе	70,9	74,24	69,4	70,04
клетчатки	0,2	1,56	3,0	2,9

#### *Содержание минеральных веществ, мг*

К	188	278,60	110	136,0
Ca	157,0	165,30	25	29,0
Mg	18,0	20,70	49	59,0
P	63,2	75,20	39	42,25
I <sub>2</sub>	–	9,30	–	–
Fe	0,3	0,5	0,02	0,02

#### *Содержание витаминов, мг*

С	–	0,43	0,16	0,36
β-каротин	0,19	0,52	0,03	0,03

Порошок моркови содержит жирорастворимые каротиноиды, поэтому рекомендуется добавление этого порошка к жиросодержащим массам, например, сбивным. Для максимального перевода комплекса микронутриентов часто прибегают к комбинированию различных кондитерских масс. Результаты исследований по комбинированию обогащенных порошками тыквы и моркови железно-сбивных масс представлены в табл. 4 [2].

#### 4. Сравнение пищевой ценности базовой и предлагаемой рецептур желейно-сбивных конфет с различным соотношением слоев

Наименование показателя	Пищевая ценность (г/100 г продукта)			
	базовая рецептура	с добавлением овощных порошков		
		соотношение слоев корпуса		
	(50:50)	30:70	50:50	70:30
Энергетическая ценность на 100 г конфет, ккал (кДж)	400,0 (1676,0)	419,6 (1756,78)	393,0 (1645,41)	362,8 (1518,97)
Содержание белков, г	1,80	1,80	1,85	1,61
Содержание жиров, г	15,18	19,70	15,18	12,64
Содержание углеводов, г	62,99	54,29	58,28	62,27
<i>Содержание БАВ</i>				
<i>(удовлетворение нормы физиологической потребности, %)</i>				
Пищевые волокна, г	0,38 (1,9)	4,6 (21,3)	8,22 (41,1)	11,76 (58,8)
Витамин С, мг*	0,38 (0,54)	12,8 (18,2)	10,0 (14,29)	6,7 (9,57)
Каротиноиды, мг	0,02 (0,4)	5,38 (89,7)	4,09 (68,2)	2,6 (43,3)
β-каротин, мг*	–	1,92 (38,4)	1,46 (29,2)	0,92 (18,4)

Комбинирование кондитерских полуфабрикатов позволяет создавать широкий ассортимент продукции, используя классические технологии получения отдельных масс. Комбинированные кондитерские изделия пользуются широким спросом у потребителя – это новые оригинальные вкусы со сниженной калорийностью за счет регулирования соотношения слоев. При этом производитель может создавать новые виды кондитерских изделий, практически не изменяя технологию и оборудование.

Внесение дополнительных рецептурных ингредиентов способствует улучшению органолептических, физико-химических и микробиологических показателей.

Использование местного сырья позволяет снизить себестоимость конечной продукции, а разнообразие растительных добавок и комбинирование кондитерских полуфабрикатов позволяют учесть разнообразные вкусы потребителя, создать широкую ассортиментную линейку изделий повышенной пищевой ценности.

### Список литературы

1. *Муратова, Е. И.* Системный подход к разработке кондитерских изделий функционального назначения / Е. И. Муратова, Д. В. Леонов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 979 – 991.
2. *Смолихина, П. М.* Изучение адгезионных свойств конфетных масс для обоснования способов формования конфет с комбинированными корпусами / П. М. Смолихина, Е. И. Муратова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 4(54). – С. 82 – 86.

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

УДК 663.86.054.1

*С. Л. Кузьменко, Е. К. Богатырева\**

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРАТОВ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО**

В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы научно обоснованного рационального использования доступного, широко распространенного отечественного растительного сырья как важного источника функциональных ингредиентов и разработка заменителей чая для здорового питания. По данным различных источников, чай и чайные напитки употребляют от 94 до 98% жителей России. В 2013 году наблюдалось заметное увеличение объемов сбора чайного листа, которое связывают с экономическим стимулированием чаеводческой отрасли. Но и этого количества отечественного чая далеко не достаточно для удовлетворения потребностей населения России.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГТТУ» Е. И. Муратовой и канд. техн. наук, ст. преподавателя кафедры «ТОПХП» ФГБОУ ВПО «ГТТУ» П. М. Смолихиной.

В последние годы на чайном рынке широкой популярностью пользуются ароматизированные чаи, чайные напитки с натуральными фруктовыми и травяными добавками [1, 2]. Использование дополнительного растительного сырья при производстве чайных напитков позволяет повысить физиологическую активность напитка за счет содержания в добавляемом сырье витаминов, фенольных соединений, зольных элементов, органических кислот и др. Фитодобавки используются в виде различных товарных форм: порошков, гранул, настоек, жидких и концентрированных экстрактов (паст) и растворимых порошков.

Для расширения ассортимента и увеличения доли импортозамещающих концентратов и напитков необходимо решать задачи использования вторичных сырьевых ресурсов, образующихся после сортирования листового чая; совершенствовать технологии производства купажированного ароматизированного чая на основе использования листового чая с добавлением в него восстановленного ароматизированного чая; разрабатывать способы производства импортозамещающих безалкогольных напитков, концентратов и чаев.

Широко распространенным растением Тамбовского региона является кипрей узколистный. Органолептические показатели настоя листьев кипрея узколистного, проявляющиеся при его заваривании, а также высокое содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты (табл. 1), обуславливающие антиоксидантные свойства, послужили критерием для выбора кипрея узколистного в качестве основного компонента для производства различных товарных форм концентратов на основе кипрея.

### **1. Содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты в кипрее узколистном**

Часть растения	Соотношение частей, %	Массовая доля флавоноидов, мг/100 г в пересчете на рутин	Массовая доля аскорбиновой кислоты, мг/100 г
Цветы	6,9	30,1	27,1
Листья	56,5	53,5	44,0
Стебли	24,8	28,9	28,6
Корни	11,8	12,6	19,8
Растение в целом	100,0	40,0	36,2

Следует отметить, что способы производства чая из кипрея, травяных бальзамов с включением в качестве одного из ингредиентов кипрея, запатентованы и реализуются в промышленных масштабах. Однако травяные чаи и бальзамы имеют недостаточно широкую целевую аудиторию потребителей, что актуализирует проблему разработки технологий производства концентратов на основе кипрея (сиропов, растворимых порошков), которые могут быть использованы в различных отраслях пищевой промышленности. Кроме того, в настоящее время для переработки используют только листья кипрея, а остальные части растения остаются неиспользованными, хотя и являются ценным источником биологически активных веществ. Таким образом, в связи с тем, что в настоящее время отсутствуют технологические решения по эффективному использованию такого сырья, исследования, направленные на разработку безотходной технологии производства концентратов напитков на основе кипрея узколистного, являются своевременными и актуальными.

Объектами исследования служили сухой концентрат кипрея узколистного, водные и водно-спиртовые экстракты кипрея.

Содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты в сухом концентрате кипрея узколистного определяли по Р 4.1.1672-03; размер частиц порошка – методом рассеивания на наборе сит; массовую долю влаги определяли инфракрасным термагравиметрическим методом по ГОСТ Р 8.626–2006 на приборе ЭВЛАС-2М (ОАО «Сибгагроприбор», Россия) и по ГОСТ 5900–73; массовую долю растворимых сухих веществ в экстрактах – рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562–90; плотность экстракта – с помощью ареометра; оптическую плотность экстрактов – с помощью фотоколориметра ФЭК-М при  $\lambda = 485$  нм.

Для получения из кипрея узколистного жидких и сухих растворимых концентратов проводили предварительную подготовку полуфабриката, включающую стадии измельчения, завяливания, ферментации и сушки (табл. 2).

Для экспериментального обоснования оптимального режима экстракции после определения влажности порошков на приборе ЭВЛАС-2М готовили серию водных и водно-спиртовых экстрактов с концентрацией этанола 20,0; 30,0; 50,0 и 70,0 об. %. Соотношение массы порошка кипрея и объема экстрагента варьировали в интервале от 1:1,5 до 1:5.

Колбы с образцами помещали в термостаты и выдерживали при температурах 20, 30 и 40 °С. Экстрагирование осуществляли в статических условиях в течение двух недель с отбором проб через каждые 24 часа. Экстракт осветляли центрифугированием и определяли плотность и оптическую плотность экстракта, а также содержание в нем сухих веществ.

## 2. Характеристика стадий получения сухого концентрата кипрея узколистного

Стадия	Цель стадии	Параметры процесса
Измельчение	Увеличение поверхности сырья для обеспечения равномерности протекания тепло- и массообменных процессов при завяливании и ферментации	Достижение размеров частиц сырья в интервале 5...10 мм
Завяливание	Достижение требуемых физико-химических и структурно-механических свойств сырья	Температура 20...24 °С, продолжительность 24 ч, влажность сырья 55...65%
Ферментация	Обеспечение условий протекания биохимических процессов, необходимых для формирования органолептических показателей	Температура 22...26 °С, продолжительность 5,5 ч (режим 1); температура 28...32 °С, продолжительность 3...4,5 ч (режим 2)
Сушка	Обеспечение длительных сроков хранения и сохранности биологически активных веществ за счет полного прекращения ферментации в процессе сушки	Температура 55...60 °С, продолжительность 3...4 ч, влажность сухого концентрата 6,0...8,0%

Результаты экспериментальных исследований показали, что максимальное содержание сухих веществ (20,0%) в экстракте наблюдалось для температуры 40 °С при использовании в качестве экстрагента водно-спиртового раствора с концентрацией этанола 70,0 об. %. Для меньших концентраций этанола максимальное содержание сухих веществ в экстракте (от 9,0% при содержании этанола в экстрагенте в количестве 20,0 об. % до 18,0% при содержании этанола в экстрагенте в количестве 50,0 об. %) не зависело от температуры экстрагирования и незначительно отличалось только на первых этапах. Максимальное накопление сухих веществ достигалось уже через двое суток, причем в течение первых суток экстрагировалось от 89,6 до 97,7% от максимального содержания сухих веществ в экстракте. Поэтому для технологических целей можно рекомендовать следующий режим экстрагирования: соотношение массы порошка кипрея и объема экстрагента 1:2; содержанию этанола в водно-спиртовой смеси 50,0 об. %; температура

экстагирования – 20...30 °С; продолжительность экстрагирования – 24 часа. Технологическое использование водных экстрактов нецелесообразно, поскольку даже через 7 дней после начала экстрагирования содержание сухих веществ в экстракте не превышает 2,4%.

Рефрактометрические данные по содержанию сухих веществ коррелируются с показателями оптической плотности водно-спиртовых экстрактов.

Таким образом, в результате проведенных исследований теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность комплексного безотходного использования кипрея узколистного для получения различных товарных форм концентратов и определены режимы получения жидких экстрактов на его основе.

### Список литературы

1. *Безкровная, М. С.* Совершенствование технологии производства купажированного ароматизированного чая / М. С. Безкровная, И. А. Татарченко, И. И. Татарченко // Известия вузов. Пищевая технология. – Краснодар, 2013. – № 2–3. – С. 81 – 83.

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

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

## **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

УДК 621.6.04.001.5

*Е. А. Рябова, Е. Е. Милованов, Д. С. Ремизов\**

### **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ, СОЕДИНЕНИЯ И ТЕПЛОМАССОБМЕНА**

В Тамбовской области валовой сбор зерновых на протяжении последних лет стабильно возрастает и составляет в настоящее время более 2,0 млн. т [1]. Этот факт предполагает положительную динамику развития АПК, что в свою очередь требует обновления сельхозтехники и оборудования по переработке зерна.

В данной работе предлагается универсальное устройство, позволяющее проводить различные операции, в том числе и совмещенные, по переработке зернистых материалов: сепарацию трудно отделяемых зерновых примесей, выделение наиболее сильных (продуктивных) семян и их обработка микроэлементами перед хранением и использованием, сушку, термическую, термовлажностную обработку зернового сырья и семян, приготовление смесей из трудно смешиваемых (имеющих высокую склонность к разделению) компонентов (посевных смесей, комбикормов, комбинированных продуктов питания, смесей зерна с микроэлементами и др.).

Все перечисленные технологические операции являются необходимыми в технологиях переработки зерна бобовых, злаковых, крупяных и масличных культур. Для их выполнения требуется специальное оборудование, что приводит к необходимости использования комплекса машин и аппаратов и сопровождается ростом капитальных затрат на организацию производства. В результате в условиях предприятий малого и среднего бизнеса снижается технико-экономическая эффективность производства вследствие низких значений коэффициента использования специального оборудования.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В. Н. Долгунина.



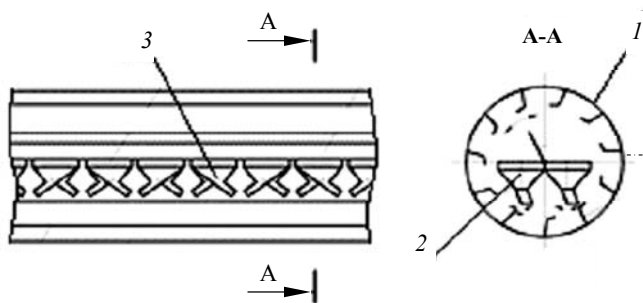
Исследования показали, что для решения данной проблемы оказывается эффективным использование принципа управления сегрегированными технологическими потоками в барабанном насадочном аппарате, в горизонтальной плоскости которого неподвижно закреплено устройство для управления сегрегированными потоками [2]. Устройство выполнено в виде системы управляемых отклоняющих элементов, которые сообщают сегрегированным потокам падающих частиц продольные и поперечные управляющие импульсы с использованием устройств управления (рис. 1).

Отклоняющие элементы закреплены с возможностью изменения направления их наклона и автономно воздействуют на сегрегированные части технологического потока в завесе падающих частиц под поднимающимися и опускающимися лопастями периферийной насадки барабана.

В зависимости от управляющего воздействия изменяется величина и направление сегрегированных частей технологического потока в рабочем объеме, и в результате достигается выполнение различных, в том числе совмещенных технологических операций.

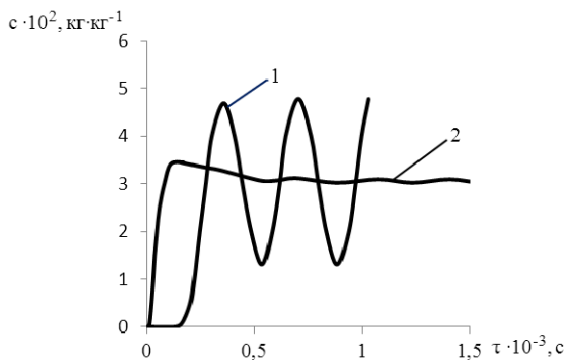
Исследованы различные варианты управления сегрегированными потоками для обработки материалов методами смешения, сепарации, тепломассобмена.

Эффективность процесса смешения исследована на примере приготовления смеси из хлопьев злаковых культур и кукурузы. Смесь таких хлопьев сильно сегregирует, поскольку хлопья кукурузы отличаются от хлопьев остальных злаковых большими размерами и малой плотностью.



**Рис. 1. Схема устройства для управления сегрегированными потоками в барабанном аппарате с подъемными лопастями:**

1 – барабан; 2 – насадка, управляющая сегрегированными потоками;  
3 – отклоняющие элементы насадки

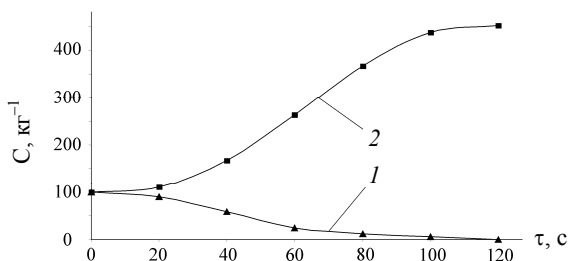


**Рис. 2.** Динамика процесса приготовления смеси хлопьев злаковых культур и кукурузы без управления (1) и при управлении (2) сегрегированными потоками

На рисунке 2 представлены результаты исследования, которые показывают, что вариация состава смеси при управлении сегрегированными потоками уменьшилась почти на два порядка по сравнению с аппаратом без управления потоками. Важно отметить, что при этом практически без изменения остается продолжительность периода выхода аппарата на стационарный режим, что свидетельствует об эффективности предложенного технического решения.

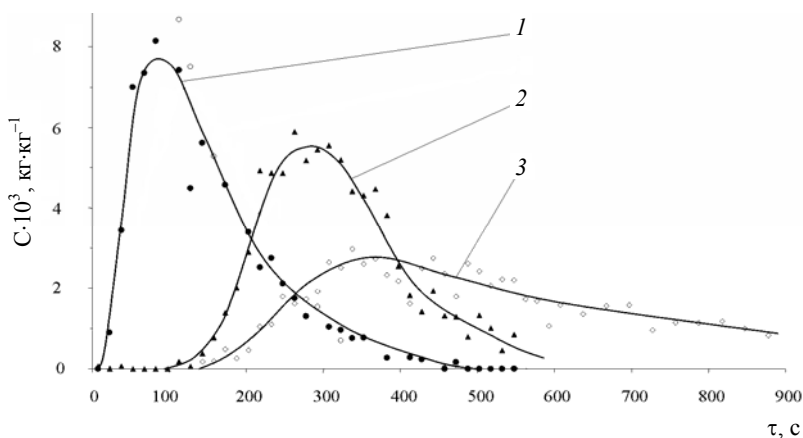
Эффективность процесса сепарации исследована с использованием трудноразделяемой смеси (ячмень–овсюг). Загрузка смеси осуществлялась через загрузочное устройство в центральной части барабана, а выгрузка компонентов смеси через торцевые камеры.

Исследование проведено при производительности  $150 \text{ кг} \cdot \text{час}^{-1}$  по исходной смеси с концентрацией овсюга около  $100 \text{ кг}^{-1}$ . Динамические характеристики аппарата определялись путем измерения концентрации овсюга в продуктах разделения в процессе выхода аппарата на стационарный режим (рис. 3). Представленные результаты показывают, что аппарат обеспечивает практически полное извлечение примеси с выходом целевой фракции около 80% при времени выхода на стационарный режим около 120 с. Кроме того, параллельно с процессом сепарации в аппарате осуществляется и калибровка зерна по массе. Измерения массы тысячи зерен показали, что величина последней в чистом продукте составляет 47 г, а в загрязненной фракции – 44 г. Вследствие этого, а также в результате отсутствия жесткого механического воздействия на зерно при бесситовом сепарировании, наблюдается увеличение показателя всхожести семян до 98% по сравнению с 93% на пневмоситовых устройствах.



**Рис. 3. Динамика процесса разделения смеси «ячмень–овсяг» в барабанном аппарате с управлением сегрегированными потоками:**

1 – концентрация овсяга в целевом продукте;  
2 – концентрация овсяга в загрязненной фракции



**Рис. 4. Распределение частиц сегрегирующего индикатора (полиэтилен фракции +4,5–5,0) по времени пребывания в потоке бисера (фракции +3,0–4,0) в рабочей зоне аппарата:**

1 – при импульсе на поток, обогащенный индикатором;  
2 – в отсутствии импульса; 3 – при импульсе на поток, обедненный индикатором

Для организации процессов сушки, термической, термовлажностной обработки зернового сырья и семян важное значение имеет управление временем пребывания в аппарате компонентов смеси, так как частицы смеси характеризуются различными тепломассовыми свойствами. Для варьирования соотношениями времени пребывания отдельных компонентов смеси в аппарате предложено воздействовать различными по величине импульсами на соответствующие части сегрегированного потока в направлении выгрузки. Представленные на рис. 4 ре-

зультаты исследования показывают, что время пребывания частиц может быть увеличено или уменьшено более чем в два раза по сравнению со средним временем пребывания частиц в аппарате.

Результаты исследований свидетельствуют, что предложенное устройство для обработки зернистых материалов обеспечивает решение следующих технологических задач: сепарацию трудно разделяемых смесей; приготовление смесей трудно смешиваемых компонентов; совмещение тепломассообменных и гидромеханических процессов при управлении временем обработки компонентов в неоднородной среде.

### Список литературы

1. [http://tmb.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/tmb/ru/statistics/](http://tmb.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/tmb/ru/statistics/)
2. Dolgunin, V. N. Processing of Nonuniform Granular Materials in Operation the Segregated Flows / V. N. Dolgunin, O. O. Ivanov, A. A. Ukolov // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – V. 14, № 2. – P. 321 – 327.

*Работа выполнена в межотраслевой научно-исследовательской лаборатории «Механика сдвиговых течений зернистых сред» ФГБОУ ВПО «ТГТУ».*

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

УДК 544.77.051.1

*В. Г. Казаков\**

### **ЭЛЕКТРОГИПЕРФИЛЬТРАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА СТАДИИ ПРОМЫВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДИ-(2-БЕНЗТИАЗОЛИЛ) ДИСУЛЬФИДА**

В результате электрохимического синтеза ди-(2-бензтиазиолил) дисульфида образуются промывные воды со стадии отмывки целевого продукта. Ценные вещества (натриевая соль 2-меркаптобензотиазола

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. И. Лазарева.

и гидроксид натрия), содержащиеся в промывных водах, могут быть вторично использованы в производстве ди-(2-бензтиазолил) дисульфида. Поэтому нами был разработан способ разделения и очистки промывных вод, а также организация рецикла в производстве дибензотиазола дисульфида [1].

Исследования коэффициента задержания и удельной производительности мембран проводились на экспериментальной электробаромембранной установке (рис. 1).

Значение коэффициента задержания определяли по формуле

$$k = 1 - \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{исх}}} \quad (1)$$

Значение удельной производительности рассчитывали по зависимости

$$G = \frac{V}{F_M \tau}, \quad (2)$$

где  $V$  – объем пермеата.

Методика определения количества 2-меркаптобензотиазола в исследуемых пробах раствора сводилась к следующему: для проведения анализа исследуемый раствор заданного объема нейтрализовался

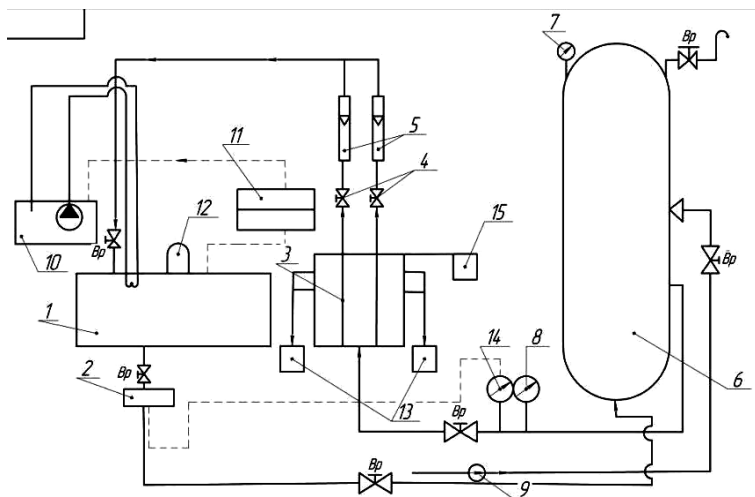


Рис. 1. Схема экспериментальной обратноосмотической установки

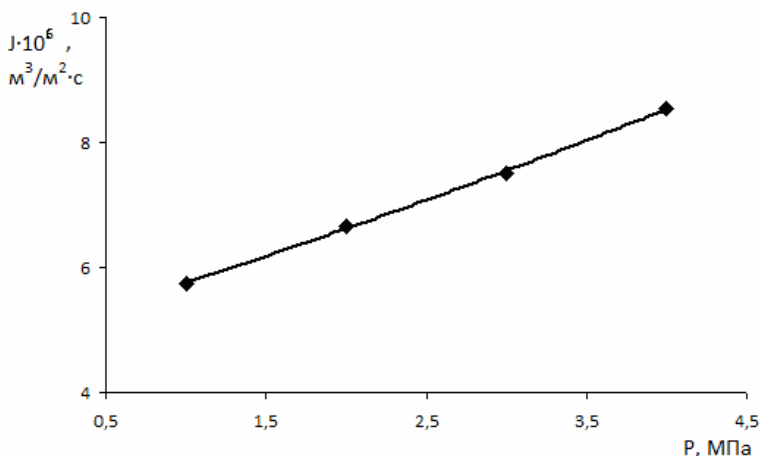
концентрированным раствором хлороводородной кислоты до pH 6. В результате нейтрализации 2-меркаптобензотиазол выпадал в осадок. Полученный раствор фильтровался на воронке Бюхнера на предварительно взвешенном и высушенном при 373 К до постоянной массы в бумажном фильтре, осадок промывался дистиллированной водой. Фильтр с 2-меркаптобензотиазолом высушивался при 373...378 К до постоянной массы и после охлаждения подвергался взвешиванию.

Расчет количества образующегося каптакса (C) в пробах проводился по формуле

$$C = \frac{m \cdot 1000}{MV}, \quad (3)$$

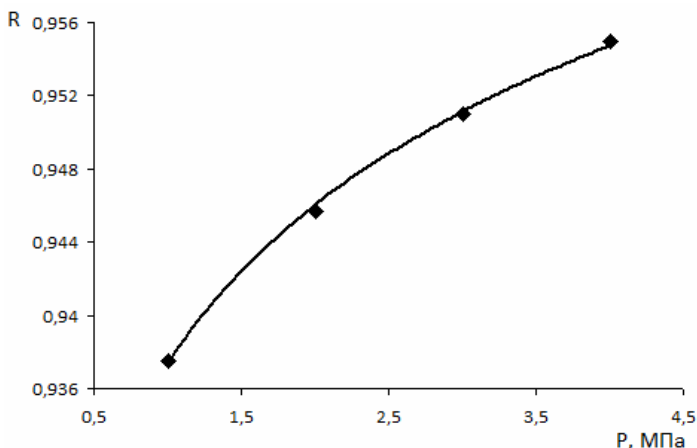
где  $m$  – масса 2-меркаптобензотиазола, г;  $M$  – молярная масса 2-меркаптобензотиазола (каптакса), г/моль;  $V$  – объем исследуемого раствора, мл.

Зависимости удельного потока растворителя и коэффициента задержания для мембраны ESPA от давления при разделении промывных вод, содержащих 2-меркаптобензотиазол, полученных при 295 К в процессе ди-(2-бензтиазолил) дисульфида (рис. 2).



а)

**Рис. 2. Зависимость удельного потока растворителя (а) и коэффициента задержания (б) через мембрану ESPA от давления при разделении промывных вод, содержащих 2-меркаптобензотиазол**



б)

**Рис. 2. Окончание**

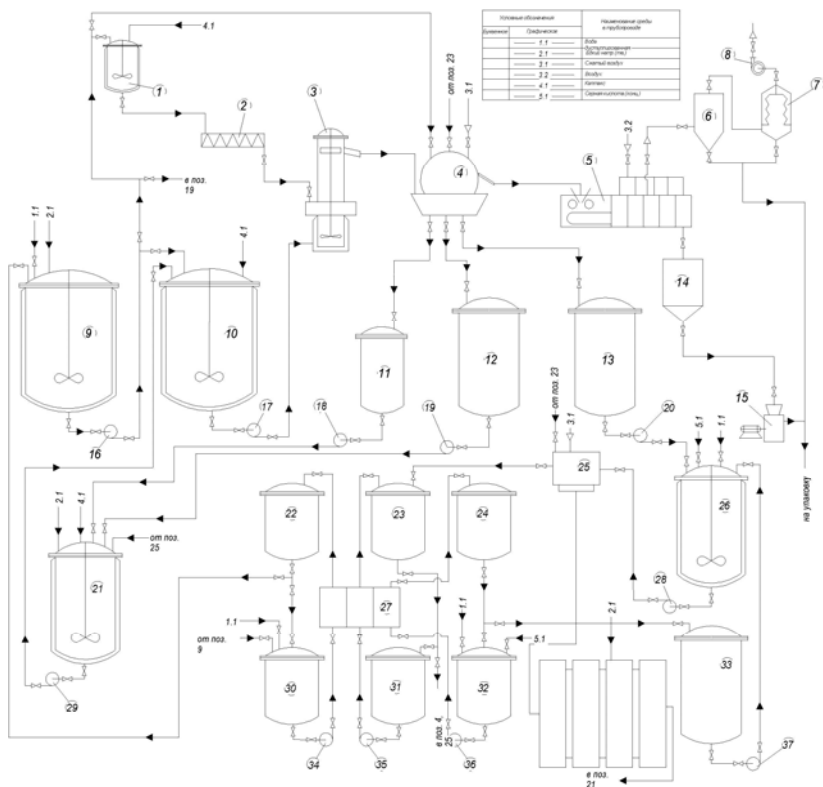
В процессе исследований установлено: удельный поток снижается при росте концентрации разделяемого раствора, а при увеличении рабочего давления удельный поток растворителя повышается. Это объясняется тем, что давление, являясь движущей силой процесса, напрямую связано с удельным потоком растворителя.

Коэффициент задержания зависит от процесса электрохимического синтеза на поверхности мембраны альтакса, поэтому рост давления в процессе электроосмофльтрации (при отсутствии геле- и осадкообразования, а также структурных изменений мембраны) всегда приводит к росту удельного потока растворителя [2].

На основе полученных экспериментальных исследований, представленных в работе, была усовершенствована технологическая схема электрохимического синтеза ди-(2-бензтиазолил) дисульфида, ранее представленная в работе [1], которая позволяет уменьшить расход реагентов при обработке растворов и уменьшить количество вспомогательных операций при получении целевого продукта [4].

Усовершенствованная технологическая схема процесса производства ди-(2-бензтиазолил) дисульфида с замкнутым циклом использования воды представлена на рис. 3 [3].

В качестве мембранных аппаратов при практической реализации данной технологической схемы могут использоваться новые перспективные конструкции электробаромембранных аппаратов (патенты: № 2013107190, № 2013116678).



**Рис. 3. Усовершенственная технологическая схема**

### Основные выводы и результаты:

1. Получены экспериментальные данные по коэффициенту задержания, удельной производительности в зависимости от концентрации, температуры, градиента давления, вида растворенных веществ и мембраны для растворов малой минерализации.

2. Изучено влияние внешних факторов рабочего давления и исходной концентрации исследуемых растворов на основные технологические параметры процесса обратноосмотической очистки, такие как коэффициент задержания, удельная производительность.

3. По полученным экспериментальным и расчетным данным построены кинетические зависимости основных коэффициентов, характеризующих процесс электрогиперфильтрационной очистки промышленных растворов от концентрации и давления для исследуемых растворов и мембран.



## Список литературы

1. Бакунин, Е. С. Электрохимический синтез 2,2'-дibenзоллидисульфида на переменном токе / Е. С. Бакунин. – Саратов, 2013. – 16 с.
2. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1978. – 352 с.
3. Дегтярева, Е. Э. Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процесса синтеза дибензотиазола дисульфида на переменном токе : дис. ... канд. наук / Е. Э. Дегтярева. – 2008. – 16 с.

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

**УДК 66-963**

***Н. В. Пятакова\****

### **РАЗРАБОТКА РЕАГЕНТА НА ОСНОВЕ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА**

Сульфаминовая кислота получила широкое распространение в секторе бытовой химии. Она применяется для очистки аппаратуры от «пивного» и «молочного» камня, минеральных отложений; в производстве огнестойких материалов и гербицидов; для снятия избытка азотистой кислоты в процессе диазотирования.

Одним из наиболее перспективных направлений применения сульфаминовой кислоты является нефтехимия – использование реагента на основе сульфаминовой кислоты при обработке призабойной зоны нефтяных скважин с целью увеличения нефтеотдачи пласта.

По сравнению с используемыми на данный момент в нефтехимии реагентами сульфаминовая кислота имеет ряд преимуществ:

- выпускная форма, не требующая специальных условий хранения;
- меньшая коррозионная активность;
- оптимальная скорость растворения карбонатных отложений;
- отработанный раствор имеет нейтральную среду и не требует дополнительной утилизации.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «ТПАиТБ» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. В. Орловой.

Несмотря на все плюсы, предприятия-потребители отдают предпочтение другим кислотным агентам, которые гораздо дешевле. Высокая цена сульфаминовой кислоты обусловлена большими затратами на энерго- и водопотребление, порядка 35% от всей себестоимости сульфаминовой кислоты. Помимо этого, нерешенной остается проблема с концентрацией основного вещества. Неоднородный гранулометрический состав так же создает дополнительные трудности при транспортировке и длительном хранении.

Для получения сульфаминовой кислоты предложен ряд методов, включая методы, основанные на реакции гидросиламмоний-сульфата с диоксидом серы, газофазной реакции аммиака с серным ангидридом, гидролизе диимидосульфоната аммония и др. Промышленный синтез сульфаминовой кислоты заключается во взаимодействии мочевины с триоксидом серы и серной кислотой, т.е. с олеумом:

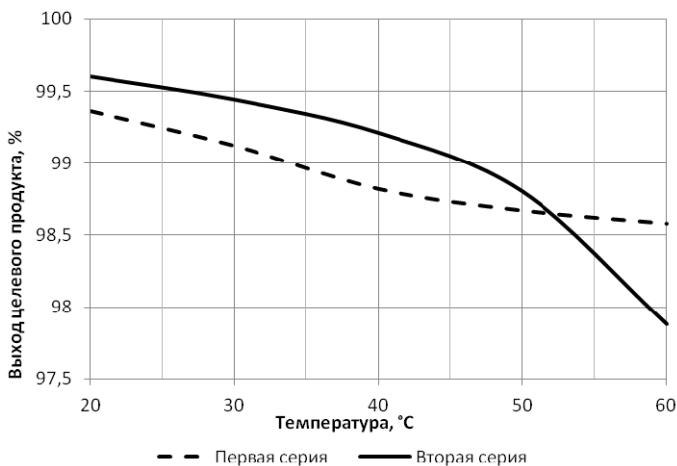


В основу процесса получения сульфаминовой кислоты положена реакция сульфирования мочевины олеумом с массовой долей серного ангидрида 24% при температуре 60...70 °С, с последующим выделением готовой продукции на воду при температуре 10...20 °С и фильтрацией. Определяющей стадией, на которой формируются качественные показатели сульфаминовой кислоты, является стадия кристаллизации.

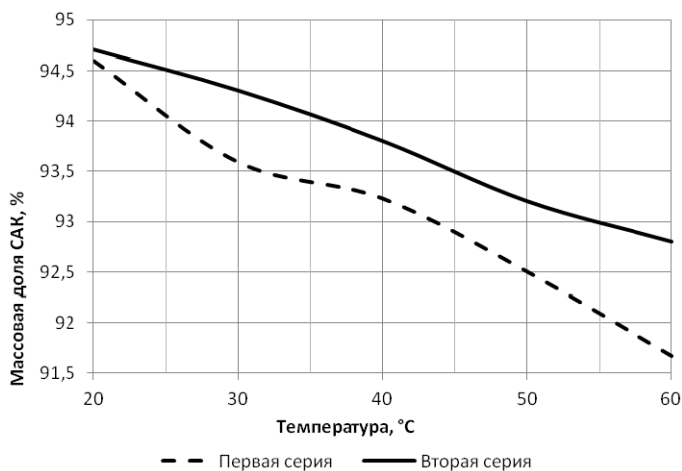
Для исследования процесса кристаллизации сульфаминовой кислоты в четырехгорловую колбу, снабженную механической мешалкой, термометром и обратным холодильником, загружается вода, охлажденная до 1...2 °С. В течение 30...60 минут сульфомассе придается заданная температура. Разбавленная сульфомасса перемешивается 1 час. Полученный продукт отфильтровывается через двойной бумажный фильтр на воронке Бюхнера под разрежением.

Было выполнено две серии экспериментов. В первой серии фильтрацию проводили при температуре, соответствующей конечной температуре выделения (в интервале от 20 до 60 °С). Во второй серии температура фильтрации была постоянна (20 °С), тогда как температура выделения варьировалась в том же интервале, что и в первой серии. На основе полученных данных были построены графики (рис. 3, 4).

Из рисунков 1, 2 установлено, что наименьшее протекание гидролиза происходит при температуре выделения 20 °С – от 0,3 до 0,6%. При повышении температуры выделения потери продукта за счет гидролиза составляют от 1,5 до 3%. Таким образом, снижение температуры выделения до 20 °С может привести к увеличению выхода продукта на 1,8...2,3%.



**Рис. 1. Влияние температуры выделения и фильтрации на выход сульфаминовой кислоты**



**Рис. 2. Зависимость массовой доли сульфаминовой кислоты от температурного режима выделения**

Анализ полученных данных позволяет определить оптимальные условия проведения процесса кристаллизации и фильтрации сульфаминовой кислоты из раствора для получения готового продукта с вы-

сокой концентрацией сульфаминовой кислоты, наименьшим содержанием примесей и увеличением выхода целевого продукта.

От 50 до 60% современных мировых запасов нефти сосредоточено в карбонатных продуктивных отложениях [1]. Однако каждое месторождение имеет свой уникальный набор специфических характеристик, поэтому для применения в нефтяной промышленности предполагается использование сульфаминовой кислоты не в чистом виде, а с добавками ряда веществ. Для детальной проработки рецептур на основе сульфаминовой кислоты требуются данные по ее растворимости в температурном и концентрационном интервалах.

Растворение сульфаминовой кислоты проводили с использованием термостата и магнитной мешалки в интервале температур 20...90 °С. Для сравнения, растворение проводили в дистиллированной воде и в растворах серной кислоты с концентрацией 86,5...345,9 г/л (рис. 3).

Результаты растворимости сульфаминовой кислоты показали высокую сходимость значений со справочными данными в интервале от 20 до 90 °С. Сульфаминовая кислота демонстрирует наибольшую растворимость в интервале 25...60 °С. С повышением температуры растворимость повышается как в дистиллированной воде, так и в растворах серной кислоты.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что сульфаминовая кислота является перспективной для использования в нефтехимии при обработке нефтяных пластов.

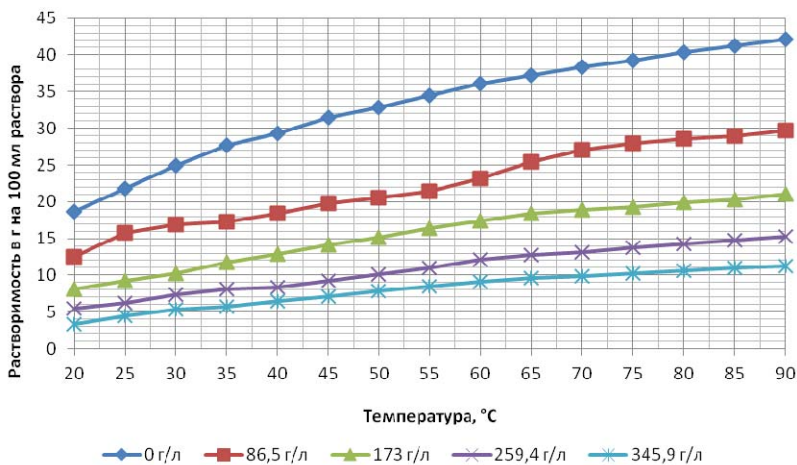


Рис. 3. Зависимость растворения сульфаминовой кислоты от температурного и концентрационного интервала

## Список литературы

1. *Ибрагимов, Г. З.* Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти. Справочник / Г. З. Ибрагимов, К. С. Фазлутдинов, Н. И. Хисамутдинов. – Москва : Недра, 1991. – 384 с.

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

УДК 66.047

*Р. Ю. Банин\**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА**

В соответствии с ГОСТ Р 53098–2008 послеспиртовую барду, утилизируемую ранее с производства этилового спирта в жидком виде, на данный момент необходимо вывозить с территории предприятия в виде сухого порошка или гранул в соответствии со стандартом DDGS.

Кормовая сухая барда (далее – сухая барда) получается путем переработки и высушивания барды спиртового производства в виде жидкого остатка. Предназначается для использования в производстве комбикормовой продукции, а также для непосредственного введения в рацион сельскохозяйственных животных и птицы в составе смеси с другими кормовыми средствами.

Анализ процесса сушки показывает, что для его осуществления необходимо большое количество пара, что вызывает значительный расход топлива.

Упаривание фильтрата барды усложняется еще тем, что в нем имеются белковые соединения и при влажности свыше 75% частицы сильно прилипают к паровым трубам, и дальнейшая сушка становится затруднительной.

Выход зерновой барды ( $b$ ) зависит от крепости бражки ( $a$ ), степени ее разбавления при замывке бродильных чанов ( $e$ ), крепости отгоняемого спирта ( $A$ ) и количества конденсата греющего пара, расходуемого на перегонку ( $p$ ), и рассчитывается по формуле

$$b = e(100 + p)/a - 100/A, \text{ дал.}$$

---

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

## 1. Заданные по ГОСТ Р 53098–2008 характеристики барды

Состав барды в %	Исходное зерновое сырье, из которого получена барда				
	рожь	кукуруза	овес	ячмень	картофель
Вода	92,65	93,15	91,86	93,10	95,64
Сухие вещества	7,35	6,85	8,14	6,90	4,36
растворимые сухие вещества	2,89	2,49	1,97	2,70	2,10
редуцирующие вещества, считая на мальтозу	0,42	0,53	0,26	0,44	0,31
редуцирующие вещества, после гидролиза с HCl, считая на глюкозу	0,74	0,55	0,61	0,40	0,22
крахмал	0,28	0,47	-	-	0,37
пентозаны (в фильтрате)	0,46	0,41	0,23	0,41	0,45
гемицеллюлозы	1,73	1,78	1,35	1,18	2,28
клетчатка	0,48	0,32	0,85	0,65	0,31
азот	0,267	0,40	0,190	0,240	0,171
в том числе в фильтрате	0,089	0,04	0,129	0,067	0,056
зола	0,45	0,40	0,57	0,57	0,51
в том числе в фильтрате	0,20	0,29	0,30	0,32	0,42
жир	-	0,67	0,94	0,46	-

Количество барды, получаемой из 1 т перерабатываемого сырья ( $B$ ), рассчитывается по формуле

$$B = 1,06KC/100 [e (100 + p)/a - 100/A], \text{ Дал.}$$

Предлагается схема полной утилизации жидкой послеспиртовой барды без линии выпаривания, с применением только сушильных установок. В схеме предусматривается использование высокоэффективных сушилок с кипящим слоем инертных тел (рис. 1), позволяющих получать готовый продукт в виде сухого порошка с заданными по ГОСТ характеристиками.

В кипящем слое происходит быстрое выравнивание температур твердых частиц и сушильного агента и достигается весьма интенсивный тепло- и массообмен между твердой и газовой фазами, в результате этого сушка заканчивается в течение нескольких минут, что способствует существенной экономии энергозатрат.

Распылительная сушилка кипящего слоя с инертной насадкой содержит корпус  $I$ , состоящий из цилиндрической и конической частей, в котором размещены газораспределительная решетка  $2$ , инертные тела  $11$ , отбойник для очистки инертных тел, выполненный в виде перфорированной решетки  $10$ , закрепленной в месте перехода цилиндрической части корпуса  $I$  в коническую часть. Инертные тела  $11$  находятся между газораспределительной решеткой  $2$  и перфорированной решеткой  $10$ . На боковой поверхности конической части корпуса  $I$  размещены, по крайней мере, два сопла, в которые подают высокотемпературный теплоноситель, причем они установлены тангенциально корпусу и создают вращающийся поток инертных тел  $11$ .

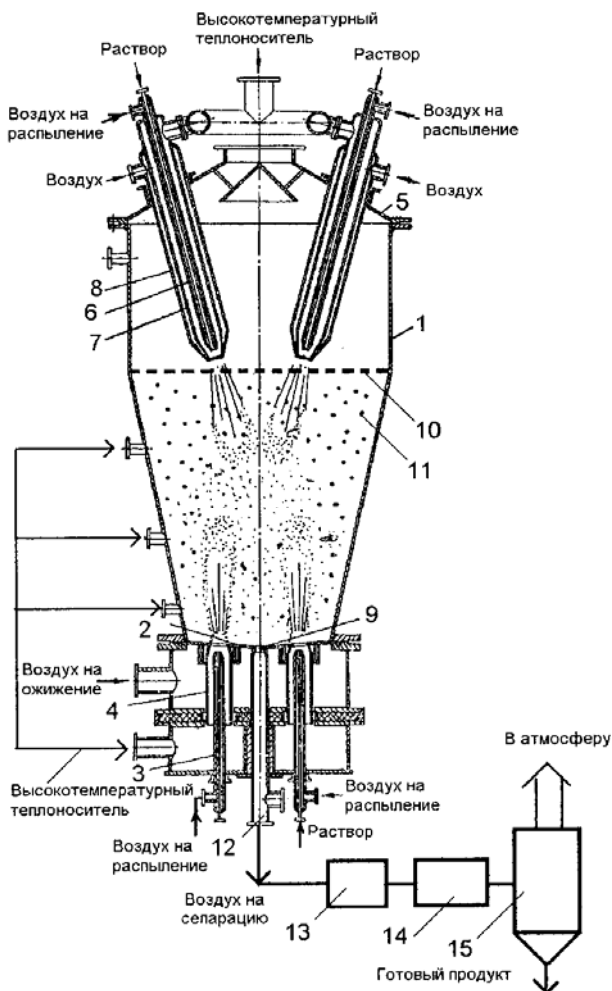
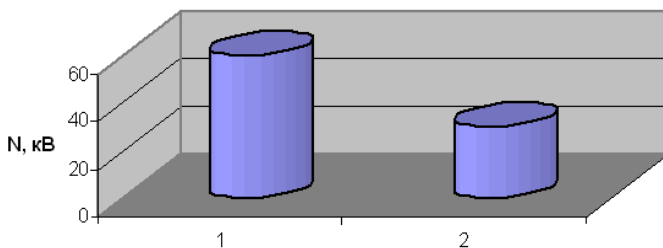


Рис. 1. Схема сушилки с кипящим слоем инерта

Газораспределительная решетка 2 содержит пневматические акустические форсунки 3, вставленные в сопла 4, в которые подают высокотемпературный теплоноситель. Крышка 5 аппарата также оборудована пневматическими акустическими форсунками 6, вставленными в сопла 7 для высокотемпературного теплоносителя. Сопла заключены в охлаждающий кожух 8. Для выгрузки высушиваемых гранул в решетке предусмотрено калиброванное отверстие 9. Отбойник



**Рис. 2. Диаграмма энергопотребления  $N$  линией выпаривания и сушильной установкой**

для очистки инертных тел  $II$  может быть выполнен в виде пакета сеток, собранных из металлических пружин (на рисунке не показано), связанных или соприкасающихся одна с другой.

Как показывают наши исследования кинетики сушки жидкой полиспиртовой барды в установках с кипящим слоем удельное энергопотребление схемы, в которой используются только сушилки, меньше удельного энергопотребления классической схемы в 1,5–2 раза (для спиртового завода производительностью 3000 дал/сут).

Сушилки с кипящим слоем являются одним из прогрессивных типов аппаратов для сушки. Процесс в кипящем слое позволяет значительно увеличить поверхность контакта между частицами материала и сушильным агентом, интенсифицировать испарение влаги из материала. Сушилки с кипящим слоем в настоящее время успешно применяют в химической технологии не только для сушки сильносыпучих зернистых материалов (например, минеральных и органических солей), но и материалов, подверженных комкованию, например, для сульфата аммония, поливинилхлорида, полиэтилена и некоторых других полимеров, а также пастообразных материалов (пигментов, анилиновых красителей), растворов, расплавов и суспензий.

### Список литературы

1. *Плановский, А. Н.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – Москва : Изд-во «Химия», 1972. – С. 405 – 436.

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



*О. С. Примеров\**

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ**

Проблема обращения с отходами в промышленности пластмасс остается актуальной, несмотря на постоянное совершенствование технологии их переработки. В настоящее время применяют следующие технологии по утилизации отходов: размещение или сжигание в специально отведенных для этой цели местах – свалках или полигонах, которые привели к сокращению земель, загрязнению и разрушению дорогого сырья. Один из наиболее перспективных методов «борьбы» с отходами – их рециклинг.

В процессе использования вторичных пластмасс требуется предотвратить или минимизировать ухудшение их физико-механических и реологических свойств вследствие старения, из-за напряжения сдвига и нагрева – термомеханическое воздействие, которому подвергаются отходы полимеров при размоле, плавлении и формовании. С этой целью в композиции на основе вторичных полимерных материалов вводят наполнитель, который позволяет без изменения технологических свойств полимеров сохранить их эксплуатационные характеристики [1].

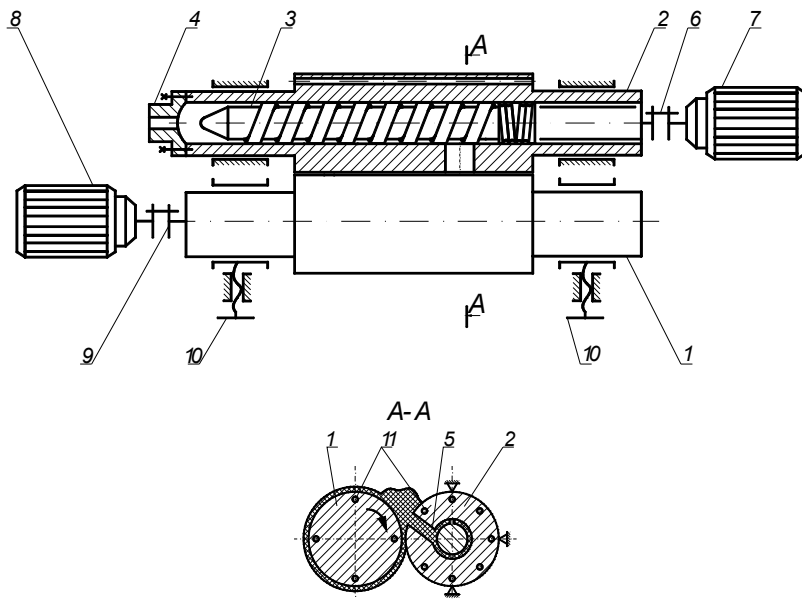
На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» разработаны оборудование (рис. 1) и технологический процесс (рис. 2) для получения композиционного материала на основе вторичного полимерного сырья по непрерывной технологии [2].

Разработанный технологический процесс (рис. 2) получения композиционного материала из отходов термопластов по непрерывной технологии осуществляется следующим образом: наполнитель и отходы с содержанием посторонних примесей не более 5% непрерывно загружаются через загрузочный бункер с левой стороны вальцов на рабочие поверхности валково-шнекового агрегата 1, на котором происходит плавление и смешение расплава, удаление летучих компонентов, пластикация, транспортировка материала вдоль оси валков по направлению к загрузочному отверстию, где за счет максимального давления в зоне деформации вальцов расплав продавливается в загрузочное отверстие и, захватываясь витками шнека, транспортируется в сторону формующей головки, на выходе из которой получаются прутки

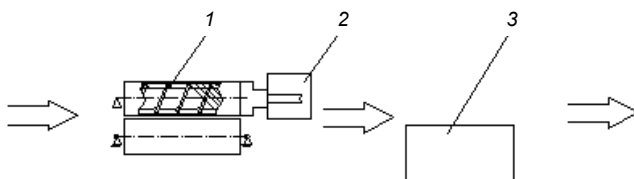
---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Климова.

(стренги) заданного сечения. Полученные стренги охлаждаются и режутся ножом 2, после чего полученные гранулы собираются в емкости 3. По данной технологии могут перерабатываться не только пленочные отходы термопластов производственного и общественного потребления, но и различные технологические отходы термопластов.

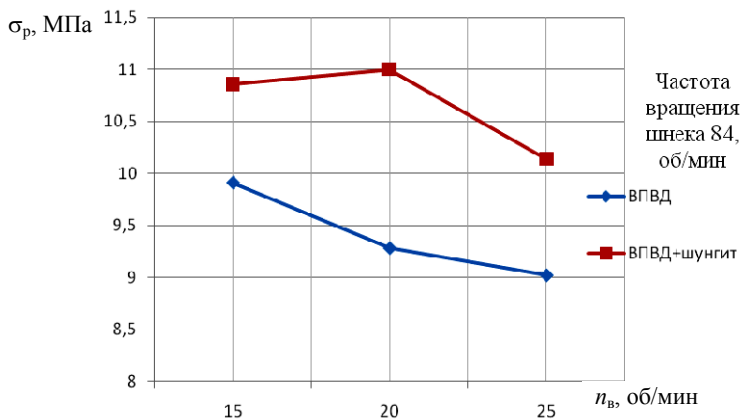


**Рис. 1. Схема экспериментальной валково-шнековой установки:**  
 1 – валок передний; 2 – валок задний; 3 – шнек; 4 – головка формующая;  
 5 – окно загрузочное; 6, 9 – муфты 7, 8 – мотор-редуктор;  
 10 – регулирующий механизм; 11 – электронагреватели

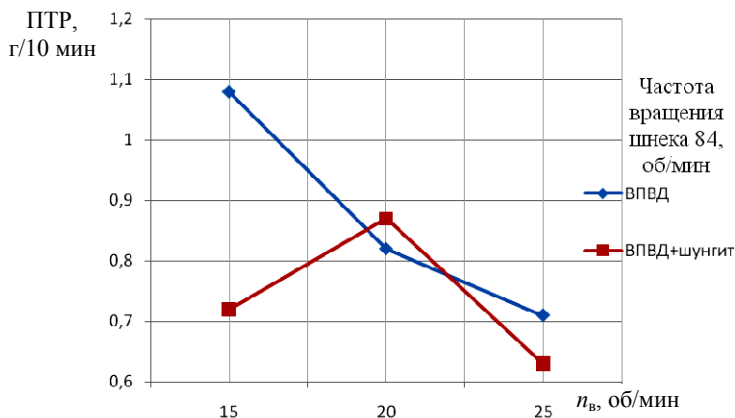


**Рис. 2. Схема технологического процесса получения композиционного материала из отходов термопластов:**  
 1 – валково-шнековый агрегат; 2 – охлаждение и резка; 3 – емкость для гранул

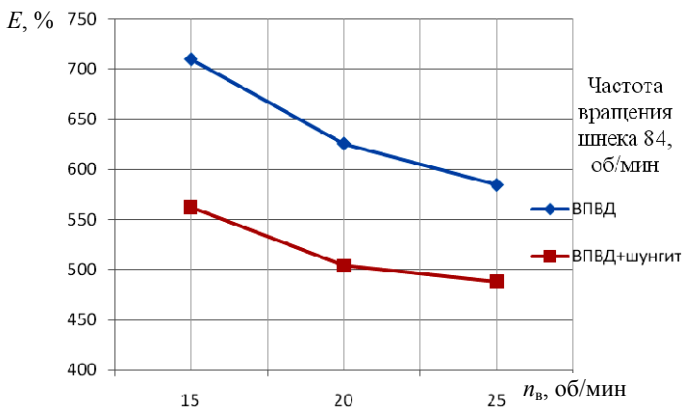
Валково-шнековая установка позволяет исследовать влияние технологических параметров процесса (скорость вращения вала, величину минимального зазора между валами, количество «запаса» материала на валках) и конструктивных параметров оборудования на прочностные показатели получаемого продукта (относительное удлинение и предел прочности при растяжении и разрыве), определять оптимальные значения суммарной величины сдвига в работающих органах валково-шнековой установки для различных отходов термопластов.



**Рис. 3. Зависимость прочности при разрыве ( $\sigma_p$ ) ВПВД и ВПВД + шунгит от частоты вращения вала вальцов ( $n_{в}$ )**



**Рис. 4. Зависимость показателя текучести расплава ВПВД и ВПВД + шунгит от частоты вращения вала вальцов ( $n_{в}$ )**



**Рис. 5. Зависимость относительного остаточного удлинения при разрыве ( $\epsilon$ ) ВПВД и ВПВД + шунгит от частоты вращения вала вальцов ( $n_{\text{в}}$ )**

На данном оборудовании были проведены экспериментальные исследования получения композита на основе ВПВД и шунгита (ВПВД – вторичный полиэтилен высокого давления) (рис. 3 – 5).

Цель экспериментов заключалась в определении технологических параметров процесса (скорость вращения шнека и вала), при которых достигаются максимальные прочностные показатели получаемого продукта (относительное удлинение и предел прочности при растяжении и разрыве).

Анализируя графические зависимости (рис. 3 – 5), можно сделать следующие выводы: поведение композита ВПВД + шунгит в процессе переработки имеет те же тенденции, что и у ВПВД, однако физико-механические показатели у вторичного материала имеют более низкие значения по сравнению с композитом. Это объясняется содержанием шунгита, который выполняет функцию активного наполнителя полимерной матрицы, что, с одной стороны, приводит к увеличению прочности, но в то же время является причиной появления значительных напряжений, следствием чего является повышение хрупкости материала и снижение относительного удлинения при разрыве.

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность установки с получением гранулированного композиционного материала на основе вторичного полимерного сырья по непрерывной технологии. Использование набора формирующих головок позволяет получать изделия заданного поперечного сечения.

## Список литературы

1. *Рециклинг* и утилизация тары и упаковки : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 112 с.
2. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 100 с.

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

УДК 691.175.579.222.2(075)

*Я. Н. Татарникова, О. С. Примеров\**

### **ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ НА СТАДИИ СОРТИРОВКИ**

Специалисты по переработке полимеров нередко сталкиваются с проблемой разделения полимеров по различным категориям. В статье рассмотрено несколько способов сортировки материалов на различные категории для их дальнейшей переработки.

Отделение полимеров от загрязнений или от нежелательных материалов для получения однородных отходов можно осуществить с помощью нескольких различных технологий. Среди них:

- магнитная сепарация – извлечение железосодержащих материалов;
- электростатический метод – отделение цветных металлов, главным образом, алюминия;
- воздушная сепарация с помощью циклонного паросепаратора;
- флотация в резервуарах или гидроциклонах, разделяющих полимеры по их удельному весу.

Затем материалы подвергаются дроблению.

Автоматическое разделение раздробленных полимерных отходов осуществить весьма сложно, если полимеры имеют близкую удельную плотность. К счастью, 85% объема мирового потребления пластмасс приходится на пять термопластичных полимеров: ПЭ, ПП, ПВХ, ПЭТ и ПС.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Клинкава.

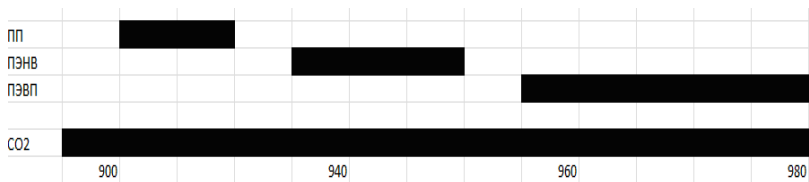
Для разделения полимеров на основе их объемной плотности может применяться пневмокласификация; в результате пленки и вспененные полимеры могут быть отделены от полимерных материалов по их удельным весам.

Плотность большинства термопластов предоставляет возможность разделять их по типам с помощью ряда флотационных процедур. Воду можно использовать для разделения ПП, ПЭНП и ПЭВП от ПС, ПВХ и ПЭТ. Жидкость с плотностью около  $930 \text{ кг/м}^3$  применяется для отделения ПП и ПЭНП от ПЭВП; ПП и ПЭНП можно затем разделить с помощью жидкости с плотностью примерно  $910 \text{ кг/м}^3$ . ПС и ПВХ разделяются в жидкости с плотностью  $1150 \text{ кг/м}^3$ . Смешение или наполнение полимера может изменить его плотность до той точки, когда возникнут трудности в реализации флотационной технологии. Наклейки, остаточные адгезивные добавки, металлы и металлопластиковые композиции также вызывают трудности и поэтому разработаны способы удаления этих посторонних материалов до того, как смесь полимерных отходов поступит на сепарацию. Пример: этап отмыwania в растворителях на основе тетрахлорэтилена или гексана добавлен к классической водной отмывке. Эти растворители не только удаляют клей, но также и токсические органические соединения, которые хранились потребителями в бутылках из-под напитков, или которые присутствуют в полимере в качестве химикатов-добавок и неизбежно окажутся в конечных продуктах.

Центробежные силы, генерируемые в гидроциклоне, многократно использовались для разделения полимеров. В гидроциклоне скорость потока, отнесенная к площади разделения, в 100 раз больше, чем в статическом флотационном сепараторе. В отличие от флотации, загрязнение полимеров является незначительной задачей для этой технологии. Для разделения  $n$ -компонентной смеси необходимо обеспечить  $(n - 1)$ -этапов разделения (циклонных станций). С помощью гидроциклонов можно отделить ПС, ПЭТ и ПВХ один от другого или от поливинилового спирта; полиолефины – от твердых бытовых отходов; ПЭТ от ПЭ, ПП и бумаги.

Сортировка с помощью околоскритических и сверхкритических жидкостей.

Микросортировка использованных термопластов по плотности может быть выполнена с использованием околоскритических и сверхкритических жидкостей, таких как жидкая двуокись углерода. По этой технологии можно разделить хлопья пластмасс с малыми отличиями в плотности (до  $0,001 \text{ г/см}^3$ ). Преимущества использования околоскритических жидкостей в качестве среды разделения:



**Рис. 1. Зависимость плотности жидкости от давления**

1) зависимость плотности жидкости от давления позволяет легко и точно контролировать плотность жидкости в широком диапазоне значений (рис. 1);

2) очень низкая вязкость жидкости повышает скорость, с которой частицы поднимаются или оседают, и тем самым снижает время до полного разделения.

Кроме того, двуокись углерода является недорогой, легкодоступной, нетоксичной, невоспламеняемой средой и не классифицируется как «летучее» органическое соединение. Однако использование околокритических жидкостей имеет неудобства, например необходимость применения оборудования высокого давления.

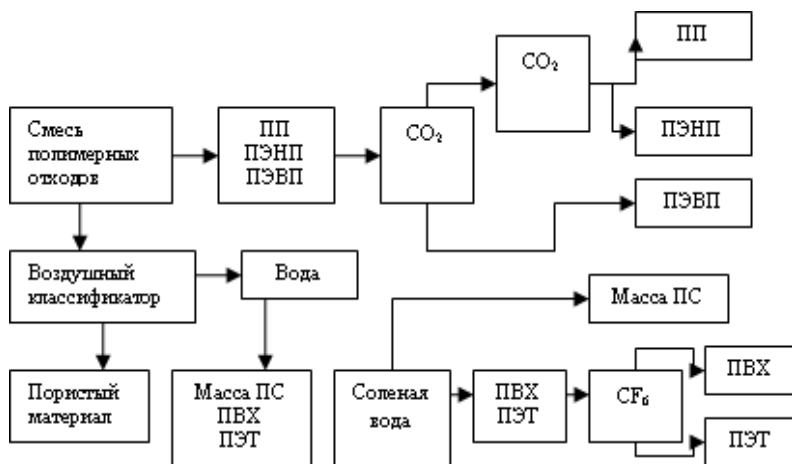
Плотность околокритической двуокиси углерода может быть отрегулирована в указанном диапазоне путем регулировки давления в системе, что делает возможным тонкую настройку процесса флотации до точки, в которой происходит разделение между ПЭНП и ПЭВП.

В этом процессе разделение хлопьев пластмасс происходит при погружении в двуокись углерода (для смешанных полиолефинов) или шестифтористую серу (для смеси ПЭТ/ПВХ) (рис. 2).

Выбор среды основан на плотности сверхкритической жидкости, которая должна быть промежуточной к плотности пластмасс, требующих разделение. Нужно, однако, отметить, что процесс с шестифтористой серой ( $SF_6$ ) для разделения ПЭТ и ПВХ не является конкурентоспособным из-за высокой стоимости  $SF_6$ .

Для разделения полимерной пленки и тары по цвету, изготовленной из нее, применяются фотоэлектрические датчики. Одна из систем использует механические средства для разделения на отдельные элементы и отсева от грязи. После растаскивания и просеивания тара устанавливается в одну линию перед оптическим датчиком, который производит разделение на три класса:

- Класс 1 – ПЭВП и ПП;
- Класс 2 – ПЭТ и ПВХ;
- Класс 3 – ПЭВП различного цвета.



**Рис. 2. Обзор предложенных систем сортировки пластмасс, использующих околокритические жидкости**

Другой оптический датчик можно установить для отделения тары из зеленого и желтого ПЭТ от прозрачных изделий. ПП – от молочной тары из ПЭВП так же можно разделить разноцветные ПЭВП на семь цветовых категорий. Однако надежная идентификация использованной тары требует исключения из области измерений значительной части ее поверхности.

С каждым годом специалисты по переработке полимеров пытаются разработать все новые технологии, а так же усовершенствовать старые.

### Список литературы

1. *Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов* : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 100 с.
2. *Полимерные пленки* / под ред. Г. Е. Заикова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 352 с.

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



*В. В. Ермолаев\**

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ**

Оперативная утилизация убираемого с городских улиц, дворовых и закрытых территорий снега является необходимой в современных условиях (актуальной) задачей. В таком случае целесообразно применение снегоплавильных установок, позволяющих утилизировать снег путем его растапливания и удаления талой воды в сточную систему города или погрузки его на транспортное средство. Недостатками существующих снегоплавильных установок является сложность конструкции из-за наличия систем орошения снега, большой расход энергии (топлива) и низкий КПД установки, низкая экологичность из-за большого количества выхлопных газов, образующихся в результате сжигания дизельного топлива, а также шум при работе установки.

Распространенный способ уборки снега путем вывоза на автомобильном транспорте не экологичен и требует больших финансовых затрат (5500 р. на 10 м<sup>3</sup> снега с плотностью 0,3). Существуют подвижные снегоплавильные установки на дизельном топливе [1], 950 р. на 10 м<sup>3</sup>, но они не уменьшают выброс вредных веществ в атмосферу.

Повышение эффективности снегоплавильных установок возможно за счет снижения энергетических потерь. Предлагается использовать в качестве нагревательных элементов темные газовые инфракрасные излучатели, позволяющие передавать тепловую энергию непосредственно на плавление снежной массы.

Предлагаемая снегоплавильная установка представляет собой металлический корпус параллелепипедной формы с размещенной внутри снегоплавильной камерой. На стенках, дне и всем объеме корпуса установлены регулируемые газовые инфракрасные излучатели, которые нагревают снежную массу и всю камеру в целом. Для повышения эффективности плавления снега применяются два вида барбатирования: электромеханическое и воздушное.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «КРЭМС» ФГБОУ ВПО «ГТТУ» В. М. Жукова.

На рисунке 1 показан общий вид снегоуборочной машины. Снегоуборочная машина состоит из: 1 – базового шасси, 2 – заборного органа, 3 – транспортера, 4 – бункера с загрузочным окном, 5 – решетки. В бункере установлена снегоплавильная камера 6 (рис. 2) со сливным устройством 8.

К дну и боковым стенкам с внешней стороны снегоплавильной камеры по периметру прикреплены газовые горелки 7, направляющие продукты сгорания в газоходы 11. Снегоуборочная машина дополнительно оборудуется емкостью со сжиженным газом 9 и устройством подвода газа 10 к газовым горелкам.

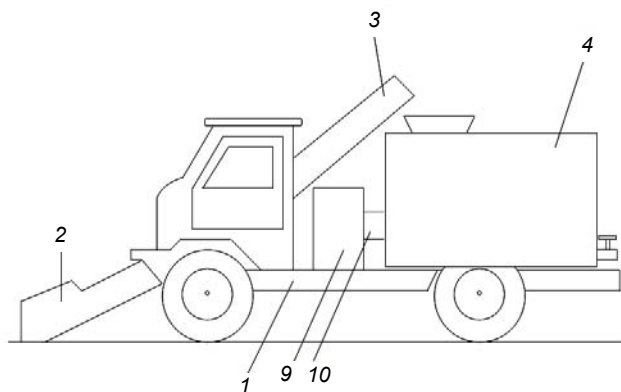


Рис. 1. Общий вид снегоуборочной машины

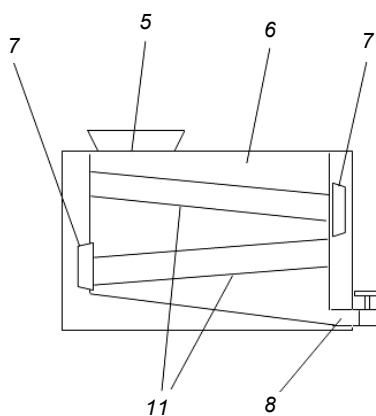


Рис. 2. Снегоплавильная камера с газовыми горелками и газоходами

Увеличения эффективности установки так же можно добиться при оптимизации управления работой излучателей по уровням внутри плавильной камеры в зависимости от выбранного критерия. В качестве критерия может быть выбрано быстроедействие или минимизация расхода энергии на плавление снега. В последнем случае наиболее сильно подогреваются нижние уровни камеры, в то время как верхние могут быть вообще отключены, при этом увеличивается КПД и минимизируются потери. Управление излучателями производится в зависимости от объема растапливаемого снега и окружающей климатической обстановки. Так же возможна оптимизация одновременно по двум критериям, что обеспечивает минимизацию затрат энергии при установленном времени на плавление.

В качестве теплоагрегата для растапливания снега предлагается инфракрасный газовый излучатель 50 U. Мощность излучателя 49 кВт. Суммарная длина трубы составляет 9615 мм. Масса одного агрегата 132 кг, семи – 924 кг. Исходные данные для расчета технологического процесса уборки уличной полосы длиной 1000 м и результаты расчета потребляемого тепла и количества машин для восьмичасовой работы приведены в табл. 1.

### 1. Исходные данные и результаты расчетов

Толщина слоя снега	0,1 м.
Ширина захвата роторного погрузчика	2,5 м.
Длина убираемого участка	1000 м.
Объем снега	250 м <sup>3</sup>
Объем снегоплавильной камеры	10 м <sup>3</sup>
Количество циклов плавления	7-8
Удельная теплота плавления льда	335 кДж/кг
Удельная теплота сгорания природного газа	41-49 МДж/кг
Удельная теплота сгорания дизельного топлива	42,7 МДж/кг
Стоимость 1 литра дизельного топлива	33 руб./л
Стоимость 1 литра сжиженного газа	17 руб./л
Тепло, необходимое для плавления 10 т. воды из снега	3350 МДж
Суммарная мощность 7-ми элементов ГИИ 50U	343 кВт
Выделяемое количество теплоты 7-ми элементов ГИИ 50U	12600 МДж
Потребность в единицах техники за 8 часов	2 автомобиля

Простота конструкции предлагаемой снегоплавильной установки и отсутствие в ней системы орошения снега и системы подогрева топлива, а также возможность управления температурой каждого уровня теплообменника для рационального плавления снежной массы в совокупности приводят к повышению КПД установки при утилизации снега и обеспечивают бесшумность работы, а также минимизируют стоимость утилизации снега. Расходы по переработке снега с использованием данной установки сокращаются в 1,4 раза по сравнению с дизельной снегоплавильной установкой.

### Список литературы

1. URL : <http://www.vtk-prom.ru/ice.php>.

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

УДК 691.175.579.222.2(075)

*Д. В. Разинькова, Н. А. Кузнецова, О. С. Примеров, П. В. Макеев\**

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ОПИЛОК ЦСП**

Актуальной задачей становится создание модифицированных материалов с разными наполнителями. Композиционные материалы имеют ряд свойств и особенностей, которые отличают их от традиционных материалов.

В основе опытов был выбран материал вторичный ПП (полипропилен) и наполнитель из мелкодисперсных опилок ЦСП (цементно-стружечной плиты).

На данный момент полипропилен за счет своей универсальности является одним из распространенных материалов. Для устранения глобальной проблемы загрязнения окружающей среды используется вторичный полипропилен, который по своим свойствам мало отличается от аналога. Создание композита на основе вторичного полипропилена

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Клинкава.

позволяет получить новый материал с улучшенными свойствами и минимальными затратами.

Существуют разные методы модификации вторичного полимерного сырья, такие как: химические, физико-химические, физические и технологические. Введением армирующих элементов в полимерную матрицу получают композит. Соотношение свойств армирующих элементов и матрицы, прочность связей между ними характеризуют механические свойства композиции.

В результате взаимодействия армирующих элементов и матрицы образуется композиция, обладающая ценным набором свойств. Данные свойства не только отражают исходные характеристики компонентов композита, но и включают новые свойства. Например, такие как наличие границ раздела между армирующими элементами и матрицей, что существенно повышает стойкость к растрескиванию материала. В отличие от исходных материалов, в композициях происходит повышение характеристик вязкости разрушения за счет повышения статической прочности.

В качестве армирующего элемента для получения композиционного материала на основе полипропилена можно использовать разные материалы. Проведенный ранее патентный поиск показывает, что самыми распространенными наполнителями являются: сажа, углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит», шунгит (ШН), органобентонит (ОБТ) и опилки ЦСП (цементно-стружечной плиты).

ЦСП является одним из распространенных материалов в строительстве. При его эксплуатации образуется много отходов в виде опилок (стружки). Учитывая дисперсность этих отходов, можно их использовать для создания новых материалов.

Возможными областями применения отходов производства ЦСП могут быть композиционные строительные материалы, в частности, пригодные для изготовления теплоизоляционных изделий для ограждающих конструкций (стен, чердачных перекрытий); конструкционно-теплоизоляционных изделий (стеновые блоки, перегородочные блоки, наполнитель для каркасно-щитового домостроения); звукоизоляционных изделий (перегородочные блоки).

Основными свойствами ЦСП являются: прочность, отсутствие ядовитых и канцерогенных веществ, обрабатываемость, сходная с лесоматериалом, огнестойкость, влагостойкость, стойкость к воздействию термитов, грибков, насекомых и грызунов, превосходная звукоизоляция, пригодность для внешнего и внутреннего применения; возможность использования многообразия обработки поверхности; пригодность для использования во всех климатических условиях.

Очень часто ЦСП используют в строительных целях. С помощью данного материала можно выполнять:

- внешнюю отделку домов;
- внутреннюю отделку помещений;
- обшивку сухих и влажных помещений;
- реставрационные и восстановительные работы.

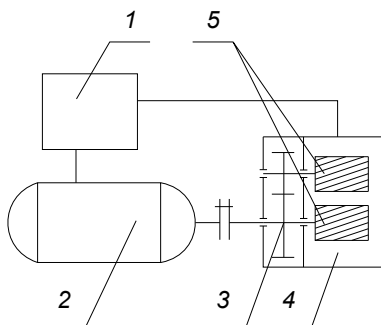
Для получения нового композиционного материала были проведены предварительные экспериментальные исследования.

Для введения во вторичный полипропилен мелкодисперсных опилок ЦСП использовали экспериментальную установку на основе пластографа типа «Брабендер».

Конструкция пластографа типа «Брабендер» представлена на рис. 1.

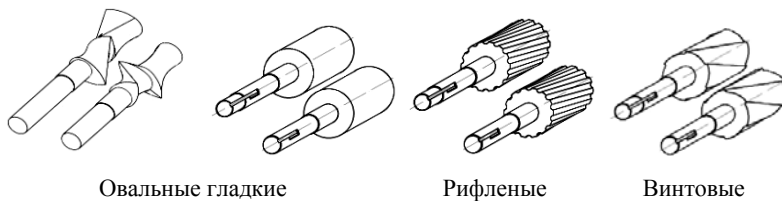
Экспериментальная установка на основе смесителя типа «Брабендер» – это устройство, позволяющее оценить и спрогнозировать показатели качества получаемого композита. На данном смесителе режимные и конструктивные параметры можно изменять в широком диапазоне. Установка (рис. 1) состоит из смесительной камеры 4, станины с приводом 2, 3 и электрооборудования. Два ротора 5 специального профиля, вращающиеся навстречу друг другу, являются смесительными органами. Вращение роторов осуществляет мотор-редуктор 2; второй ротор получает вращение от приводного через зубчатую передачу 3 с передаточным отношением 1,5. Частота вращения рабочих органов регулируется в диапазоне от 30 до 90 об./мин. Камера обогревается шестью трубчатыми электронагревателями.

Щит управления 1 (рис. 1) предназначен для управления электроприводом смесителя и поддержанием температуры в рабочей зоне.



**Рис. 1. Схема устройства:**

1 – шкаф управления; 2 – электродвигатель; 3 – фрикционные шестерни;  
4 – смесительная камера; 5 – смесительные роторы



**Рис. 2. Исследуемые различные фигурные части рабочих органов**

Разработаны рабочие органы с различной геометрической частью для интенсификации процесса диспергирования, смешения и изучения влияния различных конструктивных параметров на качество получаемого материала (рис. 2). Минимальный зазор при использовании любой из предложенных конфигураций составляет  $h_0 = 0,15$  мм, что обеспечивает высокую сдвиговую деформацию.

Благодаря конфигурации гладких рабочих органов за короткий промежуток времени можно достичь максимальной деформации сдвига. Это происходит благодаря тому, что зона с минимальным зазором составляет 70% общей траектории, которую проходит материал за один оборот ротора. Но данная конфигурация фигурной части ротора не обеспечивает продольного перемещения материала вдоль оси ротора. В результате чего происходит неравномерное распределение вводимого наполнителя.

Разработанные рабочие органы с наклонной нарезкой фигурной части позволяют обеспечить продольное перемещение материала. Различают следующие рабочие органы: рифленые (фигурная часть в виде рифленых валков) и винтовые многозаходные (фигурная часть в виде многозаходной винтовой нарезки) (рис. 2).

Геометрия фигурной части овальных рабочих органов (рис. 2) является наиболее распространенной в полимерной промышленности конфигурацией двухлопастных роторов. Данное обстоятельство позволяет исследовать процесс смешения и диспергирования на оборудовании, наиболее приближенном к промышленному.

Проведенные пробные испытания показали работоспособность установки и возможность получения различных композиционных материалов.

На основе всего сказанного можно сделать вывод о том, что из вторичного полипропилена с наполнителем из мелкодисперсных опилок ЦСП обладают повышенной плотностью и прочностью при изгибе, влажность и водопоглощение у полимера практически отсутствуют, разбухание по толщине одинаково.

## Список литературы

1. *Анализ эффективности разработанных технологий утилизации отходов термопластов* / П. В. Макеев, А. С. Клинков, И. В. Шашков, В. Г. Однолько // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 1002 – 1006.
2. *Методика расчета величины сдвиговой деформации при получении профильных изделий заданного качества* / П. В. Макеев, А. С. Клинков, Д. Л. Полушкин, П. С. Беляев // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2012. – Т. 18, № 1.
3. *Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов* / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
4. *Инженерная оптимизация оборудования для переработки полимерных материалов : учебное пособие с грифом УМО* / А. С. Клинков, М. А. Шерышев, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

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

**УДК 691.175.579.222.2(075)**

***Д. В. Разинькова, Н. А. Кузнецова, А. С. Смагина, Д. И. Волокитина\****

### **ПОЛИМЕРНЫЕ ОТХОДЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Для современного общества одной из основных проблем является полимерные отходы, так как область применения полимеров возросла во всех сферах жизни.

Создавая полимерный материал, никто не задумывался об его утилизации. Так как полимерные отходы очень устойчивы к агрессивным средам, они не гниют, не разлагаются, процессы деструкции протекают медленно, его обязательно нужно утилизировать. На сегодняшний день известны следующие виды утилизации: захоронение, сжигание и рециклинг.

Самым старым методом борьбы с отходами является захоронение. Однако, он достаточно прост. Этот метод имеет ряд недостатков, глав-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Клинкова.



ными из которых являются: отвод значительных земельных угодий, возникают загрязнения воздушного пространства и грунтовых вод. Нарушается экология региона.

Такой метод утилизации отходов, как сжигание, выделяет полезное тепло. Основной недостаток в использовании данного метода, применение дорогостоящего оборудования и высокая себестоимость процесса.

Утилизация это основной путь использования отходов пластмасс.

Существуют разные способы утилизации пластических масс, к основным относятся:

- термическое разложение путем пиролиза;
- разложение с получением исходных низкомолекулярных продуктов (мономеров, олигомеров);
- вторичная переработка.

Пиролиз – это термическое разложение, которое протекает в присутствии кислорода, или без него с целью получения низкомолекулярного химического сырья. Иными словами, при помощи пиролиза можно получить высококалорийное топливо, сырье и полуфабрикаты, используемые в различных технологических процессах, а также мономеры, применяемые для синтеза полимеров.

Вторичная переработка полимеров не только экономически целесообразна, но и экологически предпочтительна в решении проблемы использования пластмассовых отходов.

В качестве основы исследований был выбран вторичный полипропилен, как недорогое и доступное сырье, применяется для изготовления газовых, водопроводных и канализационных напольных труб, а так же профилей, листов, пленки и даже мебели. Так же производят из него товары культурно-бытового назначения, технические изделия и полипропиленовое волокно. Основным источником вторичного полипропилена являются пластиковые детали автомобилей, такие как бамперы, корпуса аккумуляторных батарей и другие, пластиковые корпуса. Вторичный полипропилен используют в различных смесях с первичным полипропиленом или другими полиолефинами.

Для улучшения свойств вторичных полимеров, на их основе создают композиты, смешивая полимер с наполнителями. Основной характеристикой наполнителя является его морфология и удельная поверхность, от которой зависит эффективность взаимодействия с полимерной матрицей. Самые распространенные наполнители на сегодняшний день это: сажа, технический углерод (ТУ), шунгит (ШН), органобентонит (ОБТ), каучук, графит.

Из всех вышеперечисленных наполнителей был выбран шунгит. Интерес к данному веществу оправдан. Во-первых, в его составе присутствуют некристаллический углерод и диоксид кремния, близкие к техническому углероду и белой сажи. Во-вторых, ШН можно вводить во все полярные и неполярные полимеры. Это связано с присутствием в его составе компонентов с гидрофильными и гидрофобными свойствами, в также при химической модификации возможностью изменения поверхностных свойств и структуры ШН. В-третьих, он достаточно распространен, содержит высокий процент углерода и находится в природе не глубоко от поверхности.

Результаты проведенных научных исследований, литературного обзора и потентного поиска, позволили разработать экспериментальную установку на основе пластографа Брабендера, для реализации процесса введения шунгита во вторичный полипропилен.

Конструкция пластографа Брабендера представлена на рис. 1. Смеситель состоит из смесительной камеры 5, загрузочного устройства, станины с приводом 2, 3, 4 и электродвигателя 1. 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 6 различного профиля, установленные в корпусе камеры консольно и вращающиеся в противоположные стороны.

Передний подшипник скольжения и два задних подшипника качения являются опорами ротора. Редуктор 2, который связан муфтой 3 с валом приводного ротора, производит вращение ротора; второй ротор получает вращение от приводного ротора через зубчатую передачу 4 с передаточным отношением 1,5.

Частота вращения рабочих органов регулируется в диапазоне от 30 до 90 об/мин. Камера обогревается при помощи шести трубчатых электронагревателей.

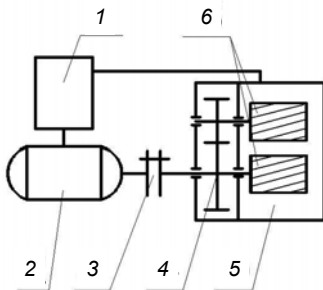


Рис. 1. Схема устройства

Управление электроприводом смесителя и поддержание температуры в рабочей зоне, осуществляется при помощи щита управления 1.

Разработаны рабочие органы с различной геометрической частью, что позволяет интенсифицировать процесс смешения и диспергирования и изучить влияния различных конструктивных параметров на качество получаемого материала. Минимальный зазор при использовании любой из предложенных конфигураций составляет  $h_0 = 0,15$  мм, что обеспечивает высокую сдвиговую деформацию.

Конфигурация гладких рабочих органов позволяет достичь максимальную деформацию сдвига за короткий промежуток времени. Это происходит благодаря тому, что зона с минимальным зазором составляет 70% общей траектории, которую проходит материал за один оборот ротора. Но гладкая конфигурация рабочих органов ротора не обеспечивает продольного перемещения материала вдоль оси ротора, что служит неравномерному распределению вводимого наполнителя.

Чтобы обеспечить продольное перемещение материала, разработаны рабочие органы с наклонной нарезкой фигурной части: рифленные (фигурная часть в виде рифленных валков) и винтовые многозаходные (фигурная часть в виде многозаходной винтовой нарезки).

Геометрия фигурной части овальных рабочих органов представляет собой наиболее распространенную в полимерной промышленности конфигурацию двухлопастных роторов, что позволяет исследовать процесс смешения и диспергирования на оборудовании наиболее приближенном к промышленному.

Проведенные пробные процессы смешения вторичного полипропилена с разным процентным соотношением шунгита доказало, что введение наполнителя меняет морфологию полимера, влияет на степень кристалличности. Шунгит повышает адгезионную прочность полипропилена. Шунгитовый наполнитель может быть более перспективным по сравнению с традиционными углеродными наполнителями (сажей, графитом) для получения материалов с электропроводностью в интервале  $10^{-11} \dots 10^{-2}$  (Ом·см)<sup>-1</sup>, когда требуется повысить воспроизводимость электрических характеристик для изготовления изделий из таких композиций.

### Список литературы

1. *Утилизация* и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 103 с.

2. *Ресурсосберегающая* технология переработки отходов полимерных материалов / А. С. Клинков и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов, 6 – 8 июня 2013. – № 3(47).

3. *Клинков, А. С.* Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с

4. *Инженерная* оптимизация оборудования для переработки полимерных материалов: учебное пособие с грифом УМО / А. С. Клинков, М. А. Шерышев, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

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

УДК 691.175

*М. А. Загородникова\**

### **ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА БЕЗ УЧЕТА ВНЕШНИХ АТМОСФЕРНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

В настоящее время актуальной научной проблемой в области полимерных кровельных материалов является исследование их долговечности в условиях эксплуатации зданий и сооружений.

Для прогнозирования реального срока службы полимерных кровельных материалов необходимо наблюдение и изучение их в течение всего периода эксплуатации и с учетом всех воздействий внешней среды, что практически невыполнимо. В связи с этим прогнозирование долговечности кровельных материалов на основе поливинилхлорида целесообразно проводить с позиции термофлуктуационной концепции разрушения и деформирования твердого тела, так как для поливинилхлорида хорошо проявляется температурно-временная зависимость прочности. Универсальный характер временной зависимости прочности имеет вид

$$\sigma = \beta \lg(a/\tau); \quad \tau = a \exp(-\beta\sigma), \quad (1)$$

где  $a$  и  $\beta$  – постоянные коэффициенты, определяющие зависимость долговечности ( $\tau$ ) от напряжения ( $\sigma$ ) при постоянной температуре испытания [1].

Суть концепции состоит в том, что для разрушения материала необходимо время  $\tau$ , в течение которого в нагруженном теле протекают процессы, приводящие к его разделению на части. Термофлуктуационный подход позволяет прогнозировать работоспособность кровельных материалов на основе поливинилхлорида в широком диапазоне нагрузок, температур и времени эксплуатации [2].

Чтобы прогнозировать долговечность материала, необходимо провести длительные испытания образцов на прочность при срезе. Для этого были взяты образцы трех видов гидроизоляционных ПВХ мембран торговой марки «Пластфоил»:

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В. П. Ярцева.

- 1) полимерная гидроизоляционная мембрана толщиной 1,5 мм, армированная сеткой из полиэстера;
- 2) полимерная гидроизоляционная мембрана толщиной 2 мм, неармированная;
- 3) полимерная мембрана толщиной 1,2 мм, армированная полиэфирной сеткой.

Прочность полимерных мембран определяли по испытаниям на срез, для чего использовали установку рычажного типа.

Напряжения в образце вычисляли по формуле

$$\sigma = P / \pi dh, [\text{МПа}], \quad (2)$$

где  $P$  – нагрузка, приложенная к образцу;  $d$  – диаметр режущего пуансона;  $h$  – толщина образца.

Для прогнозирования долговечности необходимо определить предельную прочность материалов. Испытания проводились при постоянной температуре 20 °С. Для каждого из трех видов мембран было рассчитано разрушающее напряжение, относительно которого проводились дальнейшие длительные испытания образцов. Полученные результаты представлены в табл. 1.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наибольшей прочностью на срез обладают армированные мембраны.

В ходе длительных испытаний фиксировали время до разрушения при заданной величине  $\sigma$  и постоянной температуре 20 °С. Полученные результаты обрабатывали с позиций термофлуктуационной теории прочности твердых тел графоаналитическим способом.

Для каждого из трех видов мембран были построены графики зависимости долговечности от напряжения  $\lg t - \sigma$  при постоянной температуре (рис. 1).

### 1. Определение разрушающего напряжения образцов ПВХ мембран

Номер материала	Диаметр режущего пуансона $d$ , мм	Толщина образца $h$ , мм	Средняя фактическая нагрузка $P_{\text{ср}}$ , кг	Среднее разрушающее напряжение $\sigma_{\text{ср}}$ , МПа
1	13	1,5	92,1	15,04
2	13	2	104,1	12,75
3	13	1,2	87,3	17,82

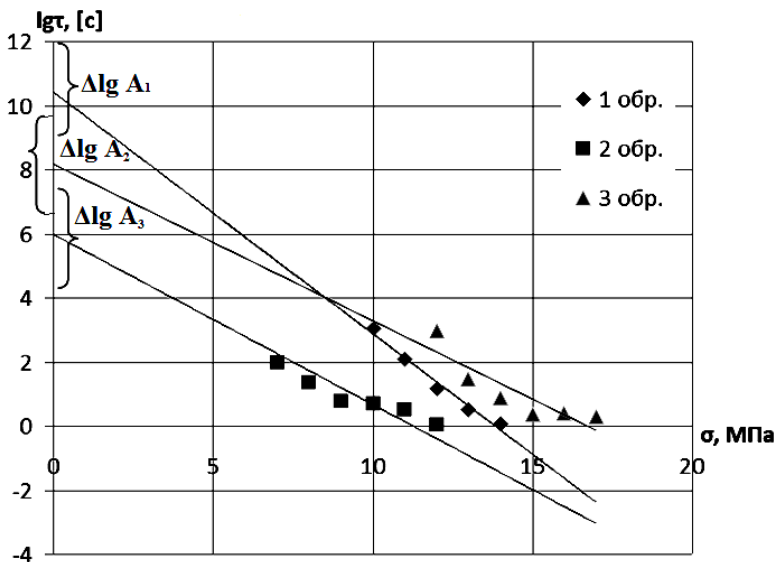


Рис. 1. Зависимость долговечности ПВХ мембран от напряжения при постоянной температуре 20 °С

Для вычисления физических констант графоаналитическим методом необходимы зависимости напряжения от времени при повышенных температурах (40, 60 °С), которые будут образовывать семейство прямых, сходящихся в пучок.

Однако, согласно формуле (1.1), отражающей универсальный характер временной зависимости прочности, справедлива следующая зависимость [3]:

$$\tau = Ae^{-\alpha\sigma}, \quad (3)$$

где  $A$ ,  $\alpha$  – коэффициенты, которые можно определить графически.

Коэффициент  $A$  будет показывать приблизительную долговечность при начальных условиях (без влияния внешних атмосферных и климатических воздействий).

Данные, позволяющие сделать предварительную оценку долговечности полимерных материалов на основе ПВХ без влияния внешних атмосферных и климатических воздействий, представлены в табл. 2.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что долговечность полимерных мембран на основе ПВХ можно прогнозировать с позиции термофлуктуационной теории прочности твердых тел.

## 2. Коэффициенты для предварительной оценки долговечности полимерных материалов на основе ПВХ

№ образца	$\Delta \lg A$	$\tau$ , лет
1	9,5...11,2	24 – 30
2	4,9...6,9	8 – 12
3	7,1...9,1	14 – 20

По предварительным данным можно судить о том, что в идеальных условиях без воздействия различных факторов материал может служить довольно долго. При этом для получения наиболее точных результатов, необходимо провести весь ряд опытов при фиксированных повышенных температурах для дальнейшего вычисления физических констант. По константам можно будет судить о влиянии внешних атмосферных и климатических воздействий на долговечность полимерных мембран.

Дальнейшие исследования будут направлены на прогнозирование долговечности материала с учетом воздействия различных факторов внешней среды.

### Список литературы

1. Ратнер, С. Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. – Москва : Химия, 1992. – 320 с.
2. Ярцев, В. П. Влияние внешних воздействий на теплофизические и длительные механические свойства минераловатных плит / В. П. Ярцев, А. А. Мамонтов, С. А. Мамонтов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 1(50). – С 125 – 134.
3. Ярцев, В. П. Влияние атмосферных воздействий на прочность декоративных плит / В. П. Ярцев, А. В. Ерофеев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 1(50). – С. 114 – 118.

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



*А. А. Мамонтов, К. Н. Крутько\**

## **СТОЙКОСТЬ ЭКСТРУЗИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА К ПЕРЕМЕННОМУ ЗАМАЧИВАНИЮ И ВЫСУШИВАНИЮ**

Ценным свойством теплоизоляционных материалов, широко применяемых в строительстве зданий и сооружений, является их стойкость к действию влаги, особенно при переменном замачивании и высушивании [1].

В связи с этим исследовалась стойкость плит экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35 к указанному воздействию, которая оценивалась по изменению физико-механических свойств образцов материала, подверженных 5, 10, 15, 20, 25 циклам переменного замачивания и высушивания в лабораторных условиях [2].

При изучении влияния циклического замачивания-высушивания на физические свойства отслеживалось изменение массы и линейных размеров образцов, их водопоглощения, термического расширения и теплопроводности.

Взвешивание образцов ПЕНОПЛЭКС 35 на электронных весах с точностью 0,01 гр. и замер их линейных размеров после установленного числа циклов выявили постоянство массы и формостабильность исследуемого материала.

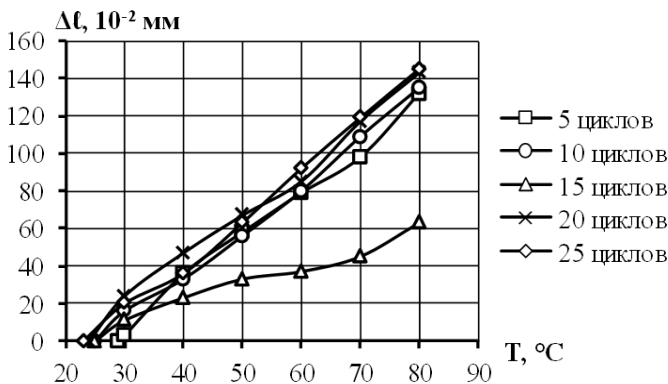
При определении водопоглощения было установлено, что с увеличением количества циклов величина его растёт и после 25 цикла достигает наибольшего значения в 2,5%. Вероятно, это связано с ослаблением стенок ячеек и нарушением их замкнутости.

Исследование линейного термического расширения образцов исходного пенополистирола и подверженного периодическому увлажнению производилось на оптическом dilatометре. В результате были получены dilatометрические кривые, представленные на рис. 1.

Dilatометрия является одним из прямых физических методов исследования структуры материала и позволяет делать некоторые заключения об ее изменении. Как видно из рис. 1, периодическое увлажнение повышает жесткость материала – кривые для пенополистирола, подверженного воздействиям, лежат ниже кривой для исходного материала. Это подтверждается значениями коэффициентов линейного термического расширения ( $\alpha$ ,  $1/^\circ\text{C}$ ), представленными в табл. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В. П. Ярцева.



**Рис. 1.** Дилатометрические кривые образцов экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35 с разной кратностью замачивания-высушивания

### 1. Влияние периодического увлажнения на коэффициент линейного термического расширения экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35

Циклы	0	5	10	15	20	25
$\alpha, \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$	5,07	5,12	4,86	2,28	5,05	5,03

Из таблицы 1 видно, что изменение коэффициента термического расширения носит экстремальный характер. При этом его минимальное значение наблюдается у образцов, подверженных 15 циклам замачивания-высушивания. Возможно, такая реакция материала вызвана миграцией компонентов полистирольной матрицы, в частности, пластификаторов, а также остаточного мономера в водный раствор.

Изменение теплотехнических свойств пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35, подверженного переменному замачиванию-высушиванию, оценивалось по коэффициенту теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/м·К), определяемому на приборе ИТП МГ-4 «100».

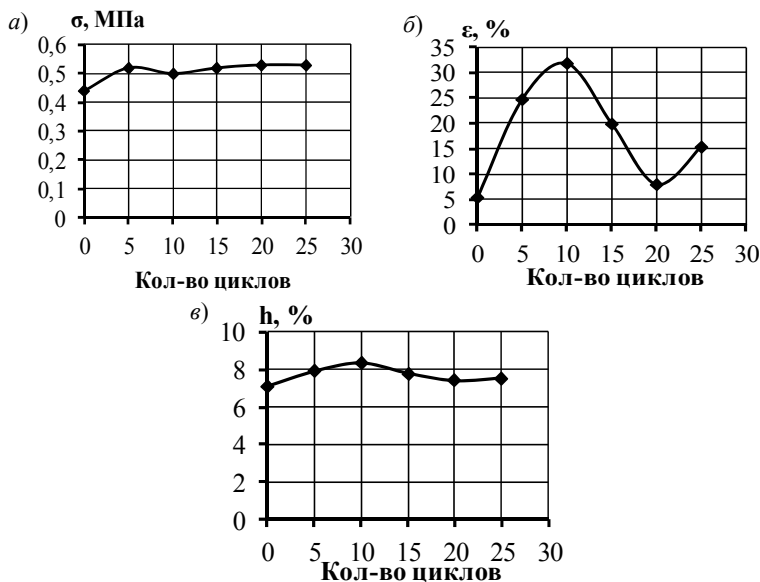
Результаты, приведенные в табл. 2, показывают стабильность теплофизических свойств рассматриваемого пенополистирола.

С целью исследования влияния периодического увлажнения на механические свойства экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35, образцы после заданного количества циклов замачивания-высушивания

## 2. Влияние периодического увлажнения на коэффициент теплопроводности экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35

Циклы	0	5	10	15	20	25
$\lambda$ , Вт/м·К	0,035	0,035	0,035	0,036	0,035	0,035

испытывались поперечным изгибом, сжатием и пенетрацией. При этом прочность материала на изгиб оценивалась по значению предела прочности ( $\sigma$ , МПа); на сжатие – по величине относительных деформаций ( $\epsilon$ , %) при постоянном напряжении, действующем в течение заданного времени; при пенетрации – по относительной глубине погружения ( $h$ , %) индентора-шарика от постоянной нагрузки в течение заданного времени. Графическая интерпретация результатов представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Влияние циклического замачивания и высушивания на прочность экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35 при поперечном изгибе (а), величину относительных деформаций сжатия (б) и относительную глубину погружения индентора при пенетрации (в)**

Из рисунка 2, а видно, что периодическое увлажнение пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35 приводит к незначительному увеличению прочности при изгибе уже после 5 циклов, что, по-видимому, связано с химическими превращениями, происходящими в материале.

Исследование влияния переменного замачивания-высушивания на деформационные свойства ПЕНОПЛЭКС 35 выявило рост относительных деформаций при сжатии на 26% после десятикратного замачивания (рис. 2, б).

Подобное поведение материала можно объяснить ослаблением стенок и нарушением замкнутости ячеек. В процессе циклических испытаний в макромолекулах полистирола растет количество кислородсодержащих группировок, что вызывает его окисление. Увеличение кратности замачивания-высушивания, вероятно, приводит к накоплению влаги в порах, снижая тем самым величину относительных деформаций ввиду плохой сжимаемости воды [2].

Аналогичная ситуация наблюдается при испытании исследуемого пенополистирола пенетрацией (рис. 2, в).

В целом, на основании проведенных исследований, можно сделать вывод о достаточной стойкости экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС 35 к циклическому замачиванию и высушиванию. Вместе с тем, при проектировании конструкций с применением данного материала необходимо предусматривать меры по защите его от подобных воздействий [3].

### Список литературы

1. *Ярцев, В. П.* Влияние внешних воздействий на теплофизические и длительные механические свойства минераловатных плит / В. П. Ярцев, А. А. Мамонтов, С. А. Мамонтов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 1(50). – С. 125 – 134.
2. *Ярцев, В. П.* Прогнозирование работоспособности утеплителя (на примере экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС) в дорожных одеждах / В. П. Ярцев, Д. В. Иванов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 426 – 435.
3. *Иванов, Д. В.* Повышение физико-механических характеристик и долговечности пенополистирола / Д. В. Иванов, В. П. Ярцев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 529 – 534.

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

*Н. С. Филоненко\**

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКОЙ КЕРАМИКИ В ОТДЕЛКЕ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ**

Существует большое количество облицовочных материалов для фасадов зданий и помещений. В настоящее время строительной наукой и производителями современных материалов представлен новый облицовочный материал с уникальными свойствами и характеристиками – гибкая керамика. Плитки гибкой керамики применяются для наружной и внутренней отделки домов, коттеджей, в гражданском домостроении и отделки административных зданий, обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами.

Фасад любого сооружения – это своеобразная визитная карточка. Он определяет внешний облик здания, его эстетическое восприятие, характеризует его функцию или владельца. Кроме декоративной, фасады зданий несут в себе и функцию защиты наружных ограждающих конструкций (стен) здания. В климатических условиях России, часто отличающихся перепадами температуры и повышенной влажностью воздуха необходима надежная защита фасадов от влияния загрязнения составляющих атмосферы (промышленные газы, соли, кислоты, щелочи и пыль), солнечного облучения и влажности [1, 2].

При выборе отделки фасада зданий и сооружений учитывают: весовую нагрузку на фундамент и стены здания; степень водопоглощения используемого материала; его практичность; эффектный внешний вид; способ крепления и удобство монтажа; долговечность; вандалоустойчивость.

В настоящее время существует большой выбор фасадных материалов и систем для облицовки стен здания. Кроме внешнего вида, они отличаются между собой по материалу, размеру, типу и сложности крепления (видимое, невидимое, трудоемкое, быстрое), цене и т.д.

Отделка фасада любого здания – это кропотливый и творческий процесс, требующий комплексного подхода в выборе материала отделки.

В настоящее время актуальна отделка деревом, кирпичом, бетонными плитками, керамическим гранитом. Последний обладает монолитностью, износостойкостью, устойчивостью цвета, долговечностью, химической нейтральностью, огнеупорностью.

Одним из новых облицовочных материалов с уникальными свойствами и характеристиками является гибкая керамика. Основные особенности гибкой керамики представлены в табл. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «АиСЗ» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т. Ф. Ельчищевой.

## 1. Отличительные особенности гибкой керамики

№	Отличительная особенность	Характеристика
1	Небольшая масса	Вес составляет 4 кг/м <sup>2</sup> . Позволяет наклеивать плитки гибкой керамики на утеплитель при утеплении фасадов зданий. Используется цементный клей для керамических плиток для наружных работ. Фасад имеет эстетичный внешний вид, затраты на него сравнимы с применением штукатурки. В отличие от штукатурки, полученное покрытие лучше переносит нагрузки от подвижки здания. Стойкость к выцветанию выше, чем у фасадных красок по оштукатуренным поверхностям
2	Хорошая паропроницаемость	Позволяет влаге выводиться из помещения наружу сквозь стены фасада в отличие от клинкерных термопанелей и SIP-панелей, при применении которых возникает «эффект термоса»
3	Простота монтажа	Не требует применения каркасов, подсистем и дополнительных стыковочных элементов в отличие от винилового сайдинга, отделки «вагонкой» или применения вентилируемого фасада
4	Хорошая гибкость	Позволяет выполнять дизайн фасадов сложных форм
5	Небольшая толщина	Толщина плитки гибкой керамики (4 мм) позволяет использовать ее для облицовки стен помещений без потери площади
6	Крупный формат плитки	Размер плитки 560×280 мм позволяет ускорить процесс отделки в единицу времени (1 рабочий день)
7	Удобство обработки	Плитка режется абразивным отрезным диском толщиной 0,8 мм

Плитки гибкой керамики можно применять для наружной и внутренней отделки домов, коттеджей, в гражданском домостроении и отделке административных зданий. В наружной отделке это, в первую очередь, фасады, углы зданий, цоколи, откосы окон. Во внутренней отделке – фартуки кухонь, облицовка стен коридоров, балконов и лоджий.

Высокие эксплуатационные характеристики фасадов из гибкой керамики достигаются за счет высокого качества материала и соблюдения технологии монтажа.

Сырьем для гибкой керамики является модифицированная глина, в процессе высокоскоростной термообработки подвергнутая расщеплению, обжигу и формованию в новый отделочный материал, который обладает ярко выраженной эластичностью и поверхностной прочностью.

В состав гибкой керамики, помимо модифицированной глины, включены специальный модификатор цемента и адгезив, а также армирующая сетка. Добавки позволяют использовать для приклеивания гибкой керамики клей для керамической плитки и керамогранита на цементной основе.

Качество поверхности основы под наклейку гибкой керамики определяет эстетическую привлекательность покрытия после монтажа. Требования к качеству подготовленной поверхности те же, что и для нанесения лакокрасочных покрытий и облицовки стен керамической плиткой.

Для приклейки гибкой керамики используется клей для наружных работ на цементной основе для приклеивания керамической плитки и керамогранита.



Рис. 1. Сферы применения гибкой керамики

В случае применения для утепления фасадов плитных утеплителей, они должны иметь высокую плотность (более 80 кг/м<sup>3</sup>) для получения качественной поверхности после наклеивания гибкой керамики [3].

Для заделки швов между плитками используются клеящий цементный раствор, либо специальные затирки для швов для наружного использования в разнообразной цветовой гамме [4].

При текущем уходе поверхность гибкой керамики легко моется водой, либо водой с добавлением жидкости для мытья рук или стирального порошка (ПАВ). Чистка поверхности абразивными чистящими средствами не допускается.

К достоинствам гибкой керамики, кроме вышеперечисленных свойств, относятся: эксплуатация более 20 лет; морозостойкость более 50 циклов; невысокая стоимость конечной облицовки; натуральный природный материал основы (83% глина); удобство перевозки, в том числе личным автотранспортом.

Недостатками являются повышенные требования к подготовке поверхности и выдерживанию ширины швов между плитками во избежание деформации при осадке здания.

Таким образом, гибкая керамика – современный материал, способный воплотить самые смелые идеи архитектора. Гибкая керамика недорога, практична, имеет различные цветовые решения и текстуру, что позволяет ей стать альтернативой использованию керамической плитки и других отделочных материалов.

### Список литературы

1. *Езерский, В. А.* Анализ влияния солей на теплопроводность некоторых стеновых материалов / В. А. Езерский, Т. Ф. Ельчищева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 645 – 651.

2. *Ельчищева, Т. Ф.* Экономико-экологическая эффективность утепления наружных стен зданий в условиях Тамбовской области / Т. Ф. Ельчищева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. Серия «Технические науки». – 2008. – Т. 2, № 1(11). – С. 8 – 15.

3. URL : <http://www.know-house.ru/avtor/23102012uniprok.html> (дата обращения: 05.01.15).

4. URL : <http://www.tophouse.ru/products/fasad/> (дата обращения: 05.01.15).

*Кафедра «Архитектура и строительство зданий»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*



УДК 546.7

*Н. Б. Бадирова\**

## ОПТИМИЗАЦИЯ ХЛОРИДОВОЗГОНКИ Ni, Co и Mo ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРИСУТСТВИИ CaCl<sub>2</sub>

Развитие нефтяной промышленности сопряжено с образованием отработанных катализаторов. Накопление подобного вторичного сырья обуславливает необходимость создания комплексной переработки техногенных источников никеля, кобальта, молибдена.

Для определения оптимальных параметров проведения процесса применен метод планирования эксперимента с использованием ротатального планирования второго порядка [1].

Хлоридовозгонка проводилась в вертикальной печи при температуре (от 832 до 1168 °С) – Z<sub>1</sub>, выдержке (от 14,8 до 65,2 мин) – Z<sub>2</sub>, количестве CaCl<sub>2</sub> (от 100 до 200% для теоретически необходимого) – Z<sub>3</sub>. Постоянным параметром в процессе проведения опытов была скорость подачи воздуха в реакционное пространство 0,8...1,5 л/мин. Исходный катализатор содержал масс. %: Ni – 1,7%, Co – 0,9%, Mo – 2,35%, V – 0,4%, Fe – 0,73%. Опыты проводили в вертикальной трубчатой печи.

В таблице 1 приведены интервалы варьирования независимых переменных.

### 1. Интервалы варьирования независимых переменных

	Кодированный вид			Натуральный вид		
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub> , °С	Z <sub>2</sub> , мин.	Z <sub>3</sub> , CaCl <sub>2</sub>
Нижний уровень	-1	-1	-1	900	25	120,2
Верхний уровень	+1	+1	+1	1100	55	179,8

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

Продолжение табл. 1

	Кодированный вид			Натуральный вид		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, \text{мин.}$	$Z_3, \text{CaCl}_2$
Нулевой уровень	0	0	0	1000	40	150
Интервал варьирования	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	100	15	59,5
Плечо $+\alpha$	+1,68	+1,68	+1,68	1168	65,2	200
Плечо $-\alpha$	-1,68	-1,68	-1,68	832	14,8	100

Матрица планирования экспериментов по хлоридовозгонке Ni, Co и Mo из отработанных катализаторов в присутствии  $\text{CaCl}_2$  и их результаты приведены в табл. 2.

**2. Матрица планирования и результаты эксперимента по хлоридовозгонке Ni, Co и Mo из отработанных катализаторов в присутствии  $\text{CaCl}_2$**

№ оп.	Безразмерные входы			$\alpha_{\text{хл}} \text{Ni}, \%$ (эксп.)	$\alpha_{\text{хл}} \text{Co}, \%$ (эксп.)	$\alpha_{\text{хл}} \text{Mo}, \%$ (эксп.)
	$x_1$	$x_2$	$x_3$			
1	1	1	1	95,5	96,3	77,7
2	-1	1	1	85,0	90	66,8
3	1	-1	1	86,0	86,7	71,0
4	-1	-1	1	72,4	72,3	62,6
5	1	1	-1	78,8	88	70,6
6	-1	1	-1	63,0	82	60,3
7	1	-1	-1	69,4	76,4	64,3
8	-1	-1	-1	50,5	67,6	53,8
9	1,681793	0	0	89,0	92	78,0
10	-1,681793	0	0	66,3	75,3	50,6
11	0	1,681793	0	85,1	89,8	71,8
12	0	-1,681793	0	65,3	70,9	49,6
13	0	0	1,681793	88,6	89,8	72,8
14	0	0	-1,681793	59,4	66,4	59,7

№ оп.	Безразмерные входы			$\alpha_{\text{хл}} \text{Ni}, \%$ (эксп.)	$\alpha_{\text{хл}} \text{Co}, \%$ (эксп.)	$\alpha_{\text{хл}} \text{Mo}, \%$ (эксп.)
	$x_1$	$x_2$	$x_3$			
15	0	0	0	83,4	87,3	66,6
16	0	0	0	80,8	86,6	65,6
17	0	0	0	81,8	85	66,0
18	0	0	0	82,5	84,7	64,0
19	0	0	0	83,5	83,8	65,3
20	0	0	0	82,8	86,4	65,0

После обработки данных на ЭВМ было получены следующие уравнения регрессии степени хлоридовозгонки Ni, Co и Mo ( $\alpha_{\text{хл}} \text{Ni}, \%$ ,  $\alpha_{\text{хл}} \text{Co}, \%$ ,  $\alpha_{\text{хл}} \text{Mo}, \%$ ) в кодированном виде:

$$\alpha_{\text{хл}} \text{Ni} = 82,384 + 7,099x_1 + 5,658x_2 + 9,246x_3 - 1,711x_1^2 - 2,577x_2^2 - 3,002x_3^2 - 0,775x_1x_2 - 1,325x_1x_3 + 0,025x_2x_3;$$

$$\alpha_{\text{хл}} \text{Co} = 85,475 + 4,654x_1 + 6,228x_2 + 5,172x_3 - 0,256x_1^2 - 1,423x_2^2 - 2,219x_3^2 - 1,363x_1x_2 + 0,738x_1x_3 + 0,163x_2x_3;$$

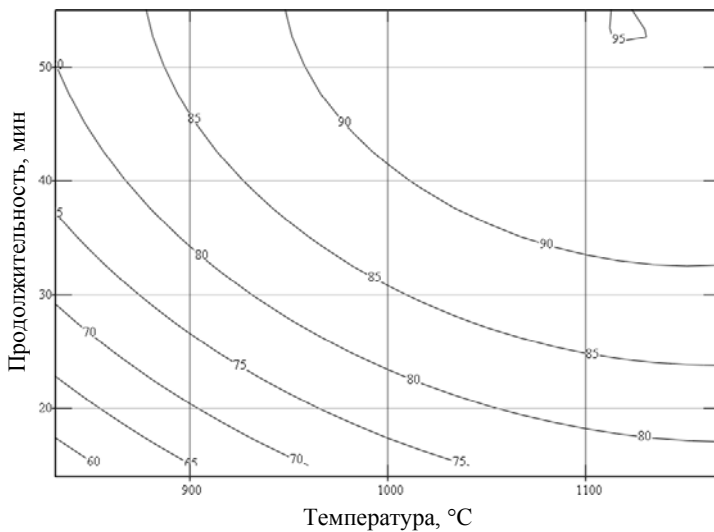
$$\alpha_{\text{хл}} \text{Mo} = 65,271 + 6,308x_1 + 4,468x_2 + 3,743x_3 + 0,094x_1^2 - 1,179x_2^2 + 0,783x_3^2 + 0,288x_1x_2 - 0,188x_1x_3 - 0,238x_2x_3.$$

Проверка значимости по критерию Стьюдента показала, что все коэффициенты оказались значимы. Полученные уравнения адекватно описывают процесс, так как расчетный критерий Фишера меньше табличного (5,1) [2, 3]. На основе полученного уравнения с использованием системы Mathcad-12 построены графики зависимостей степени хлоридовозгонки Ni, Co и Mo от независимых переменных.

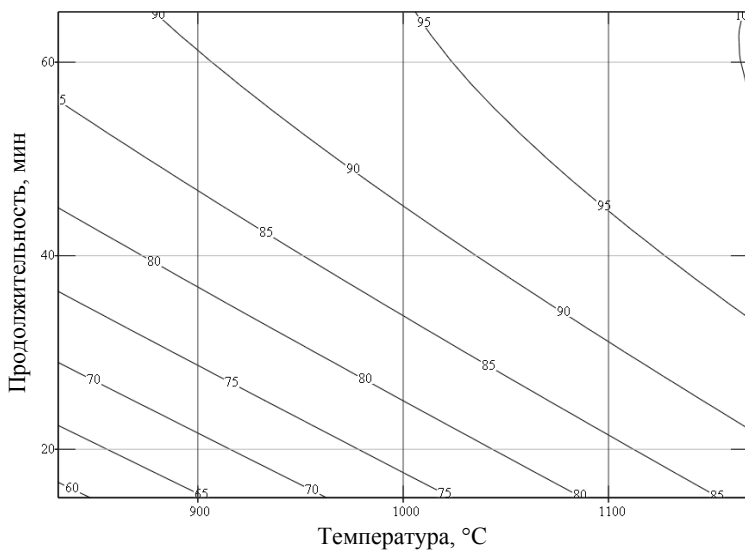
На рисунке 1 приведено сечение формы поверхностей отклика  $\alpha_{\text{хл}} \text{Ni}$ . Для достижения >90% извлечения никеля хлоридовозгонку необходимо проводить при  $T = 960 \dots 1168 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 32 \dots 55$  мин и  $\text{CaCl}_2 = 200\%$ .

Для достижения >95% извлечения кобальта хлоридовозгонку необходимо проводить при  $T = 1010 \dots 1168 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 35 \dots 65$  мин и  $\text{CaCl}_2 = 200\%$  (рис. 2).

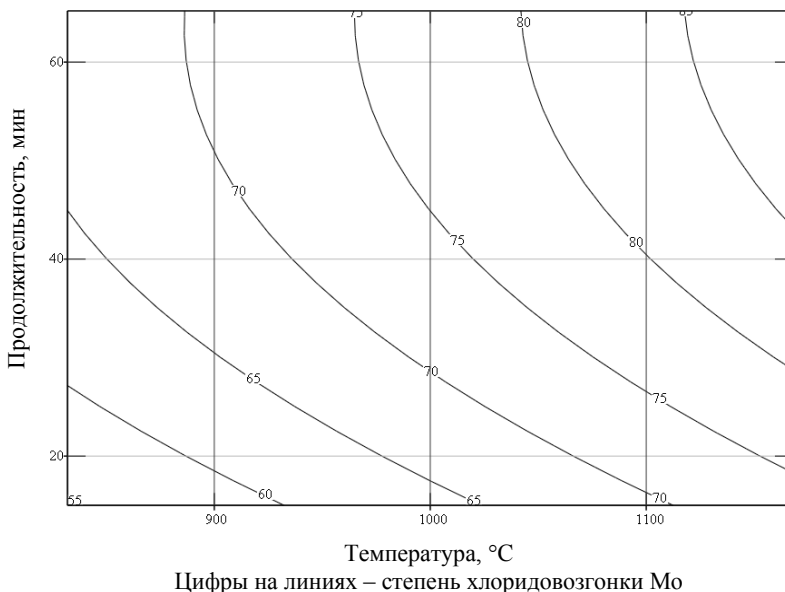
Сечение формы поверхности отклика  $\alpha_{\text{хл}} \text{Mo}, \%$  показано на рис. 3. Чтобы извлечь >85% молибдена, хлоридовозгонку необходимо проводить при  $T = 1125 \dots 1168 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 45 \dots 65$  мин и  $\text{CaCl}_2 = 200\%$ .



**Рис. 1. Влияние температуры и продолжительности опытов на степень хлоридовозгонки Ni при содержании CaCl<sub>2</sub> 200%**



**Рис. 2. Влияние температуры и продолжительности опытов на степень хлоридовозгонки Co при содержании CaCl<sub>2</sub> 200%**



**Рис. 3. Влияние температуры и продолжительности опытов на степень хлоридовозгонки Мо при содержании  $\text{CaCl}_2$  200%**

Таким образом, для полного селективного извлечения Ni, Co и Mo из отработанных катализаторов хлоридовозгонку в присутствии 200%  $\text{CaCl}_2$  необходимо проводить в температурной области 960...1168 °С в течение 32...65 мин.

### Список литературы

- 1 *Ахназарова, С. Л.* Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учебное пособие для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1985. – 327 с.
- 2 *Рузинов, Л. П.* Планирование эксперимента в химии и химической технологии / Л. П. Рузинов, Р. И. Слободчикова. – Москва : Химия, 1980.

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

*П. В. Козлов, С. А. Меркулов, И. Ю. Абрамов, И. М. Клишин\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ**

В последнее время из-за непрерывного роста количества транспорта значительно возросли нагрузки на дорожное покрытие, что привело к уменьшению срока эксплуатации дорог. Дорожное покрытие должно обеспечивать максимальное сопротивление усталостным разрушениям, обладать устойчивостью к изменениям температур суточных и сезонных циклов. Одним из способов повышения качества дорожного покрытия и увеличения его срока службы является использование в дорожном строительстве модифицированных дорожных битумов, в том числе полимер-битумных вяжущих (ПБВ) [1].

Со стремительным развитием нанотехнологий у нас в стране они проникают в разные сегменты науки и техники, в частности нашли свое применение в дорожном строительстве. Сочетанием углеродных наноматериалов с полимерными модификаторами (эластомерами, термоэластопластами) можно добиться достаточно высоких показателей дорожного вяжущего [2].

Термоэластичные полимеры размягчаются при температурах немного выше обычных рабочих температур и хорошо деформируются в этом состоянии. Самым подходящим представителем группы термоэластопластов является дивинил-стирольный термоэластопласт (ДСТ). Благодаря модификации термоэластопластами у битума появляется такой показатель, как эластичность, обычно не свойственный для исходного вяжущего. Добавка этого материала к битуму составляет, как правило, от 3 до 6% по массе. Полимер вводится в виде твердого вещества (гранул или порошка), а также в виде жидкости (эмульсии или раствора). Необходимое количество добавляемого материала зависит от дисперсного состояния вводимого вещества: если ДСТ вводится в битум в мелкодисперсной форме, то его расход уменьшается,

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» П. С. Беляева, канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» О. Г. Маликова.

если в крупнодисперсной форме, то требуется большое количество модификатора.

Целью исследования является получение модификатора определенной рецептуры с использованием термоэластопластов и углеродных нанотрубок (УНТ), которые помогут улучшить эксплуатационные характеристики дорожного вяжущего за счет участия активных углеродных центров для создания пространственной сшитой структуры, а также снизить стоимость модифицирующей добавки.

Идеальные нанотрубки представляют собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, т.е. поверхность, выложенную правильными шестиугольниками, в вершинах которых расположены атомы углерода [2].

Для исследования в качестве дорожного вяжущего был выбран битум марки БНД 90/130. Данная марка, наряду с БНД 60/90, рекомендована для применения в качестве дорожного вяжущего во второй дорожно-климатической зоне, к которой относится Тамбовская область, но использование его ограничено, поскольку БНД 90/130 обладает более высокими показателями пенетрации и растяжимости (дуктильности) по сравнению с маркой 60/90.

Исходя из анализа информационных источников, для повышения эффективности процесса модификации следует уменьшать размер частиц высокомолекулярных соединений, вводимых в битум, и повышать однородность полученного битума, способствуя предотвращению разделения фаз битума и модификатора.

В качестве модифицирующих добавок были выбраны термоэластопласт марки ДСТ и суспензия на основе дизельного топлива (ДТ) и УНТ различной концентрации. Углеродные нанотрубки имеют свойство агломерироваться, для предотвращения агломерации, суспензия приготавливалась при помощи ультразвука, при этом дизельное топливо использовалось как пластификатор. Результаты экспериментальных исследований изменения физико-механических свойств дорожных битумов при их модификации представлены в табл. 1. Как видно из таблицы при модификации дорожного вяжущего БНД 90/130 одним ДСТ показатели пенетрации и растяжимости снижаются и приближаются по значению к исходным битумам марки БНД 60/90 и появляется дополнительное свойство – эластичность.

Совместное введение ДСТ и суспензии на основе ДТ и УНТ позволяет получить модифицированное дорожное вяжущее, которое обладает повышенными показателями пенетрации и эластичности. Увеличение содержания УНТ приводит к снижению показателей дуктильности и падению эластичности системы по сравнению с исходным

## 1. Физико-механические показатели модифицированных битумов и исходных дорожных битумов

Модификаторы	Пенетрация, П25*0,1 мм 25 °С/ 0 °С	Дуктиль- ность, мм	Температура размягчения, °С	Эластич- ность, %
БНД 60/90	62/24	754	64	–
БНД 90/130	108/32	>1000	47	–
ДСТ 2%	92/24	620	56	50
ДСТ 2% + УНТ в ДТ (23 мл) 0,016%	128 / 52	863	49	80
ДСТ 2% + УНТ в ДТ (23 мл) 0,6%	125 / 52	672	48	64
ДСТ 2% + УНТ в ДТ (23 мл) 4%	131 / 45	572	47	49
ДСТ 2% + УНТ в ДТ (0,1 мл) 4%	100/40	812	52	62

битумом БНД 90/130. Уменьшение содержания ДТ в композиции при том же содержании УНТ позволяет повысить температуру размягчения вяжущего до 52 °С, снижает значение пенетрации вяжущего по сравнению с БНД 90/130. Как видно из таблицы, оптимальная концентрация УНТ в смеси составляет 0,016%.

Использование в качестве модификатора ДСТ совместно с УНТ позволяет улучшить характеристики исходного битума БНД90/130 и более широко использовать его для приготовления асфальтобетонных смесей.

### Список литературы

1. *К вопросу о комплексном решении проблем экологии и качества дорожных покрытий* / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, Д. Л. Полушкин, В. П. Беляев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 39. – С. 184 – 189.
2. *Углеродные наноматериалы серии «ТАУНИТ»: производство и применение* / А. Г. Ткачев, А. В. Мележик, Т. П. Дьячкова, А. Н. Блохин, Е. А. Буракова, Т. В. Пасько // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. Ивановский государственный химико-технологический университет. – 2013. – № 4. – С. 55 – 59.

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



## СОДЕРЖАНИЕ

---

### ФУНДАМЕНТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

1. *Медведева А. В.* ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ..... 3
2. *Комбарова Е. В., Комбаров Д. А.* ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ..... 7
3. *Сычев А. А., Ярмизина А. Ю., Лобыкина Ю. И., Димитров В. В.* ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТОДЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ..... 11
4. *Хромый К. С., Ярмизина А. Ю.* ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ДВУХСЛОЙНОМ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ ..... 15

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

5. *Алтунин К. А., Храмова Н. А.* АЛГОРИТМ РАБОТЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ ..... 19
6. *Пеливан М. А.* КЛАСТЕРИЗАЦИЯ МЕТОДОМ НАИБОЛЕЕ УДАЛЕННЫХ СОСЕДЕЙ ИЛИ МЕТОДОМ ПОЛНОЙ СВЯЗИ 23
7. *Васюкова Е. О.* РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ FOREL В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ МАТЛАВ ... 27
8. *Грибков А. Н.* МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ..... 31
9. *Шуваева А. М.* МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ АТАК НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ 35
10. *Манаенков А. М., Морозов В. В., Немтинова Ю. В.* ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОИСКА И АНАЛИЗА ПРОДУКЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ ..... 40
11. *Алтунин К. А., Храмова Н. А.* РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ ..... 44

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ**

12. *Васильев С. О., Рожков А. В.* ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИРОВОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ..... 49

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ**

13. *Кузнецова Т. С., Зяблова А. М.* ПРОЦЕДУРА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ И МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ ..... 53
14. *Щегольков А. В., Щегольков А. В., Шестоков К. В.* ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАГРЕВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ..... 57
15. *Щегольков А. В., Щегольков А. В., Попова А. А.* ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С ДОЛГОВРЕМЕННЫМ ХРАНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ ..... 61
16. *Фирсова А. В., Медведева А. В.* УСТАНОВКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЛЕНОК ..... 65
17. *Бабкин А. В., Нескоромная Е. А., Романцова И. В., Бураков А. Е.* СИСТЕМА ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ СОРБЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ..... 69
18. *Абоносимов Д. О.* ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ..... 73
19. *Родина А. А., Облицов И. В., Поляков А. С.* СИНТЕЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАНКОВ СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ..... 77
20. *Колодин А. Н., Облицов И. В., Поляков А. С.* КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИВОДОВ ..... 81
21. *Родина А. А., Облицов И. В., Поляков А. С.* КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ШАГОВОГО ГИДРОПРИВОДА ..... 85

22. *Колодин А. Н., Облицов И. В., Поляков А. С.* КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ ..... 89

**БИОТЕХНОЛОГИЯ,  
БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

23. *Рашид С. Х., Богатырева Е. К.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА ИЗ ФИНИКОВ ..... 94
24. *Темнов М. С., Санталов Р. Д., Михалев Н. С.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОСТА БИОМАССЫ *CHLORELLA VULGARIS* В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ 98
25. *Павлова А. А., Тихий А. В.* ВЛИЯНИЕ КАРРАГИНАНА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЙНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ..... 103
26. *Курганова А. Е.* СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНФЕТ С КОМБИНИРОВАННЫМИ КОРПУСАМИ ..... 107
27. *Истомина А. И.* РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ДИСТАЛЬНЫХ ФАЛАНГ ПАЛЬЦЕВ ..... 113

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

28. *Шаволина М. А., Шуняева О. Б., Лопатина М. И.* ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СТОЙКОСТЬ МОЛОЧНО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРНОГО ПРОДУКТА ..... 117
29. *Усиевич Д. Ю.* ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЖИРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗУРИ ..... 120
30. *Надеждина А. С., Ланцова У. В., Бушковская А. И.* ИЗУЧЕНИЕ КОНТАМИНАЦИИ СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА ПРИ ХРАНЕНИИ ..... 125
31. *Чернов Г. А.* ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОБОГАЩЕНИЕ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ..... 129
32. *Анциферов К. В., Краснослободцева Е. Н., Кулаева Е. С.* МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА ..... 134

33. *Сергеева К. А., Маркин И. В., Великанова А. С.* ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НОВОГО СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК ПРИ СЕПАРИРОВАНИИ ..... 137
34. *Богданова К. С., Курганова А. Е.* ПРОИЗВОДСТВО КОНФЕТ С КОМБИНИРОВАННЫМИ КОРПУСАМИ И РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ ..... 141
35. *Кузьменко С. Л., Богатырева Е. К.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРАТОВ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО ..... 146

### **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

36. *Рябова Е. А., Милованов Е. Е., Ремизов Д. С.* УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ, СОЕДИНЕНИЯ И ТЕПЛОМАССОБМЕНА ..... 151
37. *Казаков В. Г.* ЭЛЕКТРОГИПЕРФИЛЬТРАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА СТАДИИ ПРОМЫВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДИ-(2-БЕНЗТИАЗОЛИЛ) ДИСУЛЬФИДА ..... 155
38. *Пятакова Н. В.* РАЗРАБОТКА РЕАГЕНТА НА ОСНОВЕ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ..... 160
39. *Банин Р. Ю.* ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА ..... 164
40. *Примеров О. С.* ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ ..... 168
41. *Татарникова Я. Н., Примеров О. С.* ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ НА СТАДИИ СОРТИРОВКИ ..... 172
42. *Ермолаев В. В.* РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ..... 176
43. *Разинькова Д. В., Кузнецова Н. А., Примеров О. С., Макеев П. В.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ОПИЛОК ЦСП ..... 179

44. *Разинькова Д. В., Кузнецова Н. А., Смагина А. С., Волокитина Д. И.* ПОЛИМЕРНЫЕ ОТХОДЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ..... 183

#### **АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ**

45. *Загородникова М. А.* ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА БЕЗ УЧЕТА ВНЕШНИХ АТМОСФЕРНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ..... 188
46. *Мамонтов А. А., Крутько К. Н.* СТОЙКОСТЬ ЭКСТРУЗИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА К ПЕРЕМЕННОМУ ЗАМАЧИВАНИЮ И ВЫСУШИВАНИЮ ..... 192
47. *Филоненко Н. С.* К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКОЙ КЕРАМИКИ В ОТДЕЛКЕ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ ..... 196

#### **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

48. *Бадирова Н. Б.* ОПТИМИЗАЦИЯ ХЛОРИДОВОЗГОНКИ Ni, Co и Mo ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРИСУТСТВИИ CaCl<sub>2</sub> ..... 200
49. *Козлов П. В., Меркулов С. А., Абрамов И. Ю., Клишин И. М.* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ ... 205

Научное электронное издание

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск VI

Редактор И. В. Калистратова  
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

ISBN 978-5-8265-1394-1



Подписано к изданию 11.03.2015.  
Тираж 100 экз. Заказ № 123

Издательско-полиграфический центр  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: [izdatelstvo@admin.tstu.ru](mailto:izdatelstvo@admin.tstu.ru)

