

Году культурного
наследия народов
России
посвящается

*В рамках
Фестиваля науки
в Тамбовской
области*



ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК XIV

**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, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Научное электронное издание

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2022**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская экологическая академия
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»

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

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

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

Выпуск XIV

**Информатика, вычислительная техника, информационные системы
Системный анализ и управление, приборы
Материаловедение, нанотехнологии, машиностроение
Биотехнология, биомедицинская инженерия
Технология продуктов питания
Процессы и аппараты химических и других технологий
Энергетика, энергоснабжение, энергосбережение
Архитектура и строительство, транспорт
Экономика, управление качеством продукции
Проблемы техногенной безопасности**

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2022

ББК я43
П78

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, доц. М. В. Соколов (ответственный редактор);
д-р техн. наук, проф. В. И. 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, проф. П. В. Монастырев;
д-р техн. наук, проф. О. С. Дмитриев; д-р техн. наук, проф. Ю. Ю. Громов;
д-р техн. наук, проф. Н. Ц. Гатапова; д-р техн. наук, проф. А. Г. Ткачев;
д-р техн. наук, проф. Д. М. Мордасов;
д-р техн. наук, проф. Г. С. Баронин; М. А. Евсейчева

П78 **Проблемы** техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – Вып. XIV. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дискковод ; 3,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-2530-2

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2022 г. в рамках Шестнадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития», а также молодых ученых, аспирантов и студентов по приоритетным научным направлениям университета: фундаментальные естественные науки; информационные системы и технологии; системный анализ и управление, приборы; материаловедение, нанотехнологии, машиностроение; биотехнология, биомедицинская инженерия; процессы и аппараты химических и других технологий; энергетика, энергоснабжение, энергосбережение; архитектура и строительство, транспорт.

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) e-library.ru

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

ISBN 978-5-8265-1643-0 (общ.) © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2022
ISBN 978-5-8265-2530-2 (вып. XIV)

УДК 544.15

*А. В. Здерева, И. А. Степура, Д. П. Ростова, А. В. Тришина**

РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ГРАНИЧНЫХ ОРБИТАЛЕЙ КАТИОННЫХ ПАВ МЕТОДАМИ ADC2 И EOM-DLPNO-CCSD

Для сокращения энергозатрат в производстве красителей можно избавиться от стадии сушки посредством перевода пигмента в масляное связующее при использовании фляшинг-процесса. Для этой цели необходимо использовать вещества, которые будут давать олеофильные свойства кристаллам пигмента, облегчающие их перевод из водной фазы в масляное связующее. В качестве таких веществ могут выступать катионные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Для определения эффективности ПАВ в качестве олеофилизаторов поверхности пигмента удобно использовать такие характеристики, как абсолютная жесткость по Пирсону и индекс электрофильности [1]. Данные характеристики рассчитываются через энергии граничных орбиталей, которые в свою очередь можно связать с такими экспериментально определяемыми величинами, как вертикальный потенциал ионизации и сродство к электрону. В представленной работе проанализированы методы расчета данных характеристик для катионных ПАВ на примере триэтиламина и триэтаноламина.

Для исследуемых веществ были рассчитаны потенциал ионизации (табл. 1) и сродство к электрону (табл. 2) методами ADC2 [2] и EOM-DLPNO-CCSD [3] и базисами cc-pVTZ и aug-cc-pVTZ.

1. Вертикальный потенциал ионизации, эВ

Вещество	ADC2		EOM-DLPNO-CCSD		Экспериментальные данные
	cc-pVTZ	aug-cc-pVTZ	cc-pVTZ	aug-cc-pVTZ	
Триэтиламин	7,15	7,19	8,05	8,10	8,03...8,24
Триэтаноламин	7,29	7,35	8,17	8,24	~8,70

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ПГТУ» А. А. Дегтярева.

2. Средство к электрону, эВ

Вещество	ADC2		EOM-DLPNO-CCSD	
	cc-pVTZ	aug-cc-pVTZ	cc-pVTZ	aug-cc-pVTZ
Триэтиламин	2,84	0,61	3,10	0,73
Триэтаноламин	2,51	0,41	2,82	0,54

Выбор размера базиса провели на примере расчета потенциала ионизации (рис. 1) и сродства к электрону (рис. 2) триэтаноламина, так как для этого вещества имеются экспериментальные данные [4]. Значения, рассчитанные методом EOM-DLPNO-CCSD, для обоих исследуемых веществ ближе к экспериментальным, поэтому выбираем этот метод для дальнейшего расчета.

При увеличении размера базиса различие между точностью базисов невелико, поэтому нет необходимости в выборе более тяжелых базисных наборов, но желательно использовать базисы с диффузионными функциями.

При увеличении размера базиса величина сродства к электрону уменьшается, но без добавления диффузионных функций она значительно выше. Поэтому использовать диффузионные функции обязательно.

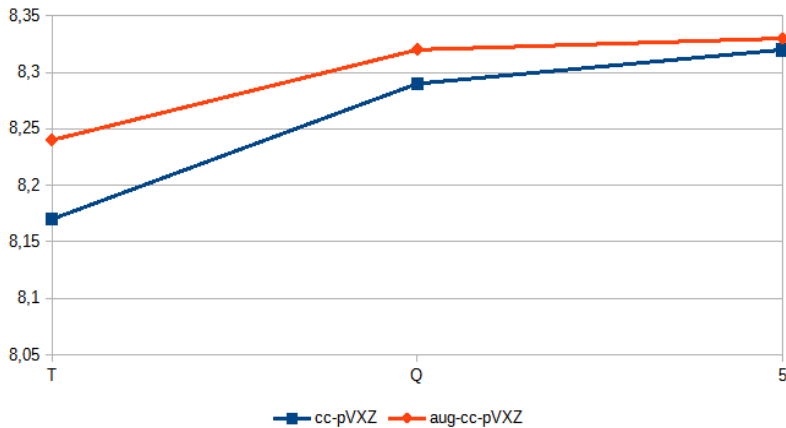


Рис. 1. Зависимость потенциала ионизации триэтаноламина от размера базиса

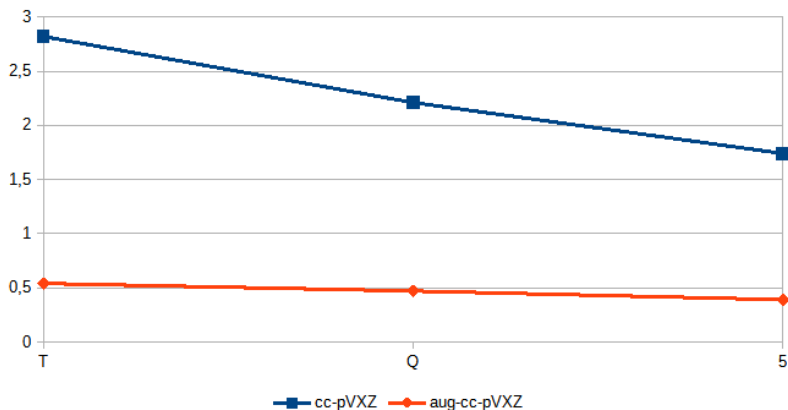


Рис. 2. Зависимость сродства к электрону триэтиламина от размера базиса

Значения абсолютной жесткости (η) и индекс электрофильности (ω) рассчитываются исходя из энергии граничных орбиталей по следующим зависимостям:

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta},$$

где μ – химический потенциал:

$$\mu = \frac{E_{\text{HВМО}} + E_{\text{ВЗМО}}}{2},$$

$$\eta = \frac{E_{\text{HВМО}} - E_{\text{ВЗМО}}}{2}.$$

Рассчитанные значения для триэтиламина и триэтианоламина приведены в табл. 3

3. Индексы реакционной способности, эВ

Вещество	$E_{\text{HВМО}}$	$-E_{\text{ВЗМО}}$	η	ω
Триэтиламин	0,73	8,10	4,415	1,538
Триэтианоламин	0,54	8,24	4,39	1,688

Выводы:

1) наиболее оптимальным для расчета энергии граничных орбиталей является метод EOM-DLPNO-CCSD;

2) для расчета потенциала ионизации допустимо использование базиса без добавления диффузионных функций, в то время как для расчета сродства к электрону использование диффузионных функций обязательно;

3) были рассчитаны абсолютная жесткость по Пирсону и индекс электрофильности для триэтиламина и триэтаноламина.

Список литературы

1. Predicting the Possibility of Oleophilizing Surfaces of Copper Phthalocyanin on the Basis of Reactivity Descriptors / A. A. Degtyarev, A. V. Trishina, T. P. Dyachkova et al. // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2020. – V. 94, No. 8. – P. 1694 – 1698. – DOI: 10.1134/S0036024420080051

2. adcc: Seamlessly Connect your Program to ADC [Электронный ресурс]. – URL : <https://adc-connect.org/v0.15.13/theory.html/> (дата обращения: 10.08.2022).

3. Accurate Computation of the Absorption Spectrum of Chlorophyll a with Pair Natural Orbital Coupled Cluster Methods / Abhishek Sirohiwal, Romain Berraud-Pache, Frank Neese, Róbert Izsák, and Dimitrios A. Pantazis // The Journal of Physical Chemistry B. – 2020. – V. 124, No. 40. – P. 8761 – 8771. – DOI: 10.1021/acs.jpcc.0c05761

4. NIST Chemistry WebBook, SRD 69 [Электронный ресурс]. – URL : <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C121448&Units=SI&Mask=20#Ion-Energetics/> (дата обращения: 17.08.2022).

Кафедра «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

*А. А. Горбачев, И. А. Жалнин, К. А. Ищенко**

К ВОПРОСУ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СРАВНЕНИЯ ОБРАЗОВ

Для двух заданных образов требуется построить оценку тематической близости $rank(a, b)$ так, что при $rank(a, b) = 1$ тематики прообразов a и b полностью совпадали и для того, чтобы выполнялось $rank(a, b) > rank(a, c)$, было необходимо и достаточно того, что прообраз b был ближе по тематике к прообразу a , чем прообраз c .

Эффективность конечного метода решения той или иной задачи в значительной степени зависит от эффективности используемой схемы ранжирования, от тестовых данных. Рассмотрим оценку средней эффективности, т.е. эффективности при условии случайных данных. Для этого строим метрику на множестве схем ранжирования так, что по любым двум известным эффективностям и расстояниям между ними исследуемым методом указанную оценку можно построить по формуле

$$efc = \begin{cases} efa - \|a - c\|, & \|a - c\| + \|b - c\| > \|a - b\| \wedge \|a - c\| \leq \|b - c\| \\ efa + \|a - c\|, & \end{cases} \quad (1)$$

где efa – эффективность метода, и известно, что эффективность метода b выше. В качестве метрики – сравнительная эффективность двух методов – модуль разности средних эффективностей методов.

В частности, для задачи поиска

$$e(f) = \int_0^1 p_f dr_f. \quad (2)$$

Таким образом, конечная форма сравнительной эффективности

$$\Delta(f, g) = \left| \int_0^1 p_f dr_f - \int_0^1 p_g dr_g \right|. \quad (3)$$

Для построения оценки сравнительной эффективности во всем классе схем ранжирования используем алгоритм:

1. Выделение всех свойств и построение общего словаря T .
2. Преобразование $D \rightarrow R^{|T|}$ по формуле

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

$$\begin{aligned} \bar{d}_i &= (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{i|T|}); \\ d_{ij} &= \begin{cases} f(d_i, t_k), t_k \in d_i; \\ 0, t_k \notin d_i. \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

Сравнение полученных образов и вычисление ранга

$$\text{rank}(d_1, d_2) = \bar{d}_1 X \bar{d}_2, \quad (5)$$

где X – матрица размерности $|T| \times |T|$. Функции f могут различаться для первого и второго аргументов. Далее обозначим f_1 – функцию первого аргумента, f_2 – второго. Эти функции выбираются таким образом, чтобы отражать встречаемость и значимость термина в той или иной структуре, поэтому будем называть их функциями значимости.

Сравнительная эффективность методов сравнения образов коррелирует с вероятностью совпадений знаков сравнительной оценки близости соответствующих прообразов по всей совместной базе.

$$\rho(m_1, m_2) = P\{(\text{rank}_{m_1}(a, b) - \text{rank}_{m_1}(a, c))(\text{rank}_{m_2}(a, b) - \text{rank}_{m_2}(a, c)) > 0\}. \quad (6)$$

Подставим в форму (6) вид рассматриваемых схем (5):

$$\begin{aligned} \rho(m_1, m_2) &= P\{(\bar{a}^T X_1 \bar{b} - \bar{a}^T X_1 \bar{c})(\bar{a}^T X_2 \bar{b} - \bar{a}^T X_2 \bar{c}) > 0\} \Leftrightarrow \\ \rho(m_1, m_2) &= P\{\bar{a}^T X_1 (\bar{b} - \bar{c}) \bar{a}^T X_2 (\bar{b} - \bar{c}) > 0\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Проведя замену переменных $\bar{x} = \frac{\bar{a}}{\|\bar{a}\|}$, $\bar{y} = \frac{(\bar{b} - \bar{c})}{\|\bar{b} - \bar{c}\|}$ и учитывая то, что

$\|\bar{b} - \bar{c}\| \|\bar{a}\|$ не влияют на знак рассматриваемого выражения, получим

$$\rho(m_1, m_2) = P\{\bar{x}^T X_1 \bar{y} \bar{x}^T X_2 \bar{y} > 0\}. \quad (8)$$

В том случае, когда функции значимости равны и симметричны относительно нуля, значения x и y можно рассмотреть как независимые случайные величины, равномерно распределенные по единичной сфере с центром в $\bar{0}$. Далее можно разделить указанное событие на два непересекающихся:

$$\rho(m_1, m_2) = P\{\bar{x}^T X_1 \bar{y} > 0 \wedge \bar{x}^T X_2 \bar{y} > 0\} + P\{\bar{x}^T X_1 \bar{y} < 0 \wedge \bar{x}^T X_2 \bar{y} < 0\}. \quad (9)$$

Рассмотрен только тот случай, когда документы b и c отличаются ровно на один терм, причем этот терм равномерно распределен по словарю. Таким образом переходим к системе

$$\rho(m_1, m_2) = \frac{1}{|T|} \sum_{i=0}^{|T|} \left(P\{\bar{x}^T \bar{x}_1^i > 0 \wedge \bar{x}^T \bar{x}_2^i > 0\} + P\{\bar{x}^T \bar{x}_1^i < 0 \wedge \bar{x}^T \bar{x}_2^i < 0\} \right); \quad (10)$$

$$\rho(m_1, m_2) = \frac{1}{|T|} \sum_{i=0}^{|T|} \left(P\{\bar{x}_1^{iT} \bar{x} > 0 \wedge \bar{x}_2^{iT} \bar{x} > 0\} + P\{\bar{x}_1^{iT} \bar{x} < 0 \wedge \bar{x}_2^{iT} \bar{x} < 0\} \right).$$

Рассмотрим сечение пространства плоскостью $(\bar{x}_1^i, \bar{x}_2^i)$, проходящей через начало координат. Плоскость будет ортогональна пересечению гиперплоскостей $\bar{x}_1^{iT} \bar{x} = 0$ и $\bar{x}_2^{iT} \bar{x} > 0$. Сечение единичной сферы представляет собой окружность, из чего следует, что вероятность $P\{\bar{x}_1^{iT} \bar{x} > 0 \wedge \bar{x}_2^{iT} \bar{x} > 0\} + P\{\bar{x}_1^{iT} \bar{x} < 0 \wedge \bar{x}_2^{iT} \bar{x} < 0\}$ для векторов из выбранного сечения составляет $\frac{1}{\Pi} \left(\Pi - \arccos \left(\frac{(\bar{x}_1^i, \bar{x}_2^i)}{\|\bar{x}_1^i\| \cdot \|\bar{x}_2^i\|} \right) \right)$. Для любого движения вдоль вектора $\vec{r} \in \{x | \bar{x}_1^i \bar{x} = 0 \cap \bar{x}_2^i \bar{x} = 0\}$ эта ситуация будет сохраняться, из чего можно сделать вывод о том, что полученная формула верна для любых векторов из единичной сферы.

Очевидно, что одно и то же множество объектов можно разбить на кластеры различными способами, или при использовании одного метода можно получить целую группу различных разбиений. В таком случае имеет смысл определить качество разбиений с целью выбора наилучшего разбиения, т.е. сформулировать количественный критерий, в соответствии с которым можно было бы предпочесть одно разбиение другому. Для формулировки представлений о качестве классификации в постановку задачи вводится функционал качества разбиения, задающий способ сопоставления с каждым разбиением P числа $Q(P)$, которое оценивает в некоторой шкале степень оптимальности разбиения P . То разбиение P^* , на котором выбранный функционал достигает экстремального значения, считается наиболее предпочтительным. Данное направление в кластерном анализе называется оптимизационным и вводит задачу классификации в сугубо математическое русло, так что в математической постановке задача классификации сводится к поиску оптимального разбиения P^* и формулируется в виде

$$Q(P) \rightarrow \text{extr}, \quad P \in \Pi \quad (11)$$

где Π – множество всех возможных разбиений исходного множества объектов X . Математические методы и реализующие их кластер-процедуры, доставляющие экстремум выбранному функционалу, соответственно называют оптимизационными.

В продолжение рассмотрения оптимизационных методов решения задачи классификации следует указать на то обстоятельство, что, как отмечал С. А. Айвазян, «в статистической практике выбор функционала качества разбиения $Q(P)$ обычно осуществляется весьма произвольно, опирается скорее на эмпирические и профессионально-интуитивные соображения, чем на какую-либо точную формализованную схему... Однако ряд распространенных в статистической практике функционалов качества удастся постфактум обосновать и осмыслить в рамках строгих математических моделей» [2].

Если классификация, которую требуется найти, описывается матрицей определенной структуры, к примеру, матрицей отношения эквивалентности, то задача заключается в оценке параметров искомой структуры так, чтобы искомая структура минимально отличалась бы от исходной структуры. Иными словами, отношение, отвечающее исходным данным, необходимо аппроксимировать отношением, которое отвечает представлению о наилучшей классификации, так что это направление решения задач кластер-анализа именуется аппроксимационным; в этом случае проблема сводится к следующей оптимизационной задаче:

$$\|M\| \rightarrow \text{extr}, \quad (12)$$

где $M = J - BX$. В этом равенстве J обозначает отношение, которое требуется найти, X – матрица исходных данных, B – оператор перехода от X к J , а $\|M\|$ обозначает некоторую норму. На практике применяют методы аппроксимации как матрицы «объект–свойство», так и матрицы «объект–объект».

Список литературы

- 1 Добрынин, В. Ю. Автоматическая классификация документов / В. Ю. Добрынин, И. Е. Кураленок // Интернет и современное сообщество : тр. Всерос. науч.-метод. конф. – СПб., December 1998.
- 2 Кураленок, И. Е. Автоматическая классификация документов с использованием семантического анализа / И. Е. Кураленок, И. С. Некрестьянов // Электронные библиотеки : тр. Первой Всерос. науч. конф. – СПб., октябрь 1999.

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

*Д. А. Гурьянов, Н. С. Попов, Мустафа Моазз Собхи Али Эльспед**

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ СТРУКТУРОЙ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ИРИС)

Термин ИРИС здесь применяется к территориям, экосистемам, технологиям, параметры функционирования которых существенно зависят от пространственных характеристик их компонентов и от времени. Каждый объект ИРИС может представлять собой многоуровневую систему подобъектов, связанных различными сигналами. Изменения ресурсов внутри объектов моделируются некоторым набором процедур или функций, именуемых процессами. Таким образом, ИРИС рассматриваются как иерархические многоуровневые системы [1] и исследуются в рамках технологии SADT [2].

Концептуальная модель ИРИС. Ядром ситуационной системы моделирования (ССМ) является иерархическая ситуационная концептуальная модель (СКМ), которая кратко описана ниже.

Для использования ССМ ИРИС необходимо представить в виде иерархически упорядоченного множества объектов (составных частей). Множество объектов имеет вид

$$O = \{o_{\beta\alpha}^{\gamma}\} ::= \bigcup_{\alpha=1}^{N_L} O_{\alpha}, \quad (1)$$

где $\alpha = \overline{1, N_L}$ – номер уровня дерева объектов, к которому относится данный объект (L – общее количество уровней декомпозиции); $\beta_{\alpha} = \overline{1, N_{\alpha}}$ – порядковый номер объекта на его уровне декомпозиции; $\gamma = \overline{1, N_{\alpha-1}}$ – порядковый номер суперобъекта, доминирующего данный на вышележащем уровне; O_{α} – множество объектов, принадлежащих уровню с номером α .

Символом ::= здесь и далее обозначается равенство по определению. Для обеспечения связности СКМ принимается, что существует единственный суперобъект, доминирующий все объекты первого уровня декомпозиции, т.е. справедливо соотношение

$$O_1 ::= \{o_{\beta_1}^0\}, \beta_1 = \overline{1, N_1}. \quad (2)$$

Множество имен данных делится на множества имен переменных и параметров:

$$D ::= \langle \text{Var}, \text{Par} \rangle, \text{Var} ::= \{\text{vari}\}, i = \overline{1, N_v}; \text{Par} ::= \{\text{parj}\}, j = \overline{1, N_p}, \quad (3)$$

где N_v и N_p – мощности этих множеств.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

Схема СКМ имеет вид

$$S_{СКМ} ::= \langle O, P, D^{CM}, H, OP, PO, U \rangle, \quad (4)$$

где O – множество объектов СКМ, определенное в соотношении (1); $P ::= \{p_n\}$, $n = \overline{1, N_p}$ – множество процессов СКМ; $D^{CM} \subseteq D$ – множество данных концептуальной модели, где D задано соотношением (3); H – отношение иерархии объектов; $OP \subseteq O \times B(P)$ – отношение «объект–порождающие его выходные данные процессы», причем $B(P)$ есть разбиение множества P ; $PO \subseteq P \times B(O)$ – отношение «процесс–создающие его входные данные объекты»; $U ::= U_p \cup U_0$ – отношение, формализующее управление процессом вычислений на основе СКМ.

Доказано, что схема (4) позволяет моделировать все основные виды иерархий [1] (стратифицированные, многослойные и многоэтажные иерархии). Множество объектов (1), (2) разбивается на попарно не пересекающиеся подмножества по категориям объектов:

$$O ::= O^{LEAF} \cup O^{COMP} \cup O^{GIS}. \quad (5)$$

Если к множеству (5) добавить множество элементарных объектов ГИС, то получим все множество объектов СКМ $O' ::= O \cup O^{ELEM}$, причем множество ГИС-элементов, типы которых должны начинаться со стандартных типов элементов ГИС (обозначено символом ∞), задается соотношением

$$O^{GIS} ::= O^{GIS} \cup O^{ELEM} ::= \{o_i \in O' : t_o(o_i) \in \{\text{"dot"}, \text{"arc"}, \text{"pol"}\}\}. \quad (6)$$

Для анализа ситуаций, которые могут возникнуть на объекте моделирования, ЛПР задает исходную ситуацию в виде интересующей его области на карте или конечного списка фактов формата (7), в котором имена данных принадлежат множествам (6) и не повторяются:

$$\langle \text{имя} \rangle \langle \text{знак} \rangle \langle \text{подписьок_значений (n)} \rangle, \quad (7)$$

где $\langle \text{имя} \rangle$ – уникальное имя данного; $\langle \text{знак} \rangle ::= = | \neq$ – для параметров; $\langle \text{знак} \rangle ::= = | \neq | \in | \notin | \geq | \leq$ – для переменных; $\langle \text{подписьок_значений (n)} \rangle$ имеет длину n и принадлежит области значений функции, соответствующей имени данного.

$$\Phi_{CCM}^{(s)} ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \right)^s \right)^{1/s} ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta a_i^s \right)^{1/s}, \quad (8)$$

где s – четное натуральное число; a_i – значения ресурсов из списка выходов данного элемента модели (одного из объектов (1), (2) или процесса СКМ, или ресурсов, входящих в правую часть некоторого правила ЭС ССМ, или графических ресурсов, вычисляемых с помощью ГИС); a_{i0} и $\Delta a_i > 0$ – настроечные параметры, отражающие требования вышестоящего элемента к номинальному значению a_i и допустимому отклонению от этого значения соответственно; $\delta a_i ::= \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i}$ – относитель-

ное отклонение фактического значения ресурса a_i от его номинального значения a_{i0} .

Если считать a_i скалярными критериями качества работы элемента модели, номинальные значения которых определяются величинами a_{i0} , то соотношение (8) представляет собой обобщенный критерий [3] с коэффициентами важности, обратно пропорциональными допустимым отклонениям скалярных критериев. Его значение равно единице в том случае, если значения всех его аргументов находятся на грани допусков:

$$\Phi_{ССМ}^s = 1, \text{ если } |a_i - a_{i0}| = \Delta a_i, i = \overline{1, m}, \quad (9)$$

и не превосходит единицы, если все аргументы находятся в пределах допусков.

Удельная величина изменения критерия (8) при изменении одного из его аргументов, задаваемая соотношением

$$\delta \Phi_i^{(s)} ::= \frac{\partial \Phi_i^{(s)} / \partial a_i}{\Delta a_i} = m^{s-1} (\Phi^{(s)})^{s-1} \delta a_i^{s-1}, \quad (10)$$

характеризует относительную чувствительность критерия качества (8) к изменению этого аргумента. В предположении о равной важности всех ресурсов для достижения цели функционирования элемента СКМ удельная величина обобщенных затрат на каждый из аргументов критерия (8) оценивается формулой

$$\eta_i ::= \frac{1}{m} \delta \Phi_i^{(s)}. \quad (11)$$

Далее рассматривается самый простой из критериев вида (8) – квадратичный критерий $\Phi(2)$. Для него из соотношений (8) – (10) следует, что при нахождении аргумента a_i в допустимых пределах величина η_i не превосходит единицы. Тогда формула (11) примет вид

$$\eta_i ::= \Phi^{(2)} \delta a_i + \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \eta_j, \quad (12)$$

где n – количество (длина списка) входных ресурсов данного элемента модели; η_j – рассчитанные аналогично (12) удельные затраты на получение входных ресурсов объекта, по критерию качества которого сравниваются достаточные ситуации.

Принцип классификации ситуаций в ССМ дается следующими определениями.

Определение 1. Две достаточные ситуации из одного и того же фрагмента СКМ при одном и том же ОПР относятся к одному классу ситуаций, если для них обеих минимальна величина удельных затрат (12) для одного и того же выходного ресурса a_i данного ОПР.

Определение 2. Оптимальной достаточной ситуацией из заданного класса является достаточная ситуация с минимальным значением удельных затрат (12).

Принятие решений по управлению объектом в рассматриваемой постановке трансформируется в выбор одного из возможных вариантов структуры объекта на каждом шаге или такте моделирования. Таким образом, задача моделирования нормальной работы состоит в поиске последовательности достаточных ситуаций, непосредственно выводимых одна из другой и гарантирующих нахождение всех элементов обобщенного вектора состояния в допустимых диапазонах.

Список литературы

1. Геловани, В. А. Системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием современной информационной технологии [Электронный ресурс] / В. А. Геловани, В. Б. Бритков. – URL : <http://sr.isa.ac.ru/sr-95-96/gelbrit3.html>
2. Кравченко, Б. В. Системы интеллектуальной поддержки принятия управляющих решений при ликвидации последствий ЧС [Электронный ресурс] / Б. В. Кравченко, Д. Н. Черкасов. – URL : <http://mars.biophys.msu.ru/awse/CONFER/MCE99/149.htm>
3. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахака. – М. : Мир, 1973.

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

*Д. А. Дивеев, Д. Н. Земской, И. О. Юдин**

К ВОПРОСУ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Концептуальной моделью (КМ) будем называть некоторый объект M_z , представленный совокупностью концептов (понятий), определяющих систему Σ_0 , и отношений между этими концептами. Под морфологией принято понимать учение о форме и строении системы Σ_0 . Морфологическое представление такой системы, по существу, есть информационное отображение и представление ее формы и строения определенным информационным «портретом». Для обозначения морфологических свойств системы Σ_0 введем символ « μ ». Представим формальную связь между целостной системой-оригиналом Σ_0 и его морфологическим аспектом Σ_0 гомоморфным отображением вида

$$\Sigma_\mu^0 = \text{Mort}G_\mu^0 : \{\Sigma^0 \rightarrow \Sigma_\mu^0\}. \quad (1)$$

Определим, что в результате отображения (1) получена морфологическая система Σ_μ^0 . Морфологическое описание D_μ^0 – это совокупность определенным образом упорядоченных качественных и количественных сведений о форме и строении моделируемой системы Σ_0 , выраженных средствами адекватного языка на заданном уровне конкретизации. Основное назначение морфологического описания D_μ^0 системы Σ_0 – это создание информационной базы (данных – D и знаний – K) для системы моделирования структур S_{t_z} . Формирование морфологического описания D_μ^0 осуществляется на основе морфологического анализа объекта Σ_0 . Результаты такого анализа, сведенные в систему концептов, приводят к морфологической систем Σ_μ^0 , т.е. концептуальной модели морфологии системы Σ_0 .

В тех случаях, когда содержание и языки представления D_μ^0 и морфологической системы Σ_μ^0 совпадают, описание D_μ^0 трансформируется

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

в концептуальную модель. Если же содержание и языки описания различаются, то и Σ_{μ}^0 находятся между собой в гомоморфных отношениях.

Морфологическая система Σ_{μ}^0 , представленная в форме концептуальной модели (КМ), дает возможность раскрывать как строение, так и форму морфологической организации исходной целостной системы Σ_{μ}^0 . Морфологическая система Σ_{μ}^0 , следовательно, выступает в качестве каркаса, базиса морфологического описания D_{μ}^0 целостной системы-оригинала Σ_0 . Таким образом, взаимосвязи между морфологической системой Σ_{μ}^0 и морфологическим описанием D_{μ}^0 , находящиеся между собой в отношении гомоморфизма, представляются формальной записью вида

$$D_{\mu}^0 = \text{Mort}H_0^D : \{\Sigma_{\mu}^0 \rightarrow D_{\mu}^0\}. \quad (2)$$

Отметим, что морфологическое описание D_{μ}^0 по своей природе иерархично. В зависимости от целей составления описания D_{μ}^0 и решаемых при этом задач следует различать два типа иерархий:

- 1) иерархии, уровни которых определяются степенью детализации строения компонентами системы-оригинала Σ_0 ;
- 2) иерархии, уровни которых определяются степенью абстракции или конкретизации отражаемых в описании $D_{\mu}^0 \rightarrow \Sigma_{\mu}^0$ существенных свойств системы-оригинала Σ_0 .

Первый тип иерархии жестко связан с конкретной системой-оригиналом Σ_0 , второй инвариантен ей.

Рассмотрим морфологическую систему Σ_{μ}^0 .

Анализ строения системы-оригинала Σ_0 осуществляется в соответствии с принципами стратификации и декомпозиции. Морфологический анализ (μ -анализ) дает возможность выделить и исследовать полную совокупность базовых аспектов и факторов, определяющих строение исходной системы Σ_0 . Такая совокупность, удовлетворяющая условиям необходимости и достаточности, включает:

- компонентный состав (E) – носитель системы-оригинала Σ_0 ;

- состав связей (C) – совокупность типов (видов) отношений между компонентами E системы Σ_0 ;
- формы пространственно-временной, логико-временной или пространственно-логико-временной организации, определяемые как конфигурации (Ψ);
- совокупности морфологических параметров π_μ , качественно и количественно характеризующие компонентный состав $E = \{E_v : v = \overline{1, N_\delta}\}$, состав связей $C = \{C_q : Q = \overline{1, C_Q}\}$ и состав конфигураций $\Psi = \{\Psi_\lambda : \lambda = \overline{1, \Lambda}\}$ посредством подмножеств параметров $\pi_\mu^E, \pi_\mu^C, \pi_\mu^\Psi$ соответственно;
- время $T = \{t_k\}$, отражающее динамические свойства системы-оригинала Σ_0 .

Перечисленный набор морфологических компонент, атрибутов и факторов системы Σ_0 дает возможность сформировать необходимую и достаточную совокупность морфологических понятий, концептов, определяющих концептуальную модель морфологических свойств системы Σ_0 . Концептуальную модель морфологической системы Σ_μ^0 с учетом введенных обозначений можно представить кортежем

$$\Sigma_\mu^0 = \langle E, C, \Psi, \pi_\mu, T \rangle. \quad (3)$$

Список литературы

1. Нечаев, В. В. Многоуровневое представление концептуальных моделей структур в базах знаний / В. В. Нечаев ; под ред. И. М. Макарова / Управление в гибких производственных системах и робототехнических комплексах : сб. материалов. – М. : МИРЭА, 1988. – 374 с.
2. Нечаев, В. В. Классификация задач синтеза структур в системах эволюционного моделирования / В. В. Нечаев // Перспективы развития вычислительных систем. (Применение идей эволюции и адаптации) : II Всесоюзный семинар. – Рига : РПИ, 1985. – С. 133 – 138.

*С. Н. Поздняков, И. В. Пунин, Е. А. Титов**

АНАЛИЗ И ОПИСАНИЕ СОСТАВА СВЯЗЕЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В целостных системах Σ^0 составляющие их компоненты $E_V \in E_V : v = \overline{1, N_E}$ взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом, образуя структуры S_{I_Σ} . Анализ свойств таких систем Σ^0 в морфологическом аспекте дает возможность выделить и идентифицировать связность компонент $E_V \in E$ друг с другом как в материальном (каналы связи), так и в идеальном (отношения) аспектах. Для формального описания введем в рассмотрение типы связей, обозначив конкретный тип символом « ℓ ». Для учета количества (числа) типов связей $C_q \in C$, участвующих в формировании структуры S_{I_Σ} , введем признак p_ℓ , который может принимать значения в диапазоне $1 \leq p_\ell \leq L_C$, где L_C – максимально возможное число типов связей в одной структуре S_{I_Σ} системы Σ_μ^0 , количественно совпадающее с максимальным номером L_C типа связи. Число экземпляров связей $C_q^\ell \in C$ ℓ -го типа, связывающих компоненты $E_V^r \in E$ в единой целое, опишем посредством функции числа экземпляров и представим записью $\#(C_q^\ell \in C)$, где C – полная совокупность связей, определяющих структуру S_{I_Σ} морфологической системы Σ_μ^0 , т.е. комплект. В зависимости от качественного состава комплекта C с учетом введенных выше правил, условий и обозначений будем различать следующие классы сетей связей в морфологических системах Σ_μ^0 :

– абсолютно однородные сети связей системы Σ_μ^0 с составом связей $C_q^\ell \in C \equiv C_1$;

– абсолютно неоднородные сети связей системы Σ_μ^0 с составом связей $C_q^\ell \in C \equiv C_2$;

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

– однородно-неоднородные сети связей морфологической системы Σ_{μ}^0 с составом связей $C_q^{\ell} \in C \equiv C_3$.

Абсолютно однородные связи. В морфологической системе Σ_{μ}^0 все компоненты $E_v^r \in \{E\}$ взаимосвязаны друг с другом абсолютно одинаковыми (однотипными) связями $C_q^{\ell} \in C$, где $q = 1, 2, \dots, Q$ – конкретный номер связи в соответствующей сети. Пусть, например, комплект $C_1 \equiv C$ включает в свой состав один и только один тип $\ell \in L_C$ связей $C_q^{\ell} \in C_1$ из некоторого набора L_C , т.е. признак $p_{\ell} \equiv 1$. Следовательно, комплект $C_1 \equiv C$ состоит из $Q_C \equiv Q_{\ell}$ экземпляров связей $C_q^{\ell} \in C_1$, где C_1 – переобозначенная совокупность C ; Q_{ℓ} – число экземпляров связей C_q^{ℓ} ℓ -го типа в комплекте C_1 , численно совпадающее с общим числом связей Q_C морфологической системы Σ_{μ}^0 . С учетом приведенных условий абсолютно однородная по составу связей морфологическая система Σ_{μ}^0 в концептуальной метамодели будет определяться сетью связей, представляемой на языке теории комплектов записью вида

$$\left. \begin{aligned} \#(C_q^{\ell}, C_1) &= Q_{\ell} \\ [C_1] &= \#(C_q^{\ell}, C_1) \equiv Q_{\ell} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $|C_1| \equiv Q_{\ell}$ – мощность комплекта C_1 .

Абсолютно неоднородные связи. Пусть в морфологической системе Σ_{μ}^0 сеть связей, формирующая структуру S_{t_z} , состоит из абсолютно различных связей $C_q^{\ell} \in C_1$. Следовательно, число p_{ℓ} типов $\ell \in L_C$ связей C_q^{ℓ} , составляющих комплект $C_2 \equiv C$, где C_2 – переобозначенная совокупность связей C , определяется абсолютным значением Q_L числа связей Q_C в комплекте C_2 и численно совпадает с величиной L_C . Таким образом, исходя из представления, что связи $C_q^{\ell} \in C_2$, представлены в комплекте C_2 в количестве $Q_L \equiv L_C$ штук и каждая такая связь в сети связей является единственной, т.е. содержится в одном и только в одном экземпляре, математическое описание такой совокупности на языке теории комплектов имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \#(C_q^\ell, C_2) = 1, \forall \ell = \overline{1, L_C} \\ |C_2| = \sum_{\ell=1}^{L_C} \#(C_q^\ell, C_1) = Q_\ell \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

В записях (2) мощность $|C_2|$ суммы комплектов $\sum_{\ell=1}^{L_C} \#(C_q^\ell, C_1)$

определяется тождеством: $C \equiv C_2 \equiv L_C \equiv Q_C$.

Смешанная совокупность связей. В рассматриваемом случае сеть связей между компонентами $E_v^r \in \{E\}$, образующая структуру S_{I_Σ} морфологической системы Σ_μ^0 , состоит как из однотипных (одинаковых), так и разнотипных (различных) связей $C_q^\ell \in C_3$. При этом комплект $C_3 \equiv \{C\}$, где C_3 – переобозначенная совокупность $\{C\}$, включает в свой состав не менее двух ($p_\ell \geq 2$) и не более L_C ($p_\ell \leq L_C$) типов p_ℓ связей $C_q^\ell \in C_3$.

Следовательно, показатель p_ℓ количества типов $\ell \in L_C$ связей $C_q^\ell \in C_3$ в определяемом комплекте C_3 может варьироваться в зависимости от класса морфологической системы Σ_μ^0 , в пределах $2 \leq p_\ell \leq L_C$.

Отметим, что комплект C_3 состоящий из Q_C связей $C_q^\ell \in C_3$, должен хотя бы на единицу быть больше чиста L_C типов $\ell \in L_C$ связей, т.е. $Q_C \geq (L_C + 1)$. В общем случае, в зависимости от класса морфологической системы Σ_μ^0 , комплект C_3 может включать в свой состав $\ell = 1, 2, \dots, L_C$ типов связей $C_q^\ell \in C_3$ по Q_ℓ экземпляров каждого типа, причем $1 \leq Q_\ell \leq (Q_C - 1), \forall \ell = \overline{1, L_C}$. Смешанную совокупность связей, образующую сеть связей между компонентами $E_v^r \in \{E\}$ морфологической системой, представим системой записей

$$\left. \begin{aligned} 1 \leq [\#(C_q^\ell, C_3), \forall \ell = 1, 2, \dots, L_C] \leq L_C \\ |C_3| = \sum_{\ell=1}^{L_C} \#(C_q^\ell, C_3) = \sum_{\ell=1}^{L_C} Q_\ell \equiv Q_C \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

отметим, что в системе записей (3) мощность комплекта $|C_3| \equiv Q_C$ определяется двойной суммой: по числу типов « ℓ » связей $C_q^\ell \in C_3$

и по количеству « q » экземпляров каждого типа в комплектах $\#(C_q^l, C_3), \forall q = 1, Q_l$.

Таким образом, системы записей (1) – (3) определяют все возможные случаи существования сетей связи между компонентами $E_v^r \in \{E\}$ морфологических систем Σ_μ^0 в зависимости от типов и состава связей, $C_q^l \in \{C\}$, объединяющих этим компоненты в целостные системы.

Список литературы

1. Нечаев, В. В. Многоуровневое представление концептуальных моделей структур в базах знаний / В. В. Нечаев ; под ред. И. М. Макарова / Управление в гибких производственных системах и робототехнических комплексах : сб. материалов. – М. : МИРЭА, 1988. – 374 с.

2. Нечаев, В. В. Классификация задач синтеза структур в системах эволюционного моделирования / В. В. Нечаев // Перспективы развития вычислительных систем. (Применение идей эволюции и адаптации) : II Всесоюзный семинар. – Рига : РПИ, 1985. – С. 133 – 138.

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

С. Н. Поздняков, И. В. Пунин, Е. А. Титов *

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МОДЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрим математическое описание базовых случаев, определяющих концептуальные модели морфологической системы Σ_μ^0 по их компонентному составу.

Абсолютно однородная совокупность компонент. Морфологическая система Σ_μ^0 состоит из абсолютно одинаковых компонент $E_v^r \in E$. Пусть, например, комплект $E_1 = \{E_1\}$ включает в свой состав компоненты E_v^r одного и только одного типа $r \in R_E$ из некоторого набор R_E ,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

т.е. признак $p_r = 1$. Весь универсум $\{E_1\}$, следовательно, состоит из $N_r \equiv N_E$ экземпляров компонент $E_v^r \in E_1$, где E_1 – переобозначенный универсум $\{E_1\}$; N_r – число экземпляров компонент E_v^r r -го типа в комплексе E_1 , численно совпадающее с общим числом N_E компонент.

$$\left. \begin{aligned} \#(E_v^r, E_1) &= N_r \\ |E_1| &= (E_v^r, E_1) = N_r \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $|E_1| = N_r$ – мощность комплекта $|E_1|$.

Абсолютно неоднородная совокупность компонент. Пусть универсум $\{E_2\}$ морфологической системы Σ_μ^0 состоит из абсолютно различных компонент $E_v^r \in \{E_2\}$. Следовательно, число p_r типов $r \in R_E$ компонент E_v^r , составляющих комплект $E_2 = \{E_2\}$, где E_2 переобозначенный универсум $\{E_2\}$, определяется абсолютным значением N_E числа компонент в комплекте E_2 и численно совпадает с величиной R_E . Следовательно, число типов $r \in R_E$ и не может превышать число N_E компонент E_v^r в универсуме $\{E_2\}$, т.е. $N_E \equiv R_E$.

Таким образом, исходя из представления, что компоненты $E_v^r = \{E_2\}$ представлены в комплекте E_2 в количестве $N_E \equiv R_E$ и каждый такой компонент E_v^r в универсуме $\{E_2\}$ представлен одним и только одним экземпляром, математическое описание универсума $\{E_2\}$, выступающего в качестве носителя морфологической системы Σ_μ^0 , на языке теории комплектов представляется системой соотношений

$$\left. \begin{aligned} \#(E_v^r, E_2) &= 1, \forall r = \overline{1, R_E} \\ |E_2| &= \sum_{r=1}^{R_E} \#(E_v^r, E_2) = E_2 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

В записях (2) $|E_2| = N_E \equiv R_E$ – мощность комплекта E_2 .

Смешанная совокупность компонент. В рассматриваемом случае универсум $\{E_3\}$ морфологической системы Σ_μ^0 состоит как из однотипных (одинаковых), так и разнотипных (различных) компонент $E_3 \in \{E_3\}$. При этом комплект $E_3 \equiv \{E_3\}$, где E_3 – переобозначенный

универсум $\{E_3\}$, может включать в свой состав не менее двух ($p_r \geq 2$) и не более $R_E(p_r \leq R_E)$ типов $r \in R_E$ компонент $E_v^r \in E_3$. Следовательно, показатель r_p количества типов $r \in R_E$ компонент $E_v^r \in E_3$ в определенном комплекте E_3 может изменяться в пределах $2 \leq p_r \leq R_E$. Отметим, что комплект E_3 , состоящий из N_E компонент $E_v^r \in E_3$, должен хотя бы на единицу превосходить число R_E типов $r \in R_E$, т.е. $N_E \geq (R_E + 1)$.

Полагая, что комплект E_3 в общем случае может включать в свой состав число $p_r = 2, \dots, 3, \dots, R_E$ типов компонент $E_v^r \in E_3$ по N_r экземпляров каждого типа при $1 \leq N_r \leq (N_E - 1) \forall_r = 1, R_E$, математическое описание универсума $\{E_3\}$ смешанного комплекта E_3 , определяющего носитель морфологической систем Σ_μ^0 , будет представляться системой выражений

$$\left. \begin{aligned} 1 \leq [\#(E_v^r, E_2) = 1, \forall_r = 1, 2, \dots, R_E] \\ |E_2| = \sum_{r=1}^{R_E} \#(E_v^r, E_2) = \sum_{r=1}^{R_E} N_r \equiv N_E \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

В системе выражений (3) мощность комплекта $|E_2|$ определяется суммой мощностей подкомплектов $\#(E_v^r, E_3) = N_r$. Для значений $p_r = 1$ и $N_r \equiv N_E$ имеет место случай 1, а для значений $p_r = R_E$ и $N_r \equiv N_E$ выражение (3) вырождается в случай 2.

Таким образом, записи (1) – (3) определяют все возможные случаи существования классов универсумов $\{E\} = E$ компонент $E_v^r \in E_3$, выступающих в качестве носителей морфологических систем Σ_μ^0 , а как следствие, и систем-оригиналов Σ^0 , в зависимости от однородности (гомогенности – гетерогенности) входящих в такие системы комплектов.

В силу принципа структурированности мира W , любая сложная система Σ_0 и, как следствие, ее морфологическое отображение $\mu = \Sigma_0 \rightarrow \Sigma_\mu^0$ в форме концептуальной модели состоит из совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих компонент различных уровней морфологической организации. Без учета рангов образуемых

компонент $E_V \in E$ и их функциональных особенностей, компонентный состав $\{E_V\} \in E$ морфологической системы Σ_μ^0 можно представить автоморфным отображением вида

$$\{E\} \leftrightarrow \text{Mort}A_E^0 : \{E \rightarrow \{E\}\}. \quad (4)$$

Совокупность $\{E_V\} \in E$ всех таких компонент, получаемых в результате концептуального морфологического анализа, независимо от уровня морфологической организации и ранга каждой из компонент, образует универсум исходной системы C , является ее носителем и представляется записью

$$E = (E_{1\dots E_V} E_{N_E}) = \{E\}. \quad (5)$$

Анализ универсума $\{E\}$ по критерию однородности составляющих его компонент $\{E_V\} \in E$ дает возможность сделать вывод, что совокупность $\{E\} \in E$ может иметь как гомогенный (однородный), так и гетерогенный (неоднородный) состав. Иными словами, морфологическая система Σ_μ^0 может состоять как из однотипных (одинаковых), так и разнотипных (различных) компонент $\{E_V\} \in E \equiv \{E_V : v = \overline{1, N_E}\}$.

Для математического описания компонентного состава универсума $\{E\}$, включающего более одного экземпляра однотипных компонент $\{E_V\} \in E$, воспользуемся языком теории комплектов, который представляется расширением языка теории множеств. Для определения типов компонент E_V , из которых может состоять универсум $\{E\}$, введем в рассмотрение индексный индентификатор – символ « r ». В соответствии с языком теории комплектов число экземпляров компонент $E_V^r \in \{E\}$ r -го типа в универсуме $\{E\}$ будем определять посредством функции числа экземпляров, представляемой записью вида $\#E_V^r, E$, где E – переобозначенный универсум $\{E\}$, определяемый как комплект. С целью идентификации количества типов компонент E_V^r , участвующих в формировании комплекта $\{E_V\} \in E$, введем признак p_r , который может принимать целочисленные значения в диапазоне $1 \leq p_r \leq R_E$.

Таким образом, в зависимости от качественного состава комплекта E с учетом введенных выше правил, условий и обозначений будем различать совокупности-универсумы $\{E\} \in E$, определяющие соответственно и классы морфологических систем Σ_μ^0 .

Список литературы

1. Нечаев, В. В. Многоуровневое представление концептуальных моделей структур в базах знаний / В. В. Нечаев ; под ред. И. М. Макарова / Управление в гибких производственных системах и робототехнических комплексах : сб. материалов. – М. : МИРЭА, 1988. – 374 с.
2. Нечаев, В. В. Классификация задач синтеза структур в системах эволюционного моделирования / В. В. Нечаев // Перспективы развития вычислительных систем. (Применение идей эволюции и адаптации) : II Всесоюзный семинар. – Рига : РПИ, 1985. – С. 133 – 138.

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

*Е. С. Соболева, Г. Н. Попова, Я. И. Торгашов**

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТНОШЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Будем рассматривать неоднородную семантическую сеть [1] как семейство ориентированных графов с помеченными дугами и общим множеством вершин с именами из множества \mathbf{S} , элементы которого именуют предметы и процессы реального мира. Дуги графов соответствуют бинарным отношениям из некоторого конечного семейства R_1, R_2, \dots, R_n отношений на множестве $\mathbf{S} = \{S_1, S_2, \dots\}$.

Элементы множества S есть имена объектов, которые, как правило, имеют определенную внутреннюю структуру и характеризуются рядом признаков и свойств. Они задаются семейством множеств $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$, где каждое множество D_i называется множеством атрибутов, а всякому объекту или процессу ставится в соответствие некоторое подмножество Δ кортежей из декартова произведения $D_k = D_{i_1} \times D_{i_2} \times \dots \times D_{i_k}$ ($k \leq n$) некоторых подмножеств из D , называемое его экстенсионалом или объемом.

Совокупность индексов множества атрибутов события $i = \langle i_1, i_2, \dots, i_k \rangle$ называется его содержанием. Будем отождествлять индексы множеств из D с именами соответствующих множеств.

Имя события S будем считать функцией содержания: $S = S(i, \Delta)$.

Неоднородная семантическая сеть в таком случае может быть представлена в виде $W = \langle D, S, R \rangle$.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

Введем следующие обозначения, предполагая, что R, T, S – отношения: под Rf будем понимать свойство рефлексивности, nRf – нерефлексивности, aRf – антирефлексивности. Аналогично, Tr, nTr, aTr – свойства транзитивности, нетранзитивности и антитранзитивности соответственно; у свойства симметричности четыре градации: $Sm, nSm, anSm$ и aSm . ASm – свойство асимметричности.

Далее используется представление отношений в виде $(0,1)$ -матриц $R = \{r_{ij}\}$, где

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } R(S_i, S_j), \\ 0, & \text{если } \neg R(S_i, S_j). \end{cases}$$

В таком случае рефлексивность означает наличие единиц на главной диагонали, симметричность – симметричное расположение единиц относительно главной диагонали, а транзитивность означает, что, если элементы (i, j) и (j, k) равны единицам, то на месте (i, k) тоже должна стоять единица.

На рисунке 1 представлены матрицы трех наиболее распространенных отношений – нестрогого порядка ($Rf, Tr, anSm$), эквивалентности (Rf, Tr, Sm) и квазипорядка (Rf, Tr, nSm) соответственно.

Введем ограничение на множества R и S следующим образом:

- между событиями и их именами существует взаимно однозначное соответствие, т.е. S_i и S_j обязательно разные объекты;
- отношения R_i таковы, что они выполняются только на парах различных объектов, и выражение вида $R_i(S_j, S_j)$ не имеет смысла (R_i – антирефлексивны по своей природе).

Рассмотрим отношение R , обладающее свойствами aRf, nTr, Sm . В свете сказанного выше, это отношение «антирефлексивной» толерантности. С другой стороны, такими же свойствами описывается отношение отрицания.

Введем дополнительные определения:

Если $\langle S, \Delta \rangle$ – событие, то всякое $\delta \in \Delta$ будем называть экземпляром события $\langle S, \Delta \rangle$.

То обстоятельство, что δ экземпляр события S , будем записывать $\delta \mid = S$ и говорить, что S выполняется на δ .

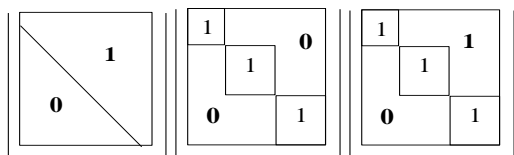


Рис. 1. Матрицы отношений нестрогого порядка, эквивалентности и квазипорядка

Пусть

$$\delta_1 | = S_1, \delta_2 | = S_2 \text{ и } \delta_1 = \{ \langle i_1, d_1 \rangle, \langle i_2, d_2 \rangle, \dots, \langle i_l, d_l \rangle \}, \\ \delta_2 = \{ \langle j_1, e_1 \rangle, \langle j_2, e_2 \rangle, \dots, \langle j_m, e_m \rangle \}.$$

Введем отображение $F: R \rightarrow V$, где V – множество векторов $v = (a, b)$, таких, что

$$a \in \{1, \varepsilon\}, b \in \{0, 1, \tau\}.$$

Тогда $F(R_p) = (a, b)$, где

$$a = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall r \exists k, \text{ такое, что } i_k = j_r; \\ \varepsilon, & \text{если } \exists r \exists k, \text{ такие, что } i_k = j_r. \end{cases}$$

Иначе говоря, если множество индексов атрибутов второго события вложено во множество индексов атрибутов первого события, то $a = 1$; если множества атрибутов пересекаются, то $a = \varepsilon$.

Случай $a = 0$ означает, что множества атрибутов не пересекаются и, следовательно, не удовлетворяют поставленным требованиям. Мы предполагаем, что объекты S_1 и S_2 имеют хотя бы один общий атрибут.

Второй элемент вектора – b – определяется следующим образом:

$$b = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall k \forall r, \text{ таких, что } i_k = j_r \Rightarrow D_{i_k} \subseteq D_{j_r}; \\ \tau, & \text{если } \forall k \forall r, \text{ таких, что } i_k = j_r \Rightarrow D_{i_k} \cap D_{j_r} \neq \emptyset; \\ 0, & \text{если } \forall k \forall r, \text{ таких, что } i_k = j_r \Rightarrow D_{i_k} \cap D_{j_r} = \emptyset. \end{cases}$$

Отображение F делит семейство отношений R на шесть классов:

1. $F(R) = (1, 1)$.
2. $F(R) = (1, \tau)$.
3. $F(R) = (1, 0)$.
4. $F(R) = (\varepsilon, 1)$.
5. $F(R) = (\varepsilon, \tau)$.
6. $F(R) = (\varepsilon, 0)$.

Для отношений такого рода всегда существуют обратные отношения, определяемые формулой

$$R_i^{-1}(S_1, S_2) = R_j(S_2, S_1).$$

Поэтому выделенное отношение R характеризуется двумя векторами: $F(R)$ и $F(R^{-1})$ или, что то же самое, матрицей M размера 2×2 , где $M(R) = \{F(R), F(R^{-1})\}$.

Из 36 матриц такого рода реально имеют смысл только 10.

Каждое получившееся отношение легко интерпретируется в графическом виде и выражается в терминах экземпляров событий δ . Кроме того, существует отображение Φ [Осипов, 1997], которое каждому отношению, описанному матрицей M , ставит в соответствие высказывательную форму, определяющую некоторую семантическую связь. К примеру, если матрица отношения имеет вид

$$M(R) = \begin{vmatrix} 1 & \varepsilon \\ 1 & \tau \end{vmatrix},$$

то графическая интерпретация [2] этого отношения такова (рис. 2).

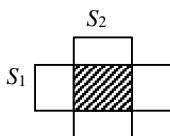


Рис. 2. Графическое представление отношения

В терминах экземпляров δ возможны два случая:

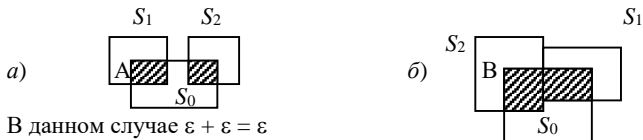
1) $R: \forall \delta_1 \exists \delta_2: \delta_2 \subset \delta_1$;

2) $R: \forall \delta_1 \exists \delta_2: \delta_2 \subseteq \delta_1$.

Пусть R – неизвестное отношение, являющееся комбинацией двух или более отношений $R_1, R_2 (R_3, \dots, R_n)$, связывающих события $S_1, S_2 (S_3, \dots, S_n)$ с событием S_0 . С помощью отображения $M(R)$ можно определить свойства вновь полученного отношения $R(S_1 \& S_2 \& \dots, S_0)$, связывающего события $S_1 \& S_2 \& \dots$ и S_0 .

В общем случае комбинация нескольких нетранзитивных отношений одинакового типа является также нетранзитивным отношением того же типа. На рисунке 3, а представлена комбинация двух отношений, соответствующих коррелятивной связи (nTr, Sm). Эта комбинация тоже является отношением того же типа (также nTr, Sm). Это определяется видом матрицы $M(R)$.

$$M(R) = \begin{vmatrix} \varepsilon & \varepsilon \\ \tau & \tau \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \varepsilon & \varepsilon \\ \tau & \tau \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \varepsilon + \varepsilon & \varepsilon \\ \tau & \tau \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \varepsilon & \varepsilon \\ \tau & \tau \end{vmatrix}.$$



В данном случае $\varepsilon + \varepsilon = \varepsilon$

Рис. 3. Два примера комбинации отношений, соответствующих одинаковым семантическим связям

То есть в данном случае $\varepsilon + \varepsilon = 1$.

Таким путем может быть получен способ классификации бинарных отношений на основании их алгебраических свойств.

Список литературы

1. Осипов, Г. С. Построение модели предметных областей. Неоднородные семантические сети / Г. С. Осипов // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика. – 1990. – № 5. – С. 32 – 45.

2. Осипов, Г. С. Приобретение знаний интеллектуальными системами / Г. С. Осипов. – М. : Наука – Физматлит, 1997.

3. Ronald J. Brachman. On the epistemological status of semantic networks. «Associative Networks: Representation and Use of Knowledge by Computers», Academic Press. New York. – 1979. Edited by Findler N. V.

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

*Е. С. Соболева, Г. Н. Попова, Я. И. Торгашов**

ВЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА НА ЦЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ

Дадим формальное описание модели рассматриваемой системы. Обозначим состояния системы через $\Omega \in \Omega_0$, где Ω_0 – множество возможных состояний. Предсказание состояния системы на интервале t_3 в линейном приближении имеет вид

$$\Omega(t+t_3) \approx \hat{\Omega}(t) + \hat{\Omega}'(t)t_3 + \sigma_\Omega, \quad (1)$$

где $\hat{\Omega}$, $\hat{\Omega}'$ – интеллектуальные оценки состояния и скорости изменения состояния; σ_Ω – ошибка предсказания. Качество оценок и значение ошибки зависит от интенсивности влияния среды и от представления (отображения) ситуации в системе.

Пусть на систему воздействует некоторый фактор $f(t)$, влияющий на ее энтропию U в соответствии со следующими соотношениями:

$$dU = d\varphi/\Omega'_2, \quad (2)$$

$$\varphi(t) = k \int_0^t f^2(t)dt, \quad (3)$$

где k – коэффициент, который определяется выбором системы единиц; φ , Ω'_2 – системные эквиваленты теплоты и температуры. Отсюда:

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. А. Ивановского.

$$U'(t) = k \frac{f^2(t)}{\Omega'^2(t)}, \quad (4)$$

$$U''(t) = 2k \left[f'(t) - f(t) \frac{\Omega''(t)}{\Omega'(t)} \right] \frac{f(t)}{[\Omega'(t)]^2}, \quad (5)$$

$$U''(t) = 2[f'(t)/f(t) - \Omega''(t)/\Omega'(t)]U'(t). \quad (6)$$

Обозначим $\Omega''/\Omega' = y(t)$, тогда

$$U''(t) = 2[f'(t)/f(t) - y]U'(t). \quad (7)$$

Если $f(t) = \text{const}$ и $f'(t) = 0$,

$$U''(t) = -2y(t)U'(t), \quad U(t) = C \int_{t_1}^{t_2} \exp \left[\int_{t_1}^{t_2} y(\xi) d\xi \right] dt.$$

Разложим оценку левой части выражения (1) в ряд по t_3 в предположении, что интервал экстраполяции мал по сравнению с периодом T наблюдения системы ($t_3 \ll T$).

$$\hat{\Omega}(t + t_3) = \hat{\Omega}(t) + \hat{\Omega}'(t)t_3 + \frac{1}{2} \hat{\Omega}''(t)t_3^2 + \dots \quad (8)$$

Величина σ_Ω в выражении (1) растет с увеличением $f(t)$, обратна «объекту» интеллекта Θ и зависит от запаздывания отображения ситуации τ . Приблизительно представим ошибку экстраполяции состояния системы в виде

$$\sigma_\Omega \approx f(t)/\Theta(t - \tau), \quad (9)$$

ограничившись в выражении (8) квадратичным членом, нетрудно получить

$$\hat{\Omega}''(t) \approx 2f(t)/[t_3^2 \Theta(t - \tau)], \quad (10)$$

при соответствующем выборе единиц $2/t_3^2 = 1$ и

$$\hat{\Omega}''(t) \approx f(t)/\Theta(t - \tau), \quad \hat{\Omega}'(t) \approx \int_0^t \frac{f(t)}{\Theta(t - \tau)} dt. \quad (11)$$

Соотношения (1) – (11) определяют влияние интеллекта на целесообразность поведения системы и на скорость изменения ее состояния.

При высокоразвитом интеллекте осуществим длительный прогноз (условие $t_3 \ll T$ сохраняется) и тогда скорость изменения состояния системы невелика: система способна выбирать относительно стабильное состояние, рациональное на длительном интервале времени, заметим, что

$$y(t) = \frac{\Omega''(t)}{\Omega'(t)} = \frac{1}{\Omega'(t)} \frac{d\Omega'(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(\ln\Omega'(t)).$$

Известно, что $\log x$ – число единиц, необходимых для того, чтобы закодировать и запомнить x , в частности, $\ln x = a \log_2 x = c$ (c – число двоичных единиц). Отсюда

$$y(t) = \Omega''(t)/\Omega'(t) = q(\Theta) \text{ при } \Theta \geq \Theta^*,$$

где Θ^* – такой объем интеллекта, при котором он в состоянии достаточно быстро отобразить ход и исход взаимодействия со средой, т.е. $\Theta^* \Omega'' = f^*, f < f^*$.

Чем больше Θ , тем система независимее от среды в том смысле, что она способна меньшими изменениями состояния (следовательно, с меньшими затратами ресурса, поскольку изменение состояния требует расхода ресурса, в частности энергии) противостоять внешней силе.

Немалое значение имеет τ . Оперативная сила интеллекта определяется не потенциальными характеристиками, а реальным объемом накопленной информации на интервале $T \gg t_3$ относительно среды и возможных последствий ситуационного взаимодействия с ней системы. Если информации очень много и значительная часть ее не носит ситуационного характера, а, допустим, касается общих свойств системы и среды, то процедура отождествления текущего воздействия с накоплением информационным ресурсом интеллекта задерживается и τ растет.

Имеет место ситуация: «молодая» система имеет «незаполненный» интеллект, ей не с чем отождествлять полученные стимулы, «старая» система с переполненным интеллектом очень долго решает задачу отождествления текущей ситуации и прогнозирования, поскольку $\tau = \tau(\Theta)$. Поэтому оптимальный ситуационный интеллектуальный ресурс лежит в пределах

$$\Theta^* \leq \Theta_{\text{opt}} \leq \Theta, \quad (12)$$

причем Θ^* , Θ зависят от возможных состояний среды и перспектив ее изменения.

Перепишем (10) в виде

$$\hat{\Omega}''(t)[\Theta(t - \tau(t, \Theta))] = f(t). \quad (13)$$

Компоненты интеллекта имеют различное запаздывание отображения (в частности, подсознательный компонент имеет запаздывание, которое можно считать равным нулю по сравнению с сознательным и надсознательным: подсознание отвечает на внешнее возбуждение мгновенной реакцией либо не отвечает вовсе, сознательное размышление может длиться минуты, часы, дни и месяцы, а надсознательные процессы имеют чрезвычайно широкий диапазон длительности – от секунд до десятков лет).

Состояние системы можно представить в виде суммы состояний подсистем:

$$\Omega(t) = \sum_{i=1}^n \Omega_i(t).$$

Отсюда

$$\left[\sum_{i=1}^n \hat{\Omega}''(t) \right] \left[\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] = f(t). \quad (14)$$

В этом дифференциальном уравнении с отклоняющимся аргументом коэффициентами являются оценки ускорений изменения состояний. Для модели интеллекта целесообразно взять в качестве коэффициентов ускорения изменения самих состояний, а не их оценки. Тогда

$$\left[\sum_{i=1}^n \Omega''(t) \right] \left[\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] = f(t), \quad (15)$$

$$\Theta_j(t) = \Psi_j(t) \text{ при } -T < t \leq 0.$$

Уравнение (15) есть упрощенная аддитивная модель интеллекта, пригодная для выполнения относительно простых функций.

Для более сложных функций более уместна нелинейная модель такого вида

$$\left[\sum_{i=1}^n \Omega''(t) \right] \left\{ \left[\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] + \left[\prod_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Theta_j(t - \tau_{jk}(t, \Theta_{jk})) \right] \right\} = f(t), \quad (16)$$

$$\Theta_j(t) = \Psi_j(t) \text{ при } -T < t \leq 0, \tau_{jk} \in (0, \tau_m).$$

Список литературы

1. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий. – М. : Прогресс, 1979. – 503 с.
2. Горский, Ю. М. Гомеостатика: гармония в игре противоречий / Ю. М. Горский, А. И. Степанов, А. Г. Теслинов. – Иркутск : Репроцентр А1, 2008.
3. Гаврилов, А. В. Гибридные интеллектуальные системы / А. В. Гаврилов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003.

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

УДК 681.5.017

*К. С. Василевский**

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ УСТАНОВОК-ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПАРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Установки, входящие в состав типового нефтеперерабатывающего технологического процесса, делятся на несколько групп по критерию потребления/генерации пара и конденсата:

- установки, производящие пар высокого давления;
- установки, потребляющие пар высокого и производящие пар среднего давления;
- установки, потребляющие пар высокого давления, производящие пар среднего давления и конденсат;
- установки, потребляющие пар высокого давления и производящие конденсат;
- установки, потребляющие пар среднего давления и производящие конденсат.

Рассмотрим установку, которая производит потребление пара высокого давления и выработку пара среднего давления, конденсата (установка типа УВС) [1].

Для анализа процесса пароснабжения как объекта управления необходимо определить векторы входных, выходных и возмущающих воздействий.

Векторы входных, выходных, возмущающих и промежуточных величин приведены в табл. 1. Условная схема установки как объекта управления приведена на рис. 1.

Схема материального распределения внутри установки приведена на рис. 2.

Уравнение материального баланса для данной установки имеет вид [2]

$$\frac{dM_{nc}}{d\tau} = G_n^{ex} - G_n^{nm} - G_{\kappa}^{ex} - G_{nc}^{ex}. \quad (1)$$

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук ФГБОУ ВО «ТГТУ» Б. С. Дмитриевского.

1. Векторы входных, выходных, возмущающих и промежуточных величин

<i>Входные величины</i>	
$G_n^{вх}$	Расход поступающего на установку пара высокого давления
<i>Выходные величины</i>	
$G_{пс}^{вых}$	Расход генерируемого установкой пара среднего давления
$G_k^{вых}$	Расход генерируемого установкой конденсата
<i>Промежуточные величины</i>	
$T_{пс}^{вых}$	Температура генерируемого установкой пара среднего давления
$P_{пс}^{вых}$	Давление генерируемого установкой пара среднего давления
$P_k^{вых}$	Давление генерируемого установкой конденсата
$G_n^{пм}$	Расход пара высокого давления безвозвратных потерь
$Q_{сн}$	Теплота собственного потребления
<i>Возмущающее воздействие</i>	
$T_в$	Температура воздуха снаружи установки
$T_n^{вх}$	Температура поступающего на установку пара высокого давления
$P_n^{вх}$	Давление подаваемого на установку пара высокого давления

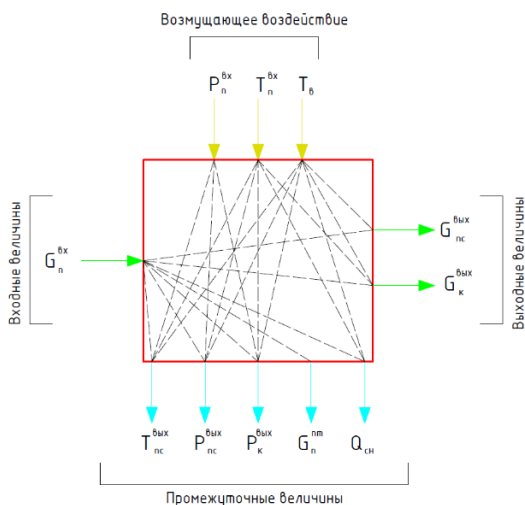


Рис. 1. Установка УВС как объект управления

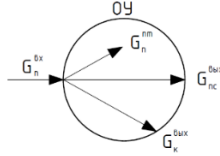


Рис. 2. Схема материального баланса установки УВС

Уравнение энергетического баланса для данной установки имеет вид

$$\frac{d(M_{nc} C_{nc} T_{nc})}{d\tau} = G_n^{ex} i_n^{ex} - G_n^{nm} i_n^{ex} - G_k^{бых} i_k^{бых} - G_{nc}^{бых} i_{nc}^{бых} + \quad (2)$$

$$+ G_{nc}^{бых} C_n (T_n^{ex} - T_{nc}^{бых}) + G_k^{бых} L - SF (T_n^{ex} - T^e) - Q_{ch};$$

$$i_n^{ex} = f_1(D_n^{ex}, T_n^{ex}); \quad (3)$$

$$i_k^{бых} = f_2(P_k^{бых}, T^e); \quad (4)$$

$$i_{nc}^{бых} = f_1(P_{nc}^{бых}, T_{nc}^{бых}); \quad (5)$$

$$G_n^{ex} = \alpha_1 \sqrt{P_n^{ex} - P_n^{ycm}}; \quad (6)$$

$$G_n^{nm} = \alpha_2 G_n^{ex}; \quad (7)$$

$$P_n^{ex} V_n^{ex} = \frac{M_n^{ex}}{M_{мол}} RT_n^{ex}; \quad (8)$$

$$P_{nc}^{бых} V_{nc}^{бых} = \frac{M_n^{бых}}{M_{мол}} RT_{nc}^{бых}; \quad (9)$$

$$S = \pi DL; \quad (10)$$

$$Q_{ch} = f_3(G_n^{ex}, T_n^{ex}, T^e); \quad (11)$$

Список литературы

1. Математическое моделирование каталитических процессов переработки углеводородного сырья / А. В. Кравцов, Э. Д. Иванчина, Е. Н. Ивашкина и др. // Катализ в промышленности. – 2008. – № 6. – С. 41 – 46.

2. Математическое моделирование химико-технологических процессов / Н. В. Ушева, О. Е. Мойзес, О. Е. Митянина, Е. А. Кузьменко. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 135 с.

Кафедра «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

ВЫБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА»

«Умные дома» – это набор взаимосвязанных электроприборов, которые становятся интеллектуальными сервисными системами, направленными на снижение рабочей нагрузки на человека, экономию электроэнергии и повышение безопасности дома. Беспроводная система «Умный дом» набирает популярность благодаря гибкости, портативности и низкой стоимости установки. Благодаря наличию технологий и интернета вещей (IoT) устройства могут собирать информацию из окружающей среды в соответствии с окружающими условиями. Основными функциями «умного дома» являются работа в режиме реального времени, дистанционное управление, защита данных от злоумышленников. Безопасность данных становится важной для права доступа при сохранении конфиденциальности конфиденциальной информации, которая может быть известна нужной стороне.

«Умный дом» предназначен для максимально комфортной жизни людей посредством использования современных высокотехнологичных средств. Принцип работы системы «умный дом» заключается в автоматизации всего, из чего состоит жилая постройка: освещение, кондиционирование, система безопасности, электроэнергия, отопление, водоснабжение и водоотведение и так далее. К основным подсистемам «умного дома» относятся: климат-контроль, освещение, мультимедиа (аудио и видео), охранные системы, связь и другие (рис. 1) [1].

Один из самых часто используемых и сложных датчиков – детектор, ответственный за определение присутствия объекта и его передвижения. На основе такого детектора построен огромный ряд смарт-систем. Чаще всего такой сенсор используется в системах автоматизированного освещения и безопасности, тесно взаимодействуя с интеллектуальным сегментом.

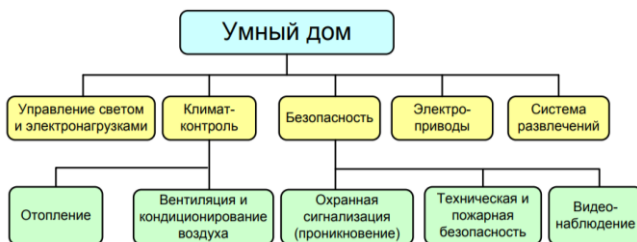


Рис. 1. Основные подсистемы «умного дома»

В рамках системы освещения они применяются для включения и выключения освещения при обнаружении движения в помещении. В случае применения такого устройства для систем безопасности датчик работает по принципу «заметил-сообщил». Для того, чтобы пользователь не получал тревожные сообщения каждый раз при обнаружении домашних животных, целесообразно подсоединить датчик к камере видеонаблюдения или дополнить его другим смарт-датчиком.

Обычно эти устройства являются частью системы безопасности дома, данные датчика передаются на пульт пункта охраны. Они могут использоваться как более простое средство отпугивания злоумышленников: срабатывает датчик – сигнализация включается.

Второй распространенный вариант применения – автоматическое включение света. Если движение обнаружено, освещение включается, если нет – отключается. Такой способ управления идеален для технических помещений: кладовых, подвалов, лестниц и ванных комнат.

Особенности выбора устройства:

1. для автоматического включения света аппарат можно разместить на стене, а для обеспечения безопасности от взлома желательно расположить его на потолке. Во втором случае лучше выбирать устройство с углом обзора 360°;

2. если в доме есть животные, нужно выбирать модели, которые не будут срабатывать при их перемещении. Обычно сенсоры имеют ограничение максимум на 25 кг питомца;

3. для установки техники на улице нужно покупать специальные модели с герметичным корпусом, защищенным от влаги и проникновения насекомых.

При выборе устройства необходимо иметь представление о типах датчиков и их функциях. Датчики движения на месте, принцип действия, тип питания и другие критерии различаются.

На месте установки:

- 1) уличные;
- 2) в помещениях.

Включение света может работать в широком диапазоне до 500 м включительно. Большая область чувствительности может присутствовать в более дорогих профессиональных устройствах. Уличные датчики отличаются устойчивостью к изменениям температуры. В помещениях они не защищены от колебаний температуры, поэтому при установке снаружи они выходят из строя. Внешний датчик может быть установлен с помощью кронштейнов разных типов, как на стенах, так и на потолке, а также на внутреннем или внешнем углах. Встроенные – они устанавливаются в ящиках для установки под выключателем, как опция, под лампой в подготовленном потолочном проеме.

Виды датчиков движения.

1. *Инфракрасные.* Тепло, излучаемое живыми существами, – это излучение в инфракрасном спектре. Учитывая, что теплокровные животные имеют температуру тела от 30 до 40 °С, сила этих лучей довольно велика и может быть зарегистрирована чувствительной аппаратурой. Внутри инфракрасного датчика обычно находится система линз (в более дешевых – одна сегментная), которые концентрируют тепловое излучение на специальном элементе – пиродетекторе. При превышении определенного порога (обычно он выставляется при монтаже и во многом обусловлен чувствительностью прибора) пирозлектрический элемент срабатывает и посылает сигнал на сопряженные устройства.

2. *Ультразвуковые.*

Принцип работы ультразвукового датчика движения заключается в исследовании окружающего пространства с помощью звуковых волн, частотой, находящейся за пределами слышимости человеческим ухом – ультразвуком. При обнаружении изменения частоты отраженного сигнала вследствие движения объектов датчик запускает заложенную в нее функцию.

Внутри ультразвукового датчика движения расположен генератор звуковых волн (в зависимости от производителя и модели обычно генерируется частота звуковой волны 20...60 кГц), которые излучаются в зоне действия датчика и, отражаясь от окружающих объектов, поступают обратно в приемник.

Когда в зоне обнаружения ультразвукового датчика движения появляется движущийся объект, частота отраженной от объекта волны изменяется, что регистрируется приемником датчика и от него поступает сигнал на выполнение заложенной в ультразвуковой датчик движения функции, это может быть включение освещения или разрыв сигнальной сети охранной системы.

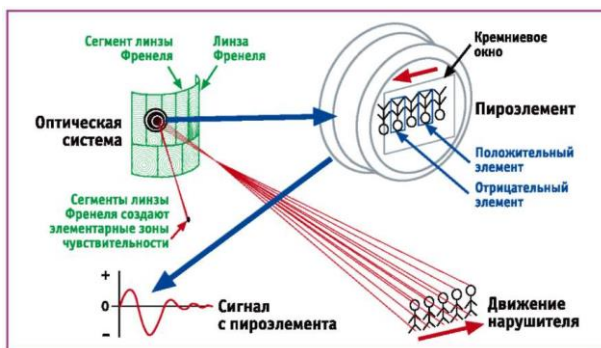


Рис. 2. Принцип работы инфракрасного датчика движения

3. *Микроволновые.*

Микроволновый датчик движения излучает высокочастотные электромагнитные волны (частота волн может быть различной в зависимости от производителя, обычно она составляет 5,8 ГГц), которые, отражаясь от окружающих объектов, регистрируются сенсором, и в случае обнаружения малейших изменений отраженных электромагнитных волн, микропроцессор устройства приводит в действие заложенную в него функцию.

Когда в зоне обнаружения микроволнового датчика движения появляется перемещающийся токопроводящий объект, это регистрируется им и сразу поступает сигнал на выполнение встроенной в него функции.

Учитывая широкую представленность на рынке, ценовая политика на такие устройства достаточно демократична. Именно поэтому датчики движения доступны для организации системы «умный дом» даже в рамках самой простой базовой комплектации.

Список литературы

1. Росляков, А. В. Интернет вещей : учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. – Самара : Изд-во ПГУТИ, 2015. – С. 112 – 115.

2. Rohandi E., Susanto H. Design and analysis of the effectiveness smart home control systems based on using the Internet of Things // IOP Conference Series Materials Science and Engineering (2021).

3. Типы датчиков [Электронный ресурс]. – URL : [https:// spec-trmsk.ru/news/types-of-motion-sensors/](https://spec-trmsk.ru/news/types-of-motion-sensors/) (дата обращения: 28.09.2022)

4. Датчики движения для умного дома [Электронный ресурс]. – URL : <https://gadgetpage.ru/smart-house/3574-datchiki-dvizhenija-dlja-umnogo-doma.html> (дата обращения: 28.09.2022)

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

УДК 004.05

И. В. Кулешов

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКЛАДА

Роботы могут использоваться для различных аспектов выполнения заказа, включая комплектацию (чтобы сократить все или некоторые перемещения, которые снижают производительность), физическую сборку и размещение (чтобы уменьшить количество касаний), упаковку и транспортировку продукта между промежуточными зонами для хранения или пополнения запасов.

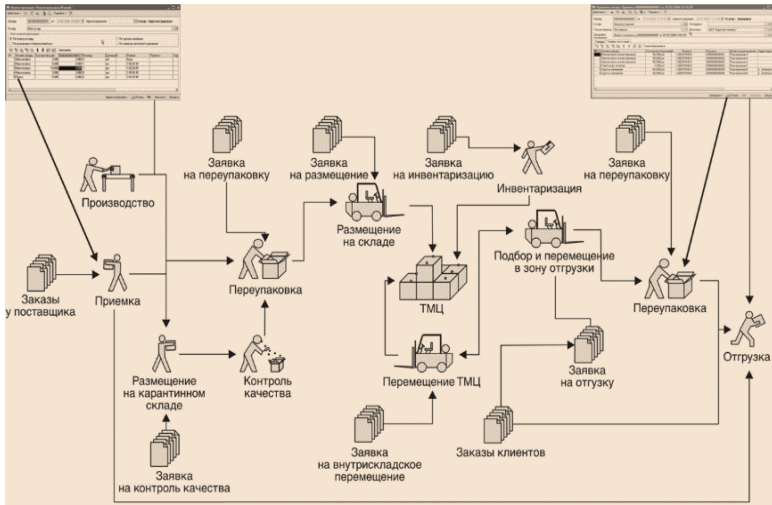


Рис. 1. Схема организационной системы управления складом

На рисунке 1 представлена схема организационной системы управления складом. Автоматизация посредством роботизации позволила бы сократить количество манипуляций с товаром.

Роботизированные руки. Роботизированные манипуляторы десятилетиями использовались на производстве и в распределительных системах в течение многих лет. Достижения в области систем визуального контроля и технологий конечных элементов (захватов) в настоящее время позволяют улучшить процесс комплектации деталей и операции подбора и укладки. Манипуляторы могут использоваться на рабочем месте для передачи товара человеку или монтироваться на мобильном роботе для каждой комплектации. Они также могут быть смонтированы на месте для выполнения повторяющихся задач, таких как загрузка пустых картонных коробок, сортировка на путях отгрузки и т.п.

Преимущества этих роботов включают: снижение зависимости от рабочей силы на станциях подбора, укладочных стенках, станциях сортировки и в отгрузочном доке, а также повышение точности при подборе и укладке. Ключевые проблемы, связанные с оперативным развертыванием:

- программное обеспечение для визуализации. Датчики глубины и размеров роботизированных зрительных систем улучшили их способность определять границы предмета, но проблема заключается в том, что освещение должно быть хорошим, а предмет хорошо светоотражающим. Роботам также трудно заглядывать в маленькие отсеки;

– разнообразие предметов и ограничения. Диапазон веса, с которым может справиться манипулятор робота, в некоторых случаях все еще является ограничением, и в зависимости от ассортимента обрабатываемых продуктов при проектировании могут потребоваться различные манипуляторы.

Боты для совместной работы Co-bots. Основным преимуществом «ко-ботов» является их способность сокращать поездки сборщиков, работающих совместно с ними. Сборщики проводят большую часть своего времени, перемещаясь пешком, а эти боты сокращают (но не устраняют) часть потраченной впустую ходьбы, которая снижает производительность.

Встречающие боты Meet-Me Bots. Эти роботы перемещаются по зоне отбора, останавливаясь и ожидая в месте отбора работника, который выполняет отбор. Работники перемещаются от бота к боту в пределах зоны работы ботов, а не пересекают все пространство склада.

Отслеживающие боты Follow-Me Bots. При заполнении бот отправляется на станцию упаковки, а другой бот развертывается в месте расположения комплектовщика.

Передвижной стеллаж – для перевозки грузов от человека к человеку.

Мобильные стеллажные роботы доставляют инвентарь через мобильные стеллажные системы на рабочие станции, оптимизированные для повышения производительности. Эти боты обеспечивают самую большую гибкость при хранении продуктов среди остальных. Роботы-стеллажи транспортируют продукцию, находящуюся на складских площадках различной конфигурации, на рабочие станции. Основная проблема, связанная с этими роботами, представляет собой низкую производительность.

Роуминговые шаттлы. Роуминговые челночные роботы используются для хранения и транспортировки продуктов в среде хранения с высокой плотностью, которая обычно является частью решения передвижных стеллажей. Основное преимущество этих роботов заключается в том, что они позволяют пользователю относительно независимо масштабировать складское помещение и пропускную способность, т.е., когда требуется больше места для хранения, оно может быть добавлено практически без дополнительных инвестиций, необходимых для увеличения пропускной способности (которая, возможно, не изменилась).

Передвижные шаттлы помогают уменьшить общую площадь здания, в полной мере используя преимущества высоты склада. Некоторые системы перемещающихся шаттлов настраиваются таким образом, чтобы использовать преимущества пространств необычной формы. Они набирают обороты как часть локальных решений или решений для микрореализации.

Для достижения более высокой плотности хранения используются глубокие ряды или высокие колонны. Однако эти стратегии требуют дополнительного времени доступа, что может ограничить пропускную способность. Некоторые поставщики решили эту проблему с помощью алгоритмов, которые «учатся» и размещают быстро перемещающиеся артикулы в местах, которые более легкодоступны, что сокращает время доступа и транспортировки. Конечным результатом является то, что роуминговые системы в какой-то момент станут «насыщенными» (т.е. добавление большего количества шаттлов не увеличивает пропускную способность).

Автономные, мобильные, транспортные роботы для перевозки единичных грузов. Эти роботы часто используются для транспортировки продукта на склад, транспортировки поддонов на большие расстояния, например, от места приема до места хранения или от места хранения до отгрузки. С этими роботами есть несколько проблем:

- безопасность. Их скорость, вероятность повреждения при столкновении и датчики, которые недостаточно сложны, чтобы уловить движение человека или отреагировать достаточно быстро, чтобы избежать столкновения, являются проблемами безопасности при работе в непосредственной близости от людей. Поставщики работают над решением таких проблем, в том числе над возможностью «видеть» вилы погрузчиков, которые расположены низко над землей;

- ограничения по Вертикальному Подъему. Эти роботы часто не имеют мачты с механизмом подъема/опускания, что ограничивает их досягаемость и текущую сферу применения;

- стенды погрузки и разгрузки. Роботам требуются специальные наборы подставок для погрузки и разгрузки, чтобы работать с товаром [1].

Складская робототехника: автоматизированные системы хранения и поиска. Автоматизированные системы хранения и поиска – это технология, которая перемещает запасы на склад и из хранилища. Обычно оно работает в паре с программным обеспечением для управления складом, которое управляет операциями.

Автоматизированные системы хранения и поиска представлены в разных формах в зависимости от типа задач, необходимой системы или товаров, с которыми они будут работать. Они могут работать либо как челнок на стационарном пути, либо как кран, который перемещает товары между проходами. Хотя в настоящее время существуют роботы для перемещения по проходам, такие как Skypod, которые также могут получать заказы клиентов.

Комплектация заказов может составлять 50% или более, особенно на больших складах. Сократив количество рабочих и время, затрачиваемое на поиск, работники могут сосредоточиться на более сложных процессах, таких как упаковка и размещение товаров.

Alibaba, крупнейший ритейлер в мире, доказал, насколько полезными могут быть автоматизированные системы хранения и поиска на их складе в Китае. Используя 60 роботов, они сократили трудозатраты на складе на 70%. Их роботы работают по Wi-Fi, доставляя инвентарь работникам для упаковки и отправки. В результате их скорость совершения операций сильно выросла, что позволило утроить объем производства.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что на сегодняшний день из-за размеров и грузоподъемности, роботы больше подходят для складов, связанных с реализацией продукции общего назначения. Но автоматизация даже небольшого склада позволила бы предприятию сократить расходы на обслуживание склада.

Список литературы

1. Семь типов складских роботов: Рекомендации по использованию роботов в DC [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.fortna.com/insights-resources/seven-types-of-warehouse-robots-considerations-for-leveraging-robots-in-the-dc/> (дата обращения: 28.09.2022)

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

УДК 004.51

*А. В. Медведева, А. А. Нечай**

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДИСПЛЕЕВ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ШРИФТА БРАЙЛЯ

Современные тенденции направлены на обеспечение комфортной среды для людей с ограниченными возможностями посредством использования тех или иных технологических устройств. В случае со сниженной остротой или полным отсутствием зрения зачастую применяются системы, позволяющие озвучивать печатный текст. Такой подход достаточно прост в реализации, однако не всегда возможен для применения, а также может привести к потере навыков прямого чтения с помощью тактильной азбуки Брайля. Именно по этим причинам так важно создать устройство, посредством которого можно читать художественную литературу или другие тексты напрямую, тактильным методом.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук профессора ФГБОУ ВО «ТГТУ» С. В. Фролова.

Ключевая проблема при создании таких устройств кроется в миниатюрных размерах одного символа, которые нормируются действующим ГОСТ. Стандарты шрифта Брайля для книг и других печатных изданий представлены на рис. 1 [1].

На сегодняшний день представлено три варианта практической реализации устройств для тактильного чтения. Единственным решением, нашедшим реализацию в виде законченного коммерческого продукта, являются дисплеи Брайля. Самым коммерчески успешным устройством можно считать электронную книгу шрифта Брайля Canute 360 от британской компании Bristol Braille Technology (рис. 2).

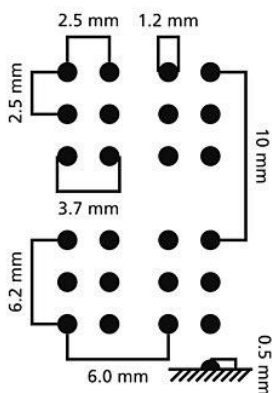


Рис. 1. Стандартные размеры символа в шрифте Брайля



Рис. 2. Электронная книга шрифта Брайля Canute 360

Несмотря на удачно подобранный механизм работы электронной книги, она имеет ряд существенных недостатков. Так, перед непосредственным прочтением текста его необходимо конвертировать в совместимый формат файла посредством применения платного программного обеспечения Duxbury Braille Translator, которое выпускается исключительно производителем оборудования и не имеет аналогов.

Еще одним изъяном такого решения является полное отсутствие автономной работы. Устройство не оборудовано интегрированной памятью и воспроизводит только текст, который транслируется с компьютера.

Кроме того, к недостаткам электронной книги Canute 360 можно отнести низкий уровень ее доступности для широкой аудитории. Цена на сентябрь 2022 года составляет более двух с половиной тысяч долларов США, что составляет практически сто пятьдесят тысяч рублей по актуальному на сентябрь курсу. Соответственно, такая покупка становится довольно существенной проблемой для людей с ограниченными возможностями.

Альтернативным решением можно назвать проект Anagraphs от европейской компании Pera Technology (рис. 3). Принцип работы этой электронной книги построен на использовании резистивного сенсорного экрана, на котором формируется текст в формате тактильного шрифта Брайля с помощью воскового полимера.

Сама идея планировалась как бюджетная альтернатива технологиям, где основным элементом формирования шрифта являлись выдвижные пины с механическим приводом. Однако ввиду прекращения финансирования от Европейского Союза в 2014 году проект был заморожен, а после отменен, и дальнейшие разработки в этом направлении полностью свернуты компанией.



Рис. 3. Проект Anagraphs

Третий метод – дошедший до практической реализации в виде тренажера для адаптации людей, потерявших зрение (рис. 4) [2].

Представленная концепция построена на применении для вывода элементов шрифта Брайля соленоидов постоянного тока, которые относятся к активной радиоэлектронной компонентной базе. Этот метод достаточно прост в реализации, однако имеет ряд существенных недостатков.

В первую очередь стоит отметить тот факт, что в процессе работы соленоиды потребляют достаточно большое количество энергии, которая выделяется в виде тепла, что приводит к существенному перегреву тренажера и необходимости применения активного охлаждения. Высокое энергопотребление также приводит и к потере автономности, что также снижает удобство от использования. В совокупности эти особенности также ведут и к существенному увеличению стоимости конечного экземпляра.

Важно также отметить и то, что габаритные размеры соленоидов не позволяют создать символы с габаритными размерами, отвечающими стандартам ГОСТ, что исключает возможность его корректного использования.

В качестве альтернативного решения предполагается использовать электронную книгу шрифта Брайля, принцип работы которой построен на шестеренчатых механизмах переключения сегментов.



Рис. 4. Тренажер для адаптации людей, потерявших зрение

Указанная концепция учитывает опыт описанных ранее вариантов и исключает все представленные в их реализации недостатки. Благодаря применению минимального количества электронных компонентов существенно снижается энергопотребление, обеспечивается автономность работы, а также достигается меньшая себестоимость устройства по сравнению с аналогами.

Было определено дальнейшее направление исследовательской работы в целях определения основных принципов функционирования механизма и разработки его составляющих.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56832–2015. Шрифт Брайля. Требования и размеры. – Введ. 28.10.15. – М. : Стандартинформ, 2015. – 7 с.
2. Медведева, А. В. Применение активных радиоэлектронных компонентов в модуле вывода шрифта Брайля для электронного тренажера / А. В. Медведева // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. – 2022. – С. 108 – 110.

Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 621.3.088.23

М. А. Баклыкова, В. И. Старунская, И. Н. Шубин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ПРОЦЕСС АКТИВАЦИИ**

Углеродные высокопористые материалы являются наиболее востребованными и перспективными благодаря своим характеристикам – высокой удельной поверхности и большому объему пор. Химическая промышленность, фармакология, радиоэлектроника – неполный перечень областей, в которых подобные материалы нашли свое применение. Для их получения применяют различные методы активации, заключающиеся в высокотемпературной обработке исходного углеродного сырья различными кислотами, щелочами или водяным паром в инертной среде. При этом основное внимание при производстве и исследовании уделяется, как правило, подбору оптимального сырья и определению наиболее эффективных режимных параметров активации, влияющих на итоговые характеристики получаемого материала. Однако при этом обычно не уделяется должного внимания определению влияния отдельных параметров оборудования на протекание процесса [1, 2].

Авторами были проведены экспериментальные исследования динамики нагрева печи и реактора активации (фактической температуры внутри реактора) в зависимости от различного объема подаваемого инертного газа. Предварительные исследования позволили установить базовые технологические режимы процесса активации, соответствующие наиболее оптимальным характеристикам получаемого активированного углеродного материала [3, 4].

Процесс активации представлял собой высокотемпературную обработку смеси предварительно карбонизированного углеродного сырья с активатором в инертной среде и предусматривал ступенчатый нагрев до 400 °С с выдержкой один час и до 750 °С – с выдержкой два часа, с расходом инертного газа 0; 0,5; 1; 1,3; 1,5; 2 л/мин, при этом в качестве активатора применялся гидроксид калия, инертного газа – аргон. Расход инертного газа регулировался лабораторным расходомером, температура в муфельной печи – встроенным терморегулятором,

температура в реакторе – термопарой. Показания температуры фиксировались каждые 5 мин.

Подача аргона осуществлялась на протяжении всего процесса активации – нагрева активируемой смеси, выдержки и охлаждения. Причем наиболее интересным представлялось исследование динамики нагрева до 400 и 750 °С соответственно, так как этот этап являлся наиболее критичным, зависящим от многих технологических и конструктивных параметров элементов и важнейшим производственным критерием, определяющим продолжительность всего процесса.

Процесс активации проводился в экспериментальной установке, состоящей из цилиндрического корпуса 1, крышки 2, имеющей патрубки для подачи аргона 3, ввода термопары 4, выхода газообразных продуктов реакции 5 и муфельной печи 6 (рис. 1). Экспериментальная установка работала следующим образом: в цилиндрический корпус загружалась реакционная смесь, состоящая из карбонизированного углеродного сырья и гидроксида калия в заданном соотношении. Корпус закрывался крышкой и помещался в муфельную печь. Одновременно с нагревом печи внутрь подавался инертный газ. Объем подаваемого аргона, время и температура фиксировались.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 2 и 3, причем для наглядности, по причине близких значений, представлены данные при расходе инертного газа 0, 1 и 2 л/мин.

Анализируя результаты проведенных исследований по определению зависимости температуры от расхода инертного газа, можно однозначно подтвердить их взаимосвязь, однако менее явственную, чем предполагалось ранее.

Было установлено, что присутствует разница в скорости нагрева печи и внутреннего объема реактора – инертность системы – при нулевой подаче инертного газа.

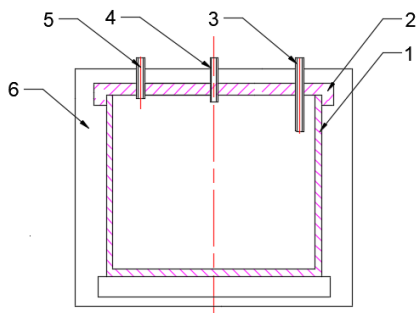


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

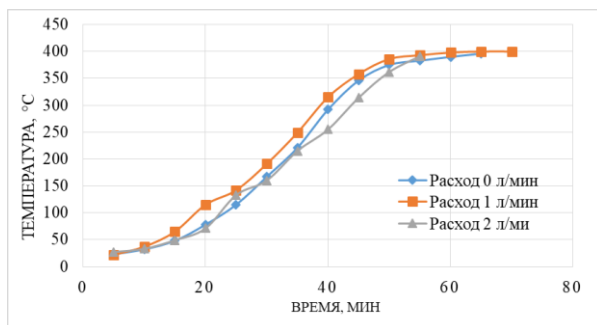


Рис. 2. Динамика нагрева внутреннего объема реактора до 400 °C

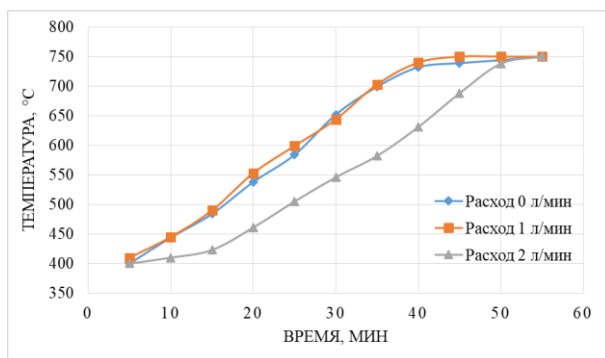


Рис. 3. Динамика нагрева внутреннего объема реактора до 750 °C

Для первого этапа нагрева – до температуры 400 °C при разогреве печи и соответственно реактора в ней при подаче инертного газа в диапазоне 0,5...2,0 л/мин разброс значений по времени составлял 5...8 мин. При втором этапе нагрева – с 400 до 750 °C он возрастал до 7...10 мин.

Таким образом, подводя итог проведенным исследованиям, можно сделать выводы о том, что в системе печь–реактор присутствует инертность при нагреве. Подача различного объема инертного газа в реактор влияет на нагрев в целом незначительно, несколько снижая инертность системы, применительно к условиям лабораторных исследований, что можно объяснить предварительным подогревом газа в патрубке при его подаче в реактор и небольшим расходом.

В то же время в условиях промышленного производства подача инертного газа (в значительно больших объемах), а также увеличение размера реактора активации и соответственно увеличение объема активируемого материала будут, несомненно, оказывать существенное

влияние на протекание технологического процесса активации, в связи с чем необходимо предусмотреть технологические и конструктивные меры для нивелирования данного влияния.

Список литературы

1. Шубин, И. Н. Анализ погрешностей, возникающих на этапах приготовления компактированного углеродного материала / И. Н. Шубин, А. А. Попова, Р. Э. Алиев // Заметки ученого. – 2020. – № 10. – С. 95 – 102.
2. Popova, A. A. Features of Nanoporous Carbon Material Synthesis / A. A. Popova, R. E. Aliev, I. N. Shubin // Advanced Materials and Technologies. – 2020. – No. 3(19). – P. 28 – 32.
3. Попова, А. А. Аппаратурно-технологическое оформление производства активированного углеродного материала / А. А. Попова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 318 – 327.
4. Попова, А. А. Особенности получения высокопористого углеродного материала / А. А. Попова, И. Н. Шубин, М. К. Гусейнов // Вестник ДГУ. Сер. Естественные науки. – 2021. – Т. 36, № 4. – С. 7 – 12.

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

УДК 621.81.09

*М. С. Балабаев**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГАЗОПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ ЗАГОТОВОК ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ

Обработка металлов – важная часть производственных процессов многочисленных промышленных и иных предприятий. Станки плазменной резки широко применяются на них, обеспечивая высокие показатели качества и производительности.

Станки плазменной резки предназначены для машинного раскроя с минимальным использованием ручного труда. Такие установки применяют на различных производствах. Они позволяют получать идеальное качество реза, когда дополнительная обработка получаемых

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

деталей не требуется. Станки, оснащенные ЧПУ, обеспечивают практически полную автоматизацию процесса раскроя изделий по заданному требуемому контуру, геометрическая форма которого может быть любой, даже очень сложной.

Основные тенденции в развитии современных промышленных технологий связаны с использованием высоких значений параметров технологических процессов: скорости, времени, контактов и пр. Но основные производства, обеспечивающие человека энергоносителями, металлом, пластмассами и пр., характеризуются рядом недостатков, связанных с многотоннажностью, громоздкостью, большими энерго- и ресурсозатратами, а также с образованием больших объемов промышленных отходов. Развитие техники, электроники связано с необходимостью качественного улучшения традиционно используемых материалов и с созданием новых материалов, уникальных по своим характеристикам (чистоте, термической и химической стойкости, твердости и пр.). Это явилось причиной поиска и разработки новых технических решений в металлургии, химической промышленности, энергетике, машиностроении и пр.

Все плазменные машины по мощности, способу применения и общей конструкции делят на два типа:

1) переносные – устанавливают непосредственно на обрабатываемое изделие (лист или трубу), во время работы перемещаются по направляющим, циркульному устройству, разметке либо гибкому копиру;

2) стационарные.

Стационарные по конструкции подразделяют на:

1) порталные;

2) портално-консольные;

3) шарнирные – осуществляют только вертикальный раскрой.

По типу движения или системы управления перемещением плазменного резака стационарные станки делят на:

1) линейные – для прямолинейного раскроя;

2) фотокопировальные (фотоэлектронные) – для фигурного резания по чертежу;

3) магнитно-копировальные (электромагнитные) – для фигурной обработки по стальному образцу или копиру;

4) установки с ЧПУ – резка по заданной программе.

Плазменная резка по производительности превосходит кислородную газоплазменную. Но если раскраивают металл большой толщины либо титан, то предпочтение следует отдавать последней. Станки плазменной резки незаменимы при разрезании цветных металлов и сплавов

на их основе (особенно алюминия). Применение этого оборудования экономически целесообразно в случаях обработки изделий из:

- чугуна – до 90 мм;
- углеродистых и легированных сплавов стали, толщина которых до 50 мм;
- меди и ее сплавов – до 80 мм;
- алюминия и сплавов на его основе – до 120 мм.

Раскрой низкоуглеродистых сталей на плазменных станках наиболее эффективен в случае применения сжатого воздуха (в первую очередь для толщин изделий до 40 мм). Когда работают с толщинами деталей более 20 мм, резку также можно проводить с использованием азотно-водородных составов или чистого азота. Для обработки углеродистых сталей применяют кислород и его смесь с азотом, сжатый воздух (обычно при толщине заготовок до 40...50 мм). Плазменный раскрой высоколегированных сплавов стали эффективен и используется только для изделий толщиной до 100 мм (при более толстых заготовках применяют кислородно-флюсовое разрезание). Причем до толщины в 50...60 мм может проводиться воздушно-плазменное разрезание, а для более толстых изделий применяют смесь азота с кислородом. Нержавеющие стали до 20 мм, как правило, обрабатывают с помощью азота; толщиной 20...50 мм – используя азотно-водородный газ (смесь из 50% объема водорода и 50% – азота). Так же возможно применение сжатого воздуха.

Медь режут с помощью азота (толщина изделий 5...15 мм), смеси аргона с водородом, сжатого воздуха (при малых и средних толщинах). Поскольку у этого металла высокие теплоемкость и теплопроводность, чтобы выполнить его обработку, требуется электрическая дуга большей, чем для раскроя сталей, мощности. В случае воздушно-плазменного разрезания меди на кромках деталей образуется грат (легко удаляемые наплавы металла). Раскрой латуни производят с большей (на 2...25%) скоростью, используя при этом для плазмообразования такие же газы, как и для меди.

Плазменный раскрой алюминия и сплавов из него с толщиной изделий 5...20 мм, как правило, выполняют с азотом, 20...100 мм – используя азотно-водородный газ (для получения нужной смеси необходимо азота 65...68%, а водорода – 32...35%), более 100 мм – аргоно-водородный газовый состав (водорода 35...50%) и с применением специальных плазматронов, в которых реализована дополнительная функция стабилизации электрической дуги потоком сжатого воздуха. Воздушно-плазменная обработка алюминия чаще всего используется при разделительной нарезке деталей, предназначенных для последующей обработки механическим способом. Хорошее качество раскроя

обычно достигается только для толщин изделия до 30 мм, когда сила подаваемого тока составляет 200 А.

Вопросы обеспечения качества изделий на стадии технологической подготовки производства, рассмотренные при проектировании системы поддержки принятия решений выбора режимных и конструктивных параметров, изложены в книгах [3, 4].

Список литературы

1. Уилкс, М. Составление программ для электронных счетных машин / М. Уилкс, Д. Уилер, С. Гилл ; пер. с англ. Н. П. Жидкова ; под ред. Д. Ю. Панова. – М. : Изд-во иностр. лит., 1953. – 208 с.
2. Никлаус Вирт. Краткая история Modula и Lilith// Архивная копия от 20 января 2007 на <https://web.archive.org> // перевод с англ. с комментариями в тексте Р. Богатырева.
3. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – М. : Спектр, 2012. – 212 с.
4. Altunin, K. A. Development of information support for intelligent cad of cutting processes / К. А. Altunin, М. V. Sokolov // Advanced Materials and Technologies. – 2017. – No. – P. 67 – 77.

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

УДК 621.9.025.6/.7

*Н. В. Бондаренко**

РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО ЦИФРОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА

После начала специальной военной операции на Украине многие зарубежные поставщики оборудования машиностроительного оборудования перестали сотрудничать с российскими заводами. В этой статье мы рассмотрим, какие компании ушли с российского рынка, и кто их может заменить.

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

Шведская компания Sandvik Coromant специализируется на резке металла, цифровом производстве, производстве нержавеющей и специальных стальных сплавов, а также промышленном нагреве, решила покинуть российский рынок 28-го февраля 2022 года. На сайте компании можно было приобрести не только обычный инструмент, но и собрать инструментальную сборку, которая включала в себя и инструмент, и адаптер к нему. Кроме этого, на сайте находилось приложение для расчета режимов резания. В 2021 году на Россию приходилось 3,5% продаж Sandvik. У компании нет производства в стране, но около 900 сотрудников занимаются продажами и услугами [1].

Еще одна шведская компания – Seco – является крупным поставщиком инструментов для фрезерования, токарной обработки, обработки отверстий и другие. Компания имеет представительства в более чем 75 странах мира, а благодаря 80-летнему опыту металлообработки Seco Tools обеспечивает высокое качество на любом этапе обработки.

Австрийская компания Tirolit – ведущий производитель отрезного и шлифовального инструмента. Производственный потенциал состоит из 25 предприятий в 15 странах, а численность сотрудников превышает 4500 человек. Однако после ухода с российского рынка на официальном сайте отсутствует русский язык, а при выборе страны России нет ни в списке европейских, ни в списке азиатских стран.

Помимо перечисленных выше компаний, с Российского рынка ушли: Wartsila, ABB, Alstom, Tata Steel, Andritz и многие другие.

Однако не все иностранные компании покинули российский рынок. Например, Dümmel, Vargus, Walter предлагают обширный выбор инструмента для металлообработки и готовы доставить его в Россию.

Dümmel – немецкая фирма, специализирующаяся на инструментах для обработки канавок, отрезки деталей и фрезеровании. Среди предлагаемых фирмой инструментов есть много инструментов и пластин для тонкой работы – минирезцы, минифрезы, а также резцы для обработки мельчайших отверстий [2].

Еще одной немецкой компанией является Vargus. Фирма разрабатывает, производит и поставляет инструменты для нарезания резьбы, обработки канавок, нарезания резьбы, а также слесарный инструмент. Например, линейка инструментов VARDEX предназначена для микрообработки и нарезания резьбы, линейка GROOVEX, выпущенная недавно, предлагает инструменты для токарной и фрезерной обработки канавок, а инструменты линейки SHAVIV предназначены для обработки металлических и пластиковых деталей.

Walter является одним из ведущих мировых производителей металлорежущих инструментов. Со штатом примерно 3800 сотрудников компания обслуживает заказчиков из более 80 стран мира. Продукция компании включает в себя более 45 000 наименований оснастки для точения, фрезерования, обработки отверстий и резьбонарезания. Компания зарегистрировала несколько торговых марок: Walter, Walter Titex, Walter Prototyp и Walter Multiply. Под маркой Walter компания продает твердосплавные пластины и инструментальные системы для точения, фрезерования, обработки канавок. Марка Walter Titex включает в себя сверла и развертки из твердого сплава и быстрорежущей стали. Walter Prototyp предлагает фрезы и резьбонарезной инструмент из твердого сплава и быстрорежущей стали, а Walter Multiply предлагает пакет цифровых решений для производства [3].

Примечательно, что зачастую державки для сменных пластин, изготовленные ушедшими фирмами, отлично совмещаются с пластинами других фирм. Например, режущие пластины для обработки внутренних канавок из каталога Dümmel можно использовать с державками Sandvik Coromant. Например, на рис. 1 отчетливо видно, что пластины для обработки внутренних канавок имеют одинаковое посадочное место в виде Y-образного выступа.

Но не только иностранные компании могут похвастаться точными и качественными инструментами. В России также существуют фирмы-изготовители инструментов для металлообработки, на которые стоит обратить внимание.

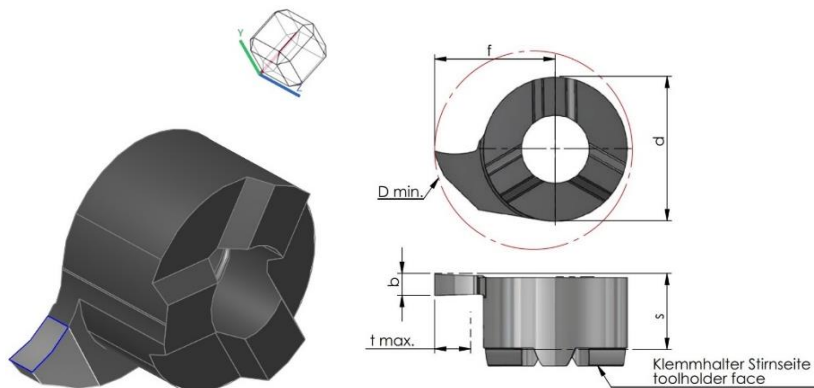


Рис. 1. Сравнение сменной пластины для обработки внутренних канавок из каталога Sandvik Coromant (слева) и из каталога Dümmel (справа)

Например, компания Скиф-М, самая молодая компания из перечисленных в этой статье, специализируется на выпуске фрез со сменными пластинами из твердого сплава и твердосплавных пластин для них.

Производственное предприятие «Инструментальщик» наладило собственное производство твердосплавного инструмента, у предприятия можно заказать фрезы, сверла, развертки, абразивный, слесарно-монтажный, измерительный инструменты, а также оснастку для станков.

В 2004 году в целях сохранения уникального сестрорецкого инструментального производства группа специалистов – выпускников ЛПИ им. Калинина (СПбГПУ) организовала предприятие ООО Спектр-Инструмент. На сестрорецком инструментальном заводе восстановлено производство: шаберных пластин ВК60М, разверток, фрез и зенкеров из быстрорежущей стали и с напайной пластиной, сверл с твердосплавной пластиной, монолитного твердосплавного инструмента. Спектр-Инструмент выпускает высококачественное оборудование, а на предприятии работают высококвалифицированные специалисты [4].

Список литературы

1. Новости из мира CAD/CAM и ЧПУ [Электронный ресурс] // Планета CAM. Информационно-аналитический электронный журнал. – URL : https://www.planetacam.ru/news/pressrelease/gruppa_sandvik_priostanavlivaet_svoyu_deyatelnost_v_rossii/ (дата обращения: 21.08.2022).
2. Dümmel (Dummel). Инструмент Dummel (Дюммель) [Электронный ресурс] // Центр твердосплавного инструмента. – URL : <https://carbide-tool.ru/dummel> (дата обращения: 21.08.2022).
3. Walter [Электронный ресурс]. – URL : <https://walter-tools.com/ru-ru/pages/default.aspx> (дата обращения: 21.08.2022).
4. Главная [Электронный ресурс] // Спектр-Инструмент. – URL : <https://www.s-instr.ru/home> (дата обращения: 21.08.2022).

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

*Н. В. Бондаренко, И. В. Татаринцев**

ОБЗОР НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

Современное машиностроение далеко ушло в вопросе используемых на предприятиях технологиях. Так, на сегодняшний день на многих производствах используются станки с числовым программным управлением.

Числовое программное управление (ЧПУ) – это автоматизированное управление обрабатывающими инструментами с помощью компьютера. Станок с ЧПУ обрабатывает заготовку из материала (металла, пластика, дерева, керамики или композита) в соответствии с кодированными запрограммированными инструкциям и без ручного оператора, непосредственно контролирующего операцию обработки [1].

Основные составляющие станка ЧПУ:

1) устройства ввода данных: используются для ввода программы обработки детали на станке. Существует три самых часто используемых вида устройств ввода: считыватель перфоленты, считыватель магнитных лент и компьютер, работающих через порт RS-232-C;

2) блок управления станком (БУС) – это сердце станка с ЧПУ. Он выполняет все управление станка. Среди функций БУСа следующие:

- чтение кодовых инструкций, вводимых в БУС;
- расшифровка кодовых инструкций;
- интерполяция (линейная, круговая и спиральная) для генерации команд движения оси;
- передача команд движения оси в схемы усилителя для управления механизмами оси;
- получение сигналов обратной связи о положении и скорости каждой оси привода;
- вспомогательные функции управления, такие как включение/выключение охладителя или шпинделя и смена инструмента;
- станок с ЧПУ зачастую имеет подвижный стол и шпиндель, для контроля положения и скорости нужен исполнительный механизм. Стол станка управляется в направлении осей X и Y, а шпиндель – в направлении оси Z;

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

– система привода состоит из: схем усилителя, приводных двигателей и ШВП (шарико-винтового подшипника). Блок управления станком подает сигналы схемам усилителя о положении и скорости движения каждой оси. Затем сигналы управления усиливаются, чтобы привести в действие двигатели привода, которые вращают ШВП, чтобы настроить нужное расположение рабочего стола;

– система обратной связи состоит из преобразователей, или датчиков. Ее также называют измерительной системой. Датчики непрерывно контролируют положение и скорость режущего инструмента. БУС принимает сигналы от этих преобразователей и использует разницу между исходными сигналами и сигналами обратной связи для генерации новых сигналов в целях коррекции положения и скорости;

– пульт управления: на дисплее отображаются программы, команды и другие необходимые данные станка с ЧПУ. Может быть, перемещен в удобное для оператора положение.

ЧПУ обработка – это производственный процесс, в котором изготовление деталей происходит под управлением компьютерных программ. Они могут контролировать все, от движений обрабатывающего центра до скорости шпинделя, включения/выключения охладителя и прочих функций [2].

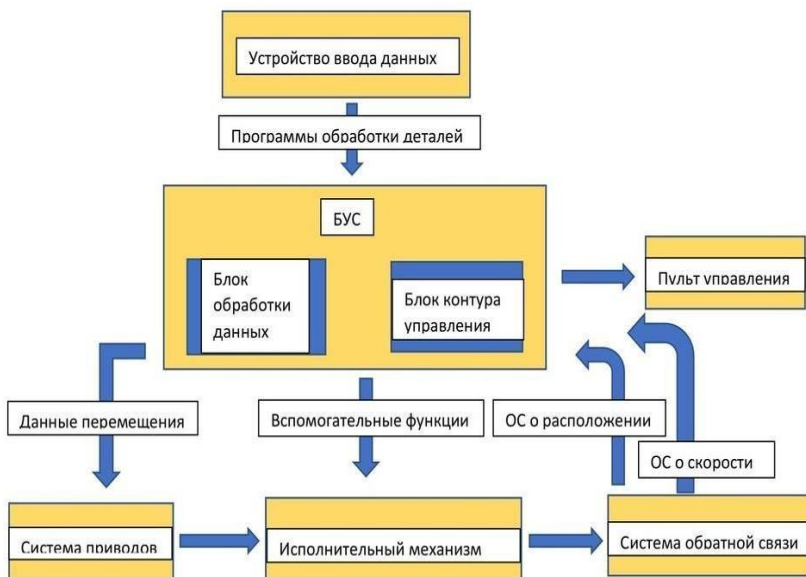


Рис. 1. Структурная схема станка с ЧПУ

Такие программы обычно выполняемых с помощью программного обеспечения автоматизированного производства САМ (от англ. Computer-aided manufacturing) или систем автоматизированного проектирования (CAD/САПР).

Программное обеспечение САПР является отправной точкой для большинства работ с ЧПУ. Существует много различных программных пакетов САПР, их функция заключается в создании моделей будущих заготовок, деталей, необходимых для данной работы. Популярные САПР-программы включают AutoCAD, SolidWorks и Компас 3D.

Так же станки с ЧПУ используют программы, созданные программным обеспечением САМ. Они позволяют пользователям настраивать «дерево заданий» для организации рабочего процесса, задавать траектории движения инструмента и запускать моделирование резки до того, как станок выполнит реальную резку. Часто программы САМ работают как дополнения к программному обеспечению САПР и генерируют G-код, который сообщает инструментам с ЧПУ и движущимся деталям детали, куда двигаться. Мастера в программном обеспечении САМ делают программирование станка с ЧПУ проще, чем когда-либо. Популярное программное обеспечение САМ включает Mastercam, Edgcam, OneCNC, HSMWorks и Solidcam.

G-код – условное именование языка программирования устройств ЧПУ. С его помощью задается программа обработки, которой и следует станок.

Таким образом, процесс работы со станком ЧПУ выглядит так: создается проект (чертеж) в программе САПР, после с помощью программного обеспечения записывает G-код, который может считывать контроллер на станке, дальше программа на контроллере интерпретирует конструкцию и перемещает режущие инструменты и(или) заготовку по нескольким осям, чтобы вырезать из заготовки желаемую форму.

Автоматизированный процесс резки намного быстрее и точнее на более старом оборудовании. Современные станки с ЧПУ содержат несколько инструментов и выполняют множество видов резки. Количество плоскостей перемещения (осей), а также количество и типы инструментов, к которым станок может автоматически обращаться в процессе обработки, определяют, насколько сложную заготовку может изготовить ЧПУ.

Итак, рассмотрев принцип работы станка с ЧПУ, можно наглядно увидеть, как применение знаний программирования в машиностроении помогло специалистам создать станки, которые в разы эффективнее старых.

Таким образом, машиностроению необходимо развиваться в сторону автоматизации и цифровизации, а именно разработки нового программного обеспечения, т.е. программ, способствующих упрощению и повышению эффективности уже существующих процессов. А так как машиностроение само по себе является обширной областью, производственной деятельностью, оптимизацию можно проводить с развития узконаправленных программ.

Список литературы

1. URL : <https://cncmachines.com/what-is-a-cnc-machine>
2. URL : <https://top3dshop.ru/blog/basics-and-working-principle-of-cnc-machine.html>

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

УДК 665.761

*Е. В. Бубнова**

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОЗАДИРНОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭКСФОЛИАЦИИ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

В настоящее время в РФ находится в эксплуатации почти 60 млн единиц транспортных средств, оснащенных двигателями внутреннего сгорания. Подавляющее большинство составляют легковые автомобили (более 45 млн) [1]. Особенность эксплуатации современных тепловых двигателей подразумевает применение большой номенклатуры технологических жидкостей, которые требуют регламентной замены. Наиболее часто обновляемыми являются моторные масла. Это обусловлено тяжелыми условиями их работы и склонностью к окислению. Именно последнее обстоятельство и приводит к такой частой замене. В результате окисления образуются продукты, которые можно разделить на низкомолекулярные и высокомолекулярные продукты окисления. К первым относятся низшие карбоновые кислоты, которые обладают высокой коррозионной активностью, особенно она усиливается в при-

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. В. Рухова.

сутствии воды, которая тоже является продуктом окисления компонентов моторного масла. К высокомолекулярным веществам относятся смолы, асфальтены и другие продукты окислительной полимеризации. В связи с вышесказанным годовая потребность в моторном масле составляет более 240 тыс. т.

Подавляющее большинство современных моторных масел – это сложная композиция, которая кроме базового масла минерального, синтетического или смешанного происхождения содержит большое количество функциональных присадок. Данные вещества отвечают за поддержание вязкостных характеристик во всем диапазоне эксплуатации (вязкостно-загущающие и депрессорные присадки), защиту деталей машин от коррозии и само масло от окисления (антиокислительные и антикоррозионные присадки), удаление продуктов окисления масла с деталей машин (моющие присадки). Наиболее ключевыми присадками, ответственными за экономичность и надежность работы механизмов, являются антифрикционные и противоизносные присадки. К последним относятся фторорганические соединения и вещества, имеющие слоистую структуру. К сожалению, требуется констатировать, что на сегодняшний день в России отсутствует производство современных антифрикционных и противоизносных присадок мирового уровня. В связи с этим является весьма актуальным решение задачи разработки новых отечественных антифрикционных и противоизносных присадок для моторных масел.

Проведенные исследования на кафедре «Химия и химические технологии» Тамбовского государственного технического университета [2] показали возможность улучшения антифрикционных качеств пластичных смазок в результате их модификации коллоидными формами графита. В связи с этим представляется перспективным выполнение исследования применения коллоидного графита для модификации моторного масла. В связи с вышесказанным можно сформулировать цель научного исследования: разработка научно обоснованной технологии получения антифрикционной и противоизносной присадки на основе коллоидного графита для модификации моторного масла. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд научных задач.

В первую очередь необходимо провести всестороннее и критическое литературно-патентное исследование. В рамках него будут рассмотрены вопросы состава моторных масел различного происхождения, строения макромолекул, входящих в состав масел, и методика контроля качественных показателей. На следующем этапе изучению подвергнутся разновидности присадок, используемых для модификации моторных масел, и основные классы веществ, применяемые для этих целей.

Особое внимание будет уделено присадкам, выполняющим противоизносные и антифрикционные свойства. В рамках данного обзора будут выявлены сильные и слабые стороны применяемых соединений, и не только в разрезе их физико-химических параметров, но и опираясь на их стоимость и доступность в текущей ситуации. Акцент будет смещен в сторону слоистых кристаллических веществ и особенно рассмотрены источники, раскрывающие особенности применения графита и графенсодержащих веществ. Тем более, что на сегодняшний момент этому вопросу посвящено большое количество публикаций. В рамках следующего шага будут подробно критически изучены способы и технологии получения коллоидных форм графита, при этом особое внимание будет уделено патентным отечественным и иностранным источникам. Такой подход позволит выявить недостатки в современных подходах модификации моторных масел, установить пробелы в имеющемся знании о физико-химической стороне вопроса и обоснованно выбрать направление дальнейшего научного исследования.

Следующая научная задача, которую предстоит решить, это выбор метода синтеза коллоидного графита и используемое для этой цели исходное сырье. Ранее проведенные исследования показали, что наиболее производительным и при этом экологически чистым способом получения коллоидных форм графита является электрохимическая эксфолиация [3]. В качестве исходного сырья в данных процессах применяют природный или искусственный графит. При том последний не редко может содержать связующие вещества, например фенолформальдегидную смолу. Также научный интерес представляет попытка эксфолиация других графитсодержащих материалов, например природных битумов. Так же природные битумы известны как минерал шунгит, и в зависимости от содержания в нем углерода они подразделяются на пять разновидностей: шунгит I – V. Рассмотрим данные разновидности. Шунгит I обладает смоляно-черным цветом с металлическим блеском, обладает относительно небольшой твердостью. Шунгит трещиноват и склонен к легкому раскалыванию ударом или раздавливанием. Шунгит не прозрачен и не просвечивает в краях. Плотность шунгита 1800...1900 кг/м³. Шунгит отличается высокой электропроводностью и способностью окисляться на воздухе при высоких температурах. Шунгит II способен гореть без пламени после предварительного разогрева, так же и Шунгит I. При горении Шунгит II по энергетическим параметрам приближается к каменным углям. Но горение это быстро прекращается. Шунгит III представляет собой матовую (в отличие от I и II разновидностей) толстослоистую черную породу, более широко распространенную в Карелии, по сравнению с блестящим Шунгитом II. Эта разновидность

шунгитовых сланцев значительно беднее шунгитовым пигментом; среднее содержание в ней шунгитового углерода не превышает 35%, зольность достигает 56...60% и больше. В связи с чем у Шунгита III повышается плотность до 2310...2450 кг/м³. Шунгит IV также относится к матовым черным разновидностям шунгитовых сланцев, имеет плитчатое, а иногда землистое рыхлое строение, обладает небольшой твердостью. Содержание углерода в четвертой разновидности шунгита в среднем около 15%, редко достигает 20...25%. По внешнему виду Шунгит IV напоминает черные глинистые сланцы, хотя первичное глинистое вещество в нем отсутствует. Порода представляет серьезный интерес как каменный строительный материал. Шунгит IV является самой распространенной породой в Карелии. Шунгит V серовато-черная или густо-черного цвета толстослоистая, очень тонкозернистая и очень твердая порода, состоящая в отличие от всех других разновидностей шунгитов на 85...95% из зерен минерала кварца. Шунгит V имеет наиболее высокую плотность – 2350...2650 кг/м³, твердость 5,5...6,5 по шкале Маоса, размер зерен минерала около 0,001 мм. Содержание шунгитового углерода в Шунгите V очень небольшое, не выше 4...6%. Предстоит провести исследование образцов шунгита методами электронной сканирующей микроскопии, ИК-фурье спектроскопии, дифференциальной сканирующей каллометрии и рентгенфлуоресцентного анализа.

На следующем этапе исследования предстоит установить особенности эксфолиации в различных электролитах при варьировании режимных параметров. Отправной точкой исследования будет щелочной электролит, содержащий водный раствор гидроксида натрия (концентрация 0,2 Н). Тип электролита и концентрация установлены в ходе предварительных исследований. Опыт получения коллоидных форм графита методом электрохимической эксфолиации показал, что наиболее важными технологическими параметрами процесса являются температура электролита, плотность электрического тока и частота смены полярности на электродах. На начальном этапе будет проведено исследование влияния только двух перечисленных параметров на характеристики коллоидных графитов.

Далее полученные коллоидные графиты при различных значениях температуры и плотности тока будут подвергнуты исследованиям методами оптической и электронной микроскопии, фотометрии и седиментации. Образец, показавший наименьшие размеры, будет использован для модификации моторного масла. Образцы моторного масла с различным содержанием коллоидного графита будут испытаны на роликовой машине трения.

Список литературы

1. URL : <https://www.autostat.ru/news/49197/>
2. Graphite nanoplates as grease lubricant additive / A. Rukhov, E. Bakunin, T. Dyachkova et al. // Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures. – 2021.
3. Бакунин, Е. С. Современные способы получения малослойных графеновых структур методом электрохимической эксфолиации графита / Е. С. Бакунин, Е. Ю. Образцова, А. В. Рухов // Перспективные материалы. – 2018. – № 7. – С. 5 – 15.

Кафедра «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 692.232

В. М. Данилов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛОВАТНОЙ ПЛИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННОЙ КОНЦЕПЦИИ

Возможности минераловатной плиты зарекомендовали себя крайне удачными в вопросах тепло- и звукоизоляции. Минеральная вата обладает высоким сопротивлением к теплопередаче, негорючестью, химической и биологической пассивностью, экологичностью и легкостью монтажа при отсутствии гигроскопичности и усадки. При этом к основному минусу необходимо отнести высокое водопоглощение, препятствующее к использованию в местах повышенной влажности, а также вынуждающее применять гидрофобную защиту [1]. Ввиду широкого распространения данного материала изучение эксплуатационных характеристик минераловатной плиты при различных воздействиях является актуальной задачей. В качестве объектов исследования были взяты образцы минераловатных плит марки Изоруф-Н и Изоруф-В.

Известно, что на скорость водопоглощения влияет несколько факторов, а именно структура самого материала, окружающая температура и характеристики жидкой среды. Чтобы появилась возможность прогнозировать скорость набухания (водопоглощения) в зависимости от окружающей температуры, появляется необходимость выявить такие величины, которые будут постоянны и не зависеть от температуры.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, научного руководителя кафедрой «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. П. Янцева.

Таковыми величинами можно считать предэкспоненциальный множитель и энергию активации, входящие в уравнение Аррениуса [2]:

$$w = w_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (1)$$

где w – скорость набухания, [%/с]; w_0 – предэкспоненциальный множитель, [%/с]; E – энергия активации (набухания или разбухания), [кДж/моль]; R – универсальная газовая постоянная, [кДж/(моль×К)]; T – температура, [К].

Результаты исследований на набухание показали, что степень набухания минераловатной плиты растет в течение времени. Увеличение температуры воды вызывает ускорение этого процесса. Эксперименты на водопоглощение показали, что наиболее сильно процесс водопоглощения протекает в течение 60 мин, после чего он замедляется и наступает стабилизация. При повышенных температурах процесс водопоглощения протекает более равномерно, но при увеличении температуры (с 20 до 60 °С) водопоглощение увеличивается в три раза. Константы w_0 и E определялись в ходе графоаналитического дифференцирования экспериментальных данных. Константы позволяют рассчитать скорость водопоглощения при заданной температуре эксплуатации и прогнозировать ее в широком диапазоне температур. Значения физических констант приведены в табл. 1.

Также проведены исследования на влияние нагрева на геометрические размеры. Исследования образцов минераловатных плит проводились в линейном dilatометре. Испытания проводились при постоянной скорости нагрева 1,65 °С/мин. Результаты эксперимента показали, что на начальном этапе нагревания практически не происходит изменение размеров образцов минераловатных плит до достижения температуры в 35...40 °С, когда эти изменения становятся заметными. Для испытываемой минераловатной плиты Изоруф-Н коэффициент термического расширения составляет $0,98 \times 10^{-6}$ (1/°С). Для Изоруф-В составляет $1,01 \times 10^{-6}$ (1/°С).

1. Значения физических констант при водопоглощении минераловатных плит Изоруф-Н и Изоруф-В

Материал	E , кДж/моль	$\lg w_0$	$\lg w$ [%/с] при $T = 40$ °С
Изоруф-Н	21,25	2,0	-1,4
Изоруф-В	26,06	3,0	-1,5

Для изучения изменения теплопроводности минераловатных плит после теплового старения, УФ-облучения и циклов замораживания и оттаивания были проведены исследования. Результаты показали, что теплопроводность минераловатных плит снижается в результате любого вида старения, т.е. незначительно ухудшается. Это объясняется нарушением структуры материала, уменьшением количества влаги, находящейся в материале при тепловом старении, расслоением минераловатной плиты при замораживании и оттаивании. Изучено изменение теплопроводности минераловатной плиты при воздействии на нее сжимающих усилий. Зависимости теплопроводности от относительной деформации показали увеличение теплопроводности материала с ростом усилия сжатия. Это происходит за счет увеличения плотности материала и уменьшения объема пустот между волокнами (снижения доли воздуха). Выявлена зависимость влияния замачивания на теплопроводность минераловатных плит. Установлено, что с увеличением количества воды в материале наблюдается повышение теплопроводности, что объясняется заполнением пустот и повышением плотности материала.

Рассмотрение долговечности минераловатной плиты производилось с применением термофлуктуационной концепции. Концепция рассматривает разрушение как не мгновенное явление, а происходящее и развивающееся во времени. Эксперименты проводились при трех видах температур 20, 40 и 60 °С. Исследовано три вида воздействия, а именно поперечный изгиб, сжатие и пенетрация. Финальным результатом экспериментов являются термофлуктуационные константы (приведенные в табл. 2 – 4), которые позволяют оценить долговечность, длительную прочность, термостойкость и скорость деформирования минераловатной плиты при различных эксплуатационных обстоятельствах. Классическим видом данной зависимости является «прямой пучок», который описывается уравнением

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (2)$$

где τ_m – минимальная долговечность (период колебания кинетических единиц – атомов, групп атомов, сегментов), [с]; U_0 – максимальная энергия активации разрушения, [кДж/моль]; γ – структурно-механическая константа, [кДж/(моль·МПа)]; T_m – предельная температура существования твердого тела (температура разложения), [К]; R – универсальная газовая постоянная, [кДж/(моль·К)]; τ – время до разрушения (долговечность), [с]; σ – напряжение, [МПа]; T – температура, [К].

2. Значения физических констант при поперечном изгибе

Марка минераловатной плиты	Интервал температур, °С	Интервал напряжений, МПа	Физические константы			
			τ_m , с	T_m , К	U_0 , кДж/моль	γ , кДж/(МПа×моль)
Изоруф-Н	20...60	0,16...0,20	$10^{0,3}$	588	223	1051
Изоруф-В	20...60	0,23...0,29	$10^{-0,3}$	625	155	500

3. Значения констант при деформировании сжатием минераловатных плит

Марка минераловатной плиты	$\lg v_{m(l)}$ ($\lg v^*$), [%/с]	$T_{m(l)}$, К	$U_{0(l)}$ (U), кДж/моль	$\gamma_{(l)}$, кДж/(моль×МПа)
Изоруф-Н	-2,6	370	48	640
Изоруф-В	-2,2	714	28	320

4. Значения констант при деформировании пенетрацией минераловатных плит

Марка минераловатной плиты	U_0 кДж/моль	β
Изоруф-Н	103	80
Изоруф-В	81	68

Стоит отметить, что зависимости логарифма скорости деформирования от обратной температуры получились стандартными только для воздействия поперечным изгибом. При воздействии сжатия получился «обратный пучок», а при воздействии пенетрацией получились параллельные прямые. Такое поведение материала можно объяснить его неравномерной структурой. Значение τ_m получилось значительно больше периода колебаний атомов в твердом теле ($10...12$ с), что так можно связать со сложной структурой материала. Значение T_m схоже со значением температуры разложения синтетического связующего. Значение U_0 схоже с энергией активации разрушения силикатов. Значение γ отражает неравномерность распределения нагрузки в волокнистой структуре минераловатной плиты.

Список литературы

1. Барабанщиков, Ю. Г. Строительные материалы и изделия : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. Г. Барабанщиков. – 5-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 416 с.
2. Дорофеев, А. М. Влияние силовых и атмосферных воздействий на теплофизические характеристики минераловатных плит / А. М. Дорофеев, В. П. Ярцев // Кровельные и изоляционные материалы. – 2010. – № 4(34). – С. 14 – 16.

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

УДК 621.892.5

*А. М. Истомин**

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПАРТИЙ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК НА ПОКАЗАТЕЛЬ ИЗНОСА

На сегодняшний день консистентные или пластичные смазочные материалы получили широкое распространение в инженерно-технических сферах деятельности.

Консистентные смазки применяются для увеличения срока службы, герметизации, изоляции, защиты от коррозии, снижения фрикционных свойств частей эксплуатируемой техники.

Пластичные смазки должны соответствовать техническим характеристикам предусмотренными стандартами, чтобы гарантировано выполнять свои функции. Следовательно, очень важно уделить внимание проблеме определения соответствия смазочных материалов требуемым стандартам.

У консистентных смазок существует несколько ключевых параметров. В данной работе уделяется внимание испытаниям на пятно износа в качестве одного из важнейших.

Для товарных партий пластичных смазок уже существуют разработанные методики проведения аналогичных испытаний, которые представлены в ГОСТе.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. В. Рухова.

Суть методики, представленной в ГОСТ 9490–75: показатель износа определяют при постоянной нагрузке. Основной является нагрузка 196 Н (20 кгс). Основная частота вращения 1460 ± 50 об/мин. При установлении показателя износа проводят два последовательных определения. Температуру узла трения поддерживают с погрешностью не более ± 5 °С. Время разогрева узла трения до 300 °С не должно превышать 35 мин.

Для проведения испытания шарики закрепляют в шпиндель машины и в чашке для смазочного материала. Пластичный смазочный материал наносят шпателем, не допуская образования пустот. Затем устанавливают чашку со смазочным материалом в машину, плавно прилагают заданную нагрузку и включают электродвигатель.

Время проведения испытания 60 мин. После остановки машины охлаждают узел трения ниже 40 °С и снимают ватным тампоном пластичный смазочный материал с участков трения на нижних шариках.

Измеряют диаметры пятен износа каждого из трех нижних шариков во взаимно перпендикулярных направлениях с точностью не менее 0,01 мм. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение измерений пятен износа трех нижних шариков.

Шарики должны быть изготовлены диаметром 12,7 мм из стали ШХ-15 по ГОСТ 801.

Надежное определение показателя диаметра пятна износа обеспечивается при стабильном режиме трения (без вибраций, скрипа и т.д.)

Данная методика не применима для экспериментальных партий смазок. Так, для смазок на стадии разработки не всегда удается обеспечить стабильный режим трения, поэтому на основе стандартного метода была экспериментально подобрана собственная методика испытаний.

Эксперименты осуществлялись на опытной установке, которая представляет собой четырехшариковую машину трения разработанной в лаборатории на основе вертикально сверлильного станка модели Энкор Корвет-47 90470. Установка снабжена термостатирующими устройствами, чашей для образцов и рубашкой для теплообмена. Лабораторная четырехшариковая машина трения изображена на рис. 1.

Измерение диаметра пятна трения проводилось с использованием микроскопа с 500 кратным увеличением.

Анализ полученных данных проводился с помощью программы JMicroVision, в которую загружались калибровочные изображения в целях построения калибровочных прямых для измерений.

Интерфейс программы и пример измерения в ней представлены на рис. 2.



Рис. 1. Опытная установка – четырехшариковая машина трения:
 1 – рубашка для теплообмена; 2 – чаша для образцов; 3 – крепление верхнего шарика; 4 – привод; 5 – рычаг для создания нагрузки; 6 – термостат

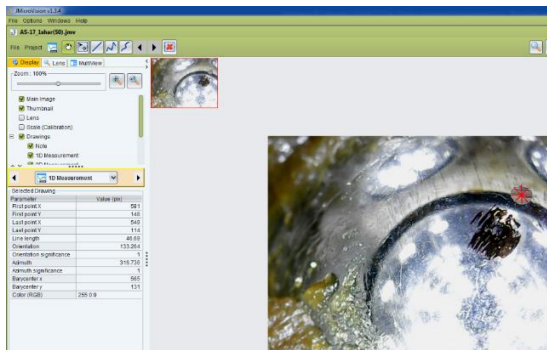


Рис. 2. Пример обработки результатов исследования

Для эксперимента был взят разработанный образец пластичной смазки на основе кальциевых мыл – солилол, полученный из отработанного моторного масла и модифицированный коллоидным окисленным графитом.

В процессе исследования были проведены последовательные испытания одного образца при различных оборотах вращения шпинделя 1460 об/мин по ГОСТ 9490–75 и 800, 580, 530 об/мин, прочие условия оставались одинаковыми. Выбор числа оборотов определялся конструктивными возможностями машины.

При испытании на 800, 580 об/мин не обеспечивается стабильный режим трения, в процессе проведения экспериментов фиксировались вибрация, скрипы, размеры пятна трения несимметричны. Допустимый разброс диаметров пятен трения на 3 шариках составляет не более 10%.

Эксперимент на 530 оборотах показал допустимый разброс размеров около 5%, а также на данном количестве оборотов наблюдается стабильный режим трения.

В процессе исследования было обнаружено, что при уменьшении количества оборотов и времени проведения 1 эксперимента 60 мин диаметр пятен трения возрастает пропорционально уменьшению оборотов. Для обеспечения условий испытаний, подобных стандартной методике, был проведен эксперимент на 1460 об/мин в соответствии с ГОСТ 9490–75. Далее при 530 об/мин уменьшалось время экспериментов до соответствия диаметра пятна износа на указанных оборотах диаметру пятна на 1460 об/мин по стандарту.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

1. Зависимость диаметра пятна износа от количества оборотов

Количество оборотов, об/мин	Диаметр пятна износа, мкм
1460	270
800	>390
580	>390
530	263

Было установлено, что оптимальная продолжительность проведения испытания 16 мин, в таком случае разность диаметров пятен между 1460 и 530 об/мин составляет менее 0,01 мм.

В результате была получена методика для испытаний экспериментальных партий смазок.

Методика сходна с методикой по ГОСТ 9490–75, но имеет следующие особенности:

- количество оборотов понижено до 530 об/мин;
- нагрузка фиксирована и составляет 196 Н или 20 кгс;
- время проведения испытаний снижено до 16 мин.

Возможно, данная методика позволяет сократить время испытаний не только экспериментальных образцов, но и любых смазок.

Список литературы

1. Бонер, К. Дж. Производство и применение консистентных смазок / К. Дж. Бонер ; пер. с англ. А. П. Чочия ; под ред. В. В. Сеницына. – М. : ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1958. – 704 с.
2. Фукс И. Г. Добавки к пластичным смазкам / И. Г. Фукс. – М. : Химия, 1982. – 248 с.
3. Нефтепродукты : справочник – М. : Химия, 1966 – С. 664–665.
4. Вавилов, М. П. Смазка металлургического оборудования / М. П. Вавилов. – М. : МАШГИЗ, 1954 – С. 28–29.

**БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ ПЛАСТИК КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ
ЧАСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Биоразлагаемые пластмассы являются перспективными альтернативами обычным пластмассам. Считается, что наиболее выгодная экологическая ценность биоразлагаемых пластмасс заключается в области упаковки. Хотя биоразлагаемые пластмассы должны быть неотъемлемым компонентом стратегий минимизации пластикового загрязнения окружающей среды, они должны использоваться и управляться с учетом конкретных сценариев окончания срока службы.

Биоразлагаемый пластик – перспективная идея, но он также вносит вклад в загрязнение пластиком мирового океана. В работе [1] отмечено, что большая часть биоразлагаемого пластика, плавающего в океане, разрушается только при температуре 50 °С, что намного выше температуры океанской воды. Кроме того, биоразлагаемые пластмассы не плавучие, поэтому они не находятся на поверхности, чтобы быть подвергнутыми ультрафиолетовому излучению.

Пластик должен быть правильно идентифицирован, отсортирован и очищен, прежде чем он может быть переработан. Несоблюдение этого требования может привести к серьезному повреждению оборудования. Различные марки пластика имеют различные температуры плавления, которые могут широко варьироваться; подача неправильной марки пластика в экструзионную печь может привести к повреждению печи, остановке производства и значительным эксплуатационным потерям.

Биоразлагаемый пластик, также известный как полимолочная кислота, изготавливается из кукурузного крахмала или сахарного тростника. В работе [2] авторы описывают работу над сбраживанием сахаров, растительных масел и разрушение отходов ПЭТ для получения полигидроксиалканатов, биоразлагаемого пластика, который можно использовать для изготовления бутылок, пленок и клеев.

Так же в литературе [3] описывается биоразлагаемый пластик на основе термопластичного крахмала, «изготовленного из кукурузного крахмала, производных растительного масла и биоразлагаемых синтетических полиэфиров».

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доцента И. В. Хорохориной и ассистента О. С. Филимоновой. Кафедра «Природопользование и защита ОС» ФГБОУ ВО «ГТТУ».



Рис. 1. Круговорот биопластика

1. Материалы для изготовления биопластика биоразлагаемых пластмасс

Биопластики	Биоразлагаемые пластмассы
<p>Изготовлены из натуральных веществ, таких как кукурузный крахмал.</p> <p>В процессе производства экономят энергию и выделяют меньше углерода, поскольку используемые растения уже имеют такое же количество углерода</p>	<p>Изготовлены из традиционных продуктов нефтехимии, но предназначены для более быстрого разрушения.</p> <p>Имеют добавки, которые ускоряют скорость их распада или разрушения в присутствии кислорода и света</p>

Биоразлагаемые пластмассы изготавливаются таким образом, что они могут разрушаться или деградировать при воздействии ультрафиолетового излучения солнца, ферментов, бактерий, воды или ветра. Они изготавливаются из возобновляемого сырья или натуральных растительных, или животных материалов, таких как апельсиновая корка, кукурузное масло, соевые бобы, микроорганизмы или крахмал (рис. 1).

Промышленная переработка биоразлагаемых пластмасс аналогична производству обычного пластика, отличаются только используемые материалы (табл. 1).

Преимущества использования биоразлагаемых пластмасс.

1. *Биоразлагаемые пластмассы легко перерабатываются.* Эти виды пластмасс разлагаются меньше времени при выбросе, не содержат химических веществ или токсинов. Переработка помогает уменьшить проблемы свалок, и, кроме того, переработанные биоотходы могут быть

использованы в качестве компоста или в качестве возобновляемой энергии для биогаза.

2. *Они потребляют меньше энергии при производстве.* Производство биоразлагаемых пластмасс требует больше инвестиций, но требуется меньше энергии по сравнению с производством обычных пластмасс. Например, производство полимера на основе кукурузы требует на 65% меньше энергии по сравнению с аналогичным полимером, изготовленным из нефти.

Это означает, что будет использоваться меньше топливных ископаемых; следовательно, снижение загрязнения окружающей среды. Кроме того, они производят на 68% меньше парниковых газов во время своего производства, что создает значительную экологическую выгоду.

3. *Сокращение количества производимых отходов.* Биоразлагаемый пластик разрушается в течение нескольких месяцев в зависимости от материала, используемого для изготовления биопластика, и способа утилизации. Другие виды традиционного пластика составляют 13% потока отходов, что составляет 32 млн т мусора в год, и только 9% этого типа пластика могут быть переработаны.

4. *Снижение потребления нефти.* Нефть является важным ингредиентом в производстве традиционных пластмасс. Известно, что нефть оказывает негативное воздействие на окружающую среду, учитывая количество отходов, образующихся при переработке, а также при добыче нефти из земли.

Биоразлагаемые пластмассы используют идею натуральных продуктов; поэтому использование биопластика может значительно сократить количество используемой нефти и, следовательно, уменьшить ее экологическую опасность.

5. *Компостируемость.* Компостирование биопластических продуктов может сделать почву плодородной. Причина этого в том, что пластик производится не с использованием искусственных химикатов, а из натуральных материалов. Материалы разлагаются и улучшают удержание воды и питательных веществ в почве, а также помогают в росте более здоровых растений без необходимости использования пестицидов и химических удобрений.

6. *Снижение уровня углекислого газа.* Производство пластмасс значительно возросло за эти годы. Ученые приблизились к тому, что к 2050 году в океане может быть больше пластмасс, чем рыбы. Питьевая вода в это время будет загрязнена 80% микропластика.

Поскольку ископаемое топливо не требуется в процессе производства таких экологически чистых, биоразлагаемых пластиковых изделий, выбросы углекислого газа сокращаются.

7. *Снижение уровня выбросов парниковых газов.* Использование биоразлагаемых пластмассовых изделий вместо традиционных пластмасс уменьшает количество выбросов парниковых газов.

8. *Биоразлагаемые пластмассовые изделия не выделяют вредных продуктов при разложении.* Производство традиционных пластмасс – это выброс метана, токсичных химических веществ и других видов загрязняющих веществ в окружающую среду. Эти вещества, разрушаясь, потенциально опасны, поскольку они могут легко нанести вред морским и наземным экосистемам, а также общему здоровью человека.

Бисфенол А – важный компонент в производстве пластмасс, например, связан с эндокринным нарушением, которое невероятно вредно для репродуктивного цикла человека.

Переход на биоразлагаемые пластиковые изделия означает сокращение выбросов этих смертоносных продуктов в окружающую среду и создание лучшего, более здорового будущего для будущих поколений.

9. *Биоразлагаемые пластмассовые изделия разрушаются бактериями.* При захоронении биоразлагаемых пластиковых изделий бактерии в почве начинают разлагать их. В результате мы остаемся с управляемым количеством отходов. Этот процесс разложения является естественным и количество ископаемого топлива или энергии, потребляемой в процессе, равно нулю, и, следовательно, он также экономически эффективен.

10. *Биоразлагаемые пластиковые изделия – это новая отрасль для экспорта, а также маркетинга.* Как показывают современные тенденции, биоразлагаемые пластиковые изделия находятся на грани того, чтобы стать процветающей отраслью этого поколения. Люди становятся все более осведомленными и готовыми уменьшить свой «углеродный след».

Список литературы

1. Вшивков, С. А. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие / С. А. Вшивков, И. С. Тюкова, Е. В. Русинова. – 2022.
2. Irwin, A. How to solve a problem like plastics / A. Irwin // New Scientist. – 2018. – V. 238, No. 3178. – P. 25 – 31.
3. Effect of a natural polyphenolic extract on the properties of a biodegradable starch-based polymer / P. Cerruti et al. // Polymer degradation and stability. – 2011. – V. 96, No. 5. – P. 839 – 846.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
ВУЛКАНИЗАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Вулканизация представляет собой завершающий этап технологического процесса производства резинотехнических изделий. На данном этапе происходит формообразование изделия с требуемыми механическими свойствами. Каучук превращается в резину, теряет свою пластичность и становится эластичным, приобретает стойкость к многократным деформациям, способность к большому удлинению, амортизационные свойства и др.

Как правило, процесс осуществляется путем нагревания каучука, смешанного с вулканизирующими агентами, в пресс-форме под давлением. Наиболее распространенным оборудованием для реализации процесса вулканизации являются прессы с гидравлическим приводом, с помощью которых изготавливают резинотехнические изделия компрессионным методом. Этот метод прост и заключается в заполнении формуемой смесью нагретой пресс-формы, которая затем замыкается между нагретыми плитами прессы [1].

К значимым параметрам, определяющим процесс вулканизации, относятся температура, продолжительность, давление. Их величина назначается в зависимости от конструкции оборудования, среды вулканизации, состава и свойств резиновой смеси, конфигурации и размеров изделия (особое внимание здесь уделяется толщине). Важной характеристикой процесса, которой также уделяется внимание при разработке технологии, является время до начала реакции вулканизации. Исходная смесь должна иметь достаточную стойкость к преждевременной вулканизации, в противном случае затрудняется формование изделия [2].

Температура вулканизации на гидравлических прессах с паровым обогревом находится в интервале 143...180 °С, с электрическим обогревом – 180...200 °С. Удельное давление на плиту составляет 2...10 МПа в зависимости от мягкости смеси. Продолжительность процесса вулканизации при заданной температуре и определенном давлении определяется опытным путем по образцам, вырубленным из пластин резиновой смеси в различные моменты времени [4].

На рисунке 1 представлена модель, на которой показаны нагревательные плиты, вулканизационная пресс-форма и формуемое резинотехническое изделие.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ГТТУ» А. О. Глебова.

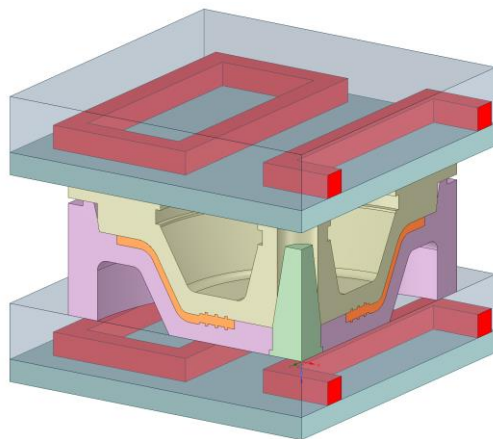


Рис. 1. Сборка вулканизационной пресс-формы и плит

Длительная вулканизация (продолжительной оптимального времени) приводит к ухудшению свойств. В частности, с определенного момента начинается снижение прочности и эластичности резинотехнического изделия. По этой причине исследуется кинетика процесса. В общем случае можно выделить четыре стадии: индукционный период, период вулканизации, плато вулканизации, период реверсии.

В течение первого периода сохраняется вязкотекучее состояние резиновой смеси, заготовки приобретают конфигурацию детали. Данная стадия должна протекать без возникновения явлений вулканизации по всей толщине заготовки.

Затем начинается период вулканизации, происходит прогрев резиновой смеси, сопровождающийся сшиванием молекул каучука с образованием пространственной сетки, и заготовка приобретает определенные физико-механические свойства. Ввиду низкой теплопроводности резины для деталей различной толщины время прогрева будет значительно отличаться. Кроме того, из-за неравномерности прогрева в изделиях большой толщины на участках вблизи нагретой поверхности пресс-формы вулканизация начинается и, соответственно, заканчивается раньше, чем в областях, более отдаленных, где реакция, возможно, еще не началась. Для получения изделий более высокого качества необходимо обеспечить равномерность протекания вулканизации во всех областях изделия.

Плато вулканизации подразумевает период, когда из каучуковой заготовки образуется резина с требуемыми свойствами по всей толщине изделия без явления перевулканизации. За плато начинается период

реверсии или перевулканизации, который является нежелательным ввиду ухудшения свойств резины [3].

Охлаждение полученного резинового изделия сопровождается его усадкой, которая в отдельных случаях может достигать значительных величин, что значительно осложняет изготовление деталей с точными размерами. Свойства резины в это время также претерпевают определенные изменения. Частично эти проблемы решаются уменьшением температур нагрева, повышением плотности наполнения резиновой смеси, выбором наиболее подходящего типа каучука, наполнителя, а также подбором оптимального для данных условий производства материала пресс-форм.

В целях повышения качества готовой продукции и экономической эффективности производства требуется постоянно совершенствовать подходы к изучению и определению наиболее подходящих режимных параметров процесса вулканизации.

Оценить оптимальность температурных и временных параметров можно с помощью моделирования кинетики процесса и построения кинетической кривой, отражающей степень вулканизации. Необходимо стремиться к прекращению процесса до достижения плато для предупреждения возникновения реверсии на отдельных участках изделия.

Интерес представляет изучение возможности придания изделию определенных свойств посредством реализации зонного нагрева пресс-форм. Здесь также важно учитывать кинетику протекания процесса вулканизации в отдельных областях заготовки и возникающие при этом тепловые эффекты.

Все это необходимо учитывать при проектировании элементов вулканизационного оборудования. Основным направлением исследований является создание требуемых температурных полей внутри изделия, обеспечивающих определенные эксплуатационные показатели готовой продукции. Этого можно достичь оптимизацией нагрева плит или разработкой конструкций пресс-форм, позволяющих добиться наиболее подходящих режимных параметров процесса.

Таким образом, можно выделить следующие основные вопросы, требующие проработки при решении задачи об оптимизации элементов вулканизационного оборудования:

- 1) изучение и моделирование кинетики процесса вулканизации резинотехнических изделий;
- 2) анализ существующих подходов к оптимизации режимных параметров процесса вулканизации, обеспечивающих повышение качества готовой продукции;
- 3) исследование способов обеспечения равномерности протекания процесса вулканизации во всех областях изделия;

4) расчет нестационарных температурных полей системы «плита – пресс-форма – изделие» с учетом тепловых эффектов реакции вулканизации;

5) моделирование и оптимизация зонного нагрева пресс-форм с целью получения резинотехнических изделий, обладающих заданными эксплуатационными характеристиками.

Список литературы

1. Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности / Н. Г. Бекин, Н. Д. Захаров, Г. К. Пеунков и др. – Л. : Химия. – 1985. – С. 219.

2. Coran, A. Y. Vulcanization / A. Y. Coran // Science and technology of rubber. – Academic Press, 1994. – P. 339 – 385.

3. Шаптала, М. В. Особенности расчета режимов вулканизации пневматических шин с учетом трехмерности конструкции / М. В. Шаптала, В. А. Ищенко // Системные технологии: региональный межвуз. сб. науч. трудов. – 2008. – Вып. 2(55). – С. 147 – 158.

4. Бергштейн, Л. А. Лабораторный практикум по технологии резины : учеб. пособие для техникумов. – 2-е изд., перераб. / Л. А. Бергштейн. – Л. : Химия, 1989. – 248 с.

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

УДК 621.81.09

И. В. Татаринцев, Н. В. Бондаренко*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕК И МОДУЛЕЙ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ЦИФРОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Как уже писалось ранее в статье «Проблемы определения режимов резания в машиностроении», развитие цифрового машиностроения неразрывно связано с развитием программирования. В статье освещалась проблема использования программ, облегчающих расчет режимов резания, для машиностроительных предприятий, что в свою очередь должно облегчить написание технологических процессов. Первым шагом необходимым для написания программ является создание библиотек и модулей.

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

Библиотека в программировании – сборник подпрограмм или объектов, используемых для разработки программного обеспечения (ПО). С точки зрения операционной системы (ОС) и прикладного ПО библиотеки разделяются на динамические и статические [1].

Динамическая библиотека – файл, содержащий машинный код. Загружается в память процесса загрузчиком программ операционной системы либо при создании процесса, либо по запросу уже работающего процесса, т.е. динамически.

В зависимости от назначения различают:

1) библиотеки, используемые одной программой и содержащие критические для работы программы функции. Недостаток: при отсутствии библиотеки программа не сможет работать;

2) библиотеки, используемые одной программой и содержащие дополнительные функции. Например, библиотеки плагинов используются для расширения функционала программы;

3) библиотеки общего пользования. Содержат функции, используемые несколькими программами. Могут загружаться в адресное пространство ОС для экономии памяти: одна копия библиотеки будет использоваться несколькими процессами. В силу последнего обстоятельства такие библиотеки нередко называют разделяемыми.

Достоинства:

– экономия памяти за счет использования одной библиотеки несколькими процессами;

– возможность исправления ошибок без изменения кода основной программы.

Недостатки:

– возможность нарушения API – при внесении изменений в библиотеку существующие программы могут перестать работать;

– конфликт версий динамических библиотек – разные программы могут нуждаться в разных версиях библиотеки;

– доступность одинаковых функций по одинаковым адресам в разных процессах – упрощает эксплуатацию уязвимостей.

При написании программы программисту достаточно указать транслятору (компилятору или интерпретатору) путь к библиотеке и имя функции. Ни исходный текст функции, ни ее исполняемый код в состав программы не войдут.

Статическая библиотека – объектный файл в виде файла (нередко может быть поставлен вместе с исходным кодом), код из которого выборочно или полностью вставляется в программу на этапе компоновки.

Достоинства:

– все необходимые функции включаются в один исполняемый файл.

Недостатки:

- исполняемый файл занимает больше места на диске и в памяти;
- при обнаружении ошибок в библиотеке требуется перезборка всех программ.

Модуль – функционально законченный фрагмент программы. Во многих языках оформляется в виде отдельного файла с исходным кодом или поименованной непрерывной ее части. Некоторые языки предусматривают объединение модулей в пакеты.

Принцип модульности является средством упрощения задачи проектирования ПО и распределения процесса разработки между группами разработчиков. При разбиении ПО на модули для каждого модуля указывается реализуемая им функциональность, а также связи с другими модулями [2]. Удобство использования модульной архитектуры заключается в возможности обновления (замены) модуля, без необходимости изменения остальной системы.

Роль модулей могут играть структуры данных, библиотеки функций, классы, сервисы и другие программные единицы, реализующие некоторую функциональность и предоставляющие интерфейс к ней.

Программный код часто разбивается на несколько файлов, каждый из которых компилируется отдельно от остальных. Такая модульность программного кода позволяет значительно уменьшить время перекомпиляции при изменениях, вносимых лишь в небольшое количество исходных файлов, и упрощает групповую разработку. Также это возможно замены отдельных компонентов конечного программного продукта, без необходимости пересборки всего проекта.

Библиотеки и модули используются во всех наиболее современных и популярных языках программирования. Но самым интуитивно понятным для начинающего программиста является язык Python. Его преимущества перед другими языками, а также отдельные примеры библиотек и модулей представлены в статье «Использование языков программирования для разработки программ цифрового машиностроения».

Возможно, для обычного пользователя достаточно и базового языка программирования, но для написания по-настоящему сложных программ с различными функционалами (коим и являются программы: для расчетов режимов резания или определение припуска) необходимы библиотеки и модули.

Таким образом, поддержка принципов модульного программирования помогает в решении трех основных задач.

1. Обеспечить четкое функциональное разделение кода. При возникновении ошибок можно быстро определить источник, а исправления не приведут к появлению новых сбоев.

2. Минимизировать количество связей. Это позволит упростить разработку, разрабатывая каждый блок без оглядки на другие, что экономит время и силы.

3. Создать иерархию с четкой вертикалью наследования, что повышает надежность кода, так как упрощает тестирование, и дает более информативные результаты.

Соблюдение принципа модульности в больших проектах позволяет сэкономить время и, более того, получится сосредоточиться на реализации оригинальных задумок в коде, что и является основополагающей целью программирования для большинства пользователей.

Список литературы

1. Уилкс, М. Составление программ для электронных счетных машин / М. Уилкс, Д. Уилер, С. Гилл ; пер. с англ. Н. П. Жидкова ; под ред. Д. Ю. Панова. – М. : Изд-во иностр. лит., 1953. – 208 с

2. Никлаус Вирт. Краткая история Modula и Lilith // Архивная копия от 20 января 2007 на <https://web.archive.org> // перевод с англ. с комментариями в тексте Р. Богатырева.

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

УДК 678

*Т. В. Фижбах, А. А. Чуприкова, А. С. Ермаков**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Вулканизация – технологический процесс взаимодействия каучуков с вулканизирующим реагентом, при котором происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную сетку. За процесс вулканизации отвечают технологические параметры, такие как время, температура, давление. Время и температура вулканизации имеют очень большое значение для качества резиновых деталей. Существует определенный оптимальный режим вулканизации для каждой резины и типовых групп деталей.

Суть процесса вулканизации заключается в том, что при нагревании резиновой смеси макромолекулы каучука и сера образуют трехмерную сетчатую структуру, обладающую повышенной прочностью за счет

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Материалы и технологии» ФГБОУ ВО «ГГТУ» Д. О. Завражина.

устранения пластичности. Атомы серы присоединяются по двойным связям макромолекул и создают между ними сшивающие сульфидные мостики.

Наличие химического взаимодействия каучука с серой подтверждается следующими экспериментальными данными:

1) химически связанную серу не удастся извлечь из каучука даже путем продолжительного экстрагирования горячим ацетоном;

2) при вулканизации наблюдается тепловой эффект, пропорциональный количеству присоединенной серы;

3) температурным коэффициентом скорости химических реакций.

В зависимости от количества содержания серы в резиновой смеси определяются и ее свойства. Так, при введении в каучук 0,5...5,0% серы получается мягкая эластичная резина, а с увеличением содержания серы возрастает число межмолекулярных связей и увеличивается жесткость резины. При введении в каучук до 50% серы образуется жесткий неэластичный материал – эбонит.

При вулканизации не вся сера химически присоединяется к каучуку, небольшое количество ее всегда остается в свободном состоянии. В соответствии с этим серу, содержащуюся в вулканизате, подразделяют на связанную и свободную. Сумма свободной и связанной серы называется общей серой. Обычно содержание связанной серы составляет 40...95% от ее общего количества в смеси. Следовательно, содержание свободной серы составляет не более 40%. Определение свободной серы в резиновых изделиях имеет большое значение для установления степени вулканизации резины; чем больше содержание свободной серы, тем недовулканизованней резина.

Если говорить о физико-механических показателях, на которые стоит обратить внимание при выборе режима вулканизации, то большое значение имеет изменение показателей после старения. Старение резины – процесс окисления при длительном хранении или в процессе эксплуатации, приводящий к изменению ее физико-механических свойств. Основной причиной старения является окисление каучука, т.е. присоединение кислорода по месту двойных связей в каучуке, в результате чего его молекулы разрываются на части и укорачиваются. Большинство ингредиентов в той или иной степени влияют на процесс старения. Технический углерод и другие наполнители адсорбируют противостарители на своей поверхности, уменьшают их концентрацию в каучуке и, следовательно, ускоряют старение. Это приводит к потере эластичности, охрупчиванию и, наконец, появлению сетки трещин на поверхности состаренной резины.

Экспериментальные исследования проводились на синтетическом каучуке СКИ-5ПМ.

При выборе оптимального режима вулканизации будем ориентироваться на следующие физико-механические показатели для данной резиновой смеси.

Вулканизация детали будет происходить на горизонтальной инъекционно-литьевой машине MFT 700/300. Для определения оптимального режима вулканизации было изготовлено по пять деталей на пяти отличных друг от друга режимах (таблица) и проведены испытания. Неизменными параметрами останутся давление, равное 200 МПа, и температура в камере инъекции литьевой машины – 55 °С.

Проанализировав полученные данные, можно заметить, что после вулканизации деталей по режиму 1 и 5 значение показателя условной прочности после старения резко упало. Из этого можно сделать вывод, что при дальнейшей работе на данных режимах физико-механические характеристики резиновой смеси будут падать, что приведет к несоответствующим показателям и возможной перевулканизации деталей. В свою очередь высокая температура вулканизации может привести к осмолению деталей.

1. Показатели резиновой смеси

Наименование показателя	Значение показателя
Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	11,8
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500
Изменение показателей после старения в воздухе за 24 ч при 100 °С, %: – условной прочности – относительного удлинения	От 0 до –30
Содержание свободной серы, %	0,7

2. Время вулканизации резиновой смеси

	1	2	3	4	5
Температура в месте установки термопреобразователя, °С	162	162	165	165	170
Время, с	135	115	110	95	95

3. Физико-механические показатели вулканизованных деталей

Наименование показателя	Значение показателя	1	2	3	4	5
Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	11,8	22,9	23,3	23,5	24,1	21,3
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500	720	720	720	730	720
Изменение показателей после старения в воздухе за 24 ч при 100 °С, %: – условной прочности – относительного удлинения	От 0 до –30	–3,9 –16,7	–16,8 –19,4	–15,7 –18,8	–12,9 –20,4	–6,4 –20,8
Содержание свободной серы, %	0,7	0,11	0,18	0,18	0,14	0,12

На режимах 3–4 физико-механические показатели имеют похожие значения. При этом показатель условной прочности после старения, в отличие от описанного выше, на этих режимах имеет более стабильное значение.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что оптимальной температурой для вулканизации деталей на полученной резине является 164 ± 2 °С в течение 105 ± 10 с. При таком режиме детали будут иметь показатели, соответствующие нормам. Это также обеспечит снижение риска перевулканизации и осмоления деталей.

Список литературы

1. ГОСТ 10722–76. Каучуки и резиновые смеси. Метод определения вязкости и способности к преждевременной вулканизации.
2. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Е. Гальгин, Г. С. Баронин, В. П. Таров, Д. О. Завражин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ГГТУ», 2013. – 180 с.
3. Поветкина, Ю. С. Технология получения современных резиновых смесей / Ю. С. Поветкина, Т. А. Лутовинова, А. А. Чуприкова // Механические свойства современных конструкционных материалов : сб. материалов. – 2020. – С. 102–103.

4. Фунбаю, М. А. Особенности технологического режима получения резиновых смесей / М. А. Фунбаю, А. А. Чуприкова, Ю. С. Поветкина // Наука молодых – будущее России : сб. науч. ст. 5-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых : в 4 т. – Курск, 2020. – С. 188 – 191.

*Кафедра «Материалы и технология»,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 678

*А. А. Чуприкова, Т. В. Фижебах, А. С. Ермаков**

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Опираясь на данные статистики, наиболее остро сегодня стоит проблема старения МТП. По мнению ряда ученых, главной задачей большинства сельхозпроизводителей, связанной с поддержанием работоспособного состояния техники, является ее ремонт и модернизация, которые ежегодно повышаются в цене. В то же время стоит отметить, что расширение технического сервиса возможно за счет использования новых или восстановленных узлов, изъятых из списанных машин. Наиболее перспективными являются те компании, деятельность которых направлена на модернизацию изношенной техники, что подтверждено мировой практикой. Наиболее удачный с точки зрения прибыльности опыт имеет компания «Caterpillar» (США). Доля прибыли от модернизации и капитального ремонта в структуре доходов этой компании настолько велика, что в 2005 г. было создано специальное отделение, доходы которого за год составили около 1 млрд долларов США.

Существует четыре основные группы материалов, наиболее часто используемых в практике конструирования: керамика, полимеры, металлы и композиты. Точно не известно, когда композиционные материалы стали известны и начали успешно применяться, так как достоверных письменных источников, посвященных этой теме, не существует.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Материалы и технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. О. Завражина.

Однако с уверенностью можно утверждать, что композиты используются несколько сотен лет. В последние годы использование композитных материалов участилось и существенно увеличилось. Это обусловлено рядом факторов:

- уникальными возможностями этих материалов, так как композиции можно создавать с заранее заданными свойствами;
- традиционные конструкторские материалы исчерпали имеющиеся резервы.

В последние годы материалы были существенно усовершенствованы, что характеризует собой качественный прорыв в области создания композитов. Улучшенные характеристики материалов задали направление технического прогресса в большинстве отраслей на замену конструкциями из композиционных материалов устаревших металлических конструкций. Это определяет задачи и направления разработок композитов и конструкций из них. Главенствующей задачей становится обеспечение конкурентных преимуществ как за счет ценовых, так и за счет качественных характеристик и совершенствования технологий.

В соответствии с данными ГОСНИТИ при проведении ремонта машин с использованием полимерных материалов отмечается следующая положительная динамика:

- снижение трудоемкости работ на 20...30%;
- снижение расхода металлов на 40...50%;
- снижение себестоимости на 15...20% [52].

В качестве объекта модификации использовалась эпоксидная смола ЭД-20, в качестве отвердителя – ЭТАЛ-45М, обладающий пластифицирующими свойствами.

Смолу ЭД-20 рекомендуют использовать в случаях, когда нет возможности проводить работы в сухом теплом помещении, а также невозможно как следует прогреть изделие для окончательной полимеризации. В таких неоптимальных условиях вероятность получения приемлемого результата при использовании отечественной смолы выше, чем при использовании импортной.

В качестве модифицирующих веществ применяли углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит-М» (производства ООО «Нанотехцентр», Россия, г. Тамбов) – одномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка с размером частиц 40...100 нм в объеме от 0,5 до 1,5 масс. част.

Проведенные испытания в условиях одноосного растяжения образцов исходного полимера и модифицированных материалов на его основе показали повышение прочностных характеристик композитов

одновременным ухудшением их эластичных свойств. Данный факт напрямую связан с формированием более прочной структуры в результате модифицирования полимерной матрицы.

Растяжение материалов осуществлялось при постоянной скорости. Можно отметить одномоментное трещинообразование образцов, наполненных УНТ «Таунит-М». Это объясняется повышением прочностных характеристик наполненных материалов и снижением их эластичности (охрупчиванием).

При определении прочности материалов в условиях трехточечного изгиба было установлено, что при введении УНТ «Таунит-М» увеличивается разрушающее напряжение при изгибе и повышается ударная вязкость композита (табл. 1)

С повышением количества вносимого модификатора композиты приобретают более высокие эластические свойства. Необходимо отметить, что данные образцы не разрушаются при высоких значениях изгибающего напряжения при испытании на изгиб, а также отмечены более высокие значения ударной вязкости (табл. 1).

Твердость полученных материалов снизилась, вероятно, в связи с некоторым разрыхлением структуры полимерной матрицы.

Образцы модифицированного полимера показали более высокую стойкость при истирании. Снижение весового износа композитов с массовым содержанием УНТ 1 и 1,5 част. на 100 масс. част. полимера – до 10 раз можно объяснить активным нагревом наномодификатора при истирании и его взаимодействием с полимерной матрицей: происходит заполнение пор полимерной матрицы с одновременным спеканием локальных областей вокруг наночастиц (табл. 2).

1. Физико-механические характеристики исходного и наномодифицированного полимерного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20

Состав	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	Ударная вязкость, кДж/м ²	Твердость по Бринеллю, МПа
ЭД-20+ЭТАЛ45	19	5	215
ЭД-20+0,5 масс. част. УНТ	41	7	182
ЭД-20+1 масс. част. УНТ	45	12	196
ЭД-20+1,5 масс. част. УНТ	42	12	201

2. Весовой износ исходного и наномодифицированного полимерного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20 при трении

Состав	Износ по массе при трении, г
ЭД-20+ЭТАЛ45	0,005
ЭД-20+0,5 масс. част. УНТ	0,0095
ЭД-20+1 масс. част. УНТ	0,001
ЭД-20+1,5 масс. част. УНТ	0,0007

Установлено, что введение 0,5...1,0 масс. част. УНТ «Таунит» позволяет повысить прочностные характеристики смолы ЭД-20 в 1,5 – 4,0 раза при одноосном растяжении, в 2,0–2,5 раза при трехточечном изгибе и снизить весовой износ в 5 – 10 раз.

Впервые получены наномодифицированные углеродными нанотрубками полимерные материалы на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и, соответственно, численные значения эксплуатационных характеристик и структурных исследований полученных наномодифицированных материалов.

Список литературы

1. Лутовинова, Т. А. Исследование физико-механических свойств наномодифицированного реактопласта / Т. А. Лутовинова, А. А. Чуприкова, Ю. С. Поветкина // *Colloquium-journal*. – 2020. – № 14(66). – С. 77 – 79.
2. Лутовинова, Т. А. Конструкция соединения ПКМ-металл для восстановления корпусных деталей большой толщины / Т. А. Лутовинова, А. А. Чуприкова, Ю. С. Поветкина // *Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент*. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 97 – 99.
3. Наномодифицированные эпоксидные материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками / Т. А. Лутовинова, Ю. С. Поветкина А. А. Чуприкова // *Механические свойства современных конструкционных материалов: научные чтения им. И. А. Одингга : материалы конференции*. – М., ИМЕТ РАН, 17–18 сентября 2020 г. – С. 104–105.
4. Zavrazhin, D. O. Nanomodified Epoxy Materials with improved operating Characteristics / D. O. Zavrazhin, T. A. Lutovinova, Ch. V. Zavrazhina // *Key Engineering Materials*. 887 KEM. – 2021. – P. 138 – 143.

*Кафедра «Материалы и технология»,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 57.08

*А. К. Брянкина, В. О. Миленина, А. А. Парамонова**

ОСОБЕННОСТИ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ СТАДИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Микроводоросли представляют собой одноклеточные и многоклеточные фотосинтезирующие, прокариотические или эукариотические микроорганизмы, обитающие в пресных и соленых водах. Микроводоросли являются потенциально эффективным возобновляемым сырьем для получения целого спектра продукции: биотоплива, водорода, белков, липидов и других ценных веществ. Перспективным является направление биотехнологии, основанное на получении биологически активных добавок (БАД) из пигментов микроводорослей. Каротиноидные пигменты являются одним из самых популярных натуральных продуктов, получаемых при культивировании микроводорослей. Виды микроводорослей *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella* spp., *Scenedesmus* spp., *Spirulina platensis* наиболее известны биосинтезом β -каротина, лютеина, астаксантина и фикоцианина [1].

Основным биохимическим процессом, в ходе которого происходит накопление пигментов, является фотосинтез. Поэтому получение необходимого количества биомассы с заданными свойствами будет зависеть от следующих факторов: концентрации растворенного углекислого газа, уровня pH, температуры, уровня освещенности и светового режима.

Культивирование биомассы реализуется в специализированном оборудовании – фотобиореакторе. При разработке промышленных систем культивирования необходимо учитывать такие факторы, как конструктивные особенности, а также физиологические и биохимические особенности микроводорослей и специфику биосинтеза целевого компонента.

Целью работы является анализ особенностей технико-аппаратурного оформления стадии культивирования микроводорослей для получения БАД.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. С. Дворецкого.

В настоящее время оборудование, применяемое для культивирования микроводорослей, можно разделить на две группы: открытые и закрытые установки для биосинтеза.

БАДы являются продукцией с высокой добавленной стоимостью, входящей в основу профилактического питания человека. Следовательно, использование открытых систем, в которых возможна контаминация суспензии и отсутствует контроль технологических и биохимических параметров, не является целесообразным. Наиболее перспективным является применение закрытых систем – фотобиореакторов, позволяющих получить большие объемы биомассы с заданными свойствами.

Фотобиореакторы включают в себя системы освещения (естественного или искусственного), системы контроля температуры и pH, системы подачи CO₂ и системы удаления O₂. В процессе культивирования происходит накопление продуктов метаболизма клеток. Во избежание отравления культуры в некоторых фотобиореакторах предусмотрены системы отвода экзометаболитов – введение свежей питательной среды, отбор культуральной жидкости, применение мембран [1]. При культивировании биомассы в фотобиореакторах контакт с окружающей средой минимален, следовательно, отсутствует опасность заражения. Перемешивание осуществляется с помощью механических или воздушных насосов [1]. Самыми распространенными конструкциями являются цилиндрические (барботажные и эрлифтные), плоскпанельные, трубчатые фотобиореакторы и реакторы с мешалкой.

Фотобиореакторы с барботажом и эрлифтом работают по общему принципу – использование воздухораспределителя в нижней части аппарата для насыщения культуры углекислым газом и интенсификации массообмена. Однако есть и различия.

Барботажный фотобиореактор представляет собой колонну, движение потока жидкости в которой осуществляется только за счет движения пузырьков, выпускаемых воздухораспределителем. Вблизи осевой области фотобиореактора из-за ослабления освещения в толще суспензии вследствие высокой концентрации клеток образуется «темная зона». Благодаря барботированию обеспечиваются циклы высокой интенсивности света, приближения к стенке и более низкой освещенности внутри колонны. При этом происходит поглощение углекислого газа, являющегося источником углерода в фотоавтотрофных культурах, и удаление образующегося кислорода, тормозящего фотосинтез.

Преимущества: низкая себестоимость биомассы, простая конфигурация и хороший массообмен. Недостатки: образование «темных зон» [1, 4].

Фотобиореактор с эрлифтом является усовершенствованной версией барботажного: данный тип реактора имеет внутри две взаимосвязанные зоны. Одна из них представляет собой вертикальный канал, а другая – зону распада пузырьков, что позволяет интенсифицировать циркуляцию суспензии и повышать эффективность фотосинтеза. В биомассе, выращенной в эрлифтном реакторе, содержание астаксантина на 16% больше, чем в барботажном. Так же наблюдалась более высокая плотность клеток суспензии [1].

Плоскопанельные фотобиореакторы представляют собой прямоугольную емкость, расположенную как в помещении с использованием в качестве источника света искусственного освещения, так и на открытом воздухе. Фотобиореакторы, использующие в качестве системы освещения солнечный свет, обладают коммерческим потенциалом, так как энергия солнца содержит полный цветовой спектр, и с помощью специального УФ-фильтра можно обеспечить поглощение подходящей длины волны как для роста клеток микроводорослей, так и для биосинтеза пигментов [3]. Однако возможна потеря эффективности из-за отражения света от стенок фотобиореактора или проблемы фотонасыщения вследствие высокой интенсивности солнечной энергии. На основе исследований предложена новая V-образная конструкция фотобиореактора, одновременно рассеивающая солнечный свет и минимизирующая его потери [2].

Преимуществом плоскопанельных фотобиореакторов является простота структуры, эксплуатации и сбора биомассы, что приводит к экономии воды, энергии и уменьшению времени культивирования. К недостаткам можно отнести небольшую производительность по суспензии и обрастание внутренней поверхности клетками микроводорослей [1].

Для обеспечения миксотрофного и гетеротрофного культивирования микроводорослей широко используются фотобиореакторы с перемешивающим устройством и внешним источником света. Перемешивание суспензии в данной конструкции осуществляется за счет механической мешалки, приводимой в движение электродвигателем, в связи с этим реактор отличается хорошими тепло- и массообменом. Подача CO₂ осуществляется через воздухораспределитель. Фотобиореактор с перемешивающим устройством благодаря гидродинамическим свойствам позволяет получать высокую концентрацию клеток биомассы микроводорослей в культуральной жидкости, но при этом потребляет большое количество энергии [4]. Кроме того, высокие скорости сдвига вокруг крыльчаток мешалок повреждают клетки микроорганизмов, что может привести к потере ценных пигментов [2].

В таблице 1 представлены сведения о продуктивности по биомассе различных типов фотобиореакторов.

1. Продуктивность различных типов фотобиореакторов [3]

Тип	Продуктивность, г/(л·сут)
Фотобиореактор с барботажем	0,11...0,34
Фотобиореактор с эрлифтом	0,25...0,63
Плоскопанельный фотобиореактор	0,4...0,6
Закрытый фотобиореактор с мешалкой	0,021...0,090

Таким образом, на основе анализа вышеуказанных конструкций фотобиореакторов и данных таблицы, наиболее перспективным для получения пигментов-антиоксидантов в промышленном масштабе является фотобиореактор с эрлифтом, обеспечивающий более эффективный фотосинтез за счет интенсивной аэрации.

Список литературы

1. Borowiak, D. Bioenergy, Biofuels, Lipids and Pigments-Research Trends in the Use of Microalgae Grown in Photobioreactors / D. Borowiak, M. Krzywonos // *Energies*. – 15 (2022). – 48 p.
2. A novel V-shaped photobioreactor design for microalgae cultivation at low latitudes: Modelling biomass productivities of *Chlorella sorokiniana* on Bonaire / R. C. Chin-On, M. J. Barbosa, R. H. Wijffels, M. Janssen // *Chemical Engineering Journal*. – 449 (2022). – 11 p.
3. Biomass and bioenergy production potential of microalgae consortium in open and closed bioreactors using untreated carpet industry effluent as growth medium / S. Chinnasamy et al. // *Bioresour. Technol.* – 101 (2010). – P. 6751 – 6760.
4. Comparison of Microalgae Cultivation in Photobioreactor, Open Raceway Pond, and a Two-Stage Hybrid System / R. R. Narala et al // *Front. Energy Res.* – 4 (2016). – 10 p.

РАЗРАБОТКА БЮДЖЕТНОЙ ВИДЕОТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ СКРИНИНГА ГЛАУКОМЫ ГЛАЗ

Глаукома – одно из самых грозных заболеваний глаз, приводящих к потере зрения. Согласно имеющимся данным, глаукомой страдают около 3% населения, а у 15% незрячих людей во всем в мире глаукома послужила причиной слепоты.

Актуальность данной темы работы обусловлена необходимостью контролировать и оценивать прогрессирование стадии первичной глаукомы на ранней стадии в автоматическом режиме.

Проблема. Существующая система контроля требует больших временных затрат и больших денежных вложений и потому не может охватить большое число школьников, медосмотр проводится формально.

Решение. Для медицинского учреждения разрабатывается система скрининг-контроля, которая в отличие от альтернативы будет проводить диагностику без прямого участия медперсонала в процессе движения обследуемого перед системой контроля. В результате сокращается время обследования, и можно использовать одну систему для скрининг-контроля в нескольких учреждениях.

Аналог. Тонометр автоматический бесконтактный Pulsair Desktop Keeler (рис. 1). Специально обученный медицинский персонал наводит маркер поочередно на каждый глаз, после наведения нажимает кнопку «Измерение», после чего излучается ударная волна заданной мощности и проводится измерение мощности отраженной ударной волны.

Недостатки:

- большая стоимость;
- большое время обследования;
- быстрая усталость оператора;
- низкая точность диагностики глаукомы

В основу предлагаемой системы скрининга положен известный способ, который включает тепловизионные измерения, проводимые для определения температуры переднего отдела глаза в пяти точках, расположенных на горизонтальной прямой, пересекающей поверхность глаза.

Предлагается следующая система скрининга глаукомы глаз (рис. 1).

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

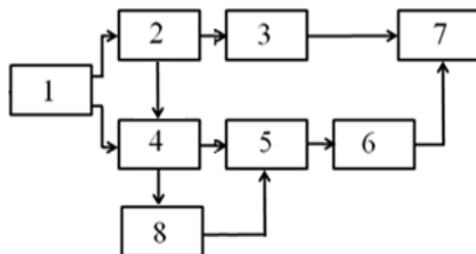


Рис. 1. Схема предлагаемой системы скрининга глаукомы глаз:

1 – объект; 2 – ИК-камера; 3 – интерполятор; 4 – фотокамера;

5 – блок фильтраций; 6 – блок формирования областей глаз;

7 – блок обработки и визуализации; 8 – блок определения момента подхода к рамке, закрытия и открытия глаз

Человек, в нашем случае школьник, подходит к рамке, становится по центру, моргает. С помощью фотокамеры проводится непрерывная фотосъемка и выделение области глаз, определяется момент закрытия и открытия глаз, с помощью тепловизора проводится измерение температуры глаз в выделенных областях. После прохождения группы школьников, определяется средняя температура глаз для группы и выделяются школьники, у которых температура глаз ниже среднего в группе. Этих школьников отправляем в поликлинику на углубленный медосмотр с подозрением на глаукому.

Известно, что средний рост школьников 2-го и 3-го классов, по данным Всемирной организации здравоохранения, составляет $123,0 \pm 10,5$ см. Поэтому достаточно видеотепловизионную систему расположить на стойке высотой в 1 метр, тогда система захватит область от 1 м до 1 м 40 см. С учетом того, что необходимо анализировать только область лица, система сможет провести скрининг школьников 2-го и 3-го классов любого роста.

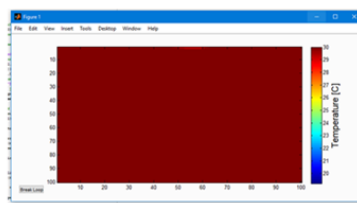
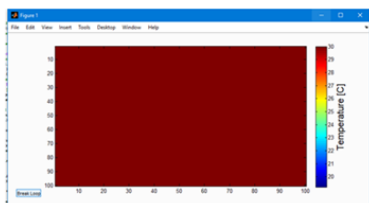
При матрице тепловизора 320×240 пикселей на глаз по горизонтали приходится 11 пикселей, что достаточно для реализации способа диагностики (5 пикселей).

Для оценки возможности диагностики глаукомы были проведены исследования температуры в области глаза (рис. 2). Исследования проводились с применением тепловизора с характеристиками: размер матрицы: 8×8 , разрешение по температуре: $0,25^\circ$, частота кадров: 9 Гц

Анализ графиков и значений средних температур (рис. 3) показывает, что пациенту № 3 необходимо провести более глубокое обследование на глаукому. У него среднее значение температуры на $0,9^\circ$ ниже, чем у пациентов № 1 и 2.

22 года, хорошее зрение

21 год, близорукость -3



[34.00, 34.50, 34.50, 34.50, 35.00, 35.25, 36.00, 36.25,
34.00, 34.00, 34.75, 34.75, 34.50, 34.75, 35.00, 36.00,
34.00, 34.50, 35.00, 35.25, 35.00, 35.00, 35.25, 36.25,
34.25, 34.25, 35.25, 34.75, 35.00, 35.25, 35.50, 35.50,
34.00, 34.00, 34.50, 34.75, 35.00, 35.75, 35.25, 35.75,
34.25, 34.00, 34.75, 35.25, 35.25, 35.25, 35.50, 35.75,
34.00, 34.50, 34.25, 35.00, 34.75, 34.75, 35.75, 35.50,
33.75, 33.75, 34.00, 34.50, 34.50, 34.75, 34.75, 34.75]

33.25, 33.75, 33.50, 33.50, 33.75, 34.00, 34.50, 34.50,
33.25, 33.50, 34.25, 34.00, 33.75, 34.00, 33.75, 35.00,
33.50, 33.75, 34.25, 34.00, 34.00, 33.75, 34.25, 34.25,
34.00, 33.75, 34.00, 34.25, 34.25, 34.25, 34.50, 35.25,
33.25, 34.00, 34.00, 34.00, 34.50, 34.25, 34.25, 34.75,
34.50, 34.00, 34.50, 34.25, 34.00, 34.50, 34.50, 34.75,
33.75, 33.50, 33.50, 34.00, 34.00, 34.00, 34.50, 35.00,
33.25, 33.50, 34.00, 33.75, 33.50, 33.50, 34.00, 34.25]

Рис. 2. Исследования температуры в области глаза

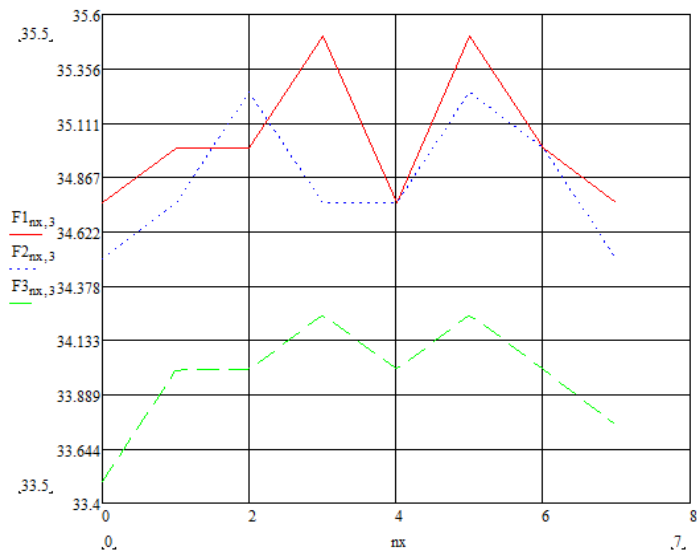


Рис. 3. Графики изменения температуры в области глаз (центральная линия):

красная линия – пациент близорукость -1,5. Средняя температура – 35,125;
синяя линия – пациент с хорошим зрением. Средняя температура – 34,958;
зеленая линия – пациент близорукость -3. Средняя температура – 34,083

Данные результаты подтвердили возможность диагностики глаукомы при температурном разрешении 0,2 градуса, а также показали, что близорукость не является определяющим признаком глаукомы. Данные результаты требуют проверки на большем количестве пациентов.

Для реализации способа диагностики глаукомы необходимо произвести выделение области глаз. Для этого был разработан алгоритм выделения.

Покажем основные элементы алгоритма.

В результате обработки получают координаты левого и правого глаз.

Таким образом, разработана бюджетная видеотепловизионная система скрининга глаукомы глаз.

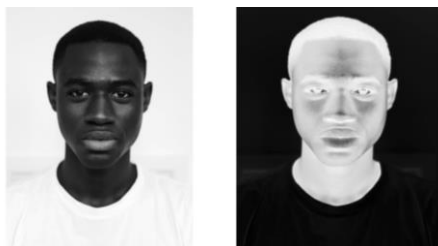


Рис. 4. Исходное и негативное изображения

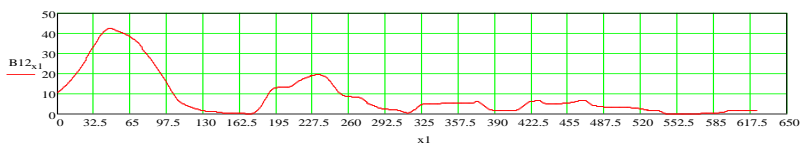


Рис. 5. График выделения области глаз по вертикали



Рис. 6. Изображение выделенной области глаз по вертикали

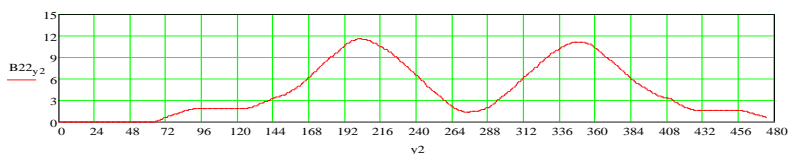


Рис. 7. График выделения области глаз по горизонтали

Список литературы

1. Михина, А. В. Видео-теповизионная система скрининга кожного покрова человека / А. В. Михина, В. М. Строев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. национальной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2020. – С. 322 – 324.

УДК 579.25

*В. О. Миленина, А. К. Брянкина, А. А. Парамонова**

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ В МАСШТАБЕ ГЕНОМА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Микроводоросли обладают потенциалом для производства различных продуктов, так как имеют большое количество метаболических путей. Однако для получения необходимого количества целевого продукта необходимо решить ряд проблем: обеспечить высокий выход желаемого вещества на стадии культивирования, подобрать экономически выгодные методы концентрирования и дезинтеграции клеток, выбрать наиболее экологичный и эффективный способ извлечения продукта из биомассы. Одной из главных проблем является подбор высокопродуктивного штамма с нужными характеристиками, который улучшит экономику последующих стадий получения продукта.

В настоящее время для повышения продуктивности штаммов микроводорослей изменяют условия культивирования, что не всегда приводит к улучшению результата. В связи с этим появились методы геномной инженерии, которые помогают получить высокопродуктивный штамм. Однако перед проведением генетических манипуляций необходимо проанализировать метаболический путь, по которому идет образование целевого метаболита, так как с помощью случайного мутагена нельзя определить лимитирующий фактор и фермент, влияющие на биохимический процесс. Поэтому целью данного исследования является изучение возможности использования математического моделирования для реконструкции метаболических путей в масштабе генома микроводорослей.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. С. Дворецкого.

Для анализа метаболических путей необходимо изучить ферменты, которые катализируют биохимические реакции, и исследовать гены, кодирующие эти ферменты.

Для определения генетической последовательности проводят процесс секвенирования.

Существуют несколько методов секвенирования, основными из которых являются: секвенирование по Сэнгеру, анализ фрагментов, секвенирование следующего поколения [1].

Однако далеко не всегда есть оборудование, необходимое для считывания генома, поэтому существуют специальные базы данных, которые можно использовать для моделирования и реконструкции математической модели метаболического пути.

К таким базам данных относятся: KEGG (содержит информацию о генах, белках, реакциях и метаболических путях), BioСус (содержит данные о более 20 000 метаболических путей/генома микроорганизмов), enzyme.exрасу (содержит информацию, относящуюся к номенклатуре ферментов) и т.д.

После получения необходимого количества информации строится математическая модель метаболического пути, которая в первом приближении будет далека от совершенства из-за большого разнообразия микроводорослей и их изменчивости. Далее проводится процесс корректировки модели, которая заключается в ее дополнении, выявлении несоответствий и получении более точной математической модели определенного метаболического пути.

Для построения математической модели метаболического пути и ее реконструкции используют несколько методов: метод разложения по сингулярным значениям, минимальное метаболическое поведение, анализ элементарного режима, динамическое моделирование и оценка параметров, синтетическая доступность и анализ баланса потоков.

Одним из наиболее перспективных методов математического моделирования метаболического пути является анализ баланса потоков (FBA), который вычисляет поток метаболитов через всю метаболическую сеть, тем самым позволяя прогнозировать скорость роста организма или скорость выработки биотехнологически важного метаболита. Этот метод направлен на поиск оптимального распределения метаболических потоков, максимизирующие (или минимизирующие) определенную целевую функцию [2].

Результаты FBA можно визуализировать с помощью карт потоков, на которых представлены стационарные потоки, переносимые реакциями гликолиза. Изображение «после» анализа балансов потоков

показывает оптимальный вариант потока от источника питательных веществ к функции биомассы в виде толщины линий, представляющих каждую реакцию [3].

С помощью FBA можно получить достаточный набор стационарных потоков, который оптимизирует заявленную цель, например, максимизацию производства биомассы в метаболической сети с учетом ряда ограничений сохранения массы. Как только этот набор стационарных потоков идентифицирован, методы оптимизации могут быть использованы для оценки производительности биологической системы при различных возмущениях, таких как различные клеточные цели или изменчивость наложенных ограничений [2].

Результирующие наборы потоков могут быть сравнены друг с другом и с экспериментальными данными, и в конечном счете совокупность возможных потоков может дать прогностические модели крупномасштабных биохимических сетей.

FBA не требует больших вычислительных затрат, для расчета оптимальных потоков для производства биомассы для типичной сети требуется порядка нескольких секунд (около 2000 реакций). Это означает, что эффект удаления реакций из сети и(или) изменения ограничений потока может быть разумно смоделирован на одном компьютере.

Однако использование данного метода для микроводорослей с большим количеством биохимических реакций приводит к недоопределенным формулировкам проблемы. Следовательно, при создании математической модели с помощью FBA необходимо исследовать диапазоны значений потоков каждой реакции, которые согласуются с изучаемыми физиологическими условиями. Чем шире заявленные диапазоны потоков, тем выше неопределенность в определении основных свойств реакции, что ограничивает интерпретируемость и достоверность результатов [4].

Таким образом, для получения информации о метаболических путях микроводорослей необязательно проводить секвенирование, можно использовать метод моделирования и реконструкции метаболических путей в масштабе генома, используя анализ баланса потоков. Однако при создании такой модели возникает сложность из-за нехватки геномных ресурсов, что связано с большим таксономическим и генетическим разнообразием микроводорослей. Кроме того, анализ баланса потоков моделирует метаболизм в стационарном режиме и не учитывает кинетику или изменения условий. Интеграция анализа баланса потоков с дополнительными методами анализа данных и моделирования, возможно, поможет преодолеть эти проблемы.

Список литературы

1. Heather, J. M. The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA / J. M. Heather, B. Chain // *Genomics*. – 107 (2016). – 1 – 8.
2. Orth, J. D. What is flux balance analysis? / J. D. Orth, I. Thiele, B. Palsson // *Nature Biotechnology*. – 28 (2010). – 245 – 248.
3. Forth, T. *Metabolic Systems Biology of the Malaria Parasite* / T. Forth // Leeds, UK: University of Leeds. – 2012.
4. *Advances in Flux Balance Analysis by Integrating Machine Learning and Mechanism-based Models* / A. Saha, M.-A. Blatka, J. J. Szymanska, Nadine Topfer // *Journal Pre-proofs*. – 19 (2021). – 1 – 29.

УДК 57.087

*И. А. Попов**

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ УСТРОЙСТВО С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ БПЛА

Воспалительные заболевания суставов являются самым частым нарушением в костно-мышечной системе. Данные заболевания без лечения чреваты осложнениями почти на все внутренние системы и органы: сердечно-сосудистую систему, кожу, глаза, легкие.

В настоящее время актуальным является разработка медицинских устройств для БПЛА. Основной проблемой применения тепловизионных систем, размещенных на БПЛА, является сильная зависимость точности измерений от температуры воздуха.

Поэтому необходима разработка тепловизионных систем, производящих измерения температуры с учетом температуры воздуха.

Тепловизионное устройство проводит диагностику воспалительных заболеваний суставов следующим образом: проводится сканирование обследуемой области в режиме «Тепловизор» и находятся горячие области $t_o > t_{o, \text{зад}}$, устройство переводится в режим «Цифра», формируется матрица температур в горячих областях. Аналогичные действия производятся с симметричной областью тела. Если температура в обследуемой области больше на 18%, чем температура в симметричной здоровой области, то принимается решение о воспалении. Блок обработки и регистрации фиксирует положение тепломера 2 по сигналу светодиода и с учетом срабатывания компаратора формирует карту здоровых и больных участков.

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

Использование данного способа позволяет повысить точность определения границ области воспаления.

Структурная схема реализации способа представлена на рис. 1.

Реализация устройства для диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов предполагает замену термомеров на ИК-датчики температуры. Из патента [1] известно, что тепловой поток

$$PT = k(T_{\text{пов}} - T_{\text{возд}}), \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности; $T_{\text{пов}}$ – температура поверхности; $T_{\text{возд}}$ – температура воздуха.

Для реализации способа диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов необходимо, чтобы выполнялось условие

$$PT2 > 1,18PT1, \quad (2)$$

где $PT2$ – значение теплового потока от обследуемого участка; $PT1$ – значение теплового потока от здорового участка.

Подставим выражение (1) в выражение (2). Получим

$$k(T_{\text{пов}2} - T_{\text{возд}2}) > k(T_{\text{пов}1} - T_{\text{возд}1}) \cdot 1,18,$$

отсюда

$$T_{\text{пов}2} > T_{\text{пов}1} \cdot 1,18 - T_{\text{возд}1} \cdot 1,18 + T_{\text{возд}2}. \quad (3)$$

Выражение (3) показывает условие реализации способа диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов на основе ИК-датчиков температуры, учитывающих температуру воздуха.

В качестве термомеров 1, 2 предлагается использовать тепловизор собственной разработки на основе датчика AMG8833 и плата Arduino Mega 2560.

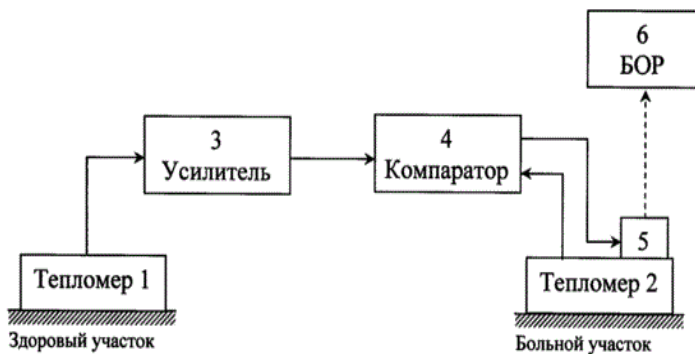


Рис. 1. Структурная схема

Модуль AMG8833 Grid-EYE от Panasonic представляет собой практически законченную систему теплового зрения. Он позволяет формировать тепловое изображение окружающих объектов в виде матрицы 8×8 и передавать его в управляющий контроллер. Каждой клетке матрицы ставится в соответствие температура объекта, который попал в зону обзора конкретной чувствительной ячейки.

Следующим шагом является написание программного кода для отправки данных с датчика AMG8833 на последовательный COM-порт и преобразование данных в изображение. Для этого необходимы программное обеспечение Arduino и среда разработки MatLab.

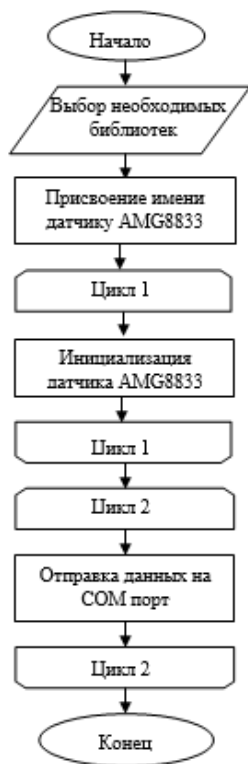


Рис. 3. Блок-схема скетча Arduino



Рис. 4. Блок-схема кода MatLab

После сканирования полученные матрицы температур для дальнейших исследований загружаются в среду Mathcad, в которой над ними будут выполняться необходимые вычисления.

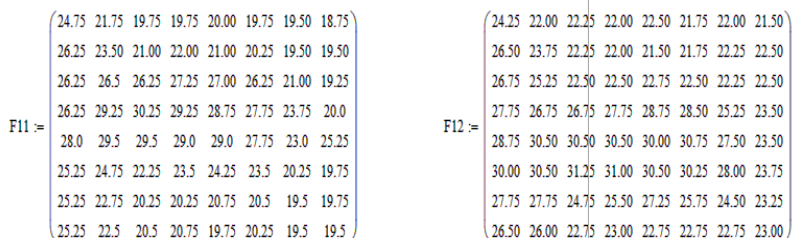


Рис. 3. Матрицы значений температур левого и правого коленных суставов

Следующим шагом является визуализация данных матриц с помощью графика линий и 3D-графика и дальнейшее сравнение их с изображениями, полученными с помощью тепловизионного сканирования.

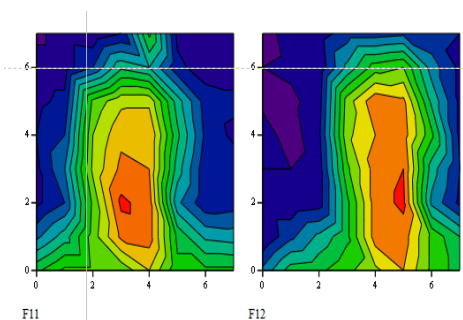


Рис. 5. Графическая визуализация матриц температур

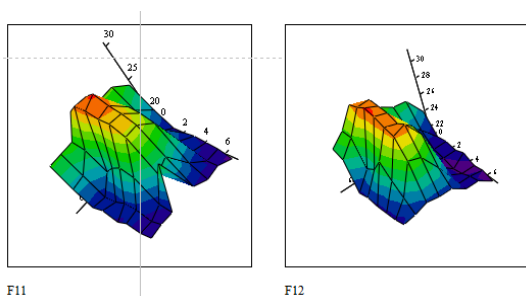


Рис. 6. 3D-визуализация матриц температур

Разработанный способ и устройство реализации позволяют повысить точность измерения температуры при обнаружении воспалительных процессов за счет учета температуры воздуха.

Список литературы

1. Пат. на изобретение RU 2574141 С 1. Способ диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов / Строев В. М., Фесенко А. И. ; заявка № 2014130400/14 от 22.07.2014 ; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4.
2. Попов, И. А. 3-D визуализация воспалительных заболеваний суставов / И. А. Попов // Теоретические и практические аспекты формирования и развития «Новой науки» : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : Агентство международных исследований, 2021. – С. 157 – 160.
3. Способ диагностики воспалительных заболеваний суставов и устройство для его реализации / И. А. Попов, В. М. Строев, Т. К. Гончарова, Е. Н. Родина // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 336 – 339.

Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

УДК 664.654 577.15

Д. С. Самохвалов, О. В. Зюзина*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Динамическое развитие инженерной энзимологии сделало ферментные препараты незаменимым элементом многих производств. Использование ферментов позволяет: повышать скорость технологических процессов; ощутимо увеличивать выход готовой продукции; улучшать качество продукта; экономить ценное сырье и снижать количество отходов.

В технологии пищевых продуктов находят применение ферментные препараты с амилолитической, протеолитической, липолитической, пектолитической, оксидазной активностью. В таблице 1 приведены

* Работа выполнена под руководством заместителя генерального директора ОАО «Тамбовский хлебозавод» О. Б. Шуняевой.

характеристики ряда ферментных препаратов, рекомендуемых для хлебопечения.

Введение ферментных препаратов в технологический цикл хлебопекарного производства обуславливает достижение цели их использования и, как правило, это происходит на стадии приготовления опары или теста. Ферменты оказывают действие на муку и тесто, как видно из табл. 1, например, корректируют хлебопекарные свойства муки при низкой ее собственной ферментативной активности, улучшают структуру мякиша при механической обработке, увеличивают объемный выход изделия, улучшают цвет мякиша и корочки, снижают черствение изделия, ускоряют гидролитическое расщепление жиров до моно- и диглицеридов.

Были выполнены экспериментальные исследования по применению ферментных препаратов в условиях предприятия ОАО «Тамбовский хлебозавод» в технологии приготовления батонов из муки разных сортов.

Характеристики ферментных препаратов

Товарное название ферментного препарата	Действующий фермент	Назначение	Страна-производитель
Альфалифт	α -Амилаза, ксиланаза	Корректировка свойств муки невысокой ферментативной активности	Россия
Пентопан Моно ВG	Ксиланаза	Улучшение структуры мякиша	Дания
Фунгамил 4000	α -Амилаза	Увеличение объемного выхода изделия, улучшение цвета мякиша и корочки	Дания
Новомил 10000	Мальтогенная амилаза	Снижение черствения	Дания
Мальтолифт	Мальтогенная амилаза	Снижение черствения	Россия
Липопан экстра	Фосфолипаза	Ускорение гидролитического расщепления жиров	Дания

Ферменты вводили как моновещества или как комплекс из двух и трех разных препаратов в смесь компонентов при замесе опары для приготовления батона нарезного из муки 1-го сорта в целях обеспечения стабильности его потребительских свойств при хранении, а именно – влажности мякиша. В эксперименте использовались ферменты Альфалифт, Пентопан Моно ВГ, Фунгамил 4000, Новомил 10000, Мальтолифт и Липопан экстра.

Для оценки результатов использовали величину относительной влажности, которую рассчитывали по формуле

$$f = \frac{W_1 - W_2}{W_1},$$

где f – относительная влажность; W_1 – влажность мякиша в начале срока хранения; W_2 – влажность мякиша в конце срока хранения.

На рисунке 1 представлены результаты, полученные при анализе влажности мякиша четырех видов батона с разными препаратами. Установлено, что внесение комплекса ферментных препаратов, состоящего из Пентопана Моно ВГ и Фунгамила 4000, не позволяет при хранении в течение трех суток резко изменяться влажности мякиша батона. Полученный эффект достигается за счет повышения содержания простых углеводов в тесте при гидролизе полисахаридов муки активными энзимами препаратов, что изменяет влагоудерживающую способность изделия. В других экспериментальных образцах к концу третьих суток хранения влажность мякиша уменьшилась, и величина относительной влажности была в 3 – 6 раз больше по сравнению с образцом с использованием Пентопана Моно ВГ и Фунгамила 4000.

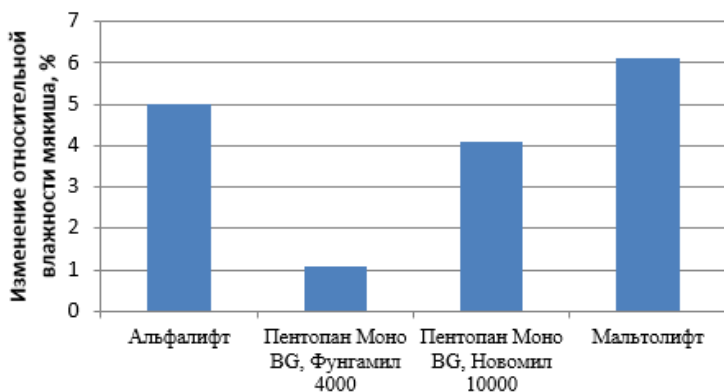


Рис. 1. Влияние ферментных препаратов на относительное изменение влажности батона из муки 1-го сорта

При изготовлении батонов из муки высшего сорта, отличающейся по химическому составу от муки 1-го сорта, вводили в опару Альфалифт, Мальтолифт, комплекс из препаратов Пентопана Моно ВГ и Фунгамила 4000, а также комплекс из трех препаратов Новомил 10000, Липопан экстра и Пентопан Моно ВГ.

На рисунке 2 приведены результаты оценки относительной влажности мякиша батонов из муки высшего сорта после трех суток хранения. Из диаграммы видно, что использование комплекса, состоящего из препаратов Новомил 10000, Липопан экстра и Пентопан Моно ВГ, обеспечило минимальное изменение влажности мякиша, что составило примерно 1% относительной влажности, тогда как комплекс из препаратов, работающих эффективно в муке 1-го сорта, уступил и дал результат, приблизительно похожий при использовании Мальтолифта, который в свою очередь дал с мукой 1-го сорта наихудший результат. Это связано с тем, что комплекс содержал ферменты, которые дополняли гидролитическое действие друг друга. В тесте накапливались соединения, способствующие бродильной активности дрожжей, которые изменяли кислотность среды, что приводило к более глубокому расщеплению сложных полимеров, жиров муки, как следствие, менялись и химический состав, и физические свойства мякиша.

Полученные результаты по применению ферментных препаратов при приготовлении теста позволили выбрать технологические добавки, обеспечивающие сохранение потребительских свойств батонов из разных сортов муки в течение допустимых сроков реализации готовой продукции в торговой сети.

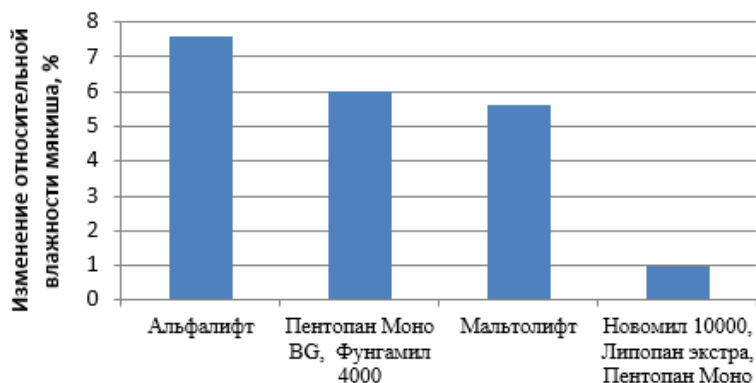


Рис. 2. Влияние ферментных препаратов на относительное изменение влажности батона из муки высшего сорта

Список литературы

1. Бобышев, К. А. Влияние ферментного препарата глюкозооксидазы на свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки / К. А. Бобышев, И. В. Матвеева // Московский государственный университет пищевых производств. – 2014. – № 7. – С. 48 – 50.
2. Белибова, Ю. Корректировка пшеничной муки ферментными препаратами / Ю. Белибова, И. Матвеева // Хлебопродукты. – 2006. – № 3. – С. 52 – 55
3. Иванов, М. Г. Разработка технологии и рецептур хлеба из пшеничной муки с улучшенными свойствами и нетрадиционных видов сырья / М. Г. Иванов. – Воронеж. – 2016. – 214 с.

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

УДК 663.5

*В. Д. Челак**

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА СУСЛА ДЛЯ БРОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одним из основных направлений развития спиртовой промышленности является внедрение комплексной переработки сырья в целях ресурсосбережения. В настоящий момент, несмотря на достижения в области биотехнологии по решению вопроса переработки послеспиртовой барды, проблема утилизации этого отхода до сих пор актуальна по объективным причинам – при производстве 1 дал спирта образуются большие объемы до 12...13 дал барды с высокими значениями ХПК. И поэтому свежую барду по степени воздействия на окружающую среду относят к отходам 4-го класса опасности, и ее утилизация регламентируется и строго контролируется.

В соответствии с положениями федерального закона № 171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» предписывается спиртовым предприятиям иметь линии по полной утилизации или переработке послеспиртовой барды.

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

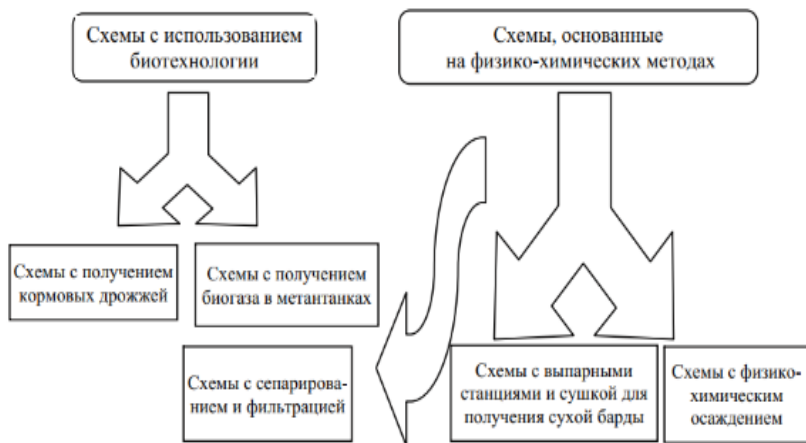


Рис. 1. Схемы утилизации послеспиртовой барды [1]

В зависимости от исходного сырья различают зерновую, зернокартофельную, мелассную барду, каждой из которых свойственен определенный химический состав и физико-химические свойства. Свежая послеспиртовая барда представляет собой водную суспензию с небольшим количеством растворенных и взвешенных сухих веществ: в ней содержится 6...8% сухих веществ, из которых 3...4% составляют растворенные вещества, а остальное – нерастворимые взвешенные частицы [1]. При соблюдении определенных условий – непродолжительное пребывание в сборниках, биологическая чистота транспортных устройств и коммуникаций – барда не вызывает закисания бражки.

Практикуется несколько способов использования послеспиртовой барды для получения экономической выгоды и решения экологических проблем: схемы, основанные на физико-химических методах и с использованием биотехнологии.

Известны технологии переработки барды путем извлечения из нее отдельных ценных компонентов. Так, широко применяется биотехнологический прием, основанный на использовании микроорганизмов как биологических агентов, способных избирательно потреблять ряд химических соединений барды в качестве питательных веществ для жизнедеятельности [2]. Кроме того, послеспиртовая барда содержит разнообразные биологически активные соединения как продукты метаболизма дрожжевых клеток, поэтому ее можно рассматривать как сырье, для дальнейшей переработки в целевые продукты, такие как БВК путем

выращивания биомассы микроорганизмов, концентратов для непосредственного использования в агротехнических мероприятиях. В статье [2] приведены сведения о положительном эффекте применения барды для твердофазных систем выращивания базидиальных грибов и вермикультивирования.

Благодаря высокому содержанию полисахаридов в зерновой барде, низкой цене и широкой доступности, перспективным направлением является ее использование в качестве источника сырья для производства этанола второго поколения.

Альтернативным методом использования отходов спиртовой промышленности является прием возврата барды в производство этанола. Так, в США действуют предприятия с возвратом до 40% фугата в производство путем добавления его к мелассе до сбраживания, достигается снижение величины рН до уровня 4,8...5,0 без использования специальных титрантов, также повышается буферность затора. При брожении дрожжи обеспечиваются дополнительными питательными веществами [2].

Предположительным механизмом воздействия фильтрата барды на дрожжи может быть влияние минеральных веществ, витаминов и аминокислот на ферменты зимазного комплекса дрожжей. Известно, что большинство ферментов цикла брожения содержат металлы, витамины и витаминоподобные вещества в качестве простетических групп. Можно предположить, что обработка бардой повышает устойчивость клеток дрожжей к ингибирующему действию продуктов обмена дрожжей за счет ассимиляции ими азотистых, ростовых веществ, а также частично липидных компонентов из автолизированных дрожжей, содержащихся в барде. Из литературы известно, что цитоплазматическая мембрана дрожжевых клеток состоит главным образом из липидов. Дополнительное поглощение липидных компонентов из барды позволяет укрепить липидную мембрану клеток. Активация дрожжей фильтратом барды позволяет увеличить их бродильную активность, активности ферментных систем дрожжей, стимулирует размножение дрожжевых клеток в процессе брожения в пределах допустимого уровня и ускорить процесс сбраживания суслу на 8...12 ч [2].

При производстве спирта на зерновом сырье также практикуется возврат барды в производственный цикл. Отмечено, что в этом случае содержание в заторе сухих веществ возрастает от 2,5 до 3,5%. Помимо этого, при возврате барды снижается вязкость заторов, в результате чего ускоряется их расхолодка в теплообменнике.

Кроме того, экспериментальные данные показывают, что если использовать для приготовления замеса смесь 70% фугата и 30% воды, возможен рециклинг в количестве 10 раз, если же на 100 % использовать только фугат, то кратность рециклинга уменьшается до 7 раз. При дальнейшем рециклинге в сусле накапливается значительное количество ингибирующих рост дрожжей веществ, увеличивается содержание сухих веществ и глицерина как побочного продукта ферментации. Для решения проблемы накопления ингибирующих веществ и продуктов метаболизма дрожжей рассматривают различные способы очистки фугата – экстракция, ионный обмен, коагуляция и флокуляция, мембранные методы, глубокая нейтрализация фугата до pH 7...7,5 с отделением образовавшегося осадка.

Использование барды как компонента питательной среды практикуется в ацетоно-бутиловом производстве, изготовлении кормовых дрожжей и витамина B₁₂. Из 1 м³ возвращаемой в производство барды можно получить 2,5...2,8 кг растворителей: из них более половины этилового спирта, а остальное – ацетон [3].

Известны приемы возврата послеспиртовой барды как технической жидкости. Так, в целях сокращения расхода артезианской воды и количества производственных стоков для разбавления мелассы можно частично использовать послеспиртовую мелассную барду, а также воду после промывки сивушного масла и конденсаты паров мелассной барды [4].

Сотрудниками ВНИИППД установлено, что использование конденсатов паров первичной и вторичной мелассной барды для разбавления мелассы не оказывает отрицательного влияния на процесс спиртового брожения, размножение дрожжей и выход спирта [4].

Таким образом, расширение поисковых работ по возможности возврата барды в производственный оборот позволит снизить расходы воды, стимулировать жизнедеятельность биологических систем, уменьшить экологическую нагрузку.

Список литературы

1. Андросов, А. Л. Промышленные технологии переработки послеспиртовой барды / А. Л. Андросов, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 954 – 963.
2. Зюзина, О. В. Комплексный способ переработки сельскохозяйственных отходов / О. В. Зюзина, Н. А. Стримова, В. Н. Татаринцева // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские

чения) : материалы Национальной науч.-практ. конф., посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича (г. Мичуринск 11 – 13 декабря 2019 г.) / под ред. Л. В. Григорьевой – Мичуринск : Изд-во Мичуринского ГАУ, 2019. – 319 с.

3. Effect of Recycling Distillers' Solubles on Alcohol and Feed Production from Corn Fermentation // Rodney J. Bothast, Adolph A. Lagoda, Kenneth R. Sexson, and Ying V. Wu // Journal of Agricultural & Food Chemistry. – 1983. – 770 p.

4. Зуева, Н. В. Разработка комплексных ресурсосберегающих технологий утилизации отходов бродильных производств / Н. В. Зуева, А. Н. Долгов, Г. В. Агафонов // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 3–4 декабря 2013 г. – С. 565 – 570.

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

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 62.9:536.242:664.87

*Г. В. Рыбин**

ВАКУУМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

По данным ФГБУ НИИ питания РАМН, в настоящий момент население испытывает нехватку витамина С, калия, йода, железа и фолиевой кислоты, что способствует развитию целого ряда заболеваний. Одним из решений этой проблемы является разработка новых полезных и вкусных продуктов питания, содержащих большое количество биологически активных веществ (БАВ), а также обогащение уже известных и популярных продуктов недостающими витаминами и микроэлементами.

Наиболее доступный способ получения данных БАВ – это переработка растительного сырья. Функциональные компоненты растительного происхождения легко усваиваются человеком и могут заменять синтетические компоненты в составе продуктов питания. Для максимального сохранения имеющихся в составе полезных веществ необходима щадящая технология переработки, при этом сохраняющая высокую эффективность для получения конкурентного преимущества.

Так же следует отметить, что задача разработки и усовершенствования новых технологий переработки является весьма актуальной в связи увеличением количества производимого растительного сырья, критической импортозависимостью с точки зрения используемых технологий и оборудования, а также в свете ряда региональных и государственных инициатив.

Экстрагирование – является одним из наиболее перспективных направлений переработки растительной продукции. Оно нашло широкое применение в пищевой, косметической и фармацевтической отраслях промышленности. Данный процесс позволяет с помощью различных жидкостей посредством растворения, диффузии и массопереноса выделять из матрицы твердой пористой структуры содержащиеся там вещества.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ПГТУ» Ю. В. Родионова.

Одной из наиболее интересных сфер применения экстрагирования является переработка побочной продукции, которая обычно утилизируется.

Так, например, из внешних сухих оболочек лука можно получать натуральный пищевой краситель, чеснока – вкусоароматическую добавку. При этом в оболочке растительных продуктов могут содержаться вещества, которых нет внутри плодов [1].

Применение вакуума позволяет проводить экстрагирование и при необходимости последующее выпаривание с высокой эффективностью и с минимальными потерями БАВ, поскольку под вакуумом происходит низкотемпературное кипение экстрагента (растворителя). Это позволяет избежать разложения термонеустойчивых компонентов, а также ускорить время протекания процесса в сравнении с классическими технологиями. Так же под вакуумом подавляется жизнедеятельность микроорганизмов, приводящих к порче продукта, что способствует консервированию без применения дополнительных химических средств.

Вакуумное экстрагирование представляет собой процесс, в котором предварительно подготовленный растительный материал помещают в рабочую камеру, заливают нагретым до определенной температуры экстрагентом, организуют вакуум и подают нагрев. Растворитель подбирают исходя из физических свойств содержащихся в сырье элементов. Наиболее распространенными экстрагентами являются дистиллированная вода и этанол. Соотношение массы материала к массе жидкости определяется показателем, который называют гидромодулем (Γ). Экстрагирование прекращается, когда концентрация компонентов в объеме экстрагента становится равной концентрации в порах материала. Соответственно, чем выше разность концентраций, тем быстрее будет протекать процесс. Поэтому важной частью исследований данного процесса является поиск оптимального соотношения сырье:жидкость, при котором выход веществ будет максимально быстрым и полным, и при этом концентрация веществ в объеме растворителя будет наиболее высокой.

Важнейшим этапом технологии экстрагирования является подготовка растительного сырья, которая состоит из таких этапов, как мойка, очистка, нарезка, сушка, измельчение. Наибольшее влияние окажут последние два этапа.

Поскольку важной задачей является сохранение термонеустойчивых компонентов, необходимо проводить щадящую сушку материала. Из распространенных технологий наиболее подходящей для этого является двухступенчатая конвективно-вакуум-импульсная сушка. Она

состоит из двух ступеней – обычной конвективной, на которой удаляется поверхностная влага и вакуум-импульсной, на которой удаляется внутренняя влага. Благодаря второй ступени процесс можно проводить быстро и на щадящих режимах. Сушка является необходимым этапом, поскольку позволяет повысить концентрацию растворимых веществ в сырье и значительно увеличить скорость экстрагирования.

Измельчение материала необходимо, чтобы обеспечить максимальную площадь соприкосновения растворителя и сырья. При недостаточной степени измельчения выход БАВ затрудняется, а время протекания процесса увеличивается, поскольку растворителю тяжело пропитать всю частицу. При излишне мелкой степени помола выход может быть затруднен вследствие слипания материала в ком, а также значительно увеличиваются энергозатраты. В связи с этим необходимы исследования по определению наиболее подходящей степени измельчения.

Также требуют исследования такие методы интенсификации процесса, как импульсное воздействие на материал и расположение и плотность материала в объеме жидкости. Импульсное воздействие как на сухой материал до процесса, так и на влажный материал вовремя может способствовать равномерному распределению материала по загрузочной камере, а также раскрытию пор, что ускорит процесс [2]. Однако импульсное воздействие требует насоса большей мощности, что увеличивает затраты. С точки зрения расположения материала в объеме жидкости очевидным является тот факт, что при свободном плавании материала в объеме экстрагента процесс будет протекать быстрее. Но это требует разработки специализированного загрузочного устройства для удобного удаления отработанного материала из загрузочной камеры.

Следует отметить, что все приведенные выше характеристики растительного материала различны для разного сырья. В связи с этим для разработки технологии переработки с помощью вакуумного экстрагирования в первую очередь необходимы масштабные исследования характеристик растительного материала.

Потенциальными потребителями данной технологии являются предприятия, занимающиеся выращиванием растительного сырья и дальнейшей его переработкой, непосредственно предприятия-переработчики растительного сырья, а также средние и крупные организации, занимающиеся производством пищевых продуктов, парфюмерных и косметических изделий или биодобавок и лекарственных препаратов.

Рассмотрим на примере яблочного экстракта оценку экономического эффекта внедрения существующего проекта экстракционной установки [3]. Допустим, имеется предприятие, закупающее яблочный

экстракт по рыночной цене – 600 руб. По примерным подсчетам установка стоит 500 000 руб. 1 кг сырья (сушеные яблоки) стоит примерно 400 руб. Литр дистиллированной воды – 15 руб. Затраты на электроэнергию по Тамбовской области составляют 3,96 руб. за кВт. Предположим, что наша установка в день делает 240 л экстракта.

Таким образом мы в свою очередь можем делать такой же экстракт в 3 раза дешевле, по сравнению с рыночной ценой. То есть за день мы будем получать прибыль в размере 24 000 руб. В таком случае установка окупится за 21 день.

На основании этого можем выделить ряд неоспоримых преимуществ использования вакуумной технологии экстрагирования растительного сырья:

- максимальное сохранение биологически активных веществ и витаминов за счет обработки сырья при низкой температуре;
- максимальное извлечение целевых компонентов из сырья при минимальных затратах времени;
- значительное сокращение энергозатрат до 15%;
- удобство хранения и транспортировки готовой продукции;
- увеличение срока хранения продукции;
- высокая рентабельность производства.

Список литературы

1. Гуськов, А. А. Перспективные технологии переработки побочной продукции растениеводства / А. А. Гуськов, Г. В. Рыбин // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4, № 3S. – С. 71 – 74.

2. Гуськов, А. А. Получение экстрактов из растительного сырья с помощью вакуумно-импульсных технологий / А. А. Гуськов, С. А. Анохин, Ю. В. Родионов // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2019. – С. 439 – 443.

3. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 2(26). – С. 32 – 41.

Кафедра «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОГАЗА

Биогаз является горючей многокомпонентной газовой смесью, получающейся при брожении биомассы путем разложения органических субстанций ассоциациями микроорганизмов в результате анаэробного микробиологического процесса (метаногенеза). Состав биогаза зависит от особенностей организации процесса переработки органических веществ в биогаз. Как правило, биогаз состоит из 60...70 об. % CH_4 , 30...40 об. % CO_2 , и ~3 об. % H_2S , а также включает незначительные концентрации N_2 , O_2 , NH_3 , толуола, бензола. Наиболее часто на практике применяется мезофильный режим (при температуре 308...310 К), при котором биогаз выходит в водонасыщенном состоянии.

Для использования биогаза в качестве топлива необходимы следующие технологические операции:

- 1) осушка и удаление H_2S в целях предотвращения коррозии оборудования;
- 2) повышение калорийности топливного газа за счет удаления компонентов (кроме CH_4) с низкой теплотворной способностью;
- 3) дальнейшая утилизация удаляемых компонентов из биогаза.

При осушке биогаза методом конденсирования влаги (с использованием теплообменного оборудования) необходимо охлаждать биогаз до температуры точки росы, что энергетически нецелесообразно. Например, при температуре газа на выходе из биореактора 308 К и относительной влажности 5% точка росы достигается при температуре 263 К, что требует использования дорогостоящих хладагентов, в качестве которых, как правило, используются фреон или аммиак.

Охлаждение до точки росы может быть осуществлено также за счет эффекта Джоуля–Томсона при дросселировании газа [1]. Однако расчеты показывают, что для снижения температуры газа от 308 до 263 К требуется его предварительное компримирование как минимум до 4,5 МПа (для метана снижение давления на 0,1 МПа вызывает понижение температуры лишь на 0,4К) [1]. Кроме того, после дросселирования требуется повторное компримирование для обеспечения требуемого давления биогаза в трубопроводе.

Одним из возможных контактных способов удаления из биогаза влаги и других примесей является абсорбционная промывка газовой

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доцента Е. И. Акулинина, д-ра техн. наук, профессора С. И. Дворецкого, ФГБОУ ВО «ТГТУ».

смеси триэтиленгликолем. Метод предусматривает барботаж газосырца через слой вспененного триэтиленгликоля [1]. Триэтиленгликоль обладает высокой селективностью по отношению к воде. Несмотря на эффективность данного метода осушки, высока опасность детонации газовой смеси (температура осуществления процесса составляет 473 К, что выше температуры вспышки метана на 13 К); это делает его мало пригодным для осушки биогаза.

Для осушки биогаза могут быть использованы способ и установки короткоциклового адсорбции (КЦА), обеспечивающие требуемую глубину осушки до точки росы 233 К при производительности установок до 5000 м³/ч и температуре $T = 293 \dots 303$ К [2].

Возможно также применение метода мембранного разделения биогаза с помощью мембранной технологии. При этом, однако, возникают трудности, связанные с удалением углекислого газа и обеспечением заданной производительности мембранных установок, а также дополнительным компримированием исходной газовой смеси до давления 1 МПа и более, что предъявляет повышенные требования к прочности мембран [3].

Для удаления CO₂ из дымовых газов в промышленности широко используется метод химической абсорбции углеводородами и карбонатами [3]. При этом осуществляется последующее отделение CO₂ от газаносителя путем повторного компримирования до давления 1,2 МПа в блоке очистки и использования дополнительных химических реагентов для разделения углекислого газа и абсорбента, что делает его технически сложным и дорогостоящим.

Известен также способ хемосорбции на водных растворах этаноламинов, который позволяет использовать теплоту химической реакции этаноламинов с CO₂; при этом низкая коррозионная активность этаноламинов дает возможность использовать более концентрированные растворы без применения антикоррозионных добавок. Недостаток метода заключается в необходимости последующей химической регенерации адсорбента [3].

Криогенные методы, такие как криоадсорбционное и криодистилляционное разделение, охлаждение биогаза с выпадением кристаллов CO₂, характеризуются высокими затратами энергии (охлаждение до 78 К) и затратами на хладагент (расход хладагента – до 30 л жидкого азота на 15 м³ биогаза) [3]. При этом используемое оборудование обеспечивает очистку от CO₂ только до остаточных концентраций 4...6 об. %.

Применяемое в промышленности с целью очистки биогаза биологическое обессеривание вызывает окисление метана, так как способ предусматривает превращение сероводорода до элементарной серы

в присутствии кислорода. Это также обуславливает повышенное коррозионное воздействие на технологическое оборудование [4].

Биопромывка реализуется в двухступенчатой установке, состоящей из колонны с наполнителем, обеспечивающей абсорбцию H_2S , разбавленной натриевой щелочью и биореактора, в котором осуществляется регенерация раствора, загрязненного H_2S , посредством добавления атмосферного кислорода. Реализация стадии регенерации адсорбента в отдельной колонне позволяет исключить попадание атмосферного воздуха в продуктовый биогаз, обеспечивая при этом остаточное содержание примесей на уровне природного газа. Реализация метода биопромывки связана с необходимостью расхода существенных объемов чистой воды и натриевой щелочи; при очистке биогаза методом внутреннего химического обесщеривания необходимо использование дорогостоящих химических веществ (хлоридов и сульфатов железа) [4].

Известен способ получения метана из биогаза путем растворения сопутствующих газов в воде [3]. Однако этот способ имеет следующие недостатки:

- 1) необходимость подачи биогаза для барботирования через слой жидкости под высоким давлением;
- 2) накопление в воде растворенных сернистых и углеродных соединений, которые могут вызвать коррозию оборудования и трубопроводов;
- 3) высокие коэффициенты растворимости в воде сероводорода и диоксида углерода, что препятствует утилизации данной воды без дополнительной очистки. Кроме того, вода является хорошим поглотителем метана, что приводит к большим потерям горючей части биогаза.

Для комплексной очистки биогаза от влаги, H_2S и CO_2 наиболее перспективно применение способа и установок КЦА с многослойным адсорбентом [2]. Изотермы адсорбции CH_4 , CO_2 и H_2S на активных углях типа СКТ и цеолитах типов NaA, NaX и CaA существенно различаются, что позволяет обеспечить остаточные концентрации CO_2 в установках КЦА на уровне 0,01 об. % и ниже [2]. Применение многослойного адсорбента в адсорберах позволяет осушать и очищать газовую смесь в одной и той же установке КЦА, а отходящая газовая смесь, содержащая влагу, CO_2 и H_2S , может быть далее разделена на компоненты при организации каскада из двух или трех установок КЦА. Эффективность данной технологии достигается в случае, если разделяемые компоненты биогаза могут быть сразу использованы в производстве, например, при осуществлении процессов сатурации и сульфитации дефеката в производстве сахара (где образуется свекловичный жом в большом количестве, который может быть переработан в биогаз).

Заметим, что выделение других компонентов из биогаза, большая часть из которых при горении разлагается и не превышает ПДК примесных газов для котельных установок, нецелесообразно.

Список литературы

1. Влажность газов [Электронный ресурс]. – URL : https://studref.com/422773/stroitelstvo/vlazhnost_gazov (дата обращения: 15.09.2022).
2. Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов для разделения и очистки газовых смесей : монография / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Е. И. Акулинин, О. О. Голубятников. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – 212 с.
3. Методы повышения качества биогаза (ч. II) / В. Т. Джамулуев, М. С. Куразова, М. А. Хажмурадов, В. П. Воробьева // Вестник Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. – 2014.
4. Лосюк, Ю. А. Очистка биогаза до товарного продукта / Ю. А. Лосюк, Г. В. Орендаренко // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2012. – № 4. – С. 70 – 74.

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

УДК 504

*Н. С. Толстошеин, Д. А. Пудовкин**

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ

Синтетические полимеры инертны к воздействию факторов окружающей среды и практически не разлагаются в естественных условиях. Согласно последним мировым тенденциям в области экологии, разработка технологий получения биоразлагаемых материалов, используемых в пищевой промышленности и фармакологии, является актуальной задачей.

Термином «биоразлагаемый» принято именовать полимер, деструкция которого может быть вызвана хотя бы частично биологической системой, вся его масса разлагается в почве или воде за 6 месяцев.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» П. М. Смолихиной.

В целом деструкция полимера включает первичные процессы поглощения тепла и света, диффузии компонентов среды в материале, его обрращения микроорганизмами. Микробные ферменты инициируют дальнейшие реакции разрыва химических связей в макромолекуле. Во многих случаях продуктами распада являются углекислый газ и вода. Склонность полимеров к биодеструкции определяется не только химическим строением, наличием разветвлений, размером макроцепи, но и их надмолекулярной микро- и макроструктурой [1].

Перспективным источником для получения биополимеров, в частности биоразлагаемой пленки, является доступное возобновляемое сырье, например пищевые гидроколлоиды. Кроме того, используются нефтехимические источники. Они могут использоваться сами по себе или же в сочетании с другими пластмассовыми смолами и добавками. Термо- и механические свойства многих биопластиков обеспечивают аналогичные, а иногда даже более высокие потребительские характеристики по сравнению с продуктами, полученными из традиционных термопластических материалов [2, 3].

На сегодняшний день существуют разные технологические подходы по производству биоразлагаемых макромолекулярных систем, среди которых можно выделить следующие виды:

1. Применение сырья, состоящего из натурального каучука, белков, полисахаридов, хитина, поллулана и т.д., являющихся природными полимерами.

2. Создание полимеров, содержащих функциональные группы, подвергающиеся распаду под действием химических и(или) биологических факторов (наиболее известными из таких полимеров являются полиэферы алифатических гидроксикарбоновых кислот, ароматические полиэферы).

3. Использование карбоцепных полимеров, подвергающихся распаду под действием специальных штаммов микроорганизмов (данное направление увенчалось успехом только в отношении поливинилового спирта).

4. Создание композиций, содержащих (кроме высокомолекулярной основы) органические наполнители (крахмал, целлюлозу, амилопектин, декстрин и др.), являющиеся питательной средой для микроорганизмов (однако такие смеси не полностью биоразлагаются под влиянием микроорганизмов: расщепляется органический наполнитель, а сама полимерная матрица сохраняется) [2 – 5].

Классификация биоразлагаемых материалов представлена на рис. 1.

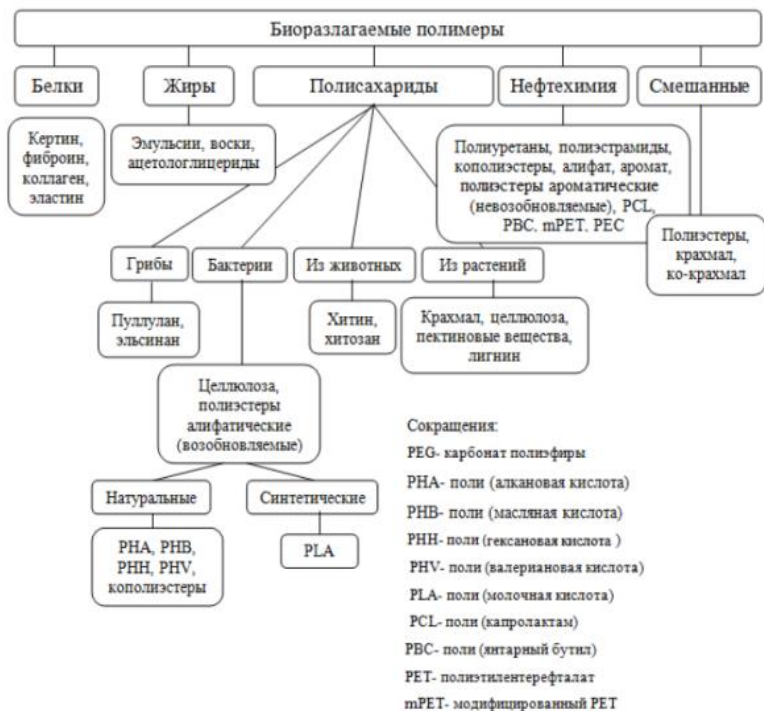


Рис. 1. Классификация биоразлагаемых полимеров

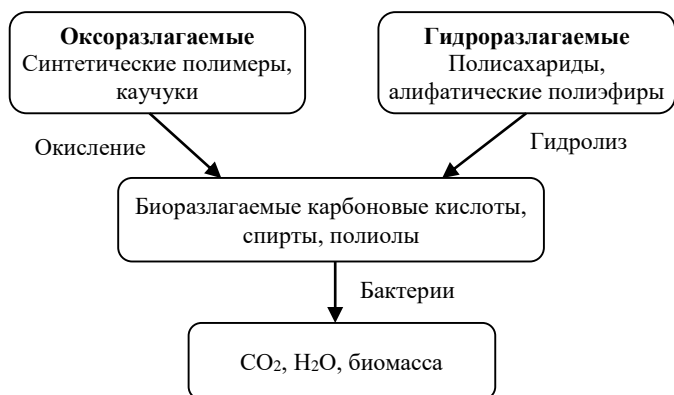


Рис. 2. Особенности разложения биополимеров

Большое внимание уделяют двум группам биополимеров: оксобioresазлагаемые и гидробиоразлагаемые (рис. 2) [4].

Гидробиоразлагаемыми биополимерами называют полимеры, в основу которых входит растительное сырье, а также молочная кислота. В эту группу входят синтетические пластики – полиэтилен, полипропилен, содержащие различные добавки, которые изменяются путем реакции гидролиза без доступа кислорода в биоразлагаемые вещества. Выделяющийся в течение разложения газ метан служит отличительной чертой. К оксобioresазлагаемым полимерам относят полимеры, в составе которых содержатся различные добавки, приводящие к разложению продуктов с участием воздуха.

Для создания съедобного покрытия в лаборатории «Пищевые биотехнологии» кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» были подобраны следующие гидроколлоиды растительного и животного происхождения: крахмал, агар, каррагинан, желатин. Для обеспечения нужных структурно-механических свойств использовали пластификатор – пищевой глицерин.

Разработка рецептуры заключалась в варьировании и концентраций структурообразователей и пластификатора для получения нужной консистенции и толщины пленки. Учитывали возможный синергизм при смешивании различных гидроколлоидов.

Предварительные опыты показали хороший результат с использованием каррагинана в качестве структурообразователя биопластика. Помимо прочной структуры, хорошей растяжимости при минимальной толщине, каррагинан обладает видимым антимикробным эффектом.

Помимо использования растительных гидроколлоидов перспективными являются биотехнологические производства биоразлагаемых полимеров – полигидроксисалканоатов (ПГА). Биополимеры (ПГА) – это термопластичные полиэфиры различных гидроксипроизводных жирных кислот, которые синтезируются большим количеством микроорганизмов как дополнительный источник энергии, в условиях лимитированного роста питательных элементов. Помимо термопластичности, обладают антиоксидантными свойствами, пьезоэлектрическим эффектом и, что самое ценное, они характеризуются биосовместимостью и биоразрушаемостью. На их основе можно получать различные композиты с различными синтетическими и природными материалами, что позволяет направленно изменять их состав, структуру, а значит, и базовые свойства материала – механическую прочность, пластичность, температурные и другие характеристики, что расширяет возможные сферы применения.

Задачами дальнейшей работы является определение подходящего штамма микроорганизма для получения ПГА, определение оптимальных условий культивирования с максимальным выходом целевого продукта.

Список литературы

1. Крутько, Э. Т. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учеб.-метод. пособие / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с.
2. Комплексное использование отходов пищевой промышленности и упаковки для создания биоразлагаемых полимерных материалов / И. А. Кирш, А. А. Тихомиров, Ю. В. Фролова и др. // Пищевая промышленность. – 2016. – № 11. – С. 46 – 49.
3. Аллахвердиев, Г. А. Изменение физико-химических свойств полимерных пленок под действием почвенных микроорганизмов / Г. А. Аллахвердиев, Т. А. Мартиросова // Пластические массы. – 2002. – № 23. – С. 17 – 19.
4. Soluble soybean polysaccharide: A new carbohydrate to make a biodegradable film for sustainable green packaging / S. Tajik, Y. Maghsoudlou, F. Khodaiyan et al. // Carbohydrate polymers. – 2013. – V. 97, Is. 2. – P. 817 – 824.

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

УДК 674.8

С. О. Жоголева, Р. М. Маматказин, А. О. Сухова

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Деревообрабатывающая промышленность объединяет предприятия, занимающиеся заготовкой и переработкой древесины и других лесных ресурсов. В основу деревообрабатывающей промышленности входит лесопильно-строгальное производство, лесозаготовки, деревообработка, целлюлозно-бумажная и лесохимическая промышленности. Предприятия этой отрасли производят товары народного потребления, а также готовую продукцию, используемую сельским хозяйством, строительной, пищевой и другими отраслями промышленности.

В ходе практически любого техногенного процесса остается немалое количество отходов, деревообработка – не исключение. В отходы деревообработки уходит до 70% добываемой древесины [1]. Утилизация опилок является достаточно серьезной проблемой техногенной безопасности, так как при сжигании таких отходов выделяется большое количество углекислого газа, негативно влияющего на организм человека. Если не прибегать к сожжению отходов, опилки сильно окислят почвы, что отрицательно скажется на культурных растениях, следовательно, и на качестве продукции.

Студенты кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» предложили способ рационального использования отходов деревообрабатывающей промышленности в рамках проектной деятельности Тамбовского государственного технического университета. Существующие методы переработки не полностью удовлетворяют потребности деревообрабатывающей промышленности. Так, например, далеко не все виды отходов могут служить в качестве сырья для переработки. Связано это с тем, что существует ряд технологических ограничений. Отходы, получаемые в ходе лесозаготовительной деятельности, зачастую остаются брошенными на лесосеках.

В целом проект направлен на разработку экологичного продукта из неиспользованных отходов древесины. Студентами было принято решение: использовать опилки в качестве материала для изготовления горшочков для посадки комнатных растений, что может быть актуально для парниковых хозяйств и иметь массовое производство. Для создания экологичного горшочка понадобились: опилки, связывающий материал (мука, крахмал, вода). Затем сформированные горшки отправлялись

в муфельную печь, которая находится в лаборатории кафедры «Природопользование и защита окружающей среды». Процесс создания продукта представлен на рис. 1.

Для декора был использован пеньковый шпагат, который также является экологически безопасным. Пенька – это уникальный природный материал. Когда шпагат впитывает влагу, то он не набухает, как другие шпагаты, поэтому его еще используют в морской отрасли [2]. Процесс декорирования представлен на рис. 2.



Рис. 1. Процесс создания горшочка из опилок



Рис. 2. Декорирование горшочка

Данный продукт является не только экологичным, но и экономичным, так как себестоимость одной единицы продукта составила 60 российских рублей.

Горшочек из опилок полностью удовлетворит пользователей – цветоводов, для которых важны не только невысокая стоимость (в сравнении с аналогичными керамическими горшками, стоимость которых варьируется в пределах тысячи российских рублей) и хорошее качество изделий, но и их экологичность, и внешний вид.

Конечный вид продукта представлен на рис. 3.



Рис. 3. Готовый горшочек из опилок

Таким образом, этот проект, разработанный студентами Тамбовского государственного технического университета, по переработке древесных отходов является примером их рационального использования.

Список литературы

1. Любченко, В. Н. Резание древесины и древесных материалов : учебное пособие для вузов / В. Н. Любченко. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2004.
2. Види, О. Конопляная энциклопедия / О. Види. – Ипр, Бельгия : Weedy Publishing, 2010.

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

1. *Здерева А. В., Степура И. А., Ростова Д. П., Тришина А. В.* РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ГРАНИЧНЫХ ОРБИТАЛЕЙ КАТИОННЫХ ПАВ МЕТОДАМИ ADC2 И EOM-DLPNO-CCSD 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

2. *Горбачев А. А., Жалнин И. А., Ищенко К. А.* К ВОПРОСУ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СРАВНЕНИЯ ОБРАЗОВ 7
3. *Гурьянов Д. А., Попов Н. С., Мустафа Моааз Собхи Али Эльспед* ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ СТРУКТУРОЙ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ИРИС) 11
4. *Дивеев Д. А., Земской Д. Н., Юдин И. О.* К ВОПРОСУ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 15
5. *Поздняков С. Н., Пунин И. В., Титов Е. А.* АНАЛИЗ И ОПИСАНИЕ СОСТАВА СВЯЗЕЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 18
6. *Поздняков С. Н., Пунин И. В., Титов Е. А.* КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МОДЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 21
7. *Соболева Е. С., Попова Г. Н., Торгаиов Я. И.* АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТНОШЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ 25
8. *Соболева Е. С., Попова Г. Н., Торгаиов Я. И.* ВЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА НА ЦЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ 29

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ

9. *Василевский К. С.* ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ УСТАНОВОК-ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПАРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 33
10. *Карнишев А. М.* ВЫБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА» 36
11. *Кулеиов И. В.* ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКЛАДА ... 39
12. *Медведева А. В., Нечай А. А.* ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДИСПЛЕЕВ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ШРИФТА БРАЙЛЯ 43

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ,
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

13. <i>Баклыкова М. А., Старунская В. И., Шубин И. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС АКТИВАЦИИ	48
14. <i>Балабаев М. С.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГАЗОПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ ЗАГОТОВОК ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ	51
15. <i>Бондаренко Н. В.</i> РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО ЦИФРОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА	54
16. <i>Бондаренко Н. В., Татаринцев И. В.</i> ОБЗОР НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ	58
17. <i>Бубнова Е. В.</i> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОЗАДИРНОЙ ПРИСАДКИ ДЛЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭКСФОЛИАЦИИ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ	61
18. <i>Данилов В. М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛОВАТНОЙ ПЛИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННОЙ КОНЦЕПЦИИ	65
19. <i>Истомин А. М.</i> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПАРТИЙ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК НА ПОКАЗАТЕЛЬ ИЗНОСА	69
20. <i>Милованова М. Д., Хорохориной И. В.</i> БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ ПЛАСТИК КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	73
21. <i>Скоморохова А. И.</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВУЛКАНИЗАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	77
22. <i>Татаринцев И. В., Бондаренко Н. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕК И МОДУЛЕЙ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ЦИФРОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ	80
23. <i>Фижбах Т. В., Чуприкова А. А., Ермаков А. С.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА	83
24. <i>Чуприкова А. А., Фижбах Т. В., Ермаков А. С.</i> РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	87

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

25. *Брянкина А. К., Миленина В. О., Парамонова А. А.* ОСОБЕННОСТИ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ СТАДИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ 91
26. *Гречуха Д. Д.* РАЗРАБОТКА БЮДЖЕТНОЙ ВИДЕОТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ СКРИНИНГА ГЛАУКОМЫ ГЛАЗ 95
27. *Миленина В. О., Брянкина А. К., Парамонова А. А.* ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ В МАСШТАБЕ ГЕНОМА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ 99
28. *Попов И. А.* ТЕПЛОВИЗИОННОЕ УСТРОЙСТВО С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ БПЛА ... 102
29. *Самохвалов Д. С., Зюзина О. В.* СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ 106
30. *Челак В. Д.* ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА СУСЛА ДЛЯ БРОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА 110

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

31. *Рыбин Г. В.* ВАКУУМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ 115
32. *Свиридов В. В.* АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОГАЗА 119
33. *Толстошеин Н. С., Пудовкин Д. А.* ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ 122

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

34. *Жоголева С. О., Маматказин Р. М., Сухова А. О.* РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 127

Научное электронное издание

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Сборник научных статей
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск XIV

Редактор Л. В. Комбарова

Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2530-2



Подписано к использованию 28.11.2022.

Тираж 100 шт. Заказ № 92

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru