



В РАМКАХ  
ФЕСТИВАЛЯ  
РОССИЙСКОЙ НАУКИ

# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК II

МАТЕМАТИКА. ФИЗИКА. ХИМИЯ.  
ИНФОРМАТИКА. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА. УПРАВЛЕНИЕ.  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. НАНОТЕХНОЛОГИИ. МАШИНОСТРОЕНИЕ.  
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ.  
ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. МЕТРОЛОГИЯ.  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.  
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО.  
ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ.  
ГУМАНИТАРНЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ И  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск II

Редактор Т.М. Г л и н к и н а  
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Ф и л а т о в а

Подписано в печать 11.04.2011.  
Формат 60 × 84 / 16. 19,99 усл. печ. л. Тираж 120 экз. Заказ № 149

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

# **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

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

## **Выпуск II**

**Математика. Физика. Химия.  
Информатика. Вычислительная техника. Управление.  
Материаловедение. Нанотехнологии. Машиностроение.  
Процессы и аппараты химических и других технологий.  
Энергетика. Энергосбережение.  
Приборостроение. Метрология.  
Информационно-измерительные системы.  
Архитектура и строительство.  
Экономика. Управление качеством.  
Гуманитарные и общественные науки**



---

Тамбов  
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ  
2011

ББК я43  
П781

**Редакционная коллегия:**

д-р техн. наук, проф. С.И. Дворецкий (ответственный редактор),  
д-р техн. наук, доц. М.В. Соколов (зам. ответственного редактора),  
д-р техн. наук, проф. В.И. Леденев, д-р техн. наук, проф. В.В. Леденев,  
д-р пед. наук, проф. Н.П. Пучков, д-р ист. наук, проф. А.А. Слезин,  
д-р ист. наук, проф. С.А. Есиков, д-р техн. наук, проф. Н.С. Попов,  
д-р техн. наук, проф. С.В. Пономарев, д-р техн. наук, доц. П.В. Монастырев,  
д-р техн. наук, проф. О.С. Дмитриев, д-р техн. наук, проф. Г.М. Куликов,  
д-р хим. наук, проф. А.Б. Килимник, д-р техн. наук, проф. В.Е. Подольский,  
д-р техн. наук, проф. Ю.Ю. Громов, канд. техн. наук, доц. А.В. Майстренко,  
д-р техн. наук, проф. Н.Ц. Гагапова, д-р техн. наук, проф. А.Г. Ткачев,  
д-р техн. наук, проф. Д.М. Мордасов, д-р техн. наук, проф. Г.С. Баронин,  
М.А. Евсейчева

П781 Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2011. – Вып. II. – 344 с. – 120 экз. – ISBN 978-5-8265-0983-8.

В сборнике представлены статьи молодых ученых и студентов по приоритетным научным направлениям университета: исследования в области естественных, гуманитарных и общественных наук, архитектуры и строительства; нанотехнологии и создание новых материалов; энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической и биотехнологии; информационные системы и технологии; обеспечение контроля и управления качеством продукции, процессов и услуг.

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

ББК я43

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

**ISBN 978-5-8265-0983-8**

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2011

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

---

УДК 517.9

*Д.Н. Протасов*

**ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ**

Рассмотрим задачу Коши

$$y'(t) - f(t, y(t)) = 0,$$

где  $y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_s(t)\}$ ,  $t \in [0, T]$ ,  $y(0) = y_0$ . (1)

Предполагается, что функция  $f$  удовлетворяет условию Липшица по  $y$ , т.е. существует такая постоянная  $L$ , что

$$\|f(t, y_1) - f(t, y_2)\| \leq L \|y_1 - y_2\| \quad (2)$$

при всех  $t \in [0, T]$  и всех  $(t_1, y_1)$ ,  $(t_2, y_2)$  из интересующей нас области.

**Т е о р е м а 1.** Предположим, что  $f(t, y)$  определена в области  $R$ . Если существует такая постоянная  $L > 0$ , что  $\|f_y(t, y)\| \leq L$  для всех  $(t, y) \in R$ , то функция  $f(t, y)$  удовлетворяет условию Липшица по переменной  $y$  с постоянной Липшица на прямоугольнике  $R = \{(t, y) : a \leq t \leq b, c \leq y \leq d\}$ .

Рассмотрим  $k$ -шаговые методы, которые порождают последовательность  $(y_n | n = 0, 1, \dots, N)$ , где  $y_n$  – приближение к  $y(t_n)$ ,  $t_n = nh$  и  $Nh = T$ .

Такой метод записываем следующим образом:

$$y_n = s_n(h), \quad 0 \leq n < k,$$

$$\sum_{i=0}^k \alpha_i y_{n+i} / h = \varphi(t_n; y_{n+k}, \dots, y_n; h), \quad 0 \leq n < N - k. \quad (3)$$

Сформулируем определение нуль-устойчивости. Рассмотрим класс возмущенных задач:

$$z'(t) = f(t, z(t)) + \alpha \delta(t),$$

где  $t \in [0, T]$ ,  $z(0) = y_0 + \alpha \delta_0$ ,  $(\delta(t), \delta)$  – возмущение, а  $z(t)$  – возмущенное решение.

Определение 1. Пусть  $(\delta(t), \delta), (\delta^*(t), \delta^*)$  – некоторые возмущения, и пусть  $z(x), z^*(x)$  – возмущенные решения. Тогда, если существует положительная постоянная  $S$ , такая, что для любого  $t \in [0, T]$  справедливо  $\|z(t) - z^*(t)\| \leq S\varepsilon$  при  $\|\delta(t) - \delta^*(t)\| \leq \varepsilon$  и  $\|\delta - \delta^*\| \leq \varepsilon$ , то задача Коши (1) абсолютно устойчива.

Метод из класса (3) является абсолютно устойчивым для заданного фиксированного шага и для заданной задачи Коши (1), если полная погрешность  $e_n = y_n - y(t_n)$  остается ограниченной при  $n \rightarrow \infty$ . Абсолютная устойчивость не накладывает большие требования на задачу Коши. Условие Липшица для функции  $f(t, y)$  достаточно для получения абсолютной устойчивости [Gear C.W., 1971]. Если задача Коши не является абсолютно устойчивой, то у нас нет шансов получить приемлемое численное решение каким-либо разностным методом, если только сам этот метод не удовлетворяет аналогичному условию устойчивости, которое определили.

Определение 2. Величина  $|y_n - y(t_n)|$  называется полной погрешностью дискретизации в точке  $t = t_n, 0 \leq n \leq N$ .

Одной из центральных проблем в численных методах для обыкновенных дифференциальных уравнений является получение надежных оценок полной погрешности дискретизации. Естественно требовать, чтобы эту погрешность можно было сделать сколь угодно малой, выбирая достаточно малый шаг. В этом заключается понятие сходимости.

Определение 3. Погрешность аппроксимации формулы

$$\sum_{i=0}^k \alpha_i y_{n+1} / h - \varphi(t_n; y_{n+k}, \dots, y_n; h) = 0, \quad (4)$$

( $0 \leq n < N - k$ ) в точке  $t_{n+k} \in [0, T]$  определяется по формуле:

$$k_{n+k} = \sum_{i=0}^k \alpha_i y_{n+1} - h\varphi(t_n; y(t_{n+k}), \dots, y(t_n); h). \quad (5)$$

Величина  $k_{n+k}$  представляет собой величину, которой не достаает для того, чтобы точное решение (1) удовлетворяло (4), и может рассматриваться в качестве предварительной оценки точности формулы.

Определение 4. Пусть  $(\delta_n | n = 0, 1, \dots, N), (\delta_n^* | n = 0, 1, \dots, N)$  – некоторые возмущения, и пусть  $(z_n | n = 0, 1, \dots, N), (z_n^* | n = 0, 1, \dots, N)$  –

возмущенные решения. Тогда, если существуют постоянные  $h_0$  и  $S$ , такие, что для любого  $h \in (0, h_0]$ , то

$$\|z_n - z_n^*\| \leq S\varepsilon, \quad 0 \leq n \leq N$$

при  $\|\delta_n - \delta_n^*\| \leq \varepsilon$  и говорим, что метод нуль-устойчив.

Для проведения расчетов обозначим общую погрешность дискретизации численного решения  $e_n = y_n - y(t_n)$ ,  $0 \leq n \leq N$ , тогда из формул (4) и (5) имеем:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^k \alpha_i e_{n+i} &= h[\varphi_f(t_n; y_{n+k}, \dots, y_n; h) - \varphi_f(t_n; y(t_{n+k}), \dots, y(t_n); h) - k_{n+k}] = \\ &= h \sum_{i=0}^k \frac{\partial \varphi_f}{\partial y_{n+i}}(t_n; \hat{y}_{n+k}, \dots, \hat{y}_n; h) e_{n+i} - k_{n+k}. \end{aligned}$$

Полная погрешность численного решения соответствует  $\tilde{e}_n = y_n - y(t_n)$ .

Рассмотрим класс возмущенных методов (3):

$$z_r = s_r(h) + \alpha \delta_r,$$

$$\sum_{i=0}^k \alpha_i z_{n+i} / h = \varphi_f(t_n, t_{n+k}, \dots, z_n, h) + \alpha \delta_{n+k}, \quad 0 \leq n \leq N - k,$$

где  $(\delta_n | n = 0, 1, \dots, N)$  – возмущение, а  $(z_n | n = 0, 1, \dots, N)$  – возмущенное решение.

Рассмотрим сначала влияние возмущений в дифференциальной задаче (1). Предположим, что  $z(x)$  удовлетворяет соотношению

$$z'(t) - f(t, z(x)) = \alpha \delta(t), \quad (6)$$

где  $t \in [0, T]$ ,  $z(0) = y_0 + \alpha \delta_0$ .

$$\text{Полагая } z(t) = y(t) + \alpha e(t) + O(\alpha^2) \quad (7)$$

и используя теорему Тейлора, из (6) получаем

$$y'(t) + \alpha e'(t) - f(t, y(t)) - f_y(t, y(t)) \alpha e(t) = \alpha \delta(t) + O(\alpha^2),$$

$$y(0) + \alpha e(0) = y_0 + \alpha \delta_0 + O(\alpha^2).$$

Следовательно, функция  $e(t)$  должна удовлетворять линейному дифференциальному уравнению

$$e'(t) - f_y(t, y(t)) e(t) = \delta(t) \quad (8)$$

при  $e(0) = \delta_0$ .

Таким образом, если  $y$  и  $z$  удовлетворяют уравнениям (1) и (6), а  $e(t)$  – уравнению (8), то справедливо соотношение (7).

Погрешность приближенного решения задачи (1) удовлетворяет аналогичному уравнению.

Решение задачи (8) представляется в виде

$$e(t) = E(0, t) \delta_0 + \int_0^t E(u, t) \delta(u) du, \quad (9)$$

где  $E(u, t) = \exp \left[ \int_u^t f_y(r, y(r)) dr \right]$ .

Заметим, что если имеется система  $s$  уравнений, то  $f_y(r, y(r))$  представляет собой  $(s \times s)$ -матрицу (матрицу Якоби функции  $f$ ). Такой же матрицей является  $E(u, t)$ . В этом случае экспонента  $E(u, t)$  определяется с помощью бесконечного ряда, который всегда сходится.

Из (9) получаем, что влияние возмущения  $\delta(t)$  в точке  $u$  зависит от функции  $E(u, t)$ , которая может быть больше или меньше единицы и быть возрастающей или убывающей функцией. Если дифференциальное уравнение имеет вид  $y' = \lambda y$ , так что  $f_y = \lambda$ , то  $E(u, t) = \exp(\lambda(t - u))$ . Если  $\lambda > 0$ , то влияние погрешности вблизи  $u$  на полную погрешность в точке  $t$  растет с увеличением  $t$ . Если  $\lambda < 0$ , то происходит обратное. Для других уравнений возможны более сложные типы поведения погрешности.

Это поведение наглядно представляется интегральными кривыми дифференциального уравнения. Множество интегральных кривых уравнения  $y'(t) - f(t, y(t)) = 0$  – это множество решений задачи Коши  $y'(t) - f(t, y(t)) = 0$ , где  $t \in [0, T]$ ,  $y(t) = \{y_1(t), \dots, y_s(t)\}$ ,  $y(0) = y_0$  для всех значений  $y_0$ . Влияние возмущения состоит в том, чтобы «столкнуть» решение с одной из этих кривых на соседнюю кривую.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холл, Д. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / Д. Холл, Д. Уатт. – М. : Мир, 1989.

*Кафедра «Высшая математика» ГОУ ВПО ТГТУ*



*В.И. Фомин*

## ОБ ОЦЕНКЕ НОРМЫ РАЗНОСТИ ДВУХ ВЕКТОРНЫХ ФУНКЦИЙ

При изучении векторных функций числовой переменной в нормированных пространствах в ряде случаев необходимо знать, насколько одна функция отличается от другой в смысле метрики, порожаемой нормой, т.е. необходимо получать оценки вида

$$\|u(t) - v(t)\| \leq M(t). \quad (1)$$

Применение неравенства треугольника

$$\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$$

в этом случае полезной информации не дает.

В общем случае получение эффективной оценки вида (1) затруднительно. Однако при изучении некоторых конкретных вопросов функции  $u(t)$  и  $v(t)$  связаны между собой какими-либо соотношениями. Тогда получение оценки вида (1) становится возможным.

Например, рассмотрим в банаховом пространстве  $E$  векторное уравнение Эйлера второго порядка

$$t^2 x''(t) + tAx'(t) + Bx(t) = f(t), \quad 0 < t < \infty, \quad (2)$$

где  $f(t) \in C([0, \infty); E)$ ,  $C([0, \infty); E)$  – пространство непрерывных на  $[0, \infty)$  функций со значениями в  $E$ ;  $A, B \in N(E)$ ,  $N(E)$  – множество замкнутых неограниченных линейных операторов, действующих из  $E$  в  $E$ , с плотными в  $E$  областями определения. Рассмотрим также стабилизирующее возмущение уравнения (2) малым положительным параметром  $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0]$ ,  $\varepsilon_0 - \text{const}$ :

$$(t + \varepsilon)^2 x_\varepsilon''(t) + (t + \varepsilon)Ax_\varepsilon'(t) + Bx_\varepsilon(t) = f(t), \quad 0 \leq t < \infty, \quad (3)$$

$$x_\varepsilon(0) = x_{\varepsilon,0}, \quad x_\varepsilon'(0) = x'_{\varepsilon,0}. \quad (4)$$

При определенных требованиях [1] на массив входных данных  $W = \{ A, B, f(t), x_{\varepsilon,0}, x'_{\varepsilon,0} \}$  задача (3), (4) имеет решение вида

$$x_\varepsilon(t) = U_1 \left( \ln \frac{t + \varepsilon}{\varepsilon} \right) x_{\varepsilon,0} + I_{1\varepsilon}(t) + I_{2\varepsilon}(t), \quad (5)$$

где

$$I_{1\varepsilon}(t) = \int_0^t U_2\left(\ln \frac{t+\varepsilon}{s+\varepsilon}\right) U_1\left(\ln \frac{s+\varepsilon}{\varepsilon}\right) (\varepsilon x'_{\varepsilon,0} - \Lambda_1 x_{\varepsilon,0}) \frac{ds}{s+\varepsilon},$$

$$I_{2\varepsilon}(t) = \int_0^t \left[ \int_0^{t-s} U_2\left(\ln \frac{t+\varepsilon}{v+s+\varepsilon}\right) U_1\left(\ln \frac{v+s+\varepsilon}{s+\varepsilon}\right) \frac{f(s)}{v+s+\varepsilon} dv \right] \frac{ds}{s+\varepsilon}, \quad (6)$$

где  $U_1(\bullet)$ ,  $U_2(\bullet)$  – полугруппы класса  $C_0$ , порождённые характеристическими операторами  $\Lambda_{1,2} = (1/2)(I - A \mp F)$ , где  $F$  определяется из условия  $F^2 = (A - I)^2 - 4B$ .

Кроме того, справедлив предельный переход

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} x_\varepsilon(t) = x_0(t), \quad t \in (0, \infty), \quad (7)$$

где

$$x_0(t) = \int_0^t \left[ \int_0^{t-s} U_2\left(\ln \frac{t}{v+s}\right) U_1\left(\ln \frac{v+s}{s}\right) \frac{f(s)}{v+s} dv \right] \frac{ds}{s}, \quad (8)$$

и предельная функция  $x_0(t)$  является ограниченным при  $t \rightarrow +0$  решением уравнения (2).

При доказательстве предельного перехода (7) приходится оценивать величину

$$\|g_\varepsilon(s, t) - g_0(s, t)\|, \quad (9)$$

где  $g_\varepsilon(s, t)$ ,  $g_0(s, t)$  – подынтегральные функции соответственно в (6) и (8). Для получения оценки величины (9) достаточно представить разность  $g_\varepsilon(s, t) - g_0(s, t)$  в виде

$$g_\varepsilon(s, t) - g_0(s, t) = \int_0^\varepsilon [h(\kappa, v, s, t)]'_\kappa d\kappa, \quad (10)$$

где

$$h(\kappa, v, s, t) = \frac{1}{s+\kappa} \int_0^{t-s} U_2\left(\ln \frac{t+\kappa}{v+s+\kappa}\right) U_1\left(\ln \frac{v+s+\kappa}{s+\kappa}\right) \frac{f(s)}{v+s+\kappa} dv.$$

Тогда в силу известной оценки

$$\left\| \int_a^b h(s) ds \right\| \leq \int_a^b \|h(s)\| ds$$

получаем

$$\|g_\varepsilon(s, t) - g_0(s, t)\| \leq \int_0^\varepsilon \left\| [h(\kappa, \nu, s, t)]'_\kappa \right\| d\kappa.$$

Производная  $[h(\kappa, \nu, s, t)]'_\kappa$  представима в виде суммы трех слагаемых и для получения оценки для  $\left\| [h(\kappa, \nu, s, t)]'_\kappa \right\|$  можно применить неравенство треугольника.

Таким образом, для получения оценки вида (1) достаточно иметь интегральное представление разности  $u(t) - v(t)$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин, В.И. О представлении решения векторного уравнения Эйлера второго порядка в терминах полугрупп / В.И. Фомин // Материалы Воронеж. весенней математической школы «Понтрягинские чтения – XXI». – Воронеж, 2010. – С. 236 – 238.

*Кафедра «Прикладная математика и механика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 517.925**

*М.А. Кириченко, Н.А. Рубанов*

### **О ПОСТРОЕНИИ РЕШЕНИЙ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ С ПОЛИЛИНЕЙНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ**

**1. Введение.** Рассмотрим автономную нормальную систему обыкновенных дифференциальных уравнений, векторная запись которой имеет следующий вид:

$$\dot{x} = f(x), \tag{1.1}$$

здесь  $x = (x^1, \dots, x^n)$  – векторная функция действительного переменного  $t$ , а  $f = (f^1, \dots, f^n)$  – действительная векторная функция, каждый элемент которой  $f^i$  является полилинейной формой переменных  $x^1, \dots, x^n$ .

Для получения решений системы (1.1) обычно используют стандартные методы численного анализа, не учитывающие конкретный

вид ее правой части. Последнее, очевидно, приводит к тому, что любой из применяемых методов не может считаться оптимальным. Целью настоящей работы является разработка метода построения решений системы (1.1), учитывающего то, что каждый элемент  $f^i$  функции  $f$  является полилинейной формой переменных  $x^1, \dots, x^n$ .

**2. Построение решения системы.** Для построения локального решения  $x(t)$  системы (1.1), удовлетворяющего начальному условию

$$x(0) \equiv x_0, \quad (2.1)$$

прежде всего, заменим (1.1) интегральным уравнением

$$x(t) = x_0 + \int_0^t f(x(\tau)) d\tau. \quad (2.2)$$

Обозначим через  $\alpha$  и  $q$  – некоторые положительные числа, а через  $\Gamma$  – компактную часть  $(n+1)$ -мерного евклидова векторного пространства  $\mathbf{R}^{n+1}$ , задаваемую неравенствами

$$|x - x_0| \leq \alpha, \quad |t| \leq q.$$

Пусть при этом  $r \leq q$  – положительное число, которое будет определено ниже. Наряду с  $\Gamma$  введем в рассмотрение более «узкое» компактное множество  $\Gamma_r \subset \mathbf{R}^{n+1}$ , задаваемое неравенствами

$$|x - x_0| \leq \alpha, \quad |t| \leq r. \quad (2.3)$$

Далее обозначим через  $\Pi_r$  – множество непрерывных функций, графики которых содержатся в  $\Gamma_r$ . Рассмотрим оператор

$$A\varphi_1 = x_0 + \int_0^t f(\varphi(\tau)) d\tau. \quad (2.4)$$

Поскольку множество

$$\Sigma = \{x \in \mathbf{R}^n : |x - x_0| \leq \alpha\} \quad (2.5)$$

компактно, найдется такое положительное число  $M$ , что для всех  $x \in \Sigma$  выполнено неравенство

$$|f(x)| \leq M. \quad (2.6)$$

Тогда из условия

$$r \leq \frac{\alpha}{M} \quad (2.7)$$

будет следовать, что оператор (2.4) является оператором, отображающим множество  $\Pi_r$  в себя. Поэтому предположим, что число  $r$  в (2.3) выбрано так, что выполнено неравенство (2.7). Заметим теперь, что система (1.1) имеет единственное решение  $x(t)$  с начальным условием (2.1), определенное на некотором отрезке  $[-T, T]$ . Поэтому уравнение (2.2) также имеет единственное решение  $x(t)$ , определенное на отрезке  $[-T, T]$ . Для отыскания этого решения будем использовать метод последовательных приближений Пикара и запишем

$$x_{N+1}(t) = x_0 + \int_0^t f(x_N(\tau)) d\tau. \quad (2.8)$$

Действуя как обычно, положим

$$x_1(t) \equiv x_0. \quad (2.9)$$

Тогда несложно заметить, что существует некоторая итерация

$$A_p \varphi = \underbrace{A \dots A}_p \varphi$$

оператора  $A$ , являющаяся сжатием. Следовательно, метод последовательных приближений (2.8), удовлетворяющий условию (2.9), на отрезке  $[-r, r]$  равномерно сходится к решению  $x(t)$ . Остается построить последнее. Чтобы найти  $x(t)$ , прежде всего, заметим, что в силу (2.8) и (2.9) для всех значений  $t \in [-r, r]$  справедливо равенство

$$x_2(t) = x_0 + \int_0^t f(x_0) d\tau = x_0 + f(x_0)t. \quad (2.10)$$

Теперь, подставляя (2.10) в (2.8), при  $N = 2$  и  $t \in [-r, r]$  можем записать

$$x_3(t) = x_0 + \int_0^t f(x_0 + f(x_0)\tau) d\tau = x_0 + \sum_{k=1}^{\theta_2} \xi_{2,k}(x_0) t^k,$$

где  $\theta_2$  – некоторое натуральное число, зависящее от вида формы  $f(x_0)$ , а  $\xi_{2,k}$  – соответствующие действительные векторные функции, определенные и непрерывные в точке  $x_0$ ; при этом, поскольку  $f$  – полилинейная форма

$$\sum_{k=1}^{\theta_2} \xi_{2,k}(x_0) t^k = \int_0^t f(x_0 + f(x_0)\tau) d\tau.$$

Если принять

$$\sum_{k=1}^{\theta_N} \xi_{N,k}(x_0) t^k = \int_0^t f(x_N(\tau)) d\tau, \quad (2.11)$$

то несложно заметить, что в общем случае при  $t \in [-r, r]$  справедливо равенство

$$x_{N+1}(t) = x_0 + \sum_{k=1}^{\theta_N} \xi_{N,k}(x_0) t^k, \quad (2.12)$$

в котором  $\theta_N$  – некоторое натуральное число, как и  $\theta_2$  зависящее лишь от вида формы  $f(x_0)$ , а  $\xi_{N,k}$  – соответствующие действительные векторные функции, определенные и непрерывные в точке  $x_0$ .

Как уже отмечалось, в силу условия (2.7) метод последовательных приближений (2.8) сходится к решению  $x(t)$  уравнения (2.2) равномерно на отрезке  $[-r, r]$ . Поэтому, переходя в равенстве (2.8) к пределу при  $N \rightarrow \infty$ , с учетом (2.12) получим представление

$$x(t) = x_0 + \xi(x_0, t), \quad (2.13)$$

справедливое для всех значений  $t \in [-r, r]$ , где при фиксированном  $x(0)$  функция

$$\xi(x_0, t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^{\theta_N} \xi_{N,k}(x_0) t^k \quad (2.14)$$

определена и непрерывна на отрезке  $[-r, r]$ , причем сходимость в равенстве (2.14) равномерна на  $[-r, r]$ . Но выбор начального условия (2.1) выше по существу не играл никакой роли. Поэтому, как легко видеть, справедлива следующая

**Теорема 1.** Предположим, что число  $\alpha > 0$  задано и для соответствующего ему числа  $M > 0$  на множестве  $\Sigma$  выполнено неравенство (2.6). Тогда для каждой точки  $x_0 \in \Sigma$  существует такое положительное число

$$T = \frac{\alpha}{M}, \quad (2.15)$$

что на каждом из отрезков  $[r_1, r_2] \subset [-T, T]$  решение  $x(t)$  системы (1.1) с начальным условием (2.1) может быть получено равномерно сходящимся методом последовательных приближений (2.8). При этом на отрезке  $[-T, T]$  решение  $x(t)$  удовлетворяет равенству (2.13).

*Кафедра «Прикладная математика и информатика» ГОУ ВПО ТГТУ*

## МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ СУММЫ РЯДА

При решении задач вычислительной математики и реализации вычислительных алгоритмов часто возникает необходимость нахождения суммы числового ряда. В работе предложен метод вычисления суммы ряда, который позволяет повысить производительность вычислительных алгоритмов.

Рассмотрим функции  $f(x)$  и  $S(x)$ , удовлетворяющие условиям:

1) функции непрерывно дифференцируемы на интервале  $(a; +\infty)$ , где  $a \in \mathcal{R}$ ;

2) функции удовлетворяют равенству  $f(x) = S(x) - S(x-1)$  для  $\forall x \in (D(f) \cap D(S))$ .

Для них справедливы равенства [2]:

$$\begin{aligned} S(n) &= \sum_{i=0}^n f(i) \\ S'(n) &= \sum_{i=1}^n f'(i) + S'(0), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $n \in \mathcal{N}$ .

Пусть ряд  $\sum_{i=0}^{\infty} f'(i)$  сходится, тогда из формулы (1) следует, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S'(n) = \text{const}. \text{ Согласно интегральному признаку Коши } \int_0^{\infty} f'(x) dx \text{ и}$$

ряд  $\sum_{i=0}^{\infty} f'(i)$  одновременно сходятся или расходятся. Поэтому из сходимости ряда  $\sum_{i=0}^{\infty} f'(i)$  следует, что  $\lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = \text{const}$ .

Докажем, что  $\lim_{n \rightarrow \infty} S'(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} f(n)$ . По теореме Лагранжа

$$S(n) - S(n-1) = S'(n-1 + \theta),$$

где  $0 \leq \theta \leq 1$ .

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ В.А. Попова.

С учётом условия (2) имеем равенство  $f(n) = S'(n-1+\theta)$ .

Переходя к пределу при  $n \rightarrow \infty$ , получаем

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} S'(n-1+\theta) = \lim_{m \rightarrow \infty} S'(m).$$

Тогда из формулы (1) следует:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = \sum_{i=1}^n f'(i) + S'(0)$$

или

$$\sum_{i=0}^{\infty} f'(i) = \lim_{n \rightarrow \infty} f(n) - S'(0) + f'(0). \quad (2)$$

Если  $F(x)$  – первообразная для  $f(x)$ , то формулу (2) можно записать в виде

$$\sum_{i=0}^{\infty} f(i) = \lim_{n \rightarrow \infty} F(n) - S'(0) + f(0). \quad (3)$$

Получим формулу для нахождения  $S'(0)$  при заданном значении

$n$ , интерполируя функцию  $S(n) = \sum_{i=0}^n F(i)$  в узлах  $\left(i, \sum_{j=0}^i F(j)\right)$ , где  $i = 0, \dots, n$ , многочленом Лагранжа [1]:

$$S(x) = \sum_{i=0}^n \left( \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x-j}{i-j} \sum_{j=0}^i F(j) \right) + R_n(x),$$

где  $R_n = S^{(n+1)}(\xi) \frac{\prod_{i=0}^n (x-i)}{(n+1)!}$ ,  $\xi \in [0; n]$ .

Её производная будет равна

$$S'(x) = \sum_{i=0}^n \left( \sum_{j=0}^i F(j) \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \left( \frac{1}{i-j} \prod_{\substack{k=0 \\ k \neq j \\ k \neq i}}^n \frac{x-k}{i-k} \right) \right) + R'_n(x).$$

При  $x=0$  имеем

$$S'(0) = -F(0) \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} + \sum_{i=1}^n \left( (-1)^{i-1} \frac{1}{i} \frac{(n-i+1) \cdot \dots \cdot n}{1 \cdot \dots \cdot i} \sum_{j=0}^i F(j) \right) + R'_n(0). \quad (4)$$



Подставляя (4) в (3), окончательно получаем

$$\sum_{i=0}^{\infty} f(i) = \lim_{n \rightarrow \infty} F(n) + F(0) \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} +$$

$$+ \sum_{i=1}^n \left( (-1)^i \frac{1}{i} \cdot \frac{(n-i+1) \cdot \dots \cdot n}{1 \cdot \dots \cdot i} \sum_{j=0}^i F(j) \right) + f(0) - R'_n(0),$$

где  $R'_n(0) = \frac{(-1)^n S^{(n+1)}(\xi)}{n+1}$ .

Предложенный метод нахождения суммы ряда для определённого класса функций, их порождающих, позволяет повысить производительность вычислительных алгоритмов суммирования рядов за счёт снижения количества итераций. Исследования проводились на рядах с известными суммами. Например, в табл. 1 указано число итераций для предложенного метода и метода простого суммирования при вычислении

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(1+i)^2} = \frac{\pi^2}{6}.$$

Таблица 1

Число итераций		Абсолютная погрешность
Предложенный метод	Метод простого суммирования	
5	67	0,1
10	235	0,01
25	1200	0,001

Полученные результаты показывают, что количество итераций в предложенном методе значительно меньше, чем в методе простого суммирования, а, следовательно, его использование повышает скорость работы вычислительных алгоритмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, И.Б. Лекции по вычислительной математике : учебное пособие / И.Б. Петров, А.И. Лобанов. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий ; БИНОМ ; Лаборатория знаний, 2006. – 523 с.
2. Яковлев, В.А. Метод суммирования конечных сумм / В.А. Яковлев // Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого

развития : сборник научных статей молодых учёных и студентов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – Вып. 1. – С. 25 – 29.

*Кафедра «Высшая математика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 660:51:001:57**

***Б.Б. Поляков, Д.С. Хабарова\****

## **ДВУХЭТАПНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТРУБЧАТОГО РЕАКТОРА ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

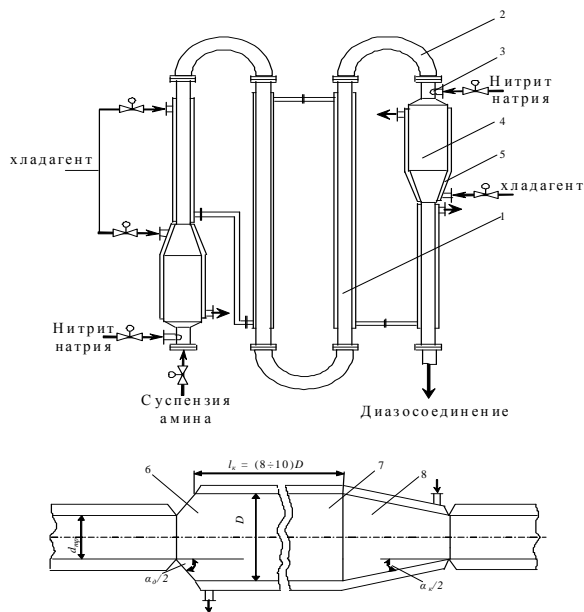
Имитационная модель  $y = \Psi(d, z, \xi)$  статики нелинейного процесса тонкого органического синтеза – диазотирования ароматических аминов, осуществляемого в турбулентном трубчатом реакторе диазотирования, позволяет рассчитывать выходные переменные  $y$  реактора диазотирования: производительность  $Q$ , концентрации  $c^{(\text{ВЫХ})} = (c_D, c_{AK}, c_\chi, c_\sigma)$  диазосоединения, азотистой кислоты, диазосмол и нитрозных газов, расходы  $G^{(\text{ВЫХ})} = (G_l^{(\text{ВЫХ})}, G_s^{(\text{ВЫХ})})$  жидкой и твердой фазы суспензии диазораствора, количества твердой фазы амина  $\Pi_\eta$ , диазосмол  $\Pi_\chi$  и нитрозных газов  $\Pi_\sigma$  в диазорастворе на выходе из реактора диазотирования [1], где  $d, z, \xi$  – векторы конструктивных, режимных (управляющих) переменных и неопределенных параметров реактора диазотирования, соответственно.

Сформулируем техническое задание на проектирование турбулентного трубчатого реактора диазотирования ароматических аминов с диффузор-конфузорными устройствами турбулизации потока (рис. 1): для заданной производительности реактора  $Q = 1000$  т/год (по диазосоединению) требуется обеспечить значения «проскока» ароматического амина  $\Pi_\eta = G_s^{(\text{ВЫХ})} / G_s^{(0)} \times 100\%$ , содержания диазосмол  $\Pi_\chi = c_\chi^{(\text{ВЫХ})} G_l^{(\text{ВЫХ})} / \left( [c_A^{(0)}]_s G_l^{(\text{ВЫХ})} \right) \times 100\%$  и нитрозных газов  $\Pi_\sigma = c_{AK}^{(\text{ВЫХ})} G_l^{(\text{ВЫХ})} / (c_N^{(0)} G_N^{(0)}) \times 100\%$ ,  $\Pi_\sigma \leq \hat{\Pi}_\sigma$ , где  $[c_A^{(0)}]_s, c_\chi^{(\text{ВЫХ})}$  – концентрации ароматического амина в твердой фазе на входе в реак-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Д.С. Дворецкого.

тор и не превышающие предельно допустимые значения  $\hat{\Pi}_\eta = 0,25\%$ ,  $\hat{\Pi}_\chi = 0,9\%$ ,  $\Pi_\sigma = 0,5\%$ , т.е.  $\eta \leq \hat{\eta}$ ,  $\Pi_\chi \leq \hat{\Pi}_\chi$  и концентрация диазосмол на выходе из реактора;  $c_N^{(0)}$ ,  $G_N^{(0)}$  – концентрация нитрита натрия и расход нитрита натрия на входе в реактор. Выполнение этих требований необходимо обеспечить в условиях интервальной неопределенности некоторых технологических параметров и коэффициентов математической модели процесса диазотирования, а именно – концентрации твердой фазы амина  $[C_a^{(0)}]_s = 370,0(\pm 4\%)$  моль/м<sup>3</sup> на входе в реактор, кинетического коэффициента в уравнении растворения твердой фазы ароматического амина  $A = 5,4 \cdot 10^5(\pm 5\%)$ , кинетических коэффициентов (энергий активации  $E_{04} = 87150(\pm 0,2\%)$  Дж/моль,  $E_{05} = 63690(\pm 0,2\%)$  Дж/моль) реакции разложения диазосоединения.



**Рис. 1. Малогабаритный турбулентный трубчатый реактор с камерами смешения диффузор-конфузорного типа (комбинированный реактор):**

1 – трубчатый модуль; 2 – колено; 3 – форсунки для распыления нитрита натрия; 4 – диффузор-конфузорное устройство; 5 – теплообменная рубашка; 6 – диффузор; 7 – прямой участок; 8 – конфузор;  $d_{тр}$  – диаметр трубчатой части реактора;  $D$  – диаметр камеры смешения;  $l_k$  – длина камеры смешения;  $\alpha_d$  – угол расширения диффузора;  $\alpha_c$  – угол сужения конфузора

Задача оптимального проектирования заключается в определении конструктивных параметров  $d$  (диаметра  $D$  и длины трубчатого реактора  $L$ , числа  $m$  и места установки  $l_j, j=1, 2, \dots$  диффузор-конфузорных устройств) и режимных (управляющих) переменных  $z$  (температуры  $T^{(0)}$  суспензии ароматического амина на входе в реактор и распределения подачи нитрита натрия  $G_N^{(1)} = \gamma G_N^{(0)}$ ,  $G_N^{(2)} = (1 - \gamma) \cdot G_N^{(0)}$  по длине реактора), обеспечивающих минимум приведенных затрат ПЗ( $d, z, \theta$ ) на создание реактора и его работоспособность при эксплуатации независимо от случайного изменения вектора неопределенных параметров  $\theta$  в заданной области  $\Xi$ . Ограничения могут задаваться в жесткой и/или мягкой (вероятностной) формах. В жесткие ограничения включают, как правило, требования обеспечения заданного качества производимой продукции, технологического регламента, относящиеся к взрыво-, пожаробезопасности и экологической безопасности производства. Сформулируем двухэтапную задачу оптимального проектирования турбулентного трубчатого реактора диазотирования ароматических аминов со смешанными ограничениями: требуется определить векторы  $d^*$  и  $z^*$ , при которых достигается минимум ПЗ, т.е.

$$\text{ПЗ}^* = \min_{d, u, z(\xi)} u; \quad (1)$$

$$y = \Psi(d, z, \xi); \quad (2)$$

$$\Pr\{g_0(d, z(\xi), \xi) = \text{ПЗ}(d, z(\xi), \xi) \leq u\} \geq \rho_0; \quad (3)$$

$$\Pr\{g_1(d, z(\xi), \xi) = Q_{\text{зад}} - Q(d, z(\xi), \xi) \leq 0\} \geq \rho_1; \quad (4)$$

$$\chi_1(d) = \max_{\xi \in \Xi} \min_z \max_{j \in J_2} g_j(d, z, \xi) \leq 0; \quad (5)$$

$$g_2(d, z(\xi), \xi) = \hat{\Pi}_\eta - \Pi_\eta(d, z(\xi), \xi); \quad g_3(d, z(\xi), \xi) = \hat{\Pi}_\chi - \Pi_\chi(d, z(\xi), \xi);$$

$$g_4(d, z(\xi), \xi) = \hat{\Pi}_\sigma - \Pi_\sigma(d, z(\xi), \xi).$$

В задаче (1) – (5)  $u$  – скалярная переменная (аналог конструктивных переменных);  $\Pr\{\bullet\}$  – вероятность выполнения ограничения  $\{\bullet\}$ ;  $g_0, g_j, y_{j, \text{зад}}$  – функции ограничений и предельно допустимые значения выходных переменных;  $\rho_0, \rho_j$  – заданные значения вероятности выполнения ограничений;  $\chi(d)$  – функция гибкости реактора диазотирования; ограничения с индексами  $j \in J_1 = \{0, 1\}$  являются мягкими, а с индексами  $j \in J_2 = \{2, 3, 4\}$  – жесткими.

Характерной особенностью двухэтапных задач оптимизации технических систем является возможность на этапе их функционирования подстройки режимных (управляющих) переменных  $z$  в зависимости от уточнения вектора неопределенных параметров  $\xi$ , т.е. управляющие переменные  $z$  являются многомерными функциями  $z = z(\xi)$ . Введем обозначения

$$\bar{g}_j(d, u, z, \xi) = \begin{cases} g_j(d, z, \xi) - u, & j = 0; \\ g_j(d, z, \xi), & j \in J_1; \end{cases}$$

и множество  $S^{(k)} = \{\xi^i : i \in I^{(k)}\}$  накопления точек  $\xi$  с индексами  $i \in I^{(k)}$ , в которых нарушаются ограничения (3) – (5), причем во множестве точек  $S_1^{(k)}$  будут накапливаться точки, в которых нарушаются жесткие ограничения, а во множестве  $S_2^{(k)}$  – точки, в которых нарушаются мягкие ограничения. Кроме того, мы будем использовать вспомогательную задачу нелинейного программирования (А):

$$\begin{aligned} F^* &= \min_{d, u, z^i} u; \\ \bar{g}_j(d, u, z^i, \xi^i) &\leq 0, \quad j \in J_1, \quad i \in I^{(k)}; \\ g_j(d, u, z^i, \xi^i) &\leq 0, \quad j \in J_2. \end{aligned} \quad (\text{А})$$

Решение задачи (А) заключается в нахождении минимального значения скалярной переменной  $u$  при условии выполнения всех ограничений задачи в заданном наборе точек  $\xi^i, i \in I^{(k)}$ .

Алгоритм.

Шаг 1. Принять  $k = 1$ . Выбрать начальное множество  $S^{(k-1)}$  из условия наилучшей аппроксимации функций  $z(\xi)$ . Задать начальные приближения  $d^{(k-1)}, u^{(k-1)}, z^{i, (k-1)}$ .

Шаг 2. Решить вспомогательную задачу (А) и пусть  $d^{(k)}, u^{(k)}, z^{i, (k)}$  есть решение этой задачи.

$$\text{Шаг 3. Вычислить } \chi_1(d^{(k)}) = \max_{\xi \in \Xi} \min_z \max_{j \in J_1} g_j(d^{(k)}, z, \xi) \leq 0. \quad (6)$$

Для решения задачи (6) был использован алгоритм внешней аппроксимации [1], и пусть  $\bar{\xi}^{(k)}$  есть решение этой задачи.

$$\text{Проверить выполнение условия } \chi_1(d^{(k)}) \leq 0. \quad (7)$$

Если условие (7) не выполняется, то перейти к шагу 4, в противном случае – к шагу 5.

Шаг 4. Дополнить множество точек  $S_1^{(k)}$ , в которых нарушаются жесткие ограничения, т.е.

$$S_1^{(k)} = S_1^{(k-1)} \cup \bar{\xi}^{(k)} ; I_1^{(k)} = I_1^{(k-1)} \cup (n+1) ; n := n+1 .$$

Шаг 5. Проверить выполнение мягких (вероятностных) ограничений

$$\Pr\{g_j(d^{(k)}, z(\xi), \xi) \leq 0\} \geq \rho_j , \quad j \in J_2 . \quad (8)$$

На данном шаге мы не имеем функций  $z = z(\theta)$ , а известны только значения этих функций в дискретных точках  $\theta^i, i \in I^{(k)}$ . Поэтому эти точки будем использовать для аппроксимации функций  $z = z(\theta)$ . Если мягкие ограничения выполняются, то перейти к шагу 7, в противном случае – к шагу 6.

$$\text{Шаг 6. Вычислить } \chi_2(d^{(k)}) = \max_{\xi \in \Xi} \min_z \max_{j \in J_2} \bar{g}_j(d^{(k)}, u^{(k)}, z, \xi) \leq 0, \quad (9)$$

и пусть  $\bar{\xi}^{(k)}$  есть решение задачи (9). Дополнить множество точек  $S_2^k$ , в которых нарушаются мягкие ограничения, т.е.

$$S_2^{(k)} = S_2^{(k-1)} \cup \bar{\theta}^{(k)} ; I_2^{(k)} = I_1^{(k-1)} \cup (n+1) ; n := n+1 .$$

Шаг 7. Сформировать множества  $S^{(k)} = S_1^{(k)} \cup S_2^{(k)}$ ,  $I^{(k)} = I_1^{(k)} \cup I_2^{(k)}$ , положить  $k := k+1$  и перейти к шагу 2.

Результаты решения двухэтапной задачи оптимального проектирования реактора diaзотирования:

– Конструктивные переменные,  $d : D = 0,04$  м;  $L = 94,4$  м;  $m = 5$  шт.;  $l_1 = 11,8$  м;  $l_2 = 23,6$  м;  $l_3 = 35,4$  м;  $l_4 = 47,2$  м;  $l_5 = 59$  м.

– Режимные (управляющие) переменные,  $z : T^{(0)} = 305,5$  °С;  $G_N^{(1)} = 83,5\%$ ;  $G_N^{(2)} = 11,6\%$ ;  $G_N^{(3)} = 4,9\%$ .

– Приведенные затраты,  $u = 2278,3$  у.е. Функция гибкости,  $\chi = -0,087$ . Значения вероятности выполнения «мягких» ограничений,  $\Pr\{\bullet\} = 97\%$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий, Д.С. Компьютерное моделирование турбулентных реакторных установок тонкого органического синтеза в условиях неопределенности / Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, Е.В. Пешкова // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. –2007. – Т. 50, вып. 8. – С. 70 – 75.

2. Островский, Г.М. Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация : учебное пособие / Г.М. Островский, Ю.М. Волин. –М. : Бином, 2008. – 318 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов» ГОУ ВПО ТГТУ*

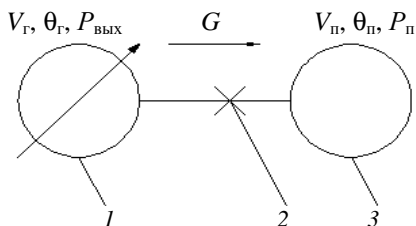
## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ С ПОРИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Теоретическое и экспериментальное исследование взаимодействия газовой фазы с пористой средой является существенным для развития представлений о процессах, сопровождающих применение современных технологий использования пористых материалов, поэтому актуальной задачей является разработка неразрушающих и простых по конструктивной реализации методов и средств измерения пористости различных материалов.

Известны методики измерения пористости, основанные на заполнении порового пространства жидкостями с высокой проникающей способностью. При этом измеряют изменение объема жидкости, в которую погружен пористый материал. Такие методы не лишены ряда недостатков, вызванных необходимостью тщательного подбора иммерсионной жидкости, невысокой разрешающей способностью и сложной аппаратной реализацией.

Указанных недостатков лишены пневмопульсационные методы [1], согласно которым в измерительной емкости формируются импульсные изменения давления и о свойствах сыпучего материала судят по изменению параметров, соответствующих резонансу давлений в образованной измерительной системе.

На рис. 1 представлена физическая модель пневмопульсационной измерительной системы, включающей в себя емкость 1 переменного объема, пневматическое сопротивление 2, представляющее собой аналог сопротивления пор измеряемого вещества, и емкость 3, характеризующую объем открытых пор.



**Рис. 1. Физическая модель пневмопульсационной измерительной системы**

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Д.М. Мордасова.

Состояние газа в емкости  $I$  описывается согласно закону Клапейрона-Менделеева уравнением

$$P_{\text{вых}} V_{\Gamma} = \theta_{\Gamma} RT, \quad (1)$$

где  $V_{\Gamma}$ ,  $\theta_{\Gamma}$ ,  $P_{\text{вых}}$  – объем, масса и давление газа в емкости  $I$ ;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура газа. Объем емкости  $I$  подвергают изменению по закону

$$V_{\Gamma}(t) = V_0 + \Delta V \sin \omega t, \quad (2)$$

где  $V_0$  – начальный объем емкости  $I$ ;  $\Delta V$  – амплитуда изменений объема емкости  $I$ ;  $\omega = 2\pi f$  – угловая частота;  $f$  – частота;  $t$  – время. При изменении объема  $V_{\Gamma}$  начинается процесс заполнения открытых пор измеряемого вещества. Через дроссель  $2$  инициируется расход газа  $G$ , величина которого определяется в виде

$$G = \alpha_{\text{п}} (P_{\text{вых}} - P_{\text{п}}), \quad (3)$$

где  $\alpha_{\text{п}}$  – суммарная проводимость пор вещества;  $P_{\text{п}}$  – давление газа в емкости  $3$ . С другой стороны, расход  $G$  представляет собой скорость изменения масс газа в емкостях  $I$  и  $3$ , т.е.

$$G = \frac{d\theta_{\Gamma}}{dt} = \frac{d\theta_{\text{п}}}{dt}. \quad (4)$$

При заполнении емкости  $3$  состояние газа в ней изменяется по закону Клапейрона-Менделеева

$$P_{\text{п}} V_{\text{п}} = \theta_{\text{п}} RT, \quad (5)$$

где  $V_{\text{п}}$ ,  $\theta_{\text{п}}$  – объем и масса газа в камере  $3$ . Уравнения (1) – (5) образуют систему уравнений математического описания процесса, проходящего в пневмопульсационной измерительной системе. Решением системы относительно  $P_{\text{вых}}(t)$  является дифференциальное уравнение [2], описывающее динамику изменения давления в емкости  $I$  при изменении ее объема в виде

$$\frac{d^2 P_{\text{вых}}(t)}{dt^2} + K_1 \frac{dP_{\text{вых}}(t)}{dt} + K_2 P_{\text{вых}}(t) = 0, \quad (6)$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  – коэффициенты, определяемые параметрами пористой среды и величиной возмущающего воздействия. Решение дифференциального уравнения (6) находим при помощи обратного преобразования Лапласа в виде:



$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{вых}}(t) = \frac{e^{-At}}{\sqrt{A^2 - B}} \operatorname{sh}(\sqrt{A^2 - B} \cdot t); \\ A = \frac{\delta V \cos \omega t (\omega T_{\text{п}} + \operatorname{tg} \omega t) + (1 - \Pi_3)}{2T_{\text{п}}(1 + \delta V \sin \omega t)}; \\ B = \frac{\delta V \cos \omega t}{T_{\text{п}}(1 + \delta V \sin \omega t)}, \end{array} \right.$$

где  $A$  – коэффициент, определяемый эффективной пористостью материала;  $B$  – коэффициент, зависящий от объема емкости  $I$  (рис. 1) и скорости его изменения;  $\delta V = \Delta V / V$  – относительное изменение объема емкости  $I$ ;  $T_{\text{п}} = V_{\text{п}} / \alpha_{\text{п}} RT$  – время дросселирования при заполнении пор;  $\Pi_3 = V_{\text{п}} / V_0$  – эффективная пористость.

Таким образом, полученное математическое описание процесса, протекающего в пневмопульсационной измерительной системе, может быть положено в основу метода измерения пористости материалов путем анализа динамики изменения давления газа в емкости с измеряемым веществом при импульсном воздействии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, Б.К. Измерение количества вещества, уровня, объема, давления, состава : учебное пособие / Б.К. Брюханов, Б.К. Григоровский, В.Н. Ерицев. – Куйбышев : КПТИ, 1986. – 90 с.
2. Деч, Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа / Г. Деч. – М. : Наука, 1965. – 288 с.

*Кафедра «Материалы и технологии» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 620.1.08**

***А.В. Медведева\****

### **АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАЗА С ПОРИСТЫМИ СЫПУЧИМИ МАТЕРИАЛАМИ**

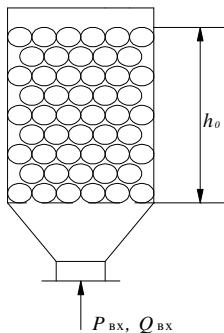
Анализ конструкций измерительных элементов, реализующих методы контроля плотности, основанные на струйном взаимодействии газа с контролируемым веществом, позволил выделить обобщенную

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Д.М. Мордасова.

структуру измерительного элемента в виде проточной пневматической камеры.

Конструктивно такой измерительный элемент представляет собой трубку, заполненную сыпучим материалом, к нижнему срезу которой подводят поток газа, а верхний – остается открытым и соединен с атмосферой (рис. 1).



**Рис. 1. Структура измерительного элемента, применяемого при струйном взаимодействии газа с сыпучим материалом ( $P_{вх}$ ,  $Q_{вх}$  – давление и объемный расход газа на входе)**

Процессы, происходящие в измерительном элементе целесообразно рассматривать с позиций энергетического взаимодействия газовой струи с контролируемым веществом. При этом математическое описание представляет собой совокупность уравнений:

$$\begin{aligned}
 E &= \pi R_{\text{тр}}^2 \rho_{\text{г}} W^2 h_0; \\
 E_{\text{А}} &= (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}) g V_{\text{ТВ}} h_0; \\
 E_{\text{П}} &= \frac{S^2 W h_0}{\alpha_3}; \\
 E &= E_{\text{А}} + E_{\text{П}},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $E$  – энергия струи газа;  $E_{\text{А}}$  – гравитационная энергия;  $E_{\text{П}}$  – поверхностная энергия;  $R_{\text{тр}}$  – радиус газоподводящей трубки (сопла);  $W$  – скорость газа в выходном сечении трубки (сопла);  $\rho_{\text{в}}$  – плотность вещества;  $\rho_{\text{г}}$  – плотность газовой фазы;  $g$  – ускорение свободного падения;  $h_0$  – высота неподвижного слоя сыпучего материала;  $V_{\text{ТВ}}$  – объем твердой фазы в слое сыпучего материала;  $S$  – площадь проходного сечения измерительной емкости с сыпучим материалом;  $\alpha_3$  – эквивалентная проводимость слоя сыпучего материала.

На перемещение сыпучего материала и преодоление гравитационной силы затрачивается энергия  $E_{\text{А}}$ , определяемая вторым уравнением математического описания (1).

Энергия газовой струи затрачивается на фильтрование и определяется третьим уравнением математического описания (1).

До момента псевдооживления перепад давления  $\Delta P_1$  на слое высотой  $h_0$  определяется уравнением

$$\Delta P_1 = \frac{SW}{\alpha_3} = \frac{Q}{\alpha_3}, \quad (2)$$

где  $Q$  – объемный расход газа.

С учетом (2) третье уравнение математического описания (1) примет вид

$$E_{II} = \Delta P_1 S h_0. \quad (3)$$

Газовая фаза между частицами сыпучего материала может быть представлена совокупностью условных газовых каналов, проводимость которых согласно уравнению Пуазейля определяется в виде

$$\alpha_i = \frac{\pi d_i^4}{128 \eta l_i},$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость газа;  $d_i$ ,  $l_i$  – диаметр и длина условного газового канала.

С учетом параллельного соединения газовых каналов эквивалентная проводимость слоя сыпучего материала определяется уравнением

$$\alpha_3 = \frac{V_r^2 S^2}{8 \pi n \eta h_0 V_0^2} = \frac{S^2}{8 \pi n \eta h_0} \cdot \varepsilon_0^2, \quad (4)$$

где  $n$  – число условных газовых каналов;  $V_r$  – объем газовой фазы в слое сыпучего материала;  $V_0$  – объем, занимаемый сыпучим материалом;  $\varepsilon_0$  – концентрация газовой фазы в слое сыпучего материала (порозность).

После подстановки уравнения (4) в (2) получим выражение для определения концентрации газовой фазы в неподвижном слое сыпучего материала:

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\frac{8 \pi n Q \eta h_0}{S^2 \Delta P_1}}. \quad (5)$$

Совместное решение уравнений (1) с учетом (3) относительно кажущейся плотности частиц сыпучего материала дает выражение

$$\rho_B = \frac{\rho_r W^2 - \Delta P_1}{g h_0 (1 - \varepsilon_0)},$$

откуда с учетом  $\rho_r W^2 - \Delta P_1 = \Delta P_2$  и (5) получим

$$\rho_k = \frac{\Delta P_2}{gh_0 \left( 1 - \sqrt{\frac{8\pi n Q \eta h_0}{S^2 \Delta P_1}} \right)},$$

где  $\Delta P_2$  – перепад давления, соответствующий началу псевдооживления.

Таким образом, полученное математическое описание процесса аэродинамического взаимодействия газа с пористыми сыпучими материалами может быть положено в основу создания принципиально новых методов экспресс-контроля физико-механических свойств сыпучих материалов, не допускающих смачивания, обладающих высокой развитой поверхностью, а также характеризующихся размерами нанометрового диапазона.

*Кафедра «Материалы и технологии» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 544.77.051.1**

***Е.П. Богданова***<sup>\*</sup>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ГЛАУКОНИТОМ ГБРТО КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

Определенный интерес сегодня представляет оценка глубины извлечения ионов железа (II) глауконитом из модельных растворов. Это важно для разработки технологии обезжелезивания сточных и особенно питьевых вод сорбцией глауконитом.

Отметим, что глауконит отличается низкой себестоимостью получения в виде формы, готовой для технологических целей, характеризуется высокой экологической чистотой.

Исследование сорбции глауконитом ионов железа (II) проводилось из механически перемешиваемых водных растворов как функции величины их рН, массы адсорбента, его термической обработки, температуры системы и продолжительности эксперимента.

Исходный адсорбент без разделения на фракции предварительно был подвергнут обработке в течение 20 минут в муфельной печи при температурах 250, 300, 350 и 400 ± 10 °С для удаления органических примесей. Использовали адсорбент массой 0,25 и 0,5 г на 100 мл раствора.

---

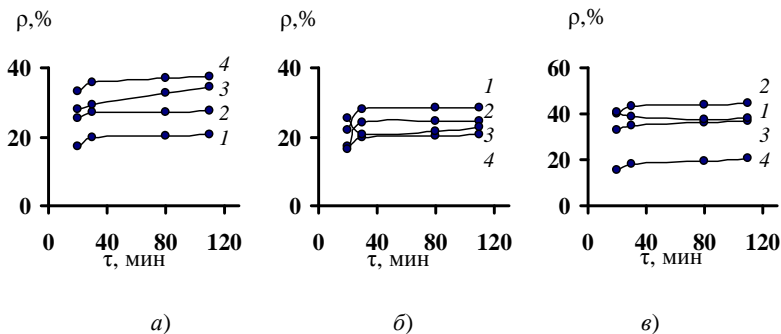
<sup>\*</sup> Работа выполнена под руководством д-ра хим. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Вигдоровича.

Слабокислые растворы с  $\text{pH} = 3$ . Как и следовало ожидать, при постоянной температуре термической обработки ( $250\text{ }^\circ\text{C}$ ) увеличение массы адсорбента с 0,25 до 0,50 г на 100 мл раствора с концентрацией катионов 3,4 ммоль/л повышает коэффициент извлечения на 5...8% (рис. 1, а). Подобный эффект оказывает и переход с 40%-ного на 95%-ный адсорбент (рис. 1, а), при этом выполняется зависимость

$$\rho = km_{\text{адс}}^r,$$

где  $m_{\text{адс}}$  – масса адсорбента, вводимого в раствор с постоянным объемом, из которого адсорбируются катионы железа  $\text{Fe}^{2+}$ . Величина  $r \sim 0,5$ .

В целом, сорбционная способность глауконита железа (II) сравнительно невелика и зависит от удельной массы адсорбента, под которой понимается масса глауконита, отнесенная к массе адсорбата в растворе. При использовании 40%-ного продукта адсорбционная емкость с точностью до 2% составляет 15,6 и 10,4 кг/т при использовании удельной массы адсорбента (УМА) соответственно 13,2 и 23,3 кг глауконита на 1 кг  $\text{Fe}^{2+}$ . Таким образом, рост УМА снижает его адсорбционную емкость, но увеличивает коэффициент извлечения железа  $\rho$ . В случае 95%-ного продукта адсорбционная емкость составляет 26,9 кг и 14,3 кг  $\text{Fe}^{2+}$  на 1 т адсорбента при указанной выше УМА.



**Рис. 1. Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с  $\text{pH} = 3,0$  от продолжительности сорбции:**

*а* –  $m_{\text{адс}}$ , г: 1 и 3 – 0,25; 2 и 4 – 0,50. Адсорбент прокален при  $250\text{ }^\circ\text{C}$ .

Массовая доля глауконита в адсорбенте, %: 1 и 2 – 40; 3 и 4 – 95;

*б* –  $m_{\text{адс}} = 0,25$  г; температура прокаливанию адсорбента с массовой долей глауконита 40%,  $^\circ\text{C}$ :

1 – 250, 2 – 300, 3 – 350, 4 – 400;

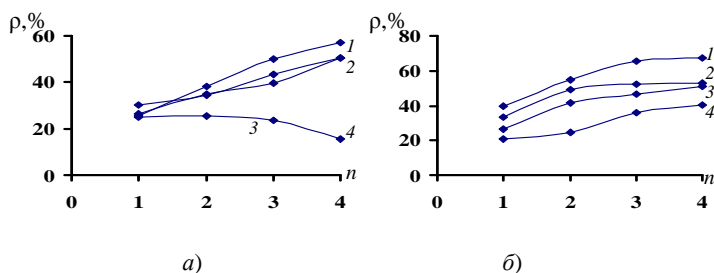
*в* –  $m_{\text{адс}} = 0,5$  г; температура прокаливанию адсорбента с массовой долей глауконита 95%,  $^\circ\text{C}$ :

1 – 250, 2 – 300, 3 – 350, 4 – 400. Во всех случаях приведена масса адсорбента  $m_{\text{адс}}$  на 100 мл раствора

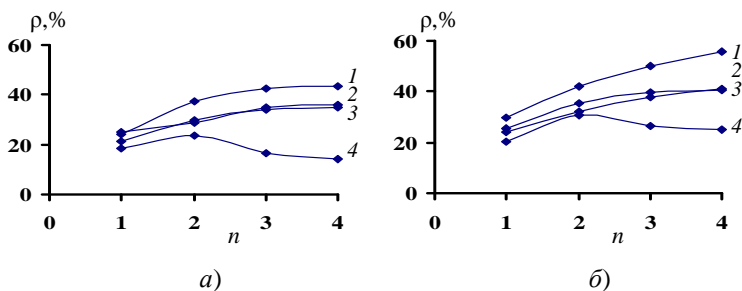
Влияние температуры обработки сорбента на величину  $\rho$  носит более сложный характер и существенно зависит от массовой доли глауконита в адсорбенте. В случае 40%-ного продукта функция  $\rho = f(t)$  проходит через максимум (рис. 1, а) с  $t_{\max}$ , равной 350 °С, а величина  $\rho$  за 110 минут сорбции достигает ~35%. Рост содержания глауконита в адсорбенте в 2,375 раза (95%) обуславливает снижение  $t_{\max}$  до 300 °С. Причем повышение температуры обработки глауконита до 400 °С уменьшает  $\rho$  в 2 и более раз (рис. 1, в).

Для поиска условий повышения величины  $\rho$  проводили каскадную очистку раствора. В этом случае вновь эффективность очистки зависит от температуры обработки адсорбента (рис. 2, а). Наилучшие результаты наблюдаются при 200 °С. Рост температуры прокаливания заметно снижает коэффициент извлечения. Качественно картина остается той же для сорбента с 95%-ным содержанием глауконита на 100 мл раствора  $\text{Fe}^{2+}$  (3,4 ммоль/л).

*Растворы с pH = 6,5.* Рост величины pH существенно снижает сорбционную эффективность продукта, содержащего 95% глауконита. Это следует из сопоставления рис. 2, б и 3, а и рис. 2, б и 3, б. Так, если при pH = 3 максимальная величина  $\rho$  составляет 67% (рис. 3б), то со снижением кислотности до pH = 6,5  $\rho_{\max}$  уменьшается до 56%. Таким образом, изменение  $\rho$  не связано с массой вводимого адсорбента или, точнее, не только с ней. Более того, снижение  $\rho$  (при постоянной температуре термической обработки адсорбента) наблюдается при всех режимах прокаливания глауконита. Следует отметить и общую особенность влияния циклирования на коэффициент извлечения железа глауконитом. Если прокалывать глауконит при 400 °С, то, начиная с



**Рис. 2. Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с pH = 3 от числа циклов сорбции при массе адсорбента 0,5 г для 40 (а) и 95%-ного глауконита (б) и температуре его прокаливания, °С:**  
 1 – 250; 2 – 300; 3 – 350 и 4 – 400 (n – номер цикла адсорбции)



**Рис. 3.** Зависимость коэффициента извлечения железа из 3,4 мМ раствора его соли с  $\text{pH} = 6,5$  от числа циклов сорбции при массе адсорбента 0,5 г для 40 (а) и 95%-ного глауконита (б) и температуре его прокаливания, °С: 1 – 250; 2 – 300; 3 – 350 и 4 – 400 ( $n$  – номер цикла адсорбции)

3-го цикла сорбции, введение 0,5 г 40%-ного сорбента на 100 мл раствора соли железа (II) ведет к «отрицательной адсорбции» катионов  $\text{Fe}^{2+}$  при обеих изученных величинах водородного показателя (рис. 2, а и 3, а). Однако при переходе с 40 на 95%-ный глауконит при  $\text{pH} = 3$  этот эффект исчезает (рис. 2, а и 2, б). Но при  $\text{pH} = 6,5$  снижение  $\rho$  с ростом номера цикла наблюдается по-прежнему (рис. 3, б).

Подробные данные, характеризующие влияние продолжительности эксперимента на величину  $\rho$ , полученные при  $\text{pH} = 6,5$ , в статье не сообщаются в силу того, что при прочих постоянных условиях, во всех изученных случаях снижение кислотности среды приводит к зависимости  $\rho_{3,0} > \rho_{6,5}$ , а разность  $\rho_{3,0} - \rho_{6,5}$  колеблется в интервале от 5 до 20% (индекс в знаменателе соответствует величине  $\text{pH}$  раствора). Другой дополнительной информации эти результаты не несут.

По результатам экспериментов можно сделать выводы о том, что использование адсорбента, содержащего 95% глауконита, позволяет извлекать из перемешиваемого раствора в условиях каскадной очистки до 67% катионов железа  $\text{Fe}^{2+}$ . Повышение  $\text{pH}$  исходного раствора с 3,0 до 6,5 и увеличение термической обработки глауконита до 350...400 °С существенно снижают его сорбционную способность по отношению к катионам  $\text{Fe}^{2+}$ , а оптимальная продолжительность сорбции ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в зависимости от условий ее проведения составляет 1...2 ч.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адсорбционная способность глауконита Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов, Ф.А. Румянцев // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 1. – С. 126 – 132.

2. Извлечение фенола из водных растворов глауконитом / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 4. – С. 505 – 511.

3. Извлечение ионов меди (II) и фенола в проточном растворе глауконитом Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 6. – С. 926 – 933.

4. Вигдорович, В.И. Влияние pH на извлечение фенола в проточном растворе глауконитом ГБРТО и его фракциями / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2011. – Т. 11, № 2. – С. 256 – 263.

5. Батехтин, А.Г. Курс минералогии / А.Г. Батехтин. – М. : Недра, 1956. – 558 с.

6. Николаева, И.В. Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава / И.В. Николаева // Проблемы общей и региональной экологии. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1971. – С. 320 – 336.

*Секция «Химия наноматериалов» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 620.193**

*К.О. Стрельникова\**

### **ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРОВ В УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ НА ПРИМЕРЕ ПРОДУКТА АМДОР-ИК-10**

В сероводородных средах независимо от уровня минерализации образуется поверхностная полисульфидная пленка, оказывающая существенное защитное действие. Одновременно скорость коррозии металла значительно снижается во времени в период ее формирования. Вместе с тем, в подобных процессах защитную эффективность  $Z$  индивидуальных веществ или ингибирующих композиций обычно связывают исключительно с действием собственно ингибитора, что не совсем верно.

Необходимо рассматривать торможение коррозионных процессов бинарной системой «поверхностная пленка–ингибитор». Способность такой системы, которую следует рассматривать как интегральную ( $Z_{\Sigma}$ ), может определяться аддитивными вкладами составляющих: пленки  $Z_{пл}$  и ингибитора  $Z_{инг}$ . Но, несомненно, возможны случаи и их антагонистического (понижение  $Z_i$  одного или обоих компонентов) и синергетиче-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра хим. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Вигдоровича.



ского действия ( $Z_i$  составляющих повышается). Таким образом, в присутствии ингибиторов возникает достаточно сложная, динамичная, многовариантная система.

Однако, независимо от характера влияния ингибитора на природу образующейся защитной поверхностной системы, вклады ее составляющих можно надежно разделить, имея соответствующие экспериментальные данные по скорости коррозии защищаемого металла в отсутствии и присутствии ингибитора в коррозионной среде.

Целью настоящего исследования явилось изложение результатов изучения защитного действия системы «полисульфидная пленка–ингибитор АМДОР-ИК-10» в условиях ее формирования во времени. Это дает возможность оценить вклады составляющих системы в нестационарных и стационарных условиях в суммарную защитную эффективность системы в динамике от начала ее зарождения до достижения стационарного состояния.

Исследование проведено методом поляризационного сопротивления с заданной частотой экспериментальных оценок мгновенной скорости углеродистой стали Ст3 во времени и посредством спектроскопии электрохимического импеданса. Электрохимический импеданс стальных электродов изучали в диапазоне частот ( $\omega/2\pi$ ) от 10 кГц до 10 МГц с амплитудой переменного напряжения 10 мВ.

Использовали импедансметр английской фирмы «SI Solartron 1287» в трехэлектродной электрохимической ячейке. Оценку результатов эксперимента проводили посредством пакета программного обеспечения Zplan и Zview, поставляемого фирмой совместно с импедансметром.

Экспериментальные данные посредством метода поляризационного сопротивления получены посредством коррозиметра «КАРТЕК 00025» с трехэлектродной системой.

Исследования проведены на образцах стали Ст3 состава, % (здесь и далее процент по массе): Fe – 98,36; С – 0,2; Mn – 0,5; Si – 0,15; P – 0,04; S – 0,05; Cr – 0,3; Ni – 0,2; Cu – 0,2 в минерализованном хлоридном растворе (50 г/л NaCl) с добавками 50, 100 и 200 мг/л  $H_2S$ , получаемого при взаимодействии  $Na_2S$  с рассчитанным количеством HCl непосредственно в рабочем растворе. Концентрация рабочей формы ингибитора 25...200 мг/л, содержание в нем активного начала – 30%.

При содержании ингибитора 25 мг/л, по данным, полученным методом поляризационного сопротивления в отсутствие сероводорода,  $Z_{инг}$  характеризуется общей тенденцией снижения во времени. Через 24 ч после введения стали в коррозионную среду  $Z_{инг}$  составляет 15%. Изменение  $Z_{пл}$  во времени носит обратный характер и через 24 ч достигает 67...68%. Соответственно  $Z_{\Sigma}$  также возрастает с продолжитель-

ностью коррозионного воздействия, достигая в практически стационарных условиях 81...82%.

В присутствии малой концентрации сероводорода (10 мг/л) АМДОР-ИК-10 оказывает ингибирующий эффект только в первые 5...10 мин после погружения стали в коррозионную среду. Затем он выступает в качестве стимулятора, максимальная интенсивность воздействия которого наблюдается через 0,5...1 ч. При этом  $Z_{пл}$  через 24 ч достигает 89%, а  $Z_{\Sigma} = 86\%$ .

При увеличении содержания сероводорода в 5 раз первые 10 мин скорость коррозии стали во времени возрастает как в присутствии ингибитора, так и без него, затем  $Z_{пл}$  растет, достигая к 24 ч величины 64%. АМДОР-ИК-10 практически весь период эксперимента остается стимулятором коррозии стали.

Последующий рост концентрации сероводорода до 100 и 200 мг/л способствует увеличению  $Z_{пл}$  во времени,  $Z_{инг}$  проходит через максимум при  $\tau = 5$  мин (100 мг/л  $H_2S$ ) или 30 мин (200 мг/л  $H_2S$ ) от начала эксперимента. Величина  $Z_{\Sigma}$  в последнем случае меньше, чем при наличии в среде 100 мг/л  $H_2S$  именно за счет снижения  $Z_{инг}$ .

Увеличение  $C_{инг}$  в 4 раза качественно ничего не меняет при использовании неингибированной солевой среды, не содержащей  $H_2S$ . Величина  $Z_{пл}$  систематически возрастает во времени, количественно достигая к 24 часам той же величины, а  $Z_{инг}$ , напротив, не только не увеличивается, но даже снижается в первые 20 мин от начала коррозии и в период больших времен. Очевидно, компоненты АМДОР-ИК-10 не влияют на кинетику формирования поверхностной оксидной пленки, образующейся в отсутствие сероводорода. Адсорбция ингибитора, вероятно, снижается в силу того, что изотерма  $\Gamma = f(C_{инг}, \tau)$  проходит через максимум, а точка  $C_{инг} = 200$  мг/л находится на ниспадающем участке зависимости.

В присутствии 10 мг/л  $H_2S$  и учетверенной концентрации ингибитора  $Z_{пл}$  существенно возрастает, но максимальная и практически постоянная величина защитного действия как и в отсутствие  $H_2S$  достигается через 2 ч. Причем, величина  $Z_{пл}$  сравнительно слабо зависит от  $C_{инг}$ . Значение  $Z_{\Sigma}$  достигает 90%, а введение ингибитора в такие среды нецелесообразно.

Последующий рост содержания сероводорода до 50 мг/л способствует заметному возрастанию  $Z_{инг}$  по абсолютной величине при тенденции снижения его во времени. Рост  $C_{инг}$  снижает его стимулирующее действие. Изменение величины  $Z_{пл}$  носит обратный характер, но достичь величины  $Z_{\Sigma}$ , наблюдаемой в предыдущем случае, не удастся. В целом, качественно подобная картина сохраняется и в присутствии

100 и 200 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$ . Но  $Z_{\text{пл}}$  и  $Z_{\text{инг}}$  растет с повышением  $C \text{H}_2\text{S}$ , что ведет к повышению  $Z_{\Sigma}$  до 77 (100 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$ ) – 86% (200 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$ ).

Именно в этих средах целесообразно использовать АМДОР-ИК-10, так как он позволяет довести  $Z_{\Sigma}$  системы «пленка–ингибитор» до технологически приемлемого уровня.

Сопоставление данных, полученных методом поляризационного сопротивления, с результатами, наблюдаемыми посредством электрохимического импеданса, дает возможность углубить понимание существа происходящих процессов, изучить влияние наличия и концентрации  $\text{H}_2\text{S}$  и АМДОР-ИК-10 и продолжительности коррозионного воздействия на кинетику электродных реакций.

Согласно данным электрохимического импеданса в отсутствие сероводорода в ингибированной минерализованной среде во времени наблюдается снижение скорости коррозии. При введении 50 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$  как в неингибированную, так и ингибированную среды, картина остается качественно той же. Рост содержания  $\text{H}_2\text{S}$  и АМДОР-ИК-10 до 100 мг/л не оказывает качественного влияния.

В присутствии 10 мг/л  $\text{H}_2\text{S}$  двойнослойная емкость возрастает во времени от 10 мкФ (в момент погружения стали в коррозионную среду) до  $C_{dl} = \text{const}$  порядка  $77 \pm 1$  мкФ. Сопротивление переноса катодной реакции очень мало. Величина  $R_2$ , характеризующая сопротивление переноса ионизации железа, многократно увеличено с выраженной тенденцией снижения во времени до практически постоянной величины ( $300 \pm 5$ ) Ом·см<sup>2</sup>. Наибольшее значение характерно для сопротивления массопереноса  $R_D$  катодных деполяризаторов (растворенный  $\text{O}_2$ , продукты взаимодействия  $\text{H}_2\text{S}$  со средой). Этот процесс и лимитирует коррозию стали, в целом.

Присутствие небольшой концентрации АМДОР-ИК-10 в этой среде (25 мг/л) практически не сказывается на величинах двойнослойной и псевдоемкости. Это подтверждает данные, полученные методом поляризационного сопротивления:  $Z_{\text{инг}}$  в этих средах незначительно и его присутствие метод электрохимического импеданса практически не чувствует. Очевидно, при малых концентрациях сероводорода компоненты активного начала АМДОР-ИК-10 не адсорбируются на стали.

Рост концентрации АМДОР-ИК-10 в 4 раза заметно повышает сопротивление переноса анодной реакции, не изменяя  $R_1$ , и понижает двойнослойную емкость до 20...28 мкФ/см<sup>2</sup>. Сопротивление массопереноса остается прежним при четкой тенденции возрастания во времени. Лимитирующим остается сопротивление массопереноса.

Увеличение концентрации сероводорода в 20 раз при том же содержании ингибитора качественно оставляет ситуацию прежней.

В отсутствии ингибирования сопротивление переносу катодной реакции остается очень малым, практически величина  $R_1$  не изменяется с ростом  $C_{H_2S}$ . Значение  $R_2$  не только не уменьшается, но даже возрастает.

Введение 25 мг/л ингибитора АМДОР-ИК-10 практически не сказывается на величинах  $R_2$  и  $R_D$ , что коррелирует с отсутствием защитного действия ингибитора по данным метода поляризационного сопротивления. Величина  $Z_{пл}$  практически не превышает 10%, а через 24 испытания вообще ничего не меняет.

В целом, оба используемых метода удовлетворительно коррелируют между собой, дополняя друг друга, так как один дает возможность оценить  $Z_i$ , второй – влияние компонентов раствора на кинетику электродных реакций.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита металлов / И.Л. Розенфельд, Т.Б. Богомолов, А.Е. Городецкий и др. – 1982. – Т. 18, № 2. – С. 163 – 168.
2. Розенфельд, И.Л. Коррозия и защита металлов (локальные коррозионные процессы) / И.Л. Розенфельд. – М. : Металлургия, 1969. – 448 с.
3. Вигдорович, В.И. Ингибиторы сероводородной коррозии серии ЭМ. Ч. 2. Защитная эффективность / В.И. Вигдорович, А.И. Федотова, К.О. Стрельникова // Коррозия: материалы, защита. – 2008. – № 7. – С. 43 – 47.
4. Vigdorovich, V.I. Addition of surface polysulfide film to the inhibitor protective action against hydrosulfide corrosion of carbon steel / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova and N.V. Shel // Surf. Interface Anal. – 2010. – V. 42, № 5, 6. – P. 626 – 628.
5. Вигдорович, В.И. Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии металлов / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова. – М. : КАРТЕК. – 2010. – 253 с.

*Секция «Химия наноматериалов» ГОУ ВПО ТГТУ*

УДК 621.396.967

*А.В. Затылкин\**

## АНАЛИЗ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В последние годы все больший интерес представляет разработка автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД). Одной из важных характеристик таких систем является точность определения положения объекта с учетом большого числа современных навигационных приборов [1]. В современных АС УВД обработка информации в РЭСС основана на использовании информации о входных сигналах и помехах. На основе гипотезы изменения фазовых координат с постоянной скоростью для оценивания дальности и скорости используется следующая модель [2]

$$\begin{cases} D(k+1) = D(k) + V(k)\tau + \varepsilon_d(k); \\ V(k+1) = V(k), \end{cases} \quad (1)$$

где  $D(k)$  и  $V(k)$  – дальность до цели и его скорость;  $\tau$  – интервал дискретизации;  $\varepsilon_d(k)$  – шумы возмущения, учитывающие турбулентность атмосферы;  $k$  – время дискретизации. Для получения оптимального коэффициента  $\alpha$ - $\beta$ -фильтра используется следующий алгоритм:

$$P_3(k+1) = \Phi(k+1, k) P_0(k) \Phi^T(k+1, k) + Q_x(k); \quad (2)$$

$$K_\Phi(k+1) = P_3(k+1) H^T(k+1) \{H(k+1) P_3(k+1) H^T(k+1)\}^{-1}; \quad (3)$$

$$P_0(k+1) = P_3(k+1) - K_\Phi(k+1) H(k+1) P_3(k+1), \quad (4)$$

где  $K_\Phi(k+1)$  – матрица оптимальных коэффициентов передачи дискретного фильтра;  $P_3(k+1)$  – апостериорная ковариационная матрица ошибок фильтрации;  $P_0(k+1)$  – априорная ковариационная матрица ошибок фильтрации;  $Q_x(k)$  – матрица дисперсий возмущений.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Ю.Н. Панасюка.

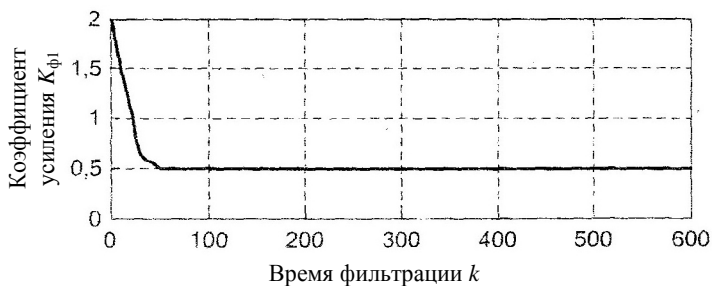
На рис. 1, 2 показаны изменения коэффициентов усиления невязок для оценки дальности и скорости  $K_{\phi 1}$  и  $K_{\phi 2}$  в зависимости от количества отсчетов  $k$  (времени фильтрации).

Коэффициенты  $K_{\phi 1}$  и  $K_{\phi 2}$  определяют оптимальные коэффициенты  $\alpha$ - $\beta$ -фильтра.

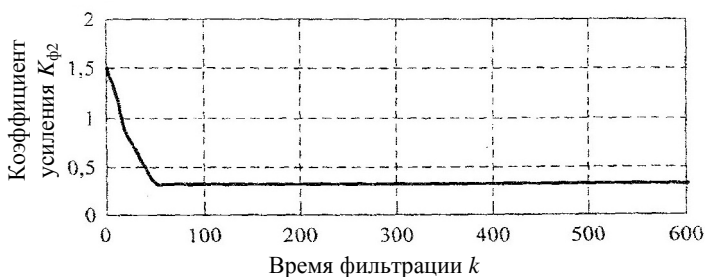
Чем меньше коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , тем лучше сглаживание флуктуационных погрешностей, т.е. уже полоса пропускания фильтра, выше точность.

Однако с уменьшением коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  увеличиваются динамические ошибки, что приводит к снижению устойчивости.

Обычно рассчитывают оптимальные значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ , обеспечивающие минимум суммарной (флуктуационной и динамической) ошибки.



**Рис. 1. Зависимость коэффициента усиления по дальности от времени фильтрации**



**Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления по скорости от времени фильтрации**

С учетом модели (1) получаем:

$$D_3(k+1) = D_0(k) + V_0(k)\epsilon, D(0) = D_0; \quad (5)$$

$$D_0(k+1) = D_3(k+1) + \alpha \Delta D(k+1); \quad (6)$$

$$V_0(k+1) = V_0(k) + \frac{\beta}{\tau} \Delta D(k+1), V(0) = V_0; \quad (7)$$

$$\Delta D(k+1) = D_H(k+1) - D_3(k+1), \quad (8)$$

где  $D_0(k+1)$  и  $V_0(k+1)$  – оценка дальности и скорости;  $D_3(k)$  и  $V_3(k)$  – экстраполированные значения дальности и скорости;  $D_H(k)$  – дальность до ЛА, измеряемая по времени запаздывания отраженного сигнала;  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты усиления фильтра;  $D_3(k+1)$  – обновляющий процесс (невязка). Начальные условия  $D_0$  и  $V_0$  для (5) и (6) определяются в режиме захвата воздушного судна [2]. На основании выражений (5), (6) проводилось имитационное моделирование относительного движения цели, измерителя дальности и алгоритма  $\alpha$ ,  $\beta$  фильтрации на примере сопровождения одной цели типа истребителя при следующих условиях:

В а р и а н т 1: цель не маневрирует (ускорение цели по линии визирования  $a = 0$ ).

В а р и а н т 2: цель движется равноускоренно (ускорение цели по линии визирования  $a = 20 \text{ м/с}^2$ ).

В а р и а н т 3: цель выполняет маневр «вираж».

На рисунках 3, 4 показано изменение – среднеквадратическая ошибка (СКО) оценки дальности  $\sigma_d$  и скорости  $\sigma_v$  от времени для трех вариантов движения цели при следующих начальных условиях:  $D_0(0) = D_{\text{вс}}(0) = 400000 \text{ м}$ ;  $V_0(0) = V_{\text{вс}}(0) = -500 \text{ м/с}$ ; СКО по дальности на входе фильтра  $\sigma_{\text{ди}} = 50 \text{ м}$ ; коэффициенты  $\alpha = 0,5$ ;  $\beta = 0,3$ ; время дискретизации  $\tau = 0,02 \text{ с}$ .

Из графиков (рис. 3, 4) видно, что при одинаковых начальных условиях  $\sigma_d$  и  $\sigma_v$  для трех вариантов различны. Резкое увеличение  $\sigma_d$  и  $\sigma_v$  происходит при маневре «вираж» в моменты времени, когда цель движется с интенсивным изменением ускорения. Это связано с увеличением динамических ошибок, так как процесс, описываемый моделью состояния для существующих дальномеров, сильно отличается от наблюдаемого процесса.

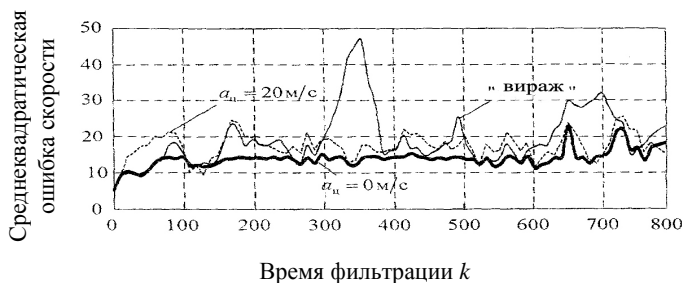


Рис. 3. Зависимость СКО скорости от времени фильтрации

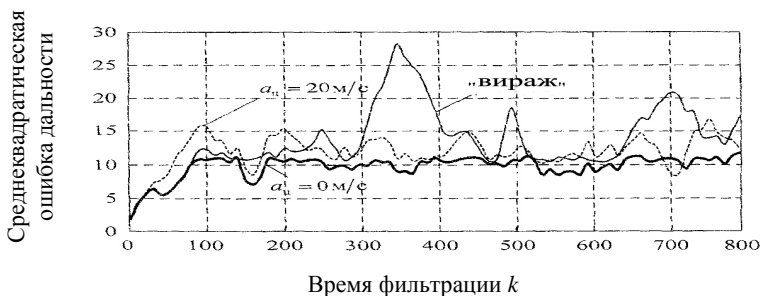


Рис. 4. Зависимость СКО дальности от времени фильтрации

Из графиков на рис. 3, 4 видно, что при одинаковых начальных условиях значения  $\sigma_d$  и  $\sigma_v$  для трех вариантов различны. Резкое их увеличение происходит при маневре «вираж» в моменты времени, когда цель движется с интенсивным изменением ускорения. Это связано с увеличением динамических ошибок, так как процесс, описываемый моделью состояния для существующих дальномеров, сильно отличается от наблюдаемого процесса. Увеличение  $\sigma_d$  и  $\sigma_v$  происходит на 350-м шаге и может привести к увеличению вероятности пересечения траекторий АС УВД.

Для повышения устойчивости РЭСС необходимо создать фильтр на основе модели процесса, более точно отражающей физическую сущность явления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задорожный, А.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением / А.И. Задорожный. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1988. – С. 290.



2. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в автоматизированных системах управления полетами / Ю.В. Лобачев, Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2008. – 152 с.

*Кафедра «Радиотехника» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 614.89**

*А.А. Ишин, Ю.А. Петров\**

### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА «ИСКУССТВЕННЫЕ ЛЕГКИЕ»**

Индивидуальные дыхательные аппараты (ИДА) для защиты органов дыхания изолирующего типа с химически связанным кислородом используются в различных областях в экстремальных ситуациях: на земле и под землей, в космосе и на транспорте, на воде и под водой.

В настоящее время установка «Искусственные легкие» (ИЛ) является основным инструментом для определения характеристик ИДА, что не требует привлечения людей-добровольцев.

Недостатками существующих зарубежных и отечественных установок «Искусственные легкие» являются невозможность изменения формы дыхательной кривой и реализации, математическим и программным обеспечением автоматизированной системы управления установки дыхательного коэффициента меньше 1 (т.е. при снижении производительности регенеративного патрона ИДА).

Испытательный стенд ИЛ состоит из четырех основных блоков: блок подачи диоксида углерода и азота, блок имитации дыхания, блок имитации потребления кислорода (по массе и объему), блок управления [1].

Блок имитации дыхания создает пульсирующий поток газовой дыхательной смеси (ГДС), аналогичный потоку, формируемому легкими человека. Блок работает поочередно в режиме вдоха и выдоха.

Аналогично в двух режимах работает блок имитации потребления кислорода путем сброса части ГДС в атмосферу через соответствующие клапаны. Подача смеси диоксида углерода и азота в имитатор дыхания происходит на стадии вдоха.

Для проведения имитационных исследований функционирования стенда при различных психофизиологических состояниях человека необходимо использовать математическую модель потребления кислорода пользователем ИДА.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ П.М. Оневского и канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.А. Третьякова.

Основными входными параметрами модели являются: легочная вентиляция  $W_d$  (дм<sup>3</sup>/мин), глубина дыхания  $V_d$  (дм<sup>3</sup>); частота дыхания  $n$  (мин<sup>-1</sup>).

Исходный режим для имитационного моделирования:

- глубина дыхания  $V_d = 1,75$  дм<sup>3</sup>;
- частота дыхания  $n = 20$  мин<sup>-1</sup>;
- подача диоксида углерода  $W_{CO_2}(0) = 1,1$  дм<sup>3</sup>/мин;
- коэффициент дыхания  $K_d = 1$ ;
- объем системы ИЛ  $V_{ил} = 10$  дм<sup>3</sup>.

Задачей исследования является обеспечение заданной концентрации диоксида углерода на входе в ИДА и определение кривых дыхания, реализующих данную концентрацию.

Основные соотношения математической модели:

- подача диоксида углерода за такт вдоха/выдоха:

$$V_{CO_2}(0) = W_{CO_2}(0) / n, \text{ дм}^3;$$

- потребление кислорода за такт вдоха/выдоха:

$$V_{O_2}(0) = W_{CO_2}(0) / K_d, \text{ дм}^3.$$

Состав ГДС в испытательном стенде перед первым циклом вдоха/выдоха принимался равным атмосферному:  $C_{CO_2} \text{ ИЛ} = 0,2\%$ ;  $C_{O_2} \text{ ИЛ} = 21\%$ ;  $C_{N_2} \text{ ИЛ} = 100 - C_{CO_2} \text{ ИЛ} - C_{O_2} \text{ ИЛ} = 79,8\%$ .

Объемы газов, поступающих в насос ИЛ для схемы с имитацией потребления кислорода по массе и объему:

$$V_{CO_2} \text{ ИЛ} = C_{CO_2} \text{ атм} \cdot V_d / 100, \text{ дм}^3;$$

$$V_{O_2} \text{ ИЛ} = C_{O_2} \text{ атм} \cdot V_d / 100 - V_{CO_2}, \text{ дм}^3;$$

$$V_{N_2} \text{ ИЛ} = C_{N_2} \text{ атм} \cdot V_d / 100, \text{ дм}^3,$$

где  $C_{CO_2} \text{ атм}$ ,  $C_{O_2} \text{ атм}$ ,  $C_{N_2} \text{ атм}$  – объемные доли газов в атмосферном воздухе, %.

На выдохе соответственно имеем:

$$C_{CO_2}^{\text{выд}} = (V_{CO_2}(0) + C_{CO_2} \text{ ИЛ} \cdot V_{ил} / 100 + V_{CO_2} \text{ ИЛ}) \cdot 100 / (V_{CO_2}(0) + V_{ил} + V_d),$$

$$C_{O_2}^{\text{выд}} = (C_{O_2} \text{ ИЛ} \cdot V_{ил} / 100 + V_{O_2} \text{ ИЛ}) \cdot 100 / (V_{CO_2}(0) + V_{ил} + V_d),$$

$$C_{N_2}^{\text{выд}} = 100 - C_{CO_2}^{\text{выд}} - C_{O_2}^{\text{выд}},$$

где  $C_{CO_2}^{\text{выд}}$ ,  $C_{O_2}^{\text{выд}}$ ,  $C_{N_2}^{\text{выд}}$  – объемные доли газов на выдохе, %.

Далее полученные значения  $C_{CO_2}^{\text{выд}}$ ,  $C_{O_2}^{\text{выд}}$ ,  $C_{N_2}^{\text{выд}}$  подставляются вместо  $C_{CO_2} \text{ ИЛ}$ ,  $C_{O_2} \text{ ИЛ}$ ,  $C_{N_2} \text{ ИЛ}$  и так далее для других циклов.

На рисунке 1 представлена модель стенда ИЛ, реализованная с помощью пакета моделирования динамических систем Simulink, входящего в состав пакета прикладных программ Matlab.

На рисунках 2 – 4 представлены результаты имитационных исследований. Они характеризуют переходные режимы работы стенда ИЛ для различных заданных концентраций диоксида углерода на входе в ИДА.

На рисунках 3, 4 показаны кривые дыхания, реализующие заданные концентрации диоксида углерода.

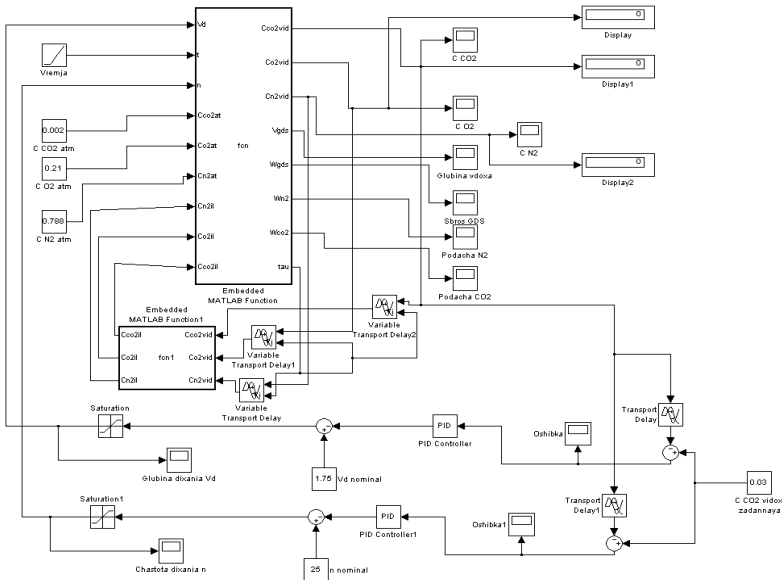


Рис. 1. Simulink-модель стенда ИЛ

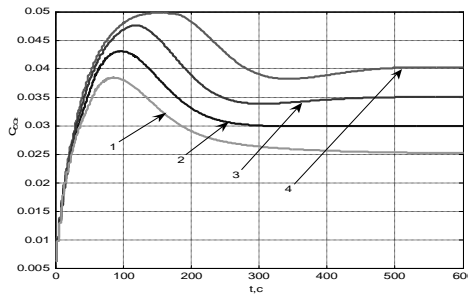
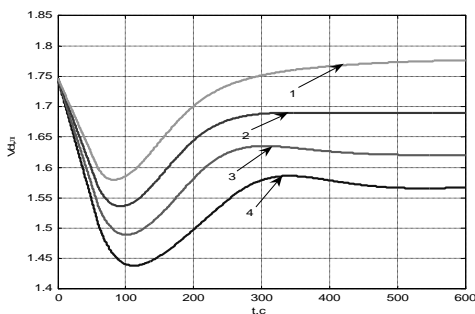


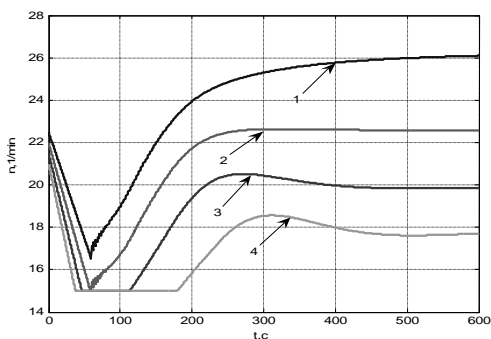
Рис. 2. Концентрация  $\text{CO}_2$  в искусственных легких:

1 –  $C_{\text{CO}_2}^{\text{зад}} = 0,025$ ; 2 –  $C_{\text{CO}_2}^{\text{зад}} = 0,03$ ; 3 –  $C_{\text{CO}_2}^{\text{зад}} = 0,035$ ; 4 –  $C_{\text{CO}_2}^{\text{зад}} = 0,04$



**Рис. 3. Глубина дыхания  $V_d$ , л:**

1 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,025$ ; 2 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,03$ ; 3 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,035$ ; 4 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,04$



**Рис. 4. Частота дыхания  $n$ , 1/min:**

1 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,025$ ; 2 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,03$ ; 3 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,035$ ; 4 –  $C_{CO_2}^{зад} = 0,04$

Полученные результаты могут быть использованы при принятии оптимальных проектных решений на всех этапах разработки и сопровождения ИДА.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков, С.В. Совершенствование методики испытания изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом / С.В. Гудков, Д.С. Дворецкий, А.Ю. Хромов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 589 – 597.

2. Гераськина, Ю.Г. Модель процесса дыхания живых организмов / Ю.Г. Гераськина // Интеллектуальные системы. – 2004. – Т. 8, вып. 1 – 4. – С. 429 – 456.

*Кафедра «Информационные процессы и управление» ГОУ ВПО ТГТУ*

*В.А. Яковлев*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИММЕТРИЧНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ АЛГОРИТМОВ

В работах [1 – 3] была показана возможность определения движения объектов на основе анализа фазоэнергетического и энергетического спектров изображений с обнуленными пикселями с левого или правого края строки. Была исследована зависимость эффективности работы предложенных алгоритмов от местоположения и скорости перемещения объектов. При этом обнуление пикселей производилось с одного края строки изображения, ближайшего к объекту или удаленного от него.

Поскольку системы технического зрения не располагают априорной информацией о местоположении объекта, который может появиться в произвольный момент времени в любой части изображения, то необходимо произвести сравнительный анализ работы алгоритмов обнаружения движения при левостороннем, правостороннем обнулении пикселей, а также оценить эффективность работы алгоритма при симметричном обнулении пикселей (с двух краев изображения).

В качестве тестовых изображений были взяты две строки длиной  $N = 43$  пикселя, содержащие объект яркостью 192 на однородном фоне яркостью 120 (диапазон яркости видеосигнала изменяется от 0 до 255). На первом изображении объект находится в начале строки, на втором – в середине строки. На исходные изображения накладывался аддитивный гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, изменяющейся от 25 до 625. При каждом значении дисперсии автоматически анализировалось по 50 реализаций межкадровых разностей, а также двойных разностей фазоэнергетических и энергетических спектров при левостороннем, правостороннем и симметричном обнулении пикселей [2, 3].

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости вероятности обнаружения движущегося объекта от среднеквадратического отклонения шума при расположении объекта в начале и середине строки, соответственно. Сплошная линия на графиках соответствует фазоэнергетическому спектру, штрихпунктирная – энергетическому спектру, а пунктирная – межкадровой разности. Линии, соответствующие фазоэнергетическому и энергетическому спектрам при левостороннем, правостороннем и симметричном обнулении пикселей изображения, отмечены треугольными, квадратными и круглыми маркерами, соответственно.

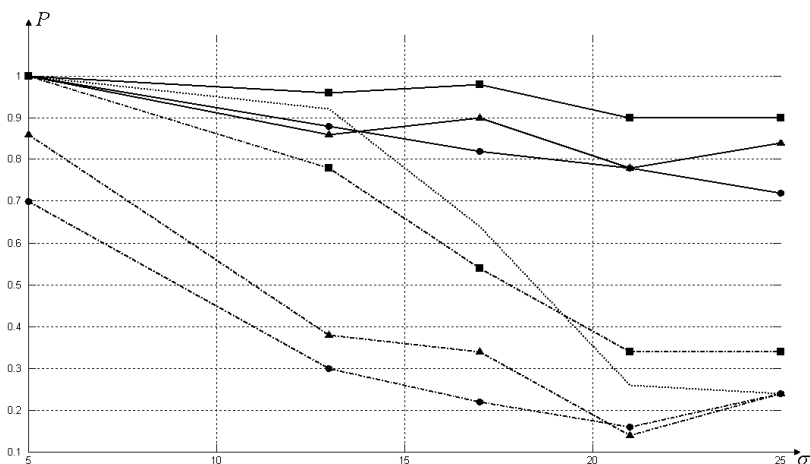


Рис. 1

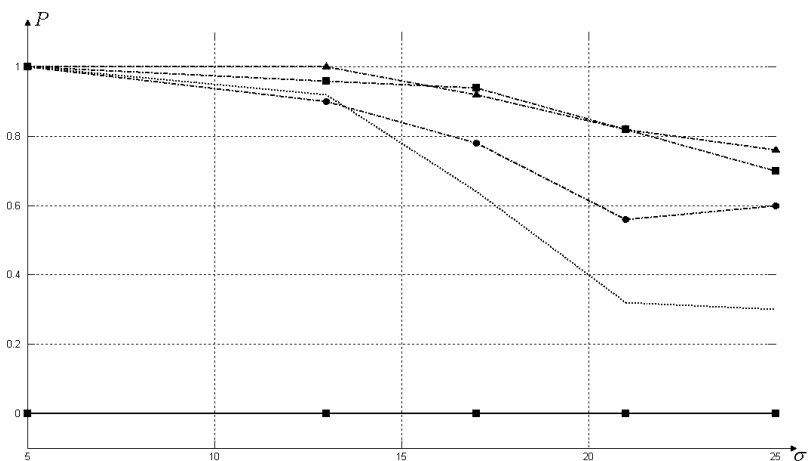


Рис. 2

Из анализа рисунков видно, что вероятность обнаружения объекта предложенными алгоритмами при одностороннем обнулении пикселей выше вероятности обнаружения объекта аналогичным алгоритмом при симметричном обнулении пикселей. При этом работа фазоэнергетических и энергетических спектров оказывается эффективнее при правостороннем обнулении пикселей, когда объект располагается в начале строки. Когда объект располагается в середине строки, односторонние алгоритмы работают почти одинаково, но с более высокой вероятностью, чем симметричный алгоритм.

Таким образом, на основе анализа работы предложенных алгоритмов при различных способах обнуления пикселей тестируемых изображений было выявлено, что наиболее эффективной является работа алгоритмов при одностороннем обнулении пикселей, а использование симметричного алгоритма приводит к значительному снижению эффективности обнаружения объектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов, О.Е. Обнаружение движущихся объектов на изображении путем использования удаленного прореживания / О.Е. Копылов // Настоящий сборник.

2. Определение параметров движения объекта по изображению на основе межкадровых разностей частотных характеристик / А.В. Богословский, И.В. Жигулина, О.Е. Копылов, В.А. Яковлев // Радиотехника. – 2010. – № 5. – С. 55 – 59.

3. Идентификация движущихся объектов по межкадровым разностям частотных характеристик / А.В. Богословский, А.В. Богословский, И.В. Жигулина, О.Е. Копылов, В.А. Яковлев // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 60 – 65.

*Кафедра «Высшая математика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 621.391:621.397:004.932.051**

***О.Е. Копылов***

### **ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДАЛЕННОГО ПРОРЕЖИВАНИЯ**

Задачи обработки визуальной информации, как правило, избытуют дополнительными степенями свободы, когда интересующий объект может иметь не только произвольное положение, угловую ориентацию и масштаб, но и подвергаться различным преобразованиям. Признак движения объекта является очень информативным параметром [1]. В различных системах технического зрения, таких как охранное зрение, системы контроля производства, роботоподобные системы, важно определять движение объектов и оценивать их скорость пере-

мещения [2]. Кроме того, алгоритмы обнаружения объектов должны обладать точной локализацией [3].

Достаточно простым и эффективным способом обнаружения движения объектов является использование межкадровой разности видеосигналов изображений. К сожалению, во многих случаях использование межкадровой разности приводит к существенным ошибкам локализации (например, при низком уровне освещенности, неоднородности освещенности и т.д.).

В работах [4, 5] рассмотрены новые подходы к обнаружению движущихся объектов на основе биологически подобных алгоритмов. В связи с этим представляет интерес исследование зависимости вероятности обнаружения от скорости движения объектов.

*Целью* данной работы является оценка влияния скорости движения на вероятность обнаружения объекта.

В качестве тестового изображения была выбрана строка длиной 107 пикселей. На незашумленных кадрах объект имел яркость 192 на однородном фоне яркостью 120 (яркость измеряется в диапазоне от 0 до 255). На исходное изображение накладывался аддитивный гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, изменяющейся от 25 до 625. При каждом значении дисперсии автоматически анализировалось по 50 реализаций межкадровых разностей, а также двойных разностей фазоэнергетических и энергетических спектров [4, 5].

На рисунке 1 показаны зависимости вероятности обнаружения движущегося объекта от среднеквадратического отклонения шума. Рассмотрен случай, когда объект смещался вправо на 1 пиксель. Сплошная линия на нем и на последующих рисунках соответствует фазоэнергетическому спектру, штрихпунктирная – энергетическому спектру, а пунктирная – межкадровой разности.

Из рисунка 1 видно, что при малом смещении объекта во всех случаях энергетический спектр дает лучшее обнаружение объекта.

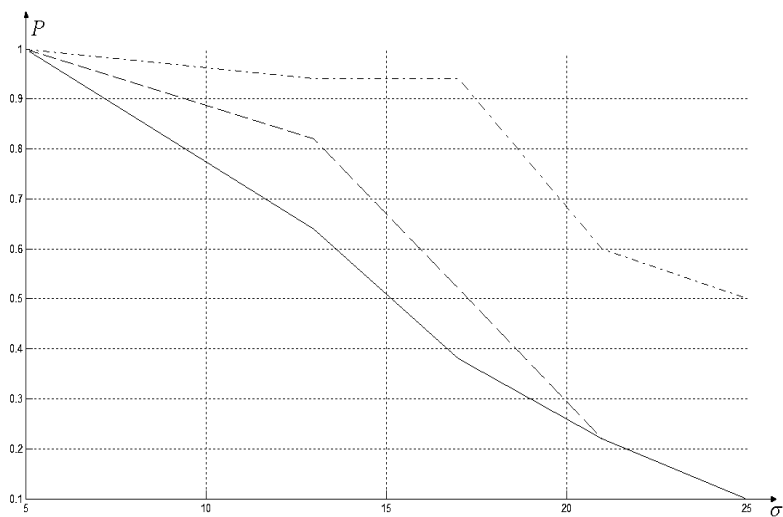
На рисунке 2 рассмотрен случай, когда объект сместился на 3 пикселя вправо.

Анализ рисунка 2 показывает, что при небольших дисперсиях (например, для рассматриваемых случаев  $\sigma^2 = 25, 169, 289$ ) все алгоритмы работают одинаково эффективно.

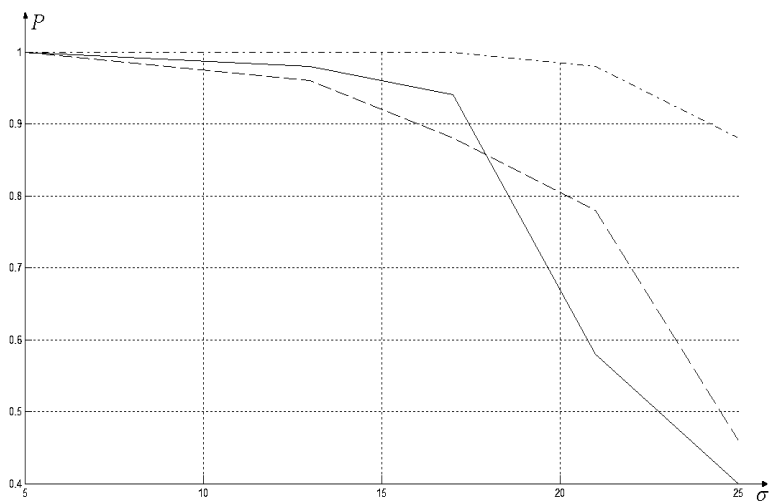
На рисунке 3 показаны графики зависимостей вероятности обнаружения объекта от уровня шума, когда интересующий нас объект сместился на 5 пикселей вправо.

Следует отметить, что при наличии шума с большой дисперсией (например,  $\sigma^2 = 441,625$ , см. рис. 3) фазоэнергетическая характеристика дает большую вероятность обнаружения, нежели межкадровая разность.





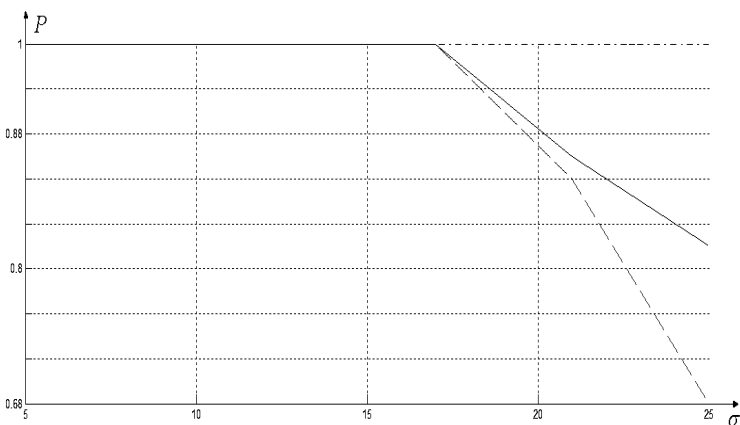
**Рис. 1**



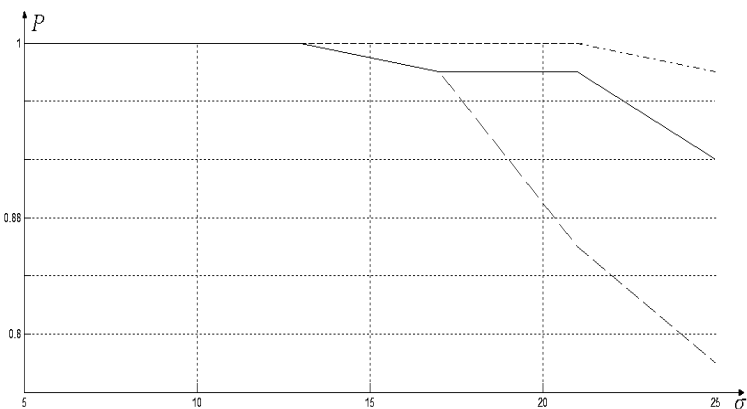
**Рис. 2**

На рисунке 4 изображены те же зависимости для случая, когда объект сместился на 7 пикселей вправо (т.е. на собственную длину).

Как видно из рис. 4, при больших уровнях шума использование фазоэнергетического спектра приводит к лучшим результатам, чем межкадровая разность.



**Рис. 3**



**Рис. 4**

Выводы, которые можно сделать, заключаются в следующем. При увеличении смещения объекта между кадрами вероятность его обнаружения увеличивается; лучший результат для обнаружения движения во всех рассмотренных случаях дает использование энергетического спектра. Алгоритмы, представленные в [4, 5] способны выделять движущиеся объекты, причем характеристики обнаружения зависят от скорости объекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яне, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М. : Техносфера, 2007. – 583 с.

2. Алпатов, Б.А. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов / Б.А. Алпатов. – М. : Радиотехника, 2008. – 175 с.

3. Визильтер, Ю.В. Перспективы интеллектуализации систем управления ЛА за счет применения технологий машинного зрения / Ю.В. Визильтер // Труды МФТИ. – М., 2009. – № 4. – С. 164 – 181.

4. Определение параметров движения объекта по изображению на основе межкадровых разностей частотных характеристик / А.В. Богословский, И.В. Жигулина, О.Е. Копылов, В.А. Яковлев // Радиотехника. – 2010. – № 5. – С. 55 – 59.

5. Идентификация движущихся объектов по межкадровым разностям частотных характеристик / А.В. Богословский, И.В. Жигулина, О.Е. Копылов, В.А. Яковлев // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 60 – 65.

*Кафедра «Высшая математика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 621.396.967**

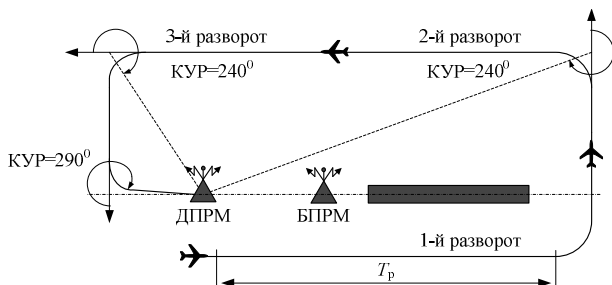
*И.В. Князев, А.Ю. Беляев, А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ МАНЕВРОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ**

Несмотря на значительное улучшение качества функционирования современных радиоэлектронных средств слежения за воздушными судами (ВС), проблема рационального и, главное, безопасного управления воздушным движением не теряет своей актуальности [1]. С развитием информационных технологий на ведущие позиции вышли радиолокационные станции (РЛС), обладающие информационными свойствами, их отличают: высокая оперативность и полнота данных о состоянии воздушной обстановки в целом и каждого контролируемого ВС в отдельности, высокая точность получаемой информации и надежность аппаратуры [2]. Наиболее опасной из всех стадий полета является посадка. Разработка эффективных алгоритмов автоматической посадки позволит значительно уменьшить вероятность катастрофы ВС [3].

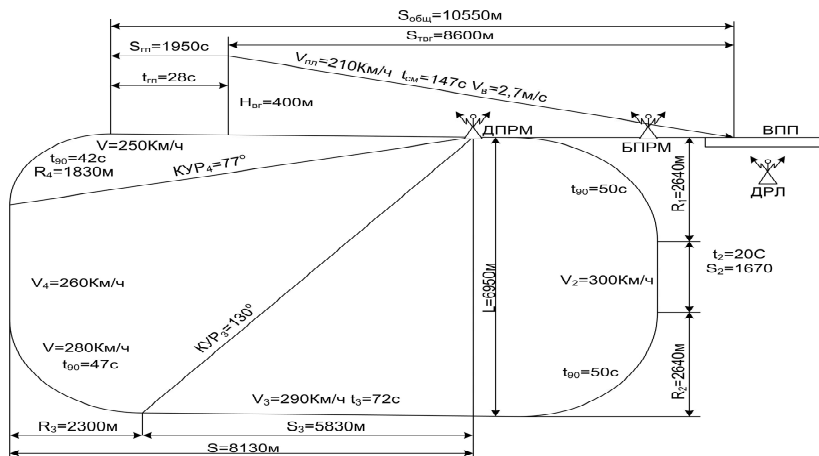
Для реализации автоматического управления воздушным движением необходима высочайшая точность радиоэлектронных следящих систем (РЭСС). Заход на посадку производится с помощью выполнения типовых маневров. Полеты воздушных судов гражданской авиации выполняются по схемам, установленным для данного аэродрома. В гражданской авиации применяют следующие схемы снижения и захода на посадку [1]:

- 1) с прямой;
- 2) по большому и малому прямоугольному маршруту (большая «коробочка» (рис. 1) и малая «коробочка»);
- 3) отворотом на расчетный угол;
- 4) стандартным разворотом;
- 5) с обратного направления.



**Рис. 1. Типовой маневр большая «коробочка»**

Подробнее разберем заход на посадку по малому прямоугольному маршруту (рис. 2). Данный маршрут применим, когда в районе аэродрома посадки нет других ВС, препятствующих подходу к аэродрому на снижении. ВС выходит на ДПРМ с курсом, близким к посадочному, на высоте начала маневра для захода на посадку выполняется разворот



**Рис. 2. Схема захода на посадку по малому прямоугольному маршруту**

на  $180^\circ$  и самолет выводится на курс обратный посадочному, скорость при этом не должна превышать  $460$  км/ч. В процессе разворота скорость полета уменьшается до  $300$  км/ч, на траверзе скорость полета  $280\dots300$  км/ч. Третий разворот выполняется при КУР равном  $130^\circ$  для правого круга (также разворот может осуществляться по истечении установленного времени). После третьего разворота самолет следует курсом, перпендикулярным посадочному. При КУР равном  $77^\circ$  выполняется четвертый разворот на посадочный курс, после входа в глиссаду самолет переводится в режим планирования со скоростью  $210$  км/ч и заданной вертикальной скоростью.

Исследуем изменение координат ВС: дальности  $D$ , азимута  $\varphi_r$ , угла места  $\varphi_v$  относительно диспетчерского радиолокатора (ДРЛ) от времени полета ВС по малому прямоугольному маршруту  $t$ . ДРЛ измеряет координаты ВС. В декартовых координатах с центром в месте расположения ДРЛ построим маршрут движения самолета в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 3), воспользовавшись известными соотношениями для равномерного прямолинейного движения и равномерного движения по окружности [2]. Как видно из рис. 3, при совершении маневра ВС (рис. 2) координаты  $X$  и  $Y$  в горизонтальной плоскости изменяются по нелинейному закону, причем более интенсивно изменяются на участках полета ВС, где осуществляется разворот ВС на  $90^\circ$ . Изменение координат  $X$  и  $Y$  влияет на изменение координат ВС  $D$ ,  $\varphi_r$  относительно ДРЛ. Координаты  $X$  и  $h$  в вертикальной плоскости (рис. 3) изменяются по линейному закону, это связано с тем, что ВС в вертикальной плоскости изменяет высоту незначительно. Изменение координат  $X$  и  $h$  влияет на изменение координат ВС  $D$ ,  $\varphi_v$  относительно ДРЛ.

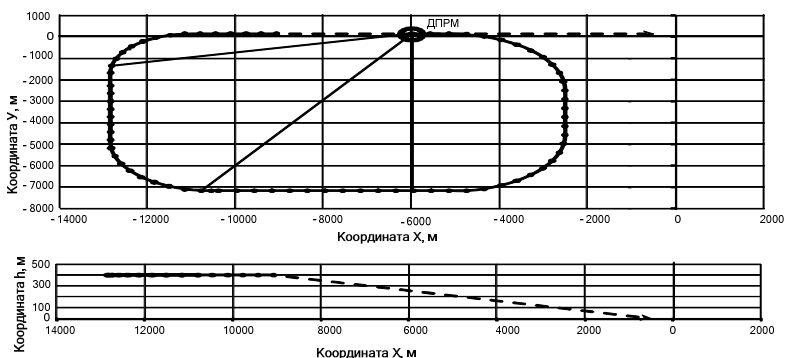


Рис. 3. Малый прямоугольный маршрут в декартовых координатах  $X$ ,  $Y$ ,  $h$

Затем перейдя к цилиндрической системе координат, найдем зависимости изменения дальности  $D$  (рис. 4) и изменения угловых координат  $\varphi_r$ ,  $\varphi_v$  (рис. 5) относительно ДРЛ от времени полета ВС по малому прямоугольному маршруту и изменения.

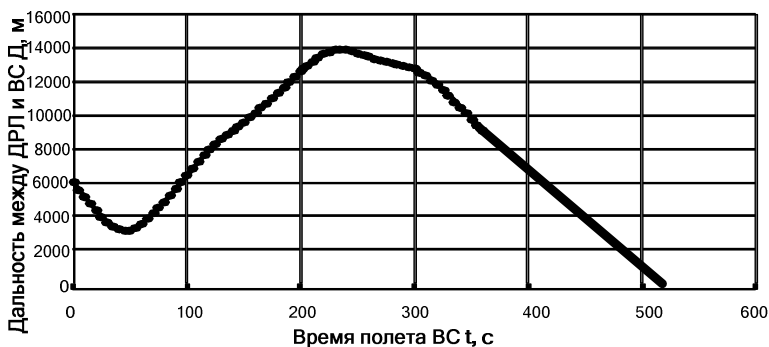


Рис. 4. Зависимость изменения дальности ДРЛ от времени полета ВС

Из рис. 4 видно, что несмотря на простоту траектории самолета, расстояние, измеряемое ДРЛ, изменяется со временем по сложному нелинейному закону.

Штриховой линией показан график зависимости угла азимута  $\varphi_r$  ВС, измеряемого ДРЛ, а сплошной – угла места  $\varphi_v$ . Из этих графиков видно, что угол  $\varphi_r$  от времени изменяется по сложному нелинейному закону, а  $\varphi_v$  – изменяется незначительно. Нелинейный закон движения

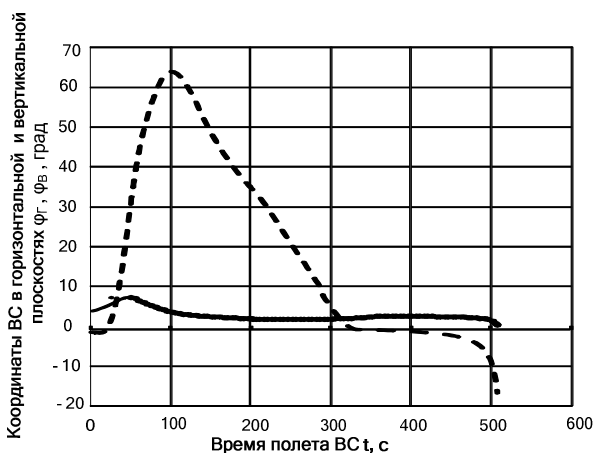


Рис. 5. Зависимости углов  $\varphi_r$ ,  $\varphi_v$ , измеряемых ДРЛ, от времени полета ВС

ВС обусловлен прежде всего его изменением пространственного положения (вектор скорости ВС относительно РЛС: модуль вектора скорости  $V_{ц}$ , угла наклона  $\theta_{ц}$ , путевого угла  $\varphi_{ц}$ ) и изменением координат цели. Нелинейный закон изменения координат цели может вносить значительную ошибку слежения в РЭСС автосопровождения или привести к срыву автосопровождения. Нелинейный закон движения ВС необходимо учитывать при разработке моделей и алгоритмов РЭСС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задорожный, А.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением / А.И. Задорожный. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1998. – С. 290.
2. Крыжановский, Г.А. Автоматизация процессов управления воздушным движением / Г.А. Крыжановский. – М. : Транспорт, 1981. – С. 220.
3. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в автоматизированных системах управления полетами / Ю.В. Лобачев, Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2008. – С. 152.

*Кафедра «Радиотехника» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 621.396.946(024)**

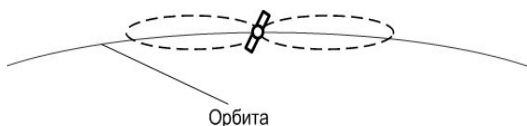
*В.В. Бурлина, С.Н. Данилов*

### **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УГЛОВОЙ КОРРЕКЦИИ НАЗЕМНОЙ АНТЕННЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ, СИНТЕЗИРОВАННОГО НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРЫ**

Для получения достаточных энергетических характеристик канала спутниковой связи (КСС) антенны системы (в частности наземные) должны иметь возможно больший коэффициент усиления (КУ).

Обычно оптимальной диаграммой антенны КСС без системы слежения является диаграмма направленности (ДН) с шириной главного лепестка  $1...2^\circ$ . При ширине ДН менее одного градуса необходимо снабжать антенну системой слежения, так как геостационарные спутники совершают сложные гармонические колебания, которые с Земли имеют вид изменяющейся восьмерки (рис. 1).

Кроме медленных колебаний спутника, возможны изменения положения наземной антенны за счет порывов ветра, вибраций земной поверхности и т.п.



**Рис. 1. Колебания спутника-ретранслятора на геостационарной орбите**

Таким образом, система слежения КСС должна работать с двумя типами дестабилизирующих факторов: медленные эволюции спутника на орбите – доли градуса в час и быстрые колебания зеркала и облучателя антенны в основном вибрационного характера (до единиц градусов с частотой 1...10 Гц и более) [1].

Решить задачу высокоточного сопровождения космического аппарата (КА), в том числе и в условиях помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны, возможно путем применения адаптивных следящих измерителей, в которых в зависимости от ситуации могут изменяться модели следящих фильтров.

Характерными особенностями указанной задачи являются структурная неопределенность (необходимость смены модели системы в случайные моменты времени) и стохастичность процессов в системе. Обе эти особенности являются объективными характеристиками процесса функционирования сложных динамических систем, получивших название стохастических систем со случайной сменой структуры.

Из кинематических уравнений (ограничимся горизонтальной плоскостью) можно получить модель состояния в дискретном виде (далее модель 1):

$$\begin{cases} \varphi(k+1) = \varphi(k) + \omega(k)T - \hat{\omega}_\psi(k)T; \\ \omega(k+1) = (1 - \alpha T)\omega(k) + \xi_1(k), \end{cases} \quad (1)$$

где  $\varphi(k)$  – относительное угловое положение КА;  $\omega(k)$  – угловая скорость изменения углового положения КА;  $T$  – шаг по времени;  $\alpha$  – постоянная времени относительного медленного углового перемещения КА;  $\xi_1(k)$  – последовательность случайных величин с гауссовской плотностью вероятности;  $\hat{\omega}_\psi$  – возможное управляющее воздействие на антенну.

Известно, что в любой группе функционально связанных оцениваемых координат должны наблюдаться как минимум их нулевые производные [2]. В рассматриваемом случае это угловое положение КА.

Для учета быстрых относительных угловых движений КА можно использовать модель со сниженным порядком астатизма [2] или модель вида (1).



$$\begin{cases} \varphi(k+1) = \varphi(k) + \omega(k)T - \hat{\omega}_\psi(k)T; \\ \omega(k+1) = (1 - \beta T)\omega(k) + \xi_2(k), \end{cases} \quad (2)$$

где  $\beta$  – постоянная времени быстрого относительного углового перемещения КА;  $\xi_2(k)$  – последовательность случайных величин с гауссовской плотностью вероятности.

Обе модели могут быть представлены в матричной форме:

$$x(k+1) = \Phi^{(i)}(k)x(k) + B^{(i)}(k)u(k) + \xi^{(i)}(k). \quad (3)$$

В соответствии с методом синтеза систем со случайной структурой [3] получен алгоритм функционирования двухмодельного угломера.

Оценки угла, угловой скорости линии визирования на выходе фильтра модели 1 равны:

$$\hat{\varphi}^{(1)}(k+1) = \hat{\varphi}^{(1)}(k) + \hat{\omega}^{(1)}(k)T - \hat{\omega}_\psi(k)T + K^{(1)}(k)v^{(1)}(k); \quad (4)$$

$$\hat{\omega}^{(1)}(k+1) = (1 - \alpha T)\hat{\omega}^{(1)}(k)T + K^{(1)}(k)v^{(1)}(k); \quad (5)$$

модели 2:

$$\hat{\varphi}^{(2)}(k+1) = \hat{\varphi}^{(2)}(k) + \hat{\omega}^{(2)}(k)T - \hat{\omega}_\psi(k)T + K^{(2)}(k)v^{(2)}(k); \quad (6)$$

$$\hat{\omega}^{(2)}(k+1) = (1 - \beta T)\hat{\omega}^{(2)}(k)T + K^{(2)}(k)v^{(2)}(k), \quad (7)$$

где  $v^{(i)}$  – невязки фильтра.

Априорная и апостериорная ковариационная матрица дисперсий ошибок определяется для каждой модели на основе выражений, приведенных в [3].

Затем определяются ковариационные матрицы одношагового предсказания вектора наблюдений, а на их основе коэффициенты усиления фильтров:

$$K_{11}^{(i)}(k+1) = -\frac{P_{11}^{(i)}(k+1|k)}{V^{(i)}} \quad \text{и} \quad K_{12}^{(i)}(k+1) = \frac{P_{21}^{(i)}(k+1|k)}{V^{(i)}}.$$

После оценки вероятности номеров структуры системы  $W^{(i)}(k+1)$  может быть получена результирующая оценка угловых координат:

$$\hat{\varphi}(k+1) = \sum_i (\hat{\varphi}^{(i)}(k+1)W^{(i)}(k+1)). \quad (8)$$

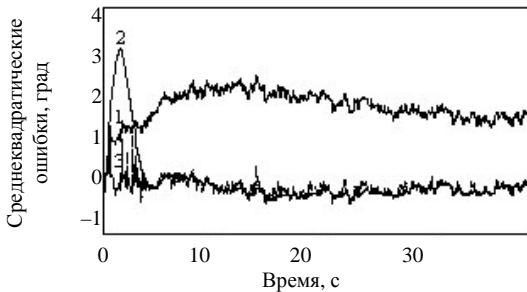
В таблице 2 приведены ошибки слежения в градусах для различных стадий изменения угла визирования (шаги 0...50, 151...200 и 201...500).

Таблица 2

Диапазон	Среднеквадратическая ошибка слежения, град		
	Модель 1	Модель 2	Модель 3
1...50	0,0075	0,0034	0,0045
151...200	0,09	0,23	0,06
201...500	0,01	0,007	0,007

На рисунке 2 приведены кривые, показывающие изменение ошибок фильтров для этой ситуации.

Линия 1 – ошибка для фильтра на основе модели 2, линия 2 – для фильтра на основе модели 1, линия 3 – взвешенная ошибка. Хорошо видно, что фильтр придерживается той парциальной оценки, ошибка которой меньше.



**Рис. 2. Изменение ошибок синтезированного и парциальных фильтров**

Таким образом, алгоритм, построенный на основе двух моделей методами теории систем со случайной структурой, превосходит по точности обычные алгоритмы. Повышение точности оценивания обусловлено наличием моделей с различными характеристиками, учитывающих различные типы изменения оцениваемого параметра. В целом, результаты статистического моделирования демонстрируют эффективность предлагаемого алгоритма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покрас, А.М. Антенны земных станций спутниковой связи / А.М. Покрас и др. – М. : Радио и связь, 1985.
2. Данилов, С.Н. Синтез угломера, функционирующего в переходном режиме на основе теории систем со случайным изменением структуры / С.Н. Данилов, Е.С. Данилов // Радиосистемы. – 2005. – Вып. 86, № 8. – (Радиотехника; № 5).

УДК 536.2:53.082

А.С. Селянина, А.О. Антонов\*

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

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

Цель работы состоит в разработке и исследовании новой информационно-измерительной системы и реализуемого ею метода НК ТФС двухслойных изделий.

*Теоретическое обоснование метода.*  
Ограниченный стержень толщиной  $h_1$  изготовлен из материала, имеющего следующие теплофизические свойства: теплопроводность  $\lambda_1$ ; температуропроводность  $a_1$ ; тепловую активность  $\varepsilon_1$ . Данный ограниченный стержень приведен в соприкосновение с полуограниченным стержнем, имеющим другие термические коэффициенты ( $\lambda_2, a_2, \varepsilon_2$ ). Боковые поверхности

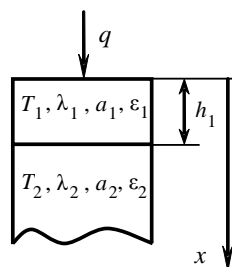


Рис. 1. Схема системы

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Н.Ф. Майниковой.

стержней теплоизолированы. На протяжении всего процесса нагрева действует источник тепла постоянной мощности  $q$ . Требуется найти распределение температуры ( $T_1$  и  $T_2$ ) по длине стержней ( $x$ ) в любой момент времени ( $\tau$ ).

Математически задача записывается следующим образом:

$$\frac{\partial T_1(x, \tau)}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 T_1(x, \tau)}{\partial x^2}, \tau > 0, 0 < x < h_1; \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2(x, \tau)}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 T_2(x, \tau)}{\partial x^2}, \tau > 0, h_1 < x < \infty; \quad (2)$$

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

$$T_1(h_1, \tau) = T_2(h_1, \tau); \quad (4)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(h_1, \tau)}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(h_1, \tau)}{\partial x}; \quad (5)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(0, \tau)}{\partial x} = q; \quad (6)$$

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

Решение:

$$T_1(0, \tau) = \frac{2q}{\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{\tau}}{\varepsilon_2} + \left( 1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2} \right) \frac{qh_1}{\lambda_1}. \quad (8)$$

Решение задачи (1) – (7) для первого стержня имеет вид:

$$T_1(x, \tau) = \frac{q}{\varepsilon_1} \left( 2\sqrt{\tau} \operatorname{ierfc} \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau a_1}} \right) + 2\sqrt{\tau} \sum_{n=1}^{\infty} (h^*)^n \times \right. \\ \left. \times \left( \operatorname{ierfc} \left( \frac{2nh_1 - x}{2\sqrt{\tau a_1}} \right) + \operatorname{ierfc} \left( \frac{2nh_1 + x}{2\sqrt{\tau a_1}} \right) \right) \right). \quad (9)$$

Здесь

$$h^* = \frac{1 - K_\varepsilon}{1 + K_\varepsilon} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}; \quad K_\varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}.$$

Введем обозначения:

$$Fo = \frac{a_1 \tau}{(h_1)^2}; \quad \tilde{x} = \frac{x}{h_1}; \quad \Theta_1 = \frac{T_1 \lambda_1}{qh_1},$$

где  $Fo$  – безразмерное время (число Фурье);  $\tilde{x}$  – безразмерная координата;  $K_a$  – относительная теплопроводность тел;  $\Theta_1$  – безразмерная температура.

При  $\tilde{x} = 0$  формула (9) преобразуется к виду:

$$\Theta_1(0, Fo) = 2\sqrt{Fo} \left( \frac{1}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( 2(h^*)^n \operatorname{ierfc} \left( \frac{n}{\sqrt{Fo}} \right) \right) \right). \quad (10)$$

При больших значениях  $Fo$  формула (10) имеет вид:

$$\Theta_1(0, Fo) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left( 1 - \frac{2h^*}{h^* - 1} \right) \sqrt{Fo} - \frac{4h^*}{(h^* - 1)^2}. \quad (11)$$

Получены решения задачи (1) – (7) в размерном и безразмерном представлениях для второго тела рассматриваемой системы.

*Измерительная схема метода* (рис. 2). Исследуемое тело представляет собой образец, состоящий из двух слоев: первый слой – например, металлический с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, a_1, \varepsilon_1$ ; второй – полимерный с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, a_2, \varepsilon_2$ . Толщина первого слоя –  $h_1$ , второго –  $h_2$ . Температура соприкасающихся поверхностей первого и второго слоя одинакова. Длина и ширина тела –  $L_1$  и  $L_2$ , соответственно. Воздействие на исследуемое тело осуществляется с помощью источника тепла (Н1) постоянной мощности  $q$ , выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R$ , встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). Подложка ИЗ выполнена из рипора – хорошего теплоизолятора, что обеспечивает направленное движение тепловых потоков на наружную поверхность конструкции и препятствует теплообмену в других направлениях. Теплофизические свойства подложки –  $\lambda_3, c_3, a_3, \varepsilon_3$ . Охранное кольцо (ОК) представляет собой нагреватель (Н2), предназначенный для реализации одномерного температурного поля в исследуемом объекте. Температура в точках контроля измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей (ТП), расположенных в центре нагревателя (ТП1) и в области охранного кольца (ТП2). Нагреватель начинает действовать в начальный момент времени ( $\tau = 0$ ). В ходе эксперимента фиксируются термограммы – зависимости значений температуры ( $T$ ) в точках контроля от времени ( $\tau$ ).

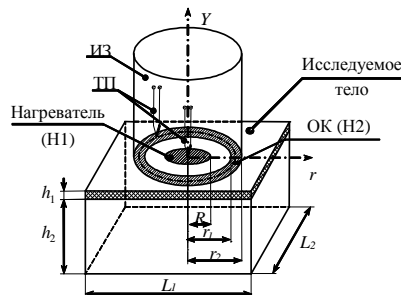
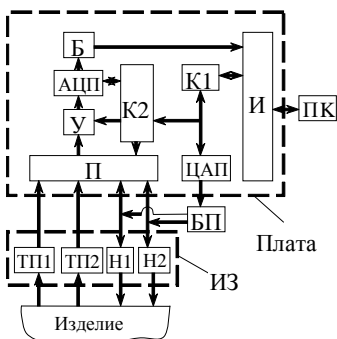


Рис. 2. Измерительная схема метода



**Рис. 3. Структурная схема ИИС**

Структурная схема ИИС (рис. 3). ИИС состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, ИЗ, регулируемого блока питания (БП). Сигналы с ТП1 и ТП2 поступают через мультиплексор (П), усилитель (У), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), буфер обмена (Б) и интерфейс (И) в ПК. Контроллер К2 обеспечивает необходимый порядок опроса каналов и различные диапазоны измерения на каждом из них.

Таким образом, разработанные ИИС, метод НК могут быть использованы для контроля толщины защитных покрытий, размеров слоев в многослойных изделиях, для определения ТФС материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 004.94**

*А.А. Руднев\**

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИНГА ПЕРСОНАЛА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Высокие темпы современного технологического прогресса приводят к необходимости непрерывного обучения с применением компьютерных обучающих систем, являющихся главным фактором под-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц., зам. директора Международного образовательного центра ARTECH – ТамбГТУ М.Н. Краснянского.

держания профессионального уровня персонала химико-технологических систем (ХТС), а также обеспечения его соответствия экологически небезопасному, сложному в управлении производству. Существующие потребности в компьютерных обучающих системах персонала ХТС не удовлетворяются в полной мере вследствие отсутствия систематизированного процесса их создания. Данные обучающие системы должны включать компьютерные тренажеры. Необходимость использования компьютерных тренажеров продиктована спецификой процессов химических технологий, которая заключается в использовании, как правило, токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ. Перечисленные факторы приводят к повышению вероятности возникновения нештатных ситуаций, развитие которых до опасных пределов может протекать за короткие промежутки времени. Операторы должны обладать доведенными, практически, до автоматизма навыками диагностирования возможных отклонений от штатных режимов, выявления их причин, прогнозирования возможных последствий, принятия и реализации правильных решений по ликвидации или локализации опасных ситуаций. В современных условиях развития компьютерного моделирования обучение и тренинг операторов занимают важное место. Составляющей тренажера также может быть 3D компонент, на котором отрабатываются вышеприведенные навыки непосредственно на производственной площадке технологического оборудования.

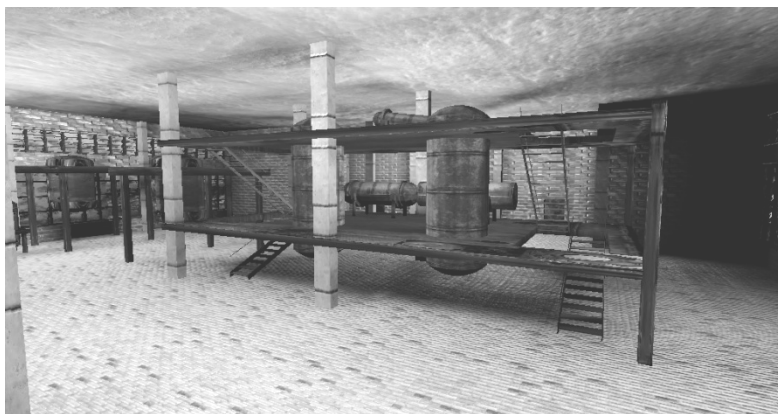
Разработкой 3D-приложений для тренажеров занимаются: компания «Системотехника»[1]; российская компания «Атем», создавшая тренажер, который используется для подготовки персонала энергетических объектов с применением реалистичной модели типовой подстанции; ОАО «Корпоративные системы», которые с 2006 года начали работу по созданию автоматизированных обучающих систем сталеплавильного производства [2], и другие. В основе создания 3D-приложений для тренажеров лежит использование графических пакетов, таких как: 3DVIA Virtools от компании 3DVIA, CAVE (Computer Aided Virtual Environment) от Miele (Германия), Unity (USA), Shiva3D (France), Visual3D (Realmware Corporation, USA), UDK (Unreal Development Kit, USA) и многие другие. Главными преимуществами этих пакетов являются: доступность и легкость в освоении, отображение фотореалистичных и легко узнаваемых объектов, реализация интерактивного взаимодействия, создание типовых задач для обучаемого, моделирование протекания процесса. Из вышеперечисленных графических пакетов одним из лучших является UDK, потому что он легок в освоении, не требователен к системе и свободно распространяется не в коммерческих целях.

На кафедре «Автоматизированное проектирование технологического оборудования» (АПТО) Тамбовского государственного техниче-

ского университета (ГОУ ВПО ТГТУ) в рамках выполнения Государственного контракта № 02.740.11.0624 от 29 марта 2010 года была создана информационная система обучения и тренинга персонала химико-технологических систем производства нефтеполимерной олифы ОАО «Пигмент». Данная информационная система включает: описание технологического процесса; план локализации аварийных ситуаций (ПЛИАС); тренажер, разработанный в среде LabVIEW; руководство пользователя; обучающие видеоролики работы с тренажером; перечень контрольных вопросов; 3-мерное приложение к обучающему тренажеру, разработанное в среде Unreal Development Kit.

В основе 3D-компонента тренажера лежат: трехмерная геометрическая модель производственной площадки, на которой размещен химико-технологический объект; функциональное обеспечение, позволяющее реализовывать на виртуальной производственной площадке все мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций. В дополнение к функциям обучающийся получает возможность перемещаться в виртуальном пространстве производственной площадки и операторной, подходить ко всем смоделированным объектам (оборудованию, приборным щитам, средствам пожаротушения и др.) и выполнять соответствующие мероприятия, необходимые для локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Трехмерная геометрическая модель представлена для фрагмента производственной площадки (рис. 1) ОАО «Пигмент», на котором осуществляется производство нефтеполимерной олифы. С помощью графического трехмерного редактора было смоделировано здание цеха и окружающих его зданий и сооружений. Проложена теплотрасса, основные дорожные пути, отстойники. Построены трехмерные модели аппаратов, находящихся внутри цеха, а также представлена паспортная



**Рис. 1. 3D-модель производственной площадки**



информация в виде всплывающих окон (размеры, физические параметры, характер протекающих процессов). Реализована звуковая поддержка (звуки различных режимов работы аппаратов, аварийных сигналов, сигналов оповещения). Реализован пульт оператора, позволяющий совершать операции по схеме. Добавлено видео, демонстрирующее маршруты эвакуации персонала при возникновении аварийной ситуации.

Данная информационная система предназначена для обучения персонала ХТС. Она дает возможность: освоения технологического процесса и системы управления; получения практических навыков при работе с объектом при штатных условиях; обучения и приобретения практических навыков выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварийных ситуаций; уменьшения влияния человеческого фактора на надежность ХТС, обеспечения непрерывной профессиональной подготовки персонала предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системотехника. Тренажеры для промпредприятий [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.sistemotehnika.ru/trenagery/prom/>.
2. Использование имитаторов-тренажеров. [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.sike.ru/products/multimedia/staty/use-imitator>.

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

**УДК 681.5.015.24**

*А.Н. Грибков, И.А. Куркин, И.С. Базылюк, Е.Ю. Кривошеина*

#### **АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ**

Проектирование систем управления играет важную роль в современных технологических системах. Выгоды от совершенствования систем управления могут быть огромны. Они включают улучшение качества изделия, уменьшение потребления энергии, минимизацию материальных затрат, повышение уровней безопасности и сокращение загрязнения окружающей среды [1]. Одним из важнейших этапов разработки системы управления промышленным объектом является решение задачи анализа и синтеза оптимального управления. При этом следует учитывать, что многие технологические установки представляют собой многомерные объекты (ММО – Multiple Input Multiple

Output), а при решении задач анализа и синтеза оптимального управления ММО-объектами возникают трудности, связанные с их многомерностью и сложностью математического аппарата.

Исследование вопросов, связанных с существованием решения задачи оптимального управления (ЗОУ), является одним из основных этапов анализа оптимального управления. Несмотря на то, что вопросам решения задач анализа и синтеза оптимального управления посвящено множество работ авторов Л.С. Понтрягина, Р. Беллмана, А.А. Красовского, А.Д. Александрова, Ю.Л. Муромцева и др., применительно к многомерным объектам данные вопросы изучены пока недостаточно. В статье предложен алгоритм, позволяющий по заданным исходным данным провести анализ области существования решения задачи оптимального управления многомерным объектом и получить аналитические выражения для оперативного вычисления условий существования решения ЗОУ.

Математическую постановку задачи оптимального управления многомерным объектом можно сформулировать следующим образом.

Пусть для ММО-объекта, динамика которого описывается моделью

$$\dot{z}(t) = Az(t) + Bu(t), \quad (1)$$

решается ЗОУ, заключающаяся в переводе объекта на заданном интервале времени  $[t_0; t_k]$  из начального состояния в конечное, т.е.

$$z(t_0) = z_0 \rightarrow z(t_k) = z_k, \quad (2)$$

при ограничениях на управляющие воздействия в каждый момент времени

$$\forall t \in [t_0; t_k]: u(t) \in [u_n; u_b] \quad (3)$$

и минимуме функционала

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f(u(t), z(t), t) dt \longrightarrow \min. \quad (4)$$

Массив исходных данных, необходимый для численного решения задачи (1) – (4), имеет вид

$$R = (A, B, u_n, u_b, z_0, z_k, t_0, t_k). \quad (5)$$

В данной задаче  $A, B$  – матрицы параметров модели динамики объекта размерности  $n \times n$  и  $n \times m$  соответственно;  $z(t)$  – вектор фазовых координат размерности  $n$ ;  $u(t)$  – вектор управляющих воздействий размерности  $m$ ;  $z_0, z_k$  – векторы начальных и конечных значений фазовых координат размерности  $n$ ;  $u_n, u_b$  – векторы нижних и

верхних граничных значений управляющих воздействий размерности  $m$ ;  $J$  – минимизируемый функционал.

Для анализа области существования решения ЗОУ (1) – (4) предлагается алгоритм на основе метода синтезирующих переменных [2], включающий следующие этапы:

1. Нормирование исходной задачи. В нормированной ЗОУ временной интервал и область допустимых значений  $u(t)$  постоянны:

$$t \in [t_0; t_k] \longrightarrow T \in [0; 2], \quad u(t) \in [u_n; u_b] \longrightarrow U(T) \in [-1; 1].$$

2. Решение нормированной задачи

$$Z(T) = e^{A'T} Z(0) + B' \int_0^T e^{A'(T-s)} U(s) ds,$$

где  $A', B'$  – матрицы параметров нормированной задачи.

3. Введение вектора синтезирующих переменных  $\Lambda$ . Аналитические зависимости для расчета элементов вектора  $\Lambda$  выводятся на основе решения нормированной задачи, полученного на предыдущем этапе:

$$\Lambda = (L_1, L_2, \dots, L_n), \quad L_i = f_i^1(R) = f_i^2(U(T), R), \quad i = \overline{1, n}.$$

4. Построение в  $n$ -мерном евклидовом пространстве синтезирующих переменных  $2^m$  гиперповерхностей, ограничивающих область существования решения ЗОУ:

$$L_i^{\text{гп}} = f_i^2(U_j^{\text{гп}}(T), R), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

$$\text{где } U_j^{\text{гп}}(T) = \begin{cases} -1, & T < T_{nj}; \\ 1, & T \geq T_{nj} \end{cases} \quad \text{или} \quad U_j^{\text{гп}}(T) = \begin{cases} 1, & T < T_{nj}; \\ -1, & T \geq T_{nj}; \end{cases} \quad T_{nj} - \text{времена переключения } j\text{-го элемента вектора управляющих воздействий.}$$

5. Рассечение  $n$ -мерных гиперповерхностей, ограничивающих область существования решения ЗОУ,  $n$ -мерной гиперплоскостью с фиксированием одного значения  $L_i(R)$ . Определение аналитической зависимости  $m-k$  времен переключения, где  $k$  – номер шага,  $k = \overline{1, n}$ .

6. Пункт 5 применить  $m-1$  раз относительно сечения, полученного на предыдущем шаге, с последовательным декрементом размерности гиперповерхности и гиперплоскости и, соответственно, инкрементом  $k$ . При этом сечения берутся по различным, неповторяющимся компонентам вектора  $\Lambda$ .

7. Получение аналитических зависимостей времен переключения  $T_{nj}(R)$  и определение вида функций  $L_i^H(T_{nj})$  и  $L_i^B(T_{nj})$  для различных комбинаций выполнения условий  $T_{nj} \in [0; 2]$  (зон).

При практическом решении задачи анализа области существования решения ЗОУ рассчитываются  $T_{nj}(R)$ , определяются зона и виды функций  $L_i^H(T_{nj})$  и  $L_i^B(T_{nj})$ , выполняется проверка двойного неравенства  $L_i^H(T_{nj}) \leq L_i(R) \leq L_i^B(T_{nj})$ . Если неравенство выполняется – решение ЗОУ существует. В противном случае решения ЗОУ не существует.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребен, М.Э. Сальгадо. – М. : БИНОМ; Лаборатория знаний, 2010. – 911 с.

2. Муромцев, Ю.Л. Метод синтезирующих переменных при оптимальном управлении линейными объектами / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, Е.В. Сатина // Приборостроение. Изв. вузов. – 1993. – № 11–12. – С. 19 – 25.

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

**УДК 543.812: 697.93**

***И.О. Котов\****

#### **ОЦЕНКА И СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

Ферромагнитные жидкости (ФМЖ) применяются при производстве различных изделий, таких как радиопоглощающие покрытия, жидкие уплотнительные устройства, смазочные материалы, оптические анализаторы и другие. Поэтому контроль состава и свойств ФМЖ является актуальной задачей.

Наиболее перспективными методами контроля ФМЖ являются методы и устройства, основанные на взаимодействии исследуемых ФМЖ с электромагнитными волнами (ЭМВ) СВЧ-диапазона. Кон-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Н. Чернышова.

троль в диапазоне СВЧ волноводными методами обусловлен возможностью применения ряда информативных эффектов для измерения различных параметров ФМЖ [1], простотой конструкции и малыми размерами первичных измерительных преобразователей, оперативностью, а также высокой точностью результатов измерений за счет полного экранирования от внешних паразитных излучений.

Электрофизические параметры ФМЖ, определяющие их качество, в основном, зависят от комплексной диэлектрической проницаемости носителя и концентрации ферромагнитных частиц (ФМЧ) в ФМЖ, поэтому в настоящее время вопросам определения концентрации ФМЧ и анализа дисперсного состава жидких ферромагнитных сред уделено достаточно большое внимание.

Нами разработано волноводное СВЧ устройство [2], предназначенное для определения электрофизических параметров ФМЖ по критической частоте волноводной линии передачи. В основе используемого в устройстве метода лежат условие существования ЭМВ в предельном волноводе и эффект поворота плоскости поляризации ЭМВ, прошедшей через продольно намагниченную ФМЖ [1].

Очевидно, что метрологические характеристики предлагаемого устройства во многом будут определяться конструкцией волноводного тракта, поэтому основной целью проектирования СВЧ-устройства является оптимальный выбор геометрических размеров различных элементов волноводного тракта, обеспечивающих наиболее полное использование диапазона длин волн генератора СВЧ.

Для оценки диапазона измерений устройства контроля параметров ФМЖ необходимо выяснить, как геометрические параметры волноводного тракта влияют на данную метрологическую характеристику.

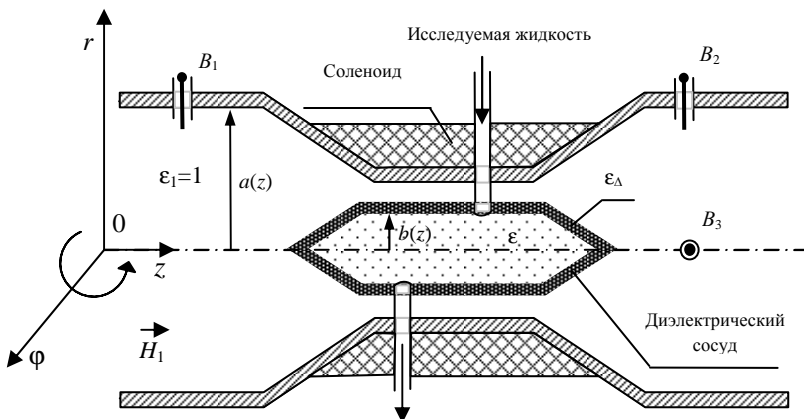
Волноводный тракт измерительного устройства состоит из последовательно соединенных с помощью плавных переходов трех секций круглого металлического волновода различного диаметра, где с помощью генератора СВЧ на длине волны генератора  $\lambda_r$  возбуждают основную волну  $H_{11}$  и устанавливают в линии передачи режим бегущей волны. В средней секции находится диэлектрический сосуд с ФМЖ.

В основе реализованного в данном устройстве метода лежит условие существования бегущей волны (БВ) в металлическом волноводе [1].

Измерение проводится следующим образом. Длина волны  $\lambda_r$  выбирается из условия единственности существования основной волны  $H_{11}$  и отсутствия ближайшей моды  $E_{01}$  [1]:

$$3,41a_2\sqrt{\epsilon'_{cp}} > \lambda_r > 2,61a_2\sqrt{\epsilon'_{cp}}, \quad (1)$$

где  $a_2$  – радиус средней секции металлического волновода;  $\epsilon'_{cp}$  – действительная часть средней по зоне взаимодействия относительной ди-



**Рис. 1. Фрагмент измерительной ячейки устройства контроля параметров ферромагнитных жидкостей**

электрической проницаемости, рассчитанная методом эквивалентных реактивностей [2].

Далее увеличивают длину волны генератора  $\lambda_r$  до момента отсутствия в волноводной линии передачи БВ и определяют критическую длину волны  $\lambda_{кр}$ , которая связана с электрофизическими параметрами среды, заполняющей волновод, следующим соотношением:

$$\lambda_{кр} \approx 3,41a_2\sqrt{\epsilon'_{cp}}, \quad (2)$$

что позволяет вычислить искомую диэлектрическую проницаемость ФМЖ.

Однако каждая секция волноводного тракта обладает своими критическими длинами волн, поэтому при проектировании всего волноводного тракта необходимо подобрать диаметры секций таким образом, чтобы длина волны «отсечки» соответствовала критической длине волны средней секции во всем диапазоне измерений. С учетом этого определим соотношение геометрических размеров секций необходимое для обеспечения максимального диапазона измерений.

Волноводные секции большего диаметра вследствие условия единственности существования основной волны  $H_{11}$  ограничивают рабочий диапазон длин волн генератора в пределах  $2,61a_1 \dots 3,41a_1$ . Следовательно, для проведения измерений методом «критичного волновода» средняя секция с измеряемой ФМЖ должна иметь критическую длину волны в пределах  $2,61a_1 \dots 3,41a_1$  во всем диапазоне из-

мерения диэлектрической проницаемости ФМЖ. Вычислим радиус средней секции, обеспечивающий максимальное использование рабочего диапазона генератора.

Из формулы (2) следует, что при увеличении диэлектрической проницаемости ФМЖ критическая длина волны средней секции также увеличивается, следовательно, для полного использования рабочего диапазона длин волн  $2,61a_1 \dots 3,41a_1$  необходимо, чтобы критическая длина волны средней секции при минимальном значении диэлектрической проницаемости  $\epsilon'_{\text{cp min}}$  соответствовала наименьшей длине волны генератора, т.е.

$$3,41a_2 \sqrt{\epsilon'_{\text{cp min}}} = 2,61a_1. \quad (3)$$

С другой стороны, при максимальном значении диэлектрической проницаемости  $\epsilon'_{\text{cp max}}$  критическая длина волны не должна превышать наибольшей длины волны генератора, т.е.

$$3,41a_2 \sqrt{\epsilon'_{\text{cp max}}} = 3,41a_1. \quad (4)$$

Поделив (4) на (3), получим отношение максимальной диэлектрической проницаемости к минимальной:

$$\sqrt{\frac{\epsilon'_{\text{cp max}}}{\epsilon'_{\text{cp min}}}} \approx 1,306; \quad \frac{\epsilon'_{\text{cp max}}}{\epsilon'_{\text{cp min}}} \approx 1,705. \quad (5)$$

Формула (5) позволяет вычислить пределы измерения средней по зоне взаимодействия диэлектрической проницаемости. Так, при  $\epsilon'_{\text{cp min}} = 1$  максимально возможный верхний предел  $\epsilon'_{\text{cp max}} \approx 1,705$ .

Для расширения диапазона в волноводный тракт введен фильтр волны  $E_{01}$ , позволяющий расширить частотный диапазон однододового режима крайних секций по сравнению с предыдущим случаем. В этом случае рабочая длина волны генератора ограничена критическими длинами волн  $H_{10}$ ,  $H_{11}$  и находится в пределах  $1,64a_1 \dots 3,41a_1$ .

Проводя аналогичные вычисления, получаем:

$$\frac{\epsilon'_{\text{cp max}}}{\epsilon'_{\text{cp min}}} \approx 4,322. \quad (6)$$

Так, при  $\epsilon'_{\text{cp min}} = 1$  максимально возможный верхний предел  $\epsilon'_{\text{cp max}} \approx 4,322$ , что более чем в 2,5 раз больше, чем в предыдущем случае.

В результате вышеприведенного исследования показано, что добавление фильтра волны  $E_{01}$  внутрь волноводного тракта позволяет

увеличить диапазон измерений более чем в 2,5 раза без ухудшения остальных метрологических характеристик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электродинамика и распространение радиоволн / Г.Т. Марков и др. – М. : Сов. Радио, 1979.

2. Котов, И.О. СВЧ-метод и устройство определения электрофизических параметров ферромагнитных жидкостей на базе критичного волновода / И.О. Котов, В.Н. Чернышов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, вып. 2. – С. 303 – 313.

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 536.2:53.082**

*И.В. Ерохин, О.Н. Попов\**

### **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время одной из наиболее актуальных тем является поиск энергосберегающих мероприятий и инженерных решений по созданию ограждающих конструкций зданий и сооружений с минимальными тепловыми потерями [1]. Большую роль в этом играют создание новых строительных, теплоизоляционных, облицовочных материалов и изделий, а также разработка новых эффективных методов и средств неразрушающего определения теплофизических свойств (ТФС) материалов и изделий.

Таким образом, разработка информационно-измерительной системы неразрушающего контроля (НК), позволяющей повысить точность результатов определения ТФС материалов как на стадии технологического контроля в процессе их производства, так и в процессе эксплуатации изделий из них, является актуальной.

Цель работы состоит в решении проблемы повышения точности результатов НК ТФС изделий из твердых неметаллических материалов.

**Теоретическое обоснование.** На поверхности полуограниченно в тепловом отношении тела расположен нагреватель в виде полосы шириной  $2h$ , через которую в материал подается тепловой поток  $\bar{q}_0$  (рис. 1).

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Н.Ф. Майниковой.



Температура  $T$  в точке с координатами  $(0; 0)$  в момент времени  $\tau$  в безразмерном виде

$$\Theta = \frac{2Fo^{0.5}}{\pi^{0.5}} \times \left\{ \operatorname{erf} \left[ \frac{1}{2Fo^{0.5}} \right] - \frac{1}{2(\pi Fo)^{0.5}} \operatorname{Ei} \left[ -\frac{1}{4Fo} \right] \right\}. \quad (1)$$

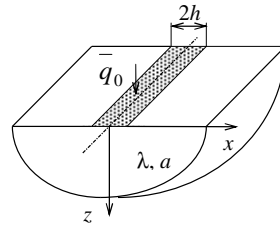


Рис. 1. Тепловая схема

Выражение для температуры поверхности  $z = 0$  в точке с координатой  $x$  для больших значений  $\tau$

$$T(x, 0, \tau) = \frac{\bar{q}_0 h}{\lambda \pi} \left\{ \ln(4a\tau) - \frac{h+x}{2h} \ln(h+x)^2 - \frac{h-x}{2h} \ln(h-x)^2 + 2 - \gamma \right\}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – число Эйлера.

Выражение (2) в безразмерной форме применительно к точке с координатами  $(0; 0)$

$$\Theta = (1/\pi) [\ln(4Fo) + 2 - \gamma]. \quad (3)$$

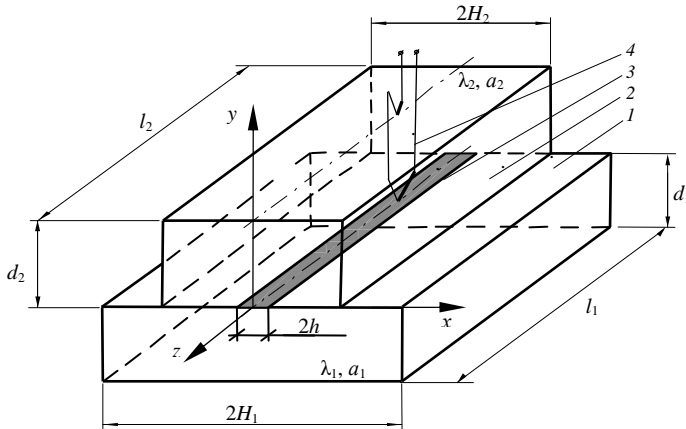
Расчетные зависимости для вычисления ТФС получены из выражения 2:

$$\lambda = a/b_1 ; a = \exp[(b_0/b_1) + \beta].$$

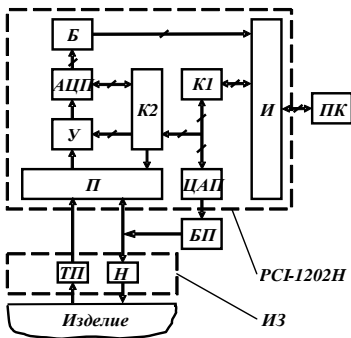
Здесь  $\lambda, a$  – значения теплопроводности и температуропроводности материала;  $b_0, b_1$  – коэффициенты, определенные из термограмм, снятых на материале.

**Измерительная схема.** Тела 1 и 2 характеризуются различными ТФС ( $\lambda_1, a_1$  и  $\lambda_2, a_2$ ). Размеры первого тела: длина –  $l_1$ ; толщина –  $d_1$ ; ширина –  $2H_1$ . Размеры второго тела: длина –  $l_2$ ; толщина –  $d_2$ ; ширина –  $2H_2$ . В плоскости контакта тел действует линейный источник тепла в виде полосы (рис. 2). Первое тело представляет собой исследуемый образец. Второе тело – подложка измерительного зонда (ИЗ).

**Измерительная схема информационно-измерительной системы.** Информационно-измерительная система (ИИС) состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы РС1-1202Н, зонда, регулируемого блока питания (БП) (рис. 3). ИЗ обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемое изделие с помощью нагревателя (Н), фиксирование температуры в заданных точках контроля термоэлектрическими преобразователями (ТП). В качестве ТП используется термopара, горячий спай которой устанавливается в плоскости контакта ИЗ с исследуемым объектом. Мощность и длительность теплового воздействия БП задаются программно через ин-



**Рис. 2. Измерительная схема:**  
 1 – изделие; 2 – измерительный зонд;  
 3 – нагреватель; 4 – термодатчик



**Рис. 3. Структурная схема ИС с платой РС1-1202Н**

терфейс (И), контроллер К1, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Сигналы с ТП поступают через мультиплексор (П), усилитель (У), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), буфер обмена (Б) и интерфейс (И) в ПК. Контроллер К2 обеспечивает необходимый порядок опроса каналов (которых может быть несколько, так как ТП могут быть установлены на некотором расстоянии  $r_i$  от нагревателя в плоскости контакта подложки ИЗ и изделия) и различные диапазоны измерения на каждом из них.

**Численное исследование.** На рис. 4 представлены термограммы  $\Theta = f(F_0)$ . Кривая 1 получена численным решением задачи при соотношении  $d_2/h = 5$  методом конечных элементов. Кривые 2 и 3 получены по выражениям (1) и (3) с помощью системы аналитических вычислений Maple.

На термограммах (рис. 4) выделены участки I, II и III. На первом (I) участке тепловой поток, проходящий через точку контроля, является переменным во времени и соответствует начальной стадии развития теплового процесса. Второй (II) участок характеризуется регуляризацией теплового режима в локальной области нагревателя и

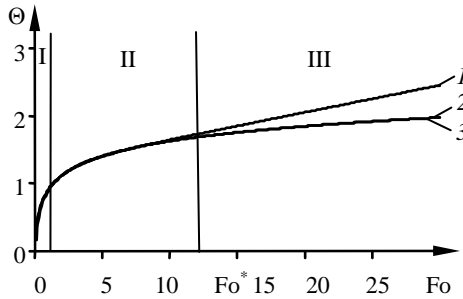


Рис. 4. Термограммы  $\Theta = f(\text{Fo})$

II. Тепловой поток, проходящий через точки контроля, становится практически постоянным. Это позволяет использовать модель (3) для второго (рабочего) участка термограммы. Третий (III) участок характеризуется тем, что нарушаются условия полуограниченности объекта.

Графические зависимости  $\Theta = f(\text{Fo})$ , полученные по формулам (1) и (3) (кривые 1, 2), а также численные решения для соотношений  $b_2/h = 8; 5; 4; 3,5$  и 3 (кривые 3 – 7) собраны в семейство на рис. 5

На термограммах определены границы рабочих участков, зная которые для различных соотношений  $b_2/h$ , найдена зависимость  $\text{Fo}^* = f(b_2/h)$  (рис. 6). По оси ординат представлены значения  $\text{Fo}^*$ , соответствующие времени окончания второго (II) участка на термограммах (1 – 7). Представленная зависимость позволяет определить размеры подложки ИЗ. Например, при  $\text{Fo}^* = 12,3$  толщина подложки измерительного зонда  $b_2 \geq 4,85$  мм.

Численное исследование теплопереноса в полуограниченном теле от линейного источника тепла постоянной мощности позволило рассмотреть вопросы оптимизации процесса при применении разработанного неразрушающего метода для определения ТФС теплоизоляционных

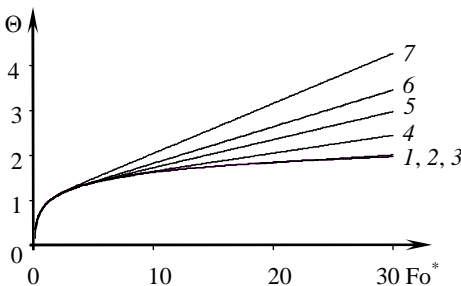


Рис. 5. Термограммы

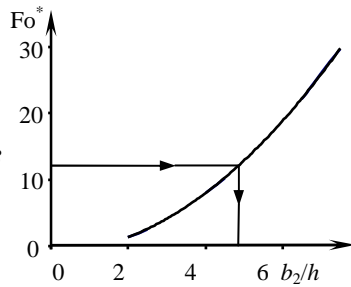


Рис. 6.  $\text{Fo}^* = f(b_2/h)$

материалов и изделий (с кажущейся плотностью не более  $600 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводностью при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  не выше  $0,175 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ), пластических масс и полимерных материалов с температуропроводностью  $a = (0,01 \dots 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  и теплопроводностью в пределах  $\lambda = 0,2 \dots 0,8 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ .

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ГОУ ВПО ТГТУ.*

**УДК 681.2**

*М.А. Каменская, Ю.А. Копылова, Е.Ю. Бучнева\**

### **ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

Наиболее важной характеристикой качества электронных измерительных средств (ЭИС) является метрологическая надежность (МН). Метрологическая надежность определяется характером и темпом изменения во времени нормируемых метрологических характеристик (МХ). При прогнозировании состояния МХ решаются две задачи прогнозирования: прямая и обратная. В результате прямого прогнозирования определяется метрологическая исправность электронных измерительных средств, т.е. состояние ЭИС, определяемое соответствием его нормируемых метрологических характеристик установленным требованиям. При обратном прогнозировании состояния МХ определяется с некоторой доверительной вероятностью величина метрологического ресурса, который оценивается временем выхода МХ ЭИС за допустимые пределы.

Существуют два основных подхода к проблеме оценки и прогнозирования МН ЭИС. Первый подход заключается в проведении длительных испытаний ЭИС на стабильность, причем срок проведения испытаний должен совпадать с длительностью эксплуатации данного ЭИС. Это обстоятельство приводит к тому, что стоимость испытаний возрастает, и сроки, отводимые на проектирование ЭИС, значительно меньше в сравнении с временем для проведения испытаний. В основе второго подхода лежит математическое моделирование нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик исследуемых объектов с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования [1].

Оценка и прогнозирование метрологической надежности ЭИС производится в следующей последовательности. Сначала осуществля-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Т.И. Чернышовой.

ется построение математической модели (ММ) функционирования ЭИС. В общем случае ММ выражает зависимость выходной характеристики от значений входного параметра, параметров комплекующих элементов и внешних влияющих факторов:

$$y = F_1(x, \bar{\xi}, \bar{\varphi}), \quad (1)$$

где  $y$  – выходной параметр;  $x$  – входной параметр;  $\bar{\xi}$  – вектор параметров комплекующих элементов;  $\bar{\varphi}$  – вектор влияющих факторов.

Эта модель строится на основе структурной и принципиальной схем, с привлечением теории графов, теоретических основ электротехники.

Для изучения метрологических свойств ЭИС необходимо иметь аналитические выражения для исследуемых МХ, поэтому математическая модель МХ ЭИС примет вид (2):

$$S(t) = F_2(x, \bar{\xi}(t)). \quad (2)$$

Состояние МХ можно определять, опираясь на данные об изменении параметров элементной базы ЭИС, поэтому целесообразно для формирования базы данных о значениях МХ в различные моменты времени эксплуатации применять статистическое моделирование по данным об изменении во времени случайных параметров элементов.

Результатом проведенного статистического моделирования является полученная совокупность данных, характеризующих математическое ожидание  $m_S(t_1), m_S(t_2), \dots, m_S(t_{k_1})$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_S(t_1), \sigma_S(t_2), \dots, \sigma_S(t_k)$ . Опираясь на полученные данные, проводится построение математической модели процесса изменения во времени метрологических характеристик ЭИС вида:

$$\Psi_{\pm\sigma}(t) = M_S(t) \pm c\sigma_S(t), \quad (4)$$

где  $c = 3$  при  $P = 0,997$ .

Экстраполяция полученной математической модели изменения во времени метрологической характеристики, которая представлена совокупностью аналитических зависимостей, полученных для функции изменения во времени математического ожидания  $M_S(t)$  и функций, характеризующих изменение во времени границ отклонения возможных значений метрологической характеристики от ее математического ожидания, на область будущих значений времени эксплуатации ЭИС дает решение задачи прогнозирования его МН.

Для реализации такого подхода к проблеме оценки метрологической надежности была создана информационная технология (ИТ), по-

звolyющая на основе выбора электронного измерительного средства и соответствующих ему структурных и принципиальных схем произвести выбор из базы данных соответствующих параметров элементов, таких как его номинальное значение, отклонение от номинала, коэффициент старения. Интерфейс ИТ позволяет добавить в библиотеку новые данные, не заложенные ранее в нее разработчиком. После ввода пользователем математической модели функционирования ЭИС производится статистическая обработка данных, затем рассчитывается математическое ожидание  $M_S(t)$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_S(t)$  на области контроля. Пользователь имеет возможность установить оптимальные параметры моделирования: допустимые значения метрологической характеристики и контрольные временные сечения. Информационная технология предусматривает выбор оптимального математического описания процессов изменения метрологических характеристик ЭИС, исходя из возможного вида математической модели:

- экспоненциальная модель  $S(t) = a_0 \exp(a_1 t)$ ;
- логарифмическая модель  $S(t) = \ln(a_0 + a_1 t)$ ;
- полиномиальные зависимости  $S(t) = \sum_{\mu=0}^{\rho} a_{\mu} t^{\rho}$ ,  $\rho \leq 3$ ;
- модели авторегрессии
 
$$S(t_j)^{np} = \overline{S(t)} + \phi_1(S(t_{j-1}) - \overline{S(t)}) + \phi_2(S(t_{j-2}) - \overline{S(t)}) .$$

Разработанная информационная технология позволяет выработать рекомендации на этапе эксплуатации ЭИС, а именно, в зависимости от вида математической модели определить величину межповерочных интервалов, а также скорректировать величину МПИ с учетом темпа изменения МХ во времени, произвести построение графиков для определения минимального и максимального числа измерений метрологических характеристик при поверках.

На рисунке 1 представлена блок-схема ИТ, реализующая этапы оценки метрологической надежности на этапе проектирования.

Предложенная информационная технология позволяет за существенно малые сроки без проведения долговременных испытаний на стабильность прогнозировать состояния нормируемых МХ ЭИС на этапе эксплуатации, определять показатели метрологической надежности, обоснованно выбирать сроки поверок. Таким образом, разработанная ИТ способствует повышению качества функционирования исследуемых электронных измерительных средств.



**Рис. 1. Блок-схема алгоритма оценки метрологической надежности на этапе проектирования**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 96 с.

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

*А.В. Хворова\**

## **ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СТАНЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Основным источником загрязнений экологической системы являются неочищенные или плохо очищенные сточные воды [1]. Это связано с отсутствием оперативного, управляющего органа.

В данной работе предлагается в качестве такого контролирующего органа использовать оператора управления за очистными сооружениями, которые расположены на очистных коммунальных системах (ОКС). Основной функцией оператора очистной станции является принятие решения в сложившейся ситуации и оперативный поиск пути выхода из нее, используя результаты анализа и информацию о текущей ситуации на определенной стадии очистки.

Наиболее эффективным решением при подготовке оператора является использование виртуальных тренажерных комплексов и систем, разработанных на основе последних достижений в области информационных технологий. Основная цель применения таких систем – формирование практических навыков, повышение профессионального уровня управления и контроля.

В современных условиях требования ускоренной и эффективной подготовки квалифицированных кадров для промышленных предприятий приобретают особую актуальность.

В рамках данной работы был разработан виртуальный тренажерный комплекс по отработке действий оператора при последовательном выполнении стадий биологической очистки сточной воды. Для реализации тренажера выбрана среда программирования LabVIEW 7.0. LabVIEW – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments.

Виртуальный тренажерный комплекс дает возможность на примере прохождения сточной воды стадии биологической очистки отследить и урегулировать расход поступающей загрязненной воды с целью достижения установленного уровня очистки воды.

К функциям данного виртуального тренажерного комплекса относятся:

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ В.А. Немтинова в рамках государственного контракта № 02.740.11.0624 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 годы».



- отработка действий операторов станций биохимической очистки в различных условиях функционирования очистного оборудования;
- получение оператором, случайным образом, анализируемых показателей загрязненной воды минуя каждую стадию очистки, а также их обработка, позволяющая оператору приобрести навыки ориентирования при определении уровня загрязнения исследуемой воды;
- принятие оператором последовательности действий для достижения заданного уровня очистки сточной воды;
- получение оператором представления о механизме работы очистного оборудования, такого как: первичный отстойник, аэротенк, вторичный отстойник, воздуходувка, установленного на очистной станции;
- получение значений температуры и pH-состояния, позволяющих оператору убедиться в режиме нормального протекания процесса очистки;
- получение оператором графического отображения зависимости суточного притока сточной воды от времени, позволяющей отследить поступления сточной воды на сооружения ОКС.

В возможности виртуального тренажерного комплекса входят:

- возможность на примере биологической очистки проработать различные варианты прохождения исследуемой воды по имеющимся стадиям очистки;
- возможность подачи сточной воды на параллельно работающую очередь очистного оборудования большего объема, в случае превышения допустимого уровня объема аэротенка или необходимости повышения длительности процесса аэрации в аэротенке;
- возможность ручного и автоматического управления;
- возможность моделирования и отработки аварийных ситуаций и др.

Задачей тренажерного комплекса является имитация процесса управления и взаимодействия между стадиями биологической очистки сточных вод ОКС [2].

Интерфейс виртуального тренажерного комплекса представлен виртуальным инструментом (файлом). В состав тренажера входят файл «3 биологическая очистка.vi» и папка «prиток»(переменные). Этот файл – виртуальный инструмент, в него входят глобальные переменные, информация о которых хранится в папке «prиток». Структура интерфейса тренажера представлена на рис. 1.

Передняя панель тренажера «3 биологическая очистка.vi» состоит из трех областей: область рабочего места оператора и пульт тренажера, область выбора возможной ситуации и область, отображающая суточный приток исследуемой воды.

В первой области упрощенно изображено рабочее место оператора и пульт управления. Изображены основные очистные сооружения, выполняющие последовательную очистку сточной воды.

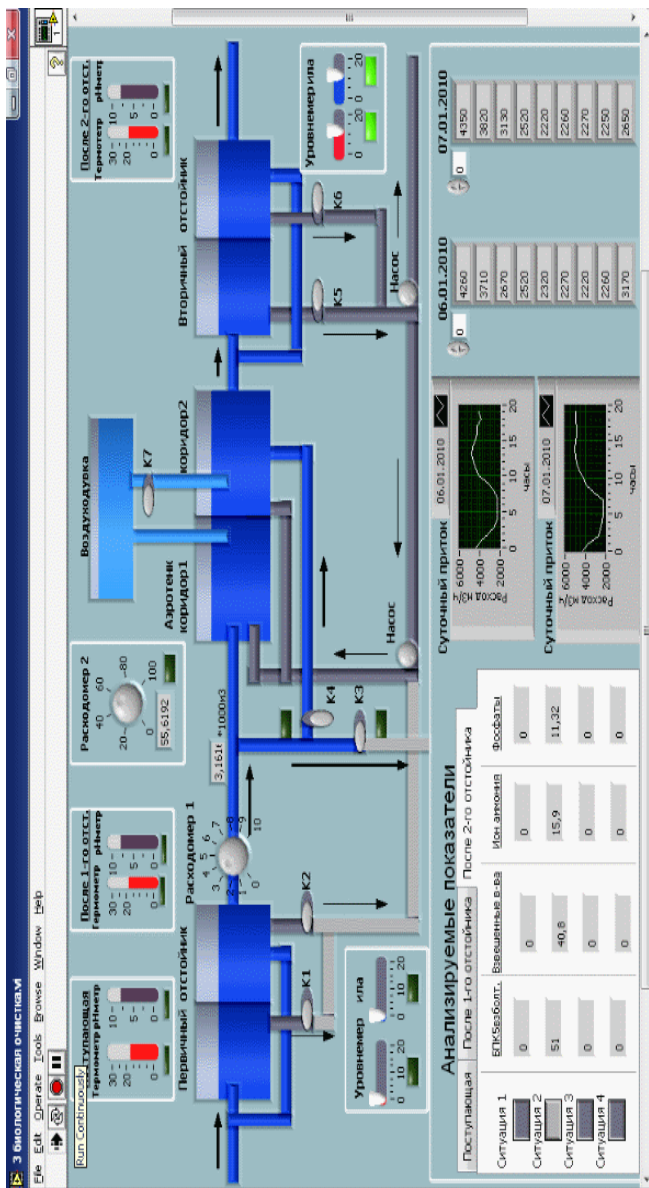


Рис. 1. Передняя панель тренажера управления очистным оборудованием

Во второй области вода, минуя каждую стадию, проверяется на содержание наиболее важных загрязняющих веществ: БПК<sub>5ВЗБОЛГ</sub>, взвешенные вещества, ионы аммония, фосфаты, температуру, pH и др.

Третья область графически отображает зависимость суточного притока исследуемой воды от времени.

За данным тренажером может работать только оператор, ознакомленный с допустимыми значениями анализируемых показателей.

Тренажерный комплекс также включает: описание перехода сточной воды от стадии к стадии; руководство пользователя; контрольные вопросы для самостоятельной предварительной проверки знаний; 2 мультимедийных ролика, демонстрирующих в динамике процесс работы операторов, сопровождаемый звуковыми и текстовыми комментариями. Следует отметить, что данные ролики показывают только основные принципы управления.

Данный тренажер прост в использовании, позволяет приобрести навыки, необходимые оператору в работе с очистным оборудованием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Немтинов, В.А. Информационный анализ и моделирование объектов природно-промышленной системы / В.А. Немтинов. – М. : Издательство «Машиностроение», 2005. – 112 с.

2. Васильев, А.Н. Моделирование процессов управления вторичными водными ресурсами промышленного узла / А.Н. Васильев, В.А. Немтинов // Успехи в химии и химической технологии : сб. науч. тр. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – Т. XXII, № 13 (93). У78. – С. 40 – 44.

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

**УДК 658.564:32.965**

***Б.Х.М. Лам, К.А. Андреев\****

## **ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ**

Доступ в глобальную сеть Интернет позволяет наделить современные АСУ ТП дополнительными возможностями:

– Удаленный мониторинг за состоянием технологического оборудования без использования дорогостоящих выделенных линий свя-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ И.А. Елизарова.

зи – достаточно наличия телефонной линии и модема ADSL или только модема 3G.

– Дистанционное управление территориально удаленными технологическими объектами без использования дорогостоящих выделенных линий связи.

– Дистанционная отладка системы управления. При этом сокращаются транспортные затраты, повышается оперативность и уменьшаются вынужденные простои оборудования.

Существуют два подхода для осуществления доступа через интернет к удаленным технологическим объектам и построения единой системы диспетчеризации:

1. Применение SCADA-системы с поддержкой Web-сервера («Web-Контроль» компании КРУГ-2000 (г. Пенза) или «Web Activator» – AdAstrA (г. Москва). Этот подход является наилучшим решением с точки зрения эффективности и надежности, так как применяемый механизм разрабатывается крупными компаниями. Но при наличии большого количества сравнительно небольших территориально распределенных объектов управления (например, модульных котельных или канализационных насосных станций, повысительных насосных станций) такой подход оказывается неэкономичным из-за большой стоимости реализации системы диспетчеризации.

2. Применение PC-совместимых контроллеров с поддержкой Web-сервера. Такой подход не требует наличия персонального компьютера с установленной SCADA-системой. Контроллер одновременно выполняет сбор сигналов от датчиков, реализацию алгоритмов управления и формирование команд управления исполнительным механизмом, а также играет роль Web-сервера. Удаленный пользователь путем непосредственного обращения к этому Web-серверу имеет возможность наблюдать за состоянием технологического оборудования, ходом технологического процесса, а также дистанционно управлять (при наличии у пользователя соответствующих прав) технологическим процессом.

Для многочисленных объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), которые характеризуются небольшой информационной мощностью и территориальной распределенностью, при построении систем диспетчеризации более рациональным является использование второго подхода.

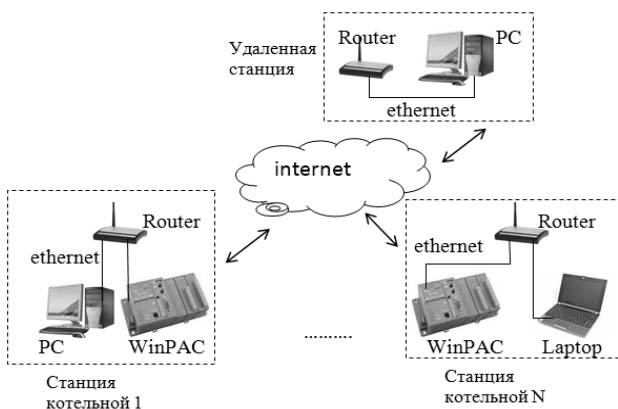
На кафедре «Информационные процессы и управление» ГОУ ВПО ТГТУ разработана система диспетчеризации территориально удаленных объектов ЖКХ (на примере модульных котельных) с использованием WEB-технологий (рис. 1).

Система диспетчеризации обеспечивает мониторинг основных параметров технологического процесса в модульных котельных: температуры и давления воды, расхода и количества газа и воды, времени наработки насосов, а также возникновения на объекте внештатных ситуаций (авария, пожар, несанкционированное проникновение и др.). Кроме того, система диспетчеризации предоставляет возможность по оптимизации режимов работы котельной в зависимости от условий окружающей среды и т.д.

Разработанная система построена на базе PC-совместимых контроллеров WinPAC WP-8437 с набором модулей дискретного и аналогового ввода/вывода серии I-8000 (производитель – компания ICP DAS) и PC-совместимого компьютера, играющего роль удаленной рабочей станции оператора-диспетчера. И контроллеры и компьютеры имеют выход в глобальную сеть Internet через различные сетевые структуры (роутеры, шлюзы и др.).

Управляющий контроллер WinPAC выполняет сбор сигналов от датчиков, установленных на объекте управления, предварительную обработку сигналов (фильтрацию и масштабирование), реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления, ведение архивов по критическим технологическим параметрам в энергонезависимой памяти, передачу и прием информации из сети, поддержку работы встроенного Web-сервера.

Загрузку прикладного программного обеспечения в контроллеры возможно осуществлять с использованием обычных PC-совместимых компьютеров (или ноутбуков), подключенных к локальной сети Ethernet или дистанционно через сеть Internet.



**Рис. 1. Структура системы диспетчеризации**

Пользователь системы диспетчеризации (оператор, диспетчер) практически с любого компьютера, имеющего доступ в сеть Internet, имеет возможность осуществлять мониторинг за ходом технологического процесса и состоянием технологического оборудования, осуществлять дистанционное управление оборудованием, дистанционную параметризацию контроллера (изменение параметров настройки и уставок регуляторов). При этом специального программного обеспечения на компьютерах практически не требуется, достаточно обычного браузера (например, Opera, Internet Explorer и др.).

Возможность реализации такого подхода стала возможной вследствие того, что некоторые современные контроллеры (в том числе и контроллер WinPAC) поддерживают механизм WebHMI (дословно – человеко-машинный интерфейс посредством Web-технологий).

При разработке WebHMI возможно использовать подходы, применяющиеся при построении Web-страниц: языки HTML, Javascript, каскадные таблицы стилей CSS. Для облегчения процесса создания WebHMI на контроллерах WinPAC компанией ICP DAS предоставляется специализированная библиотека функций. При построении WebHMI особое внимание уделяется вопросам защиты информации. WinPAC поддерживает три уровня безопасности (priority low, priority middle, priority high), у каждого есть свои логин и пароль. Пользователю можно выбрать и установить права для каждого уровня безопасности (разрешение на отправление команд управления, разрешение на изменение параметров контроллера).

На рисунке 2 показан пример построения человеко-машинного интерфейса для одного из котлов модульной котельной.

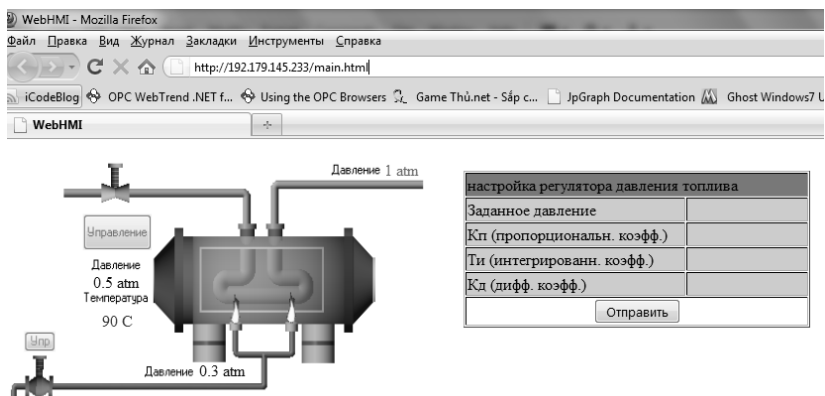


Рис. 2. Пример интерфейса пользователя

На нем отображаются: входное и выходное давления воды в магистрали, давление подаваемого топлива и температура подаваемой в магистраль воды. Пользователь может наблюдать за состоянием технологических параметров, отправлять команды управления, а также осуществлять настройку ПИД-регулятора.

Разработанные механизмы построения системы диспетчеризации могут использоваться для построения эффективных и экономичных систем диспетчеризации территориально распределенных объектов (в том числе и объектов ЖКХ).

*Кафедра «Информационные процессы и управление» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 658**

*М.С. Фролова\**

### **ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСТАВОК МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ К ТОРГОВОМУ ПОСРЕДНИКУ**

Оказание полноценной медицинской помощи населению не может быть решено без комплексного оснащения лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) медицинским оборудованием (МО).

Для решения задач модернизации и технического перевооружения ЛПУ необходимо создать научные основы комплексного подхода к оснащению ЛПУ МО, рассмотреть этот процесс с позиции системного анализа и логистики.

Логистика – есть процесс планирования, выполнения и контроля потоков сырья, материалов, готовой продукции, связанной с ними информации, финансов в определенной микро-, мезо- или макроэкономической системе для достижения поставленных перед нею целей с оптимальными затратами ресурсов.

Логистическая система – устойчивая совокупность взаимосвязанных логистических звеньев, выполняющая те или иные логистические операции, имеющая развитые связи с внешней средой, целью которой является выполнение единого логистического процесса.

На рисунке 1 показаны основные обозначения, которые принимаются нами для построения логистической системы. Здесь в обозначении логистической операции знак логистической операции разделен

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ В.М. Строева.

чертой, где в верхней части записывается время в днях, затрачиваемое на выполнение логистической операции.

В обороте МО промежуточным звеном между ЛПУ, которое необходимо оснастить, и Производителем МО является торговый посредник (ТП). Такое положение имеет место по многим причинам. Во-первых, большое количество ЛПУ – государственных и негосударственных ЛПУ в РФ около 40 тыс. Производитель МО не в состоянии строить взаимоотношения с таким большим количеством ЛПУ. Поэтому происходит декомпозиция задачи поставок МО от Производителя к потребителю через ТП. Специализируется ТП по работе с конкретным регионом и по видам МО. Во-вторых, процесс поставок МО связан со сложной процедурой сертификации, закупок на конкурсной основе, маркетингом, доставкой продукции и т.п. Управлять процессом для Производителя чрезвычайно сложно.

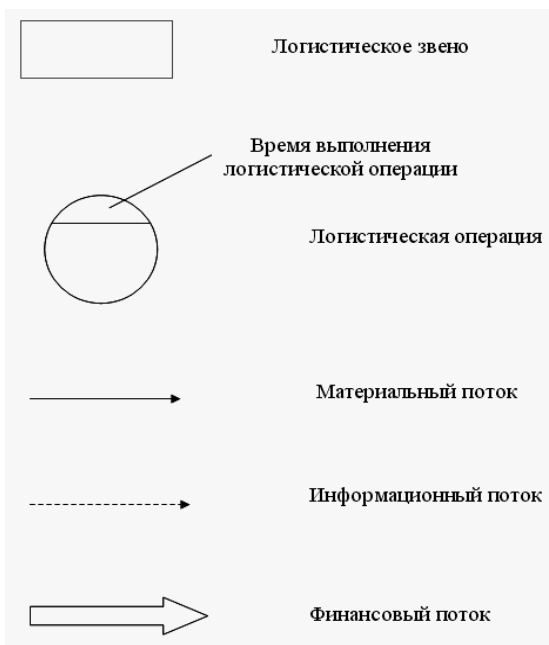


Рис. 1. Основные обозначения в логистической схеме

На рисунке 2 показана логистическая система процесса поставок МО от отечественного Производителя к ТП.

**Разработка технических условий производства.** Основным документом при производстве любого продукта, включая МО, на территории РФ являются Технические условия проекта производства (ТУ).



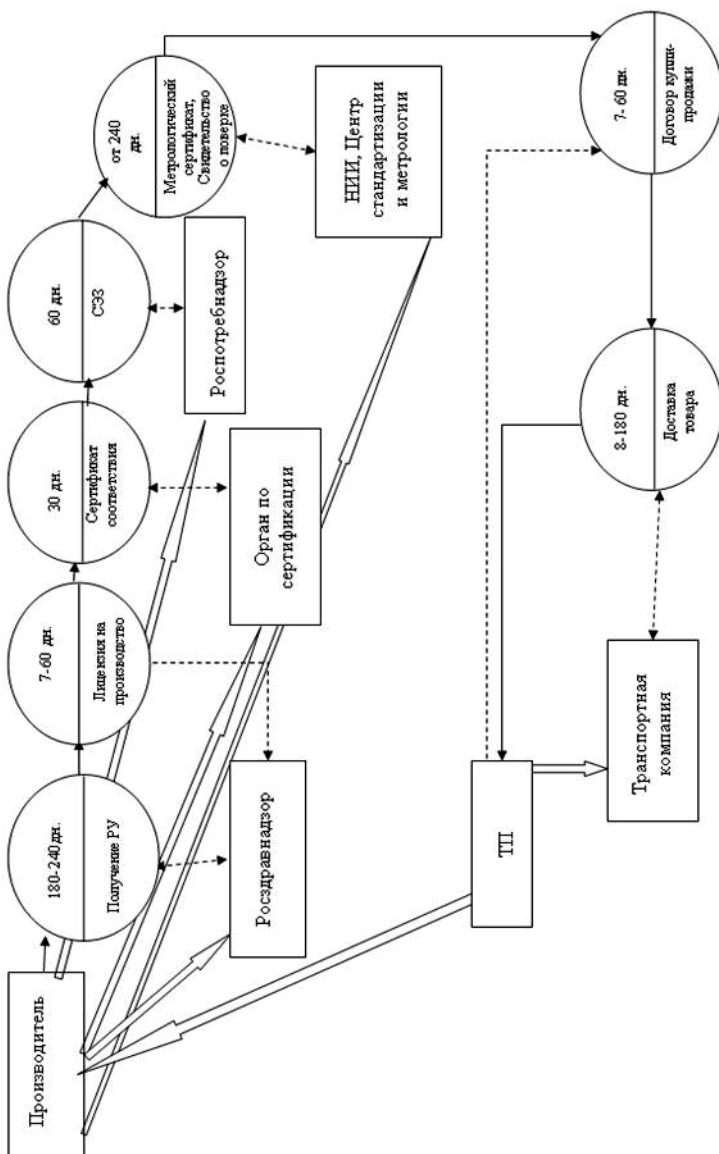


Рис. 2. Логистическая система процесса поставок МО от отечественного Производителя к ТП

ТУ – документ, устанавливающий технические требования, которым должна удовлетворять продукция, а также процедуры, с помощью которых можно установить, соблюдены ли данные требования.

В ТУ описываются все технические требования и методы испытаний для серийного выпуска МО в соответствие со стандартами и нормами, принятыми ГОССТАНДАРТОМ при производстве данного вида МО. ТУ – внутренний документ Производителя и не предоставляется ТП и ЛПУ. Без наличия ТУ невозможно получение регистрационного удостоверения (РУ) на отечественное МО.

**Получение регистрационного удостоверения.** Процедура получения РУ для отечественного Производителя:

1. Документация по ТУ отправляется на согласование в техническую лабораторию для проведения технических испытаний, где наряду с техническими испытаниями проводятся также испытания на токсичность изделия. Процесс согласования занимает от 3 недель до 1,5 месяца. Испытание изделия длится 3–4 месяца.

2. «Пакет документов», включая протоколы испытаний, заключения по ТУ и т.п., отправляется в Росздравнадзор, который выдает заключение о годности данного изделия к применению.

3. На основе экспертного заключения выдается документ о регистрации данного изделия на территории РФ как изделия отечественного производства (РУ). Регистрация длится от 2-х месяцев.

Сроки действия РУ старого образца на отечественное МО – 5 лет. С 2008 года срок действия РУ неограничен. Стоит отметить, что правила по срокам действия РУ постоянно меняются.

**Лицензия на производство.** Для серийного выпуска оборудования и легальной продажи необходима лицензия на производство, которая выдается на базе ТУ и РУ. Лицензия на производство необходима только для производства МО. Лицензия, как и все регистрационные документы, выдается Росздравнадзором на 5 лет.

**Получение других отраслевых документов.** После получения ТУ, РУ и лицензии на производство необходимо получить следующие документы: Сертификат соответствия, Санитарно-эпидемиологическое заключение (СЭЗ), Сертификат внесения в реестр средств измерения, Метрологический сертификат и Свидетельство о поверке.

После того, как на товар были получены все отраслевые документы, МО может быть продано на рынке. Заключается договор купли-продажи между отечественным Производителем и ТП. Происходит доставка товара ТП. Далее от ТП МО поступает в ЛПУ.

Таким образом, единый логистический процесс, обеспечивающий поставку МО от Производителя через ТП в ЛПУ, является сложной системой и требует привлечения значительных финансовых и организационных ресурсов.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 347.44**

*А.В. Рудакова*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ ДОГОВОРОВ ПОСТАВКИ**

Договор поставки является наиболее популярным коммерческим договором, заключаемым между субъектами бизнес-отношений (государством, юридическими лицами и предпринимателями). В отношении договора поставки для государственных нужд разработаны отдельные правила, строго регламентированные Гражданским кодексом РФ, и формы-образцы договоров, чего не скажешь о договорах поставки между предпринимателями и юридическими лицами. В данном случае законодатель предоставил им свободу договорных отношений, не выходящих за рамки законодательства Российской Федерации. Это обстоятельство еще раз доказывает сложность составления данного вида договора, поскольку четкого и согласованного шаблона для всех субъектов данного вида договорных отношений не существует. Пожалуй, на просторах Интернета и в многочисленных сборниках договоров можно встретить типовые формы договоров поставки, содержащие в себе только лишь общие, порой сухие и необоснованные формулировки, ставящие под сомнения правильность и актуальность того или иного пункта договора. Конечно, очень сложно предусмотреть все условия, отвечающие интересам поставщика и покупателя, но именно правильное и законно обоснованное составление договора поставки сможет уберечь стороны от рисков и долгих судебных разбирательств в случае возникновения споров, претензий или форс-мажорных обстоятельств. Одним из самых важных критериев правильно составленного договора поставки является наличие всех существенных условий договора, без которых договор теряет смысл. На эти важные обстоятельства и будет сделан акцент при создании автоматизированной системы составления договоров поставки.

Для грамотного и правильного составления любого договора, в частности договора поставки, надо привлекать квалифицированного юриста или самостоятельно изучить множество специальной литературы.

Несмотря на то что программ для составления договоров и средств автоматизации на современном рынке множество, все-таки они рассчитаны на достаточно широкий круг специалистов в области договорного права, что не всегда удобно для решения той или иной конкретной задачи (например, составления договора поставки). Кроме того, многие такие программные продукты являются довольно дорогостоящими, требуют дополнительного обслуживания или обучения персонала.

Поэтому считаем целесообразным создание автоматизированной системы составления договоров поставки, которая избавит субъектов данных договорных отношений от такой работы.

Поскольку держать у себя в штате юристов или пользоваться юридическими услугами достаточно дорого, а на самостоятельное составление грамотного договора может уйти большое количество времени, воспользовавшись такой системой, можно сэкономить и время, и деньги.

Для разработки системы, которая позволит, не обращаясь к юристам, в автоматизированном режиме составить договор, нужно, прежде всего, разработать примерный шаблон договора-поставки. Затем создать программу, которая с помощью заложенного в нее пошагового алгоритма поможет пользователю путем выбора предложенных в программе вариантов и условий составить договор, отвечающий необходимым критериям, сохранить документ в необходимом ему месте и распечатать.

При проектировании автоматизированной системы составления договоров поставки необходимо разработать примерный шаблон документа договора поставки, который будет служить основой для всех договоров, составляемых данной системой.

Поскольку каждому пользователю для каждого договора поставки надо создавать новый документ, использование шаблона, созданного в привычном для многих приложении Microsoft Word, позволит упростить и ускорить подготовку новых документов, тем самым сэкономив время пользователя. Шаблон представляет собой заготовку или пустой бланк, в котором пользователь в соответствии со своими задачами заполняет нужные графы собственной информацией.

В Word имеются шаблоны для большинства общепринятых документов, таких как деловые письма, служебные записки, отчеты. Однако разработчик может создать свой шаблон, отвечающий требованиям конкретной задачи. Например, любому предприятию необходим официальный бланк. Его можно создать в программе Microsoft Word и сохранить в виде шаблона для последующего использования [1].

Прежде чем создать шаблон договора поставки, была подготовлена его логическая структура. Таким образом, договор поставки состоит из следующих основных частей.

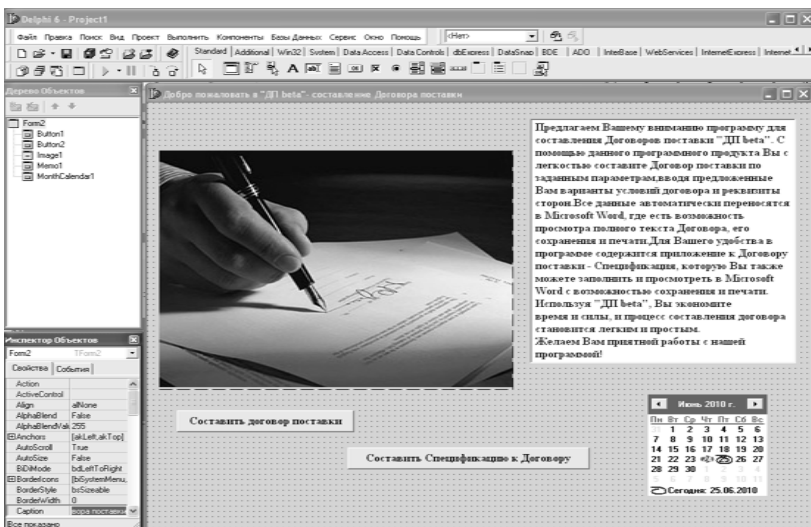
1. «Шапка» договора (место и время его составления).
2. Стороны, заключающие договор.
3. Предмет договора.
4. Цена и сумма договора.
5. Порядок поставки.
6. Качество и комплектность.
7. Ответственность сторон.
8. Порядок разрешения споров.
9. Прочие условия.
10. Адреса и платежные реквизиты сторон.

После того как основные шаблоны, которые будут использоваться в системе, разработаны, необходимо разработать программу-оболочку для автоматизированной системы составления договоров поставки. Оболочка будет создаваться с помощью интегрированной среды разработки Delphi, которая позволяет обеспечить высокую эффективность процесса и достаточно высокую производительность созданных в данной среде программ и приложений. Среду Borland Delphi можно рекомендовать как универсальное средство разработки приложений различного уровня сложности, начиная от простейших задач до крупных проектов [2].

Для удобства работы с формой-заставкой программы размещаем на ней необходимые нам кнопки: кнопку для составления договора поставки и кнопку для составления спецификации к договору. Для этого с вкладки Standart выбираем компонент Button и создаем нужные нам кнопки. В свойстве кнопок Caption меняем стандартное название кнопок на «Составить Договор поставки» и «Составить спецификацию к Договору». Каждую из кнопок необходимо запрограммировать так, чтобы в дальнейшем при их нажатии открывалась соответствующая форма – для составления договора поставки либо для составления спецификации.

Для удобства работы с программой на форме-заставке разместим календарь (вкладка Win32 компонент MonthCalendar). При помощи этих инструментов мы можем на заставке видеть календарь, дату с обведенным сегодняшним числом. С помощью компонента Memo вкладки Standart делаем небольшое описание разрабатываемой программы, размещаем в данном поле вводное и приветственное слово, знакомим пользователя с программой (рис. 1).

Затем создаем вторую форму – в дальнейшем окно программы для составления договора поставки. Для размещения вспомогательных



**Рис. 1. Рабочая область создания первой формы**

надписей для пользователя используем компонент Label с вкладки Standart, создаем таких записей ровно столько, сколько того требует правильное и грамотное составление договора. Для взаимодействия программной оболочки с приложением MS Word расположим на форме компонент WordApplication с вкладки Servers.

После того как завершена работа над этой формой, приступаем к созданию третьей формы «ДП beta».

Таким образом, в интегрированной среде разработки Delphi, которая представляет собой механизм, обеспечивающий высокоэффективную работу пользователя, с использованием шаблонов, созданных в текстовом процессоре Word, была разработана автоматизированная система составления договоров поставки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Создаем шаблон документа в Word [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.allpravo.ru/>.
2. Фленов, М.Е. Библия Delphi : учеб. / М.Е. Фленов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 880 с.

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

*Е.С. Щербаков\**

## **ПОНЯТИЕ КАРДИНГА В СОВРЕМЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРАКТИКЕ**

Слово «кардинг» уже прочно вошло в лексикон наших правоохранительных органов. С развитием в экономики в нашей стране в обиход граждан прочно попала банковская пластиковая карточка, дающая неоспоримые преимущества перед обычными деньгами. Сейчас большая часть населения использует пластиковые карты для начисления и хранения заработной платы, пенсии; при оплате покупок как в реальных, так и в интернет-магазинах. Конечно, криминальный мир не мог обойти эту новую для него систему, связанную с деньгами.

Так что же такое кардинг? Кардинг (от английского carding) – род мошенничества, при котором производится операция с использованием банковской карты или ее реквизитов, не инициированная или не подтвержденная ее держателем. Проще говоря, кардинг – это незаконное получение реквизитов банковской карты различными способами для дальнейшего ее использования. Для лучшего понимания масштабов этого мошенничества приведем некоторые цитаты из доклада испанского производителя средств безопасности Panda Security «Черный рынок киберпреступлений».

«Когда я исследовал эту область в 2007 году, было только несколько мест, где можно совершить такого рода операции, и большая часть мест были расположена в России. Но теперь они везде. Так просто делать это, и мы, как индустрия, не можем их остановить», – говорит технический директор Panda Labs Луис Корронс.

И хотя электронные платежные средства пришли в нашу страну далеко не так быстро, как в страны западного мира, специалисты, ставшие впоследствии мошенниками-кардерами, начали формироваться именно в России. Хотя, конечно, полем их деятельности служат страны, где пластиковые карты используются на порядок чаще, чем в нашей стране, и соответственно, суммы находящиеся в оборотах, – выше.

Мошенничество в этой сфере приносит мошенникам очень большие деньги.

Ущерб почти в 25 млн. долларов причинили американским банкам два хакера из России. В ноябре 2000 года в США ФБР поймало хакеров из Челябинска: 20-летнего Алексея Иванова и 25-летнего Ва-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Н. Чернышова.

сиялия Горшкова. Россиянам удалось взломать компьютерные системы нескольких компаний и украсть номера кредитных карт, в частности они похитили 15,7 тыс. номеров кредитных карт из Western Union.

Несколько миллионов долларов сумел украсть из иностранных банков одесит Дмитрий Голубов. С помощью созданного им сайта Carderplanet.com примерно 7 тыс. мошенников-кардеров продавали друг другу краденые данные о банковских счетах по всему миру. Преступник был задержан 7 июля 2005 года и провел в тюрьме шесть месяцев.

Одним из самых масштабных преступлений в области кардинга считается взлом глобального оператора кредитных карт Worldpay и кража с помощью его данных более 9 миллионов долларов США. В ноябре 2009 года по этому делу были предъявлены обвинения преступной группе, состоящей из граждан СНГ. Взлом компьютерной сети филиала платежной системы RBS WorldPay в Атланте был осуществлен в 2008 году. Хакеры тогда скопировали сведения о владельцах платежных карт и их пин-коды. С использованием украденных данных были изготовлены поддельные банковские карты, и в течение 12 часов деньги были сняты в двух тысячах банкоматах по всему миру.

Благодаря высокому развитию Интернета кардинг стал одним из самых распространенных преступлений в сети. Одной из особенностей кардинга стало то, что потерпевшая сторона может находиться за тысячи километров от преступника. Также собираются преступные группы, члены которых могут находиться в разных странах, но с помощью современных информационных технологий действуют четко и организовано. Из-за различия законодательных систем в разных странах, по-разному характеризующих виды новых компьютерных преступлений и ответственности за них, преступники могут находиться в благоприятном месте для совершения компьютерного мошенничества и почти или вовсе безнаказанно совершать свои злодеяния. Все более совершенствующийся инструментарий и программные средства позволяют злоумышленникам выходить на новый уровень эффективности совершения преступлений, сокрытия улик и избежания наказания. Все это приносит правоохранительным органам большие трудности в расследовании таких преступлений, как кардинг.

В Российском законодательстве данный вид преступления проходит по статье 187 УК РФ.

Статья 187. Изготовление или сбыт поддельных кредитных либо расчетных карт и иных платежных документов.

1. Изготовление в целях сбыта или сбыт поддельных кредитных либо расчетных карт, а также иных платежных документов, не являющихся ценными бумагами, – наказываются лишением свободы на срок от двух до шести лет со штрафом в размере от ста тысяч до трехсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного года до двух лет.



2. Те же деяния, совершенные организованной группой, наказываются лишением свободы на срок от четырех до семи лет со штрафом в размере до одного миллиона рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до пяти лет либо без такового.

Сразу видно, что понятие кардинга выходит за рамки данной статьи Уголовного Кодекса, так как при кардинге преступнику не нужна сама пластиковая карточка, а требуется только ее номер, проверочный CVV/CVV2 код (трехзначный или четырехзначный код проверки подлинности карты платежной системы), имя собственника карты и данные, связанные с собственником (адрес, телефон и т.д.). На основании этих данных преступник и совершает хищение денежных средств с карточки. По сути он не подделывает карточку, как материальный объект она ему не нужна, а просто незаконно использует секретные данные. Соответственно в его деяниях не присутствует сбыт (продажа) карточек, преступник продает лишь информацию о ней, т.е. состав преступления выходит на новый, виртуальный уровень, так как физические составляющие, а именно – платежные документы, отходят на второй план, а основополагающее место занимает информация об этих документах, а именно конфиденциальные сведения, хранящиеся в базах данных на компьютерных носителях.

Интересно, что если рассматривать кардинг поэтапно и разбить его на несколько последовательных стадий, то получится, что одним из первых этапов совершения преступления будет неправомерный доступ к информации, позволяющий использовать нужную банковскую карту для дальнейших целей, т.е. доступ к компьютерной информации. Данный вид преступления классифицируется статьей 272 УК РФ и подходит под вид компьютерных преступлений. Здесь же существует несколько оспариваемых нюансов, связанных с копированием информации, но в данном случае это является не столь принципиальным.

Неправомерный доступ к личным данным может быть осуществлен несколькими путями: с помощью программно-аппаратных средств и методов, таких как взлом системы (например, системы безопасности банка), проникновение в исходные коды приложений с целью завладения администраторскими правами и возможностями, а также внедрение вредоносных программ, с помощью которых также возможно получение конфиденциальной информации. Все это подходит к статье 272 УК РФ.

Но также имеются случаи, когда преступники получают данные банковских карт, вводя в заблуждение их собственников или злоупотребляя их доверием. Примерами являются случаи, когда люди получали ссылки на подставные веб-сайты несуществующих интернет-магазинов, где пытались купить какой-либо товар, формировали заказ и затем вво-

дили данные своих банковских карт. Соответственно никаких торгово-финансовых операций не происходило, а данные карт уже были получены мошенниками, а это уже классифицируется Уголовным Законодательством как мошенничество и проходит по статье 159 УК.

Далее злоумышленники занимаются изготовлением поддельных банковских карт с реквизитами жертв и дальнейшим их распространением – уже упоминаемая статья 187, относящаяся больше к «реальному кардингу».

Виртуальный же кардинг заключается в доступе к финансовым сбережениям, находящимся на банковской карте, и использовании их в виртуальном компьютерном пространстве – интернет-магазинах, электронных платежных системах и так далее.

Таким образом, очевидно, что кардинг при данном рассмотрении является многосоставным преступлением и, значит, должен регулироваться еще и статьей 69 УК РФ.

Таким образом, основываясь на развитии современных технологий, необходимо внести более четкие понятия, связанные с кардингом, обозначить новые нормы ответственности за преступления, для того, чтобы своевременно реагировать и противостоять им.

Рядовому же собственнику стоит принять меры безопасности своего имущества, а именно:

- открывать карточку в крупном банке, имеющем свой процессинговый центр и позволяющем оперативно контролировать остаток средств на счете;
- по возможности хранить деньги на нескольких картах;
- установить предел суммы, возможной для снятия с карты за один раз или за один день;
- использовать для финансовых операций только проверенные интернет-порталы, имеющие свои системы безопасности, избегать интернет-сайты сомнительного типа;
- при возникновении подозрений относительно банковских операций со своей картой сразу же взять выписку с банка со списком транзакций, реквизитами торговых точек, с которыми производились операции; попытаться опознать свои транзакции. При взломе банковской карты транзакции с нее идут небольшими суммами, но в течение нескольких дней наносят значительный урон.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The cyber-crime black market: uncovered // Panda security, 2011. – <http://press.pandasecurity.com/press-room/reports/>

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАПОЛНЕНИЯ  
СВЕДЕНИЙ О СТОРОНАХ ДОГОВОРОВ**

Изучение программных продуктов, автоматизирующих правовую работу по составлению договоров, позволило понять, что уникальных программ, охватывающих специфику всех договоров, не существует. Даже лучшие из них не имеют полного набора условий договоров. Разработка таких приложений является довольно сложным процессом, потому что задачи, реализуемые ими, слишком широки для автоматизации и в полной мере могут быть автоматизированы, скорее всего, с помощью систем искусственного интеллекта. Поэтому целесообразнее сначала создать программы конкретно для каждого вида договора.

К примеру, следует разработать автоматизированную систему для заполнения сведений о сторонах договоров купли-продажи, которая позволит сократить время на составление договора за счет предоставления пользователю достоверной и полной информации о существующих сторонах.

Прежде чем приступить к разработке любой программы в первую очередь необходимо сделать техническое задание на проект. Составление технического задания значительно упрощает решение поставленной задачи, поскольку разработчику дается некое представление о том, что пользователь хочет увидеть в своей программе.

В основу разработки системы по автоматизации сторон договора положена схема, представленная на рис. 1.

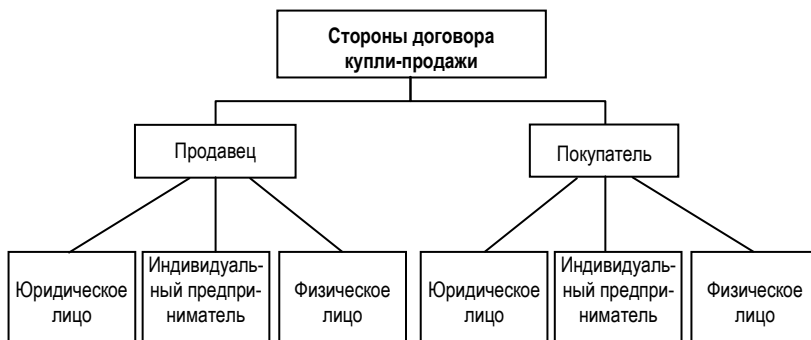
Знания одних только лиц, выступающих в договоре на стороне Продавца или Покупателя, явно недостаточно для создания программы. Нужно знать, какие сведения подлежат занесению в договор в отношении каждого лица в зависимости от его статуса. На основе подготовленных сведений выстроен алгоритм разрабатываемой программы.

Разработанная система состоит из двух окон. При запуске программы первым открывается окно «Договор», на котором содержится краткая аннотация по работе с программой. Для дальнейшего продолжения работы пользователь нажимает на кнопку «Начать работу».

Принцип работы программы понятен простому пользователю: при выборе лиц, выступающих на стороне Продавца и Покупателя, необходимо заполнить данные графы, которые появляются в соответствии с выбором лиц. После чего данные автоматически переносятся в шаблон текстового документа. Преамбула договора купли-продажи готова.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Е.В. Бурцевой.



**Рис. 1.** Схема сторон договора купли-продажи

Главное окно программы – это Form1 в Delphi. Второе окно программы «Сведения о сторонах» является основным, поскольку в нем пользователь и продолжает свою работу (рис. 2). Условно окно программы поделено на две части. Верхняя часть отведена для заполнения сведений о Продавце, нижняя часть – о Покупателе. Под заголовком «Продавец» расположены 3 вкладки: индивидуальный предприниматель, юридическое лицо, физическое лицо – в зависимости от того, какое лицо по своему статусу выступает в договоре на стороне Продавца.

В случае, если у пользователя возникнут трудности по правильному заполнению сведений в некоторых полях, при наведении на них появится подсказка, как заполнить нужное поле.

После того как все данные о Продавце и Покупателе будут заполнены, программа имеет возможность автоматического переноса этих данных в текстовый документ Word. Для этого в нижней части окна имеется панель «Стороны договора» с девятью кнопками (рис. 2).

Шаблон документа создан в приложении Microsoft Office MS Word – наиболее распространенном текстовом процессоре. Тестовый документ имеет некоторые общие формулировки, а места, куда по тексту должны вставляться сведения из программы, сделаны с помощью закладок.

Разработанная автоматизированная система заполнения сведений о сторонах договоров содержит подробную информацию о том, какое лицо может выступать на стороне продавца или покупателя договора купли-продажи, полные сведения, подлежащие заполнению. При этом никакой путаницы о том, какие сведения заполнять для какого лица, не возникнет, вся информация изначально разбита на лица в соответствии с договором купли-продажи.

Система предназначена для создания индивидуальных договоров купли-продажи и позволяет достаточно быстро создавать юридически грамотный договор купли-продажи юристам, а также предпринимателям, руководителям, бухгалтерам и гражданам, осуществляющим куплю-продажу. Программа не является сборником договоров. Каждый

**Сведения о сторонах**

Город \_\_\_\_\_

Продавец \_\_\_\_\_

индивидуальный предприниматель    юридическое лицо    физическое лицо

**ДАННЫЕ**

ФИО \_\_\_\_\_    Паспортные данные    серия \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Дата рождения \_\_\_\_\_ г.    Дата выдачи \_\_\_\_\_ г.

Адрес места жительства \_\_\_\_\_

**Покупатель**

индивидуальный предприниматель (ИП)    юридическое лицо (ЮЛ)    физическое лицо (ФЛ)

**ДАННЫЕ**

Организационно-правовая форма \_\_\_\_\_    Дата регистрации \_\_\_\_\_ г.    В лице (наименование должности) \_\_\_\_\_

Фирменное наименование \_\_\_\_\_    ОГРН \_\_\_\_\_    ФИО \_\_\_\_\_

Наименование Инспекции УФНС \_\_\_\_\_    Серия и номер свидетельства    XX \_\_\_\_\_    Документ-основание \_\_\_\_\_

**Стороны договора**

ИП-ЮЛ    ИП-ФЛ    ИП-ИП    ЮЛ-ЮЛ    ЮЛ-ИП    ЮЛ-ФЛ    ФЛ-ФЛ    ФЛ-ИП    ФЛ-ЮЛ

**Рис. 2. Сведения о сторонах**

формируемый в программе договор учитывает специфику именно конкретной сделки. Для определения особенностей сделки программа имеет алгоритм, переходя по которому пользователь легко может заполнить преамбулу договора необходимыми конкретно для данного договора сведениями. На основе внесенных пользователем данных программа сформирует индивидуальный договор. Следует отметить, что в программе для некоторых необходимых для заполнения полей имеются списки-справочники, из которых пользователь может выбрать нужные ему данные. Эта возможность способствует более быстрой подготовке преамбулы и позволяет избежать возможных при «ручном» вводе информации орфографических ошибок. Программа имеет удобный пользовательский интерфейс, что позволяет освоить работу с программой самостоятельно, без дополнительного обучения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. QuickDoc Конструктор договоров [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.quickdoc.ru/>.
2. Блиц договор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blitz-doc.ru/>.

# ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В ХИМИЧЕСКОЙ И БИОТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 664.959.5

*Г.А. Хаустова\**

## РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В питании населения России в XXI веке важная роль отводится пищевым продуктам функционального назначения, сбалансированным по основным макро- и микронутриентам и обладающим повышенной биологической ценностью. Рыбообрабатывающая промышленность относится к одной из отраслей пищевой промышленности, в которой используется большое количество вторичных материалов, представляющих собой ценное в пищевом отношении сырье, комплексная переработка которого может обеспечить получение новых рыбных продуктов повышенной пищевой ценности (обогащение мышечной ткани минеральными веществами, незаменимыми жирными кислотами и другими жизненно необходимыми веществами) [1].

Для обоснования рациональных путей использования прудовых рыб необходима информация о массовом выходе и потенциальных возможностях переработки данного вида сырья с точки зрения экономической целесообразности [4]. Были проведены исследования массовых характеристик вторичных продуктов и отходов, формирующихся при переработке прудовых рыб, пользующихся устойчивым потребительским спросом на рынке продовольственных товаров Черноземья. Согласно полученным результатам, во всех случаях наибольший массовый выход имела мышечная ткань независимо от вида рыб, при этом ее выход для толстолобика составил 36,9%, для карпа и карася соответственно 41,3; 38,8%. Весьма важно отметить, что на долю головы, кости, внутренностей (общ.), плавников приходится значительное количество от массы продуктов разделки, для карпа массовый выход составил 44,6%, для толстолобика, карася соответственно – 54,4; 49,4%, что позволяет говорить о разработке мероприятий по ее рациональному использованию и вовлечению в основное производство.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Л.В. Антиповой.

С целью максимального и рационального использования вторичных продуктов и отходов переработки рыб, необходимы объективная всесторонняя химическая оценка и комплексная разработка соответствующих способов, для чего требуются разработка новых нетрадиционных подходов и передовых методов их переработки, корректировка традиционных технологий при выпуске различных видов продукции. К одним из таких нетрадиционных подходов можно отнести применение кож прудовых рыб для получения дубленого кожевенного полуфабриката.

Кожа рыб характеризуются исключительной легкостью. В зависимости от вида рыб масса кож, снятых с филе, составляет от 2 до 8% от массы самой рыбы. Масса рыбьей кожи складывается из массы кожной ткани и массы чешуи, которую в процессе переработки сырья удаляют. Однако знание массовой доли чешуи со всей кожи имеет важное технологическое значение, так как позволит, например, скорректировать расход реагентов, используемых в процессе переработки сырья. Как известно [1], чешую не удаляют во время первичной обработки, чтобы не повредить лицевую поверхность кожи. Она является дополнительным утяжелителем (нагрузкой) еще на первых этапах выделки, так как ослабление ее связи с кожной тканью и теклость наступают только по завершении отмоки и обезжиривания, что приводит к повышенному расходу реагентов: расчет воды и химических материалов ведут, исходя из массы сырья. Таким образом, в производственных условиях по среднему количеству чешуи можно стандартизировать величину скидки, что позволит в некоторой степени уменьшить расход используемых веществ. Вследствие этого, изучение данного показателя представляет не только научный, но и технико-экономический интерес. Считается, что в процентном выражении масса чешуи составляет 7...10% от массы сырья. Собранную чешую целесообразно направлять на производство жемчужного пата и коллагена [3].

По известным причинам знание толщины кожи представляет исключительно важное значение. Кожа многих рыб (лососевые, осетровые) имеет наиболее толстую кожную ткань в области хвоста, более тонкую – на спинной части, самую тонкую – на брюхе, что подтверждается статистической достоверностью результатов. Кожа же большинства прудовых рыб (каarp, толстолобик) имеет наиболее толстую кожную ткань в спинной части, ткань более тонкую – в области хвоста, самую тонкую – на брюхе. Для большинства видов рыб характерна сбежистость от спины к брюшной части.

Толщину на различных топографических участках кожи исследуемых видов рыб измеряли толщиномером с измерительным органом на основе индикатора часового типа [2]. Усредненные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Топографический участок кожи ( $n = 5$ )	Толщина, мм
Спинная часть	$0,7 \pm 0,2$
Брюшная часть	$0,35 \pm 0,1$
Хвостовая часть	$0,48 \pm 0,1$

Как видно из табл. 1, толщина кожного покрова неоднородна и существенным образом зависит от топографического участка.

Так можно выявить достоверную разницу между показателями толщины спинной и брюшной области при уровне вероятности  $P > 0,95$ . Превалирование толщины в спинной части над брюшной можно объяснить разнохарактерной биомеханической нагрузкой, накладываемой на различные топографо-анатомические участки тела рыбы. Очевидно, что дорсальная часть тела испытывает максимальное давление воды, поэтому ее морфологическая организация требует не только существенной толщины, но и уникальной структуры коллагеновой стромы кожного покрова [5, 6]. Анализируя полученные данные, важно указать, что из рыбьего кожевенного сырья целесообразно производить галантерейную кожу ввиду полученных подходящих значений.

В кожевенном производстве целенаправленное воздействие на кожу рыбы сводится к удалению некоторых компонентов кожи (чешуйчатого покрова, межволоконных веществ), изменению взаимодействия между структурными элементами основного белка дермы – коллагена, фиксации состояния полуфабриката, достигнутого в результате его обработки с целью придания ему новых потребительских, гигиенических и эстетических свойств.

Традиционно многие технологические процессы кожевенного производства осуществлялись с помощью кислот, щелочей, солей, однако ряд этих процессов может быть с успехом проведен с использованием ферментных препаратов, что является одним из перспективных методов совершенствования технологических процессов кожевенного производства.

Проанализировав данные об имеющихся ферментных препаратах [7], приходим к мнению, что наиболее подходящими для выделки рыбьей кожи являются протосубтилин Г3х (Вышневолоцкий завод ферментных препаратов, пос. Зеленогорский Тверской области), липаза и коллагеназа (ТУ 9158-002-11734126, ЗАО «Биопрогресс», г. Щелково Московской обл.).



В ходе исследования были определены показатели, подтверждающие целесообразность использования кож прудовых рыб для применения их в качестве сырьевых ресурсов для получения полуфабриката, как природного материала для кожевенной промышленности при изготовлении изделий мелкой галантереи, а также верха обуви и одежды: прочность при разрыве – 8 МПа, сопротивление раздиру – 40 кН/м, относительное удлинение – 70%, твердость – 52%, эластичность – 8%.

Говоря о перспективах промышленного использования шкур прудовых рыб, хотелось отметить, что внедрение технологии рыбных кож позволит увеличить коэффициент использования рыбных ресурсов на 5...7%, а также снизить себестоимость выпускаемой продукции. Практика показывает, что сегодня кожи пресноводных рыб можно перерабатывать в кожевенное сырье, пользующееся спросом на мировом рынке, ведь рыбья кожа отличается прочностью, эластичностью, водонепроницаемостью, легко окрашивается, хорошо сохраняется и при хорошей выделке имеет элегантный внешний вид.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбоводство. Основы разведения, вылова и переработки рыб в искусственных водоемах : учебное пособие / Л.В. Антипова, О.П. Дворянинова, О.А. Василенко, М.М. Данылин, С.М. Сулейманов, С.В. Шабунин. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 472 с.
2. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебное пособие / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 376 с.
3. Антипова, Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 384 с.
4. Ершов, А.М. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / А.М. Ершов. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 944 с.
5. Киладзе, А.Б. Особенности химического состава шкур атлантического лосося / А.Б. Киладзе // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 97 – 100.
6. Киладзе, А.Б. Технологические свойства шкур русского осетра как перспективного кожевенного сырья / А.Б. Киладзе // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 106 – 108.
7. Шестакова, И.С. Ферменты в кожевенном и меховом производстве / И.С. Шестакова, Л.В. Моисеева, Т.Ф. Миронова. – М. : Легпроинбытиздат, 2003. – 128 с.

*Кафедра «Технология мяса и мясных продуктов» ВГТА*

*Д.В. Леонов\**

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЕКТИНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЙНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И КОНФЕТ С ЗАДАНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Студнеобразная консистенция жележных конфет обусловлена использованием в рецептурных композициях различных видов структурообразователей: пектина, агара, модифицированного крахмала, желатина, их смесей и т.п. Для создания конфет функционального назначения наиболее перспективным является использование пектинов – гетерополисахаридов, состоящих из частично или полностью метоксилированных остатков полигалактуроновой кислоты, так как они позволяют получить продукт с заданной структурой, приятными вкусовыми ощущениями и широким спектром терапевтического действия (пектин связывает и выводит из организма ионы тяжелых металлов и радионуклиды, снижает уровень холестерина, способствует нормализации работы желудочно-кишечного тракта и др.). При этом относительно высокая скорость студнеобразования позволяет использовать пектины при производстве жележных конфет непрерывным способом на современных технологических линиях.

Ассортимент представленных на мировом рынке сырья пектинов постоянно расширяется. В отечественной кондитерской промышленности традиционно применяются цитрусовые высокоэтерифицированные пектины, способные образовывать студни высокой прочности в присутствии сахара при pH 2,5...3,5. Для обоснования выбора конкретной марки пектина были проведены исследования реологических характеристик жележных масс и студней на их основе, которые могут быть использованы для комплексной оценки качества полуфабрикатов в ходе технологического цикла и готовых изделий на стадии выходного контроля. Опытные образцы готовили по рецептуре, включающей сахар, патоку, лимонную кислоту, цитрат натрия и пектины различных производителей марок Classic CS 401, Германия; Unipectin PG DS, Франция; APC 105, Китай. Отбор проб проводили после стадии temperирования, реологические характеристики жележных масс исследовали методом ротационной вискозиметрии, реологические характеристики студней – методом пенетрации.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Е.И. Муратовой.

По результатам исследований образцов на ротационном вискозиметре НААКЕ VT7R-plus с устройством для термостатирования установлено, что реологическое поведение желейных масс на основе высокоэтерифицированных пектинов в диапазоне скоростей деформации  $10...60 \text{ с}^{-1}$  достаточно точно описывается уравнениями Бингама (1):

$$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \gamma'; \quad \eta = \eta_{\text{пл}} + \tau_0 / \gamma'; \quad (1)$$

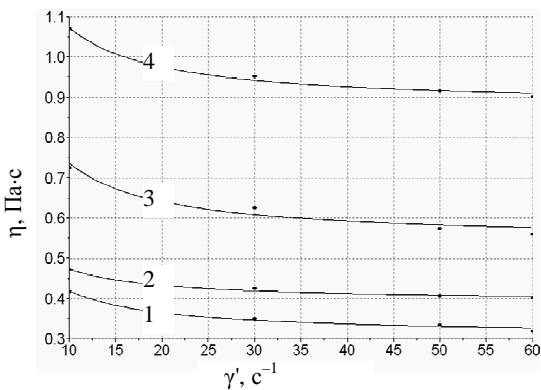
где  $\tau$  – напряжение сдвига, Па;  $\tau_0$  – предельное напряжение сдвига, Па;  $\eta$  – вязкость, Па·с;  $\eta_{\text{пл}}$  – пластическая вязкость, Па·с;  $\gamma'$  – скорость деформации,  $\text{с}^{-1}$ .

Такой вид течения характерен для структурированных систем, при этом для исследуемых образцов желейных масс вязкость интенсивно снижается с увеличением скорости сдвига до значения приблизительно  $30...35 \text{ с}^{-1}$ , после которого дальнейшее снижение вязкости идет довольно медленно, что свидетельствует о приближении к предельной степени разрушения структуры.

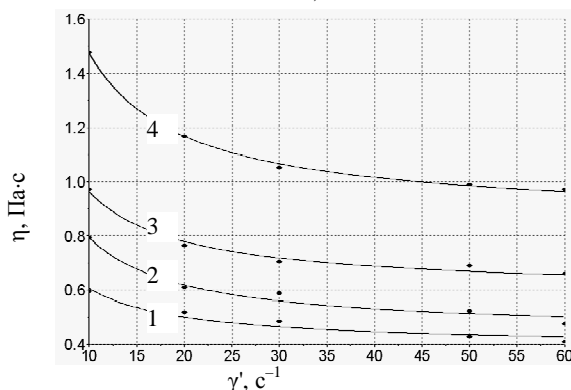
Для обоснования выбора марки пектина для производства желейных конфет особый интерес с технологической точки зрения представляет исследование влияния температуры на реологические характеристики желейной массы (рис. 1). По скорости нарастания вязкости и изменению значений вязкости разрушенной и неразрушенной структур можно судить о приближении к критической температуре формирования массы. Ее установление является важной технологической задачей, поскольку отливка желейной массы при более низкой температуре может привести к преждевременному желированию массы в каналах отливочной машины, неравномерному распределению массы в крахмальной форме, снижению прочности полученного студня и другим нежелательным последствиям.

Установлено, что процесс студнеобразования для Unipectin PG DS и APC 105 начинается при температуре  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ , для Classic CS 401 при  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , при этом интенсивность студнеобразования значительно возрастает при дальнейшем снижении температуры, что подтверждается нарастанием вязкости масс и разницы значений вязкости разрушенной и неразрушенной структур. Минимальной вязкостью и наиболее узким интервалом ее изменения для структурированных и неструктурированных систем обладают образцы желейной массы, изготовленные на Unipectin PG DS, что свидетельствует о более слабом взаимодействии молекул пектина и образовании менее прочного пространственного каркаса в рассмотренном интервале температур.

При выборе пектина следует также учитывать, что вид и концентрация пектина оказывают значительное влияние на продолжительность процесса структурообразования желейных масс, а в конечном итоге – на продолжительность технологического цикла производства желейных конфет. Для определения этого режимного параметра исследовали динамику изменения прочности студней в процессе выстойки при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Желейные массы с температурой  $100 \text{ }^\circ\text{C}$



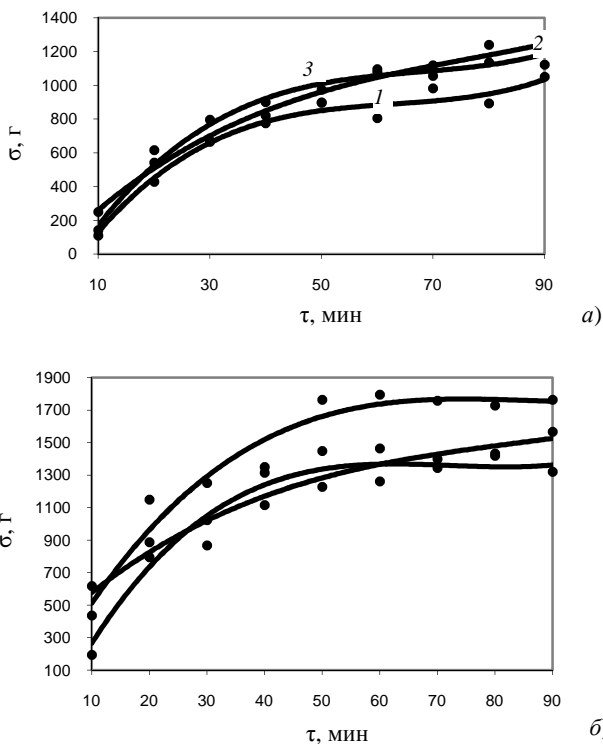
a)



б)

**Рис. 1. Кривые вязкости желейной массы с содержанием 1,5% пектина Unipectin PG DS (a) и Classic CS 401 (б) при температурах: 1 – 100°C; 2 – 90°C; 3 – 85°C, 4 – 80°C**

отливали в крахмальные формы, после чего с периодичностью 10 мин проводили отбор проб и оценивали величину прочности студней с помощью текстурного анализатора Brookfield CT-3. Установлено, что в рассматриваемом интервале концентраций пектина (1...2%) продолжительность процесса студнеобразования составляет 50...60 мин. Интенсивное студнеобразование продолжается до достижения температуры внутри желейного корпуса 36...38 °С, после чего дальнейшее изменение прочности для образцов с Unipectin PG DS и APC 105 незначительно, а для студней, изготовленных на CS 401, отмечено дальнейшее слабое увеличение прочности в диапазоне концентрации 1,5...2% вплоть до 90 мин. Прочность студней в этом интервале убывает в порядке Unipectin PG DS > CS 401 > APC 105 (рис. 2).



**Рис. 2. Изменение прочности желейных студней во времени с содержанием 1,5% (а) и 2% (б) пектинов: 1 – APC 105; 2 – CS 401; 3 – Unipectin PG DS**

Анализ результатов проведенных исследований реологических характеристик желейных полуфабрикатов позволяет рекомендовать в качестве студнеобразователя в рецептуре желейных конфет Unipectin PG DS. Желейные массы на его основе обладают наименьшей вязкостью по сравнению с другими марками пектина, что способствует снижению энергозатрат на стадиях темперирования и отливки желейных масс и предотвращению неравномерного распределения массы в крахмальной форме. При этом полученные студни обладают большей прочностью по сравнению со студнями, изготовленными на основе других рассматриваемых пектинов, что позволяет добиться заданных значений структурно-механических характеристик студня при меньшем расходе студнеобразователя.

**ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП**

Твердофазная технология переработки полимерных материалов позволяет получать изделия с улучшенными физико-механическими свойствами и широкой областью применения в промышленности.

Модификация полимерных материалов введением в полимерную матрицу различных наполнителей открывает большие перспективы для создания материалов с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными характеристиками [1].

Необходимость в альтернативных технологиях модификации свойств полимеров связана с многостадийностью технологических процессов, высокими энерго- и трудовыми затратами, экологической напряженностью производства. Исследования по применению электрофизических методов обработки материалов и изделий показали эффективность использования для этой цели энергии СВЧ электромагнитных колебаний [2].

В качестве объекта исследования использовали сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС-сополимер) (ГОСТ 12851–87). В качестве модификатора применяли технический углерод (сажу) марки К-354 (ГОСТ 7885–86).

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

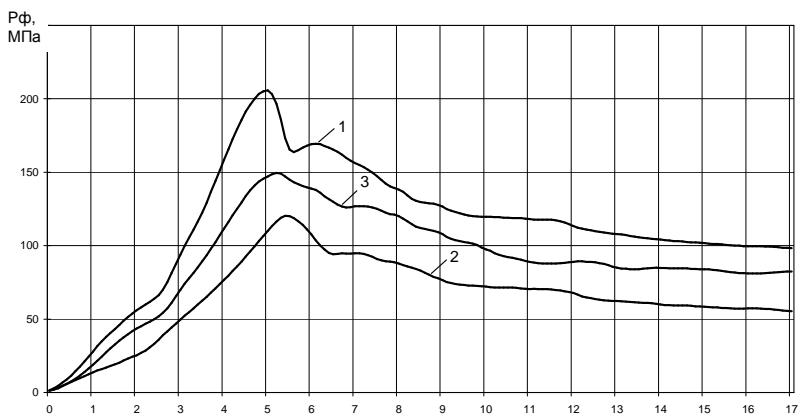
Известен способ формования изделий из заготовок термопластов в твердом агрегатном состоянии при комнатной температуре или нагретых до температуры на 10...15 °С ниже температуры плавления (у кристаллических термопластов) или температуры стеклования (у аморфных термопластов) без перевода их в вязкотекучее состояние а только воздействием давления формующего инструмента [3].

В процессе исследований разработана методика твердофазной экструзии полимерных и композиционных материалов с наложением электромагнитных полей. При этом снижается необходимое давление формования и повышаются прочностные характеристики полученного материала.

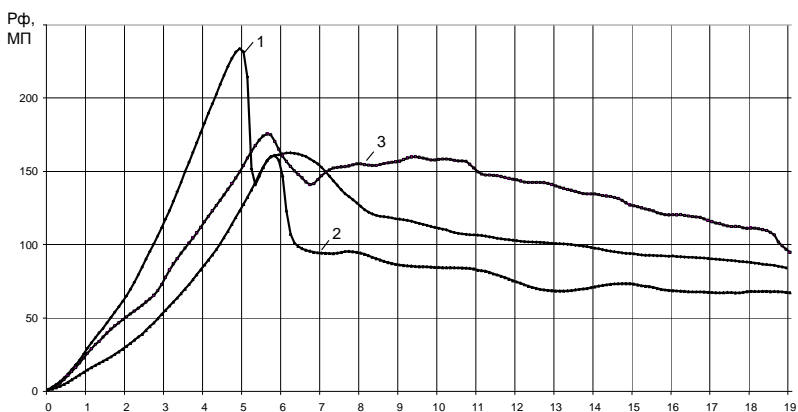
---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина, директора НОЦ «Твердофазные технологии» и при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНП. 2.2.1.1.9937.

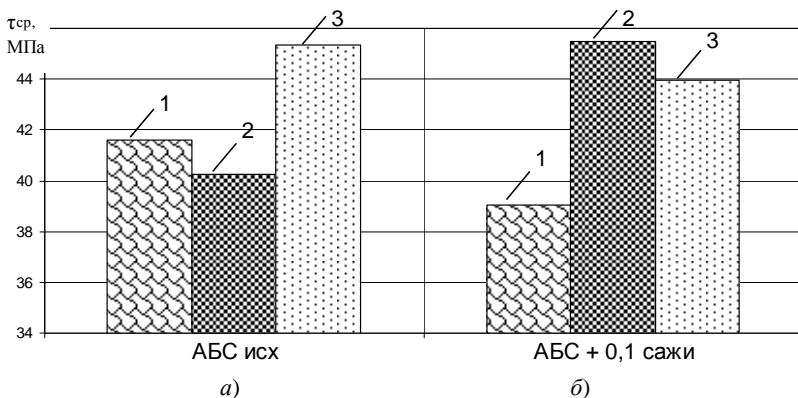
Экспериментально установлено, что повышение температуры переработки (в том числе методами СВЧ-нагрева) позволяет значительно снизить необходимое давление твердофазного формования (рис. 1 и 2). При этом полученные экструдаты имеют повышенные прочностные характеристики (рис. 3) и повышенные значения теплоемкости (рис. 4 и 5), что позволяет расширить область применения полимерных материалов.



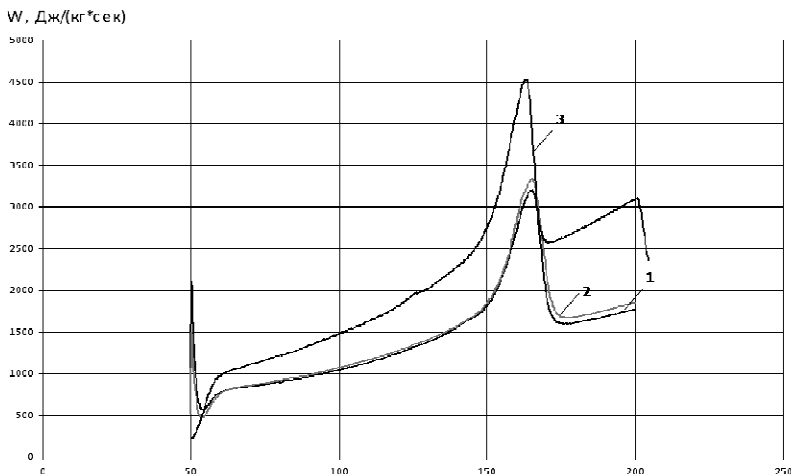
**Рис. 1.** Твердофазная экструзия исходного АБС при 24 °С (1), при 85 °С (2) и прошедшего предварительную СВЧ-обработку в течение 50 с (3).  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$



**Рис. 2.** Твердофазная экструзия системы АБС+0,1 сажи при 24 °С (1), при 85 °С (2) и прошедшей предварительную СВЧ-обработку в течение 90 с (3).  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$

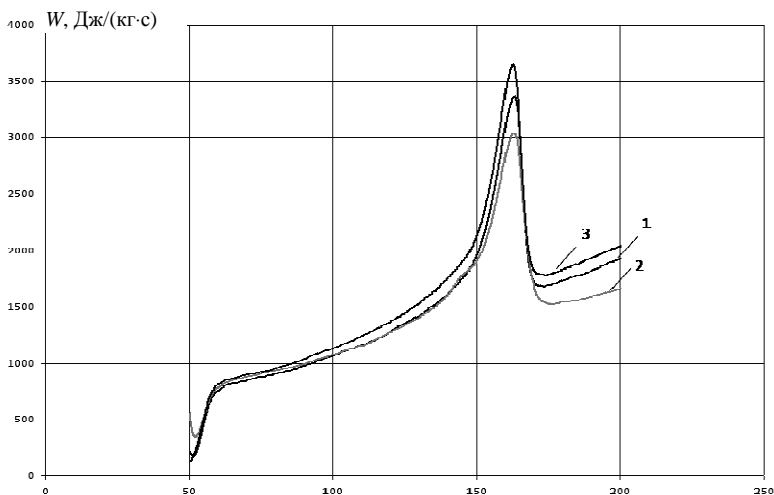


**Рис. 3.** Диаграмма изменения прочностных характеристик в условиях срезающих напряжений  $\tau_{ср}$  исходного АБС и системы АБС+0,1 сажи, прошедших твердофазную экструзию при 24 °С (1, а, б), при 85 °С (2, а, б) и прошедших предварительную СВЧ-обработку в течение 50 (3, а) и 90 с (3, б)



**Рис. 4.** Диаграмма зависимости удельной теплоемкости образцов исходного АБС, прошедших твердофазную экструзию при 24 °С (1), 85 °С (2) и прошедшего предварительную СВЧ-обработку в течение 50 с (3).  $\lambda_{жс} = 2,07$





**Рис. 5. Диаграмма зависимости удельной теплоемкости образцов системы АБС+0,1 сажи, прошедших твердофазную экструзию при 24 °С (1), при 85 °С (2) и прошедших предварительную СВЧ-обработку в течение 90 с (3).  $\lambda_{жс} = 2,07$**

Полученные данные свидетельствуют также о преимуществах использования СВЧ-нагрева. Время термообработки сокращается с 30 мин (термонагрев) до 50 – 90 с (в камере СВЧ). В то же время физико-механические свойства образцов, прошедших СВЧ обработку, сопоставимы со свойствами образцов, нагретых термически.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
2. Калганова, С.Г. Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.Г. Калганова ; ГОУ ВПО СГТУ. – Саратов, 2009.
3. Пат. Франции 2234982, кл. В29 F 5/00, опубл. 06.05.75.

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПТФЭ**

В последние годы перспективным направлением в области улучшения физико-механических свойств заготовок из полимерных материалов является разработка различных методов твердофазной экструзии. Основная цель такого процесса – получение изделий с улучшенным комплексом характеристик. Она достигается путем образования упорядоченной молекулярной структуры, обеспечивающей необходимый уровень физико-механических свойств [1]. Такие исследования проводятся в НОЦ-019 ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии».

Настоящая работа посвящена структурным и механическим исследованиям политетрафторэтилена (ПТФЭ), обработанного одним из методов интенсивной пластической деформации – равноканальной многоугольной твердофазной экструзией (РКМУТФЭ). Результаты сравнивались с образцами, не обработанными РКМУТФЭ.

Экспериментальная ячейка высокого давления для реализации РКМУТФЭ полимеров представлена на рис. 1, *а*. При РКМУТФЭ цилиндрическая заготовка продавливается через деформирующий блок ячейки, состоящий из нескольких пар каналов одного диаметра, пересекающихся под заданными углами. Поэтому РКМУТФЭ не приводит к изменению геометрической формы исходной полимерной заготовки [2]. На рисунке 1, *б* представлена угловая схема каналов, используемых при реализации РКМУТФЭ.

Проходя через ячейку высокого давления, образец претерпевает пятикратную деформацию, т.е. матрица имеет  $n = 5$  углов деформирования  $\theta_1 - \theta_5$  (рис. 1, *б*). Входной и выходной углы канала  $\theta_1 = \theta_5 = 80^\circ$ . Половинный угол пересечения сегментов канала  $\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 70^\circ$  [3].

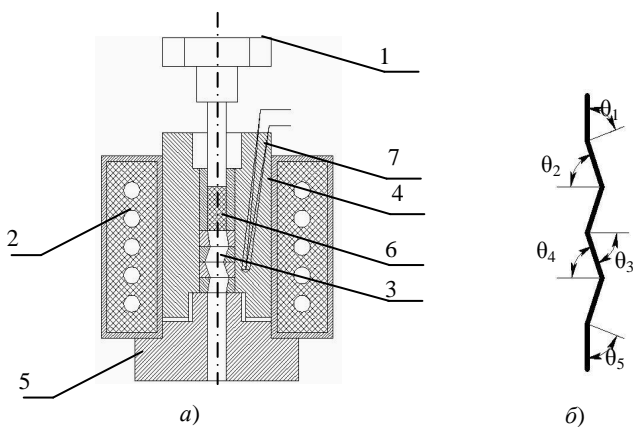
На рисунке 2 приведены результаты испытаний образцов ПТФЭ в направлении поперечных срезающих напряжений [4]. Испытаниям были подвергнуты образцы, прошедшие число циклов деформирования (проходов)  $N$ , равное 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Максимальное увеличение прочности наблюдается для образцов, подвергнутых четырем циклам деформирования.

Для оценки релаксационных свойств образцов ПТФЭ, прошедших РКМУТФЭ, проводили дилатометрические исследования. На ри-

---

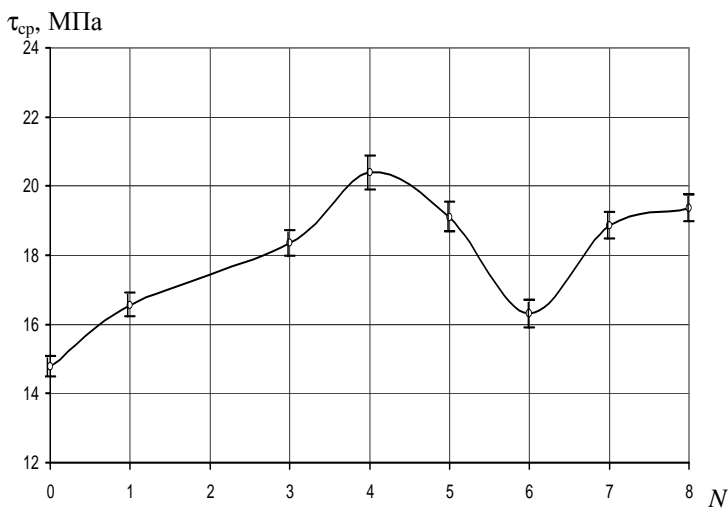
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина, канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ В.П. Тарова в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. ГК № П702 от 20 мая 2010 г.

сунке 3 показаны дилатометрические кривые системы до и после прохождения РКМУТЭ в зависимости от числа циклов деформирования.



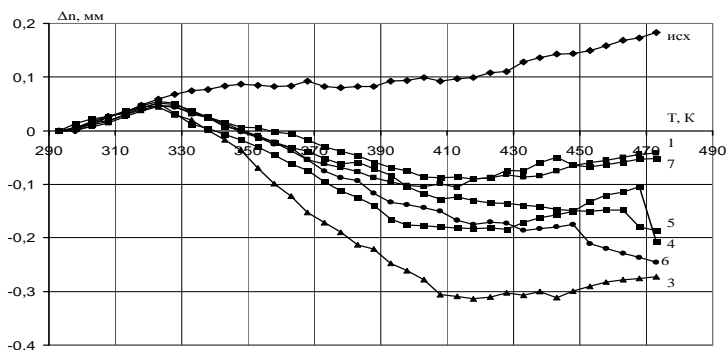
**Рис. 1. Экспериментальная ячейка высокого давления для реализации равноканальной многоугловой твердофазной экструзии (а) и угловая схема каналов, используемых при РКМУТЭ (б):**

1 – пуансон; 2 – нагревательная камера; 3 – рабочие элементы матрицы; 4 – матрица; 5 – основание; 6 – образец; 7 – термомпара



**Рис. 2. Диаграмма изменения прочности в условиях среза  $\tau_{cp}$  ПТФЭ, прошедшего РКМУТЭ:**

$T_{экс} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$



**Рис. 3. Дилатометрические кривые ПТФЭ без обработки и после РКМУТФЭ;**

0 – исходный образец (без обработки); 1 – 1 проход; 3 – 3 прохода;  
4 – 4 прохода; 5 – 5 проходов; 6 – 6 проходов; 7 – 7 проходов

В данной работе показано, что использование РКМУТФЭ для обработки полимеров существенно влияет на их структурные и физико-механические свойства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переработка полимеров и композитов в твердой фазе : учебное пособие / Г.С. Баронин [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 140 с.
2. Деформирующий блок для реализации сдвиговой пластической деформации / В.А. Белошенко, Э.А. Медведская, Н.И. Матросов и др. // Физика и техн. высок. давлений. – 2003. – 13, № 1. – С. 121 – 126.
3. Равноканальная многоугловая экструзия / В.Н. Варюхин, В.З. Спусканюк, Н.И. Матросов и др. // Физика и техн. высок. давлений. – 2002. – 12, № 4. – С. 31 – 39.
4. Изменение свойств ПЭВП-нанокompозитов, подвергнутых обработке в режиме РКМУТФЭ / С.А. Иванов, А.К. Разинин, Ю.О. Козлукова, Г.С. Баронин // Труды Тамбовского государственного технического университета : сборник научных статей / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2010. – Вып. 23. – С. 204 – 207.

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА В ИЗОЛИРУЮЩЕМ ДЫХАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ**

При нарушении нормальной экологической обстановки и при различных аварийных ситуациях, связанных с выбросом в воздух ядовитых веществ, необходимо применение изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА) для защиты органов дыхания. В качестве источников кислорода и поглотителей диоксида углерода в ИДА с химически связанным кислородом используются в основном регенеративные продукты на основе надпероксида калия ( $\text{KO}_2$ ) в форме гранул, блоков, таблеток и т.п. Это вещество имеет высокую реакционную способность к  $\text{CO}_2$  и парам воды выдыхаемого воздуха.

При моделировании работы ИДА целесообразно использовать системный подход и иерархический принцип построения сложных систем, как совокупности подсистем, находящихся между собой в иерархическом подчинении. При таком подходе ИДА рассматривается как многоступенчатая структура, а математическая модель строится на основе предварительного моделирования его составных частей, связываемых специально введенными для этого соотношениями или общими переменными.

Основными уровнями моделирования ИДА являются:

1. Уровень элементарной частицы регенеративного продукта: процесс описывается только химическим взаимодействием реагентов.
2. Уровень малого объема (зерно, гранула, таблетка). Закономерности первого уровня дополняются закономерностями массопереноса.
3. Уровень реактора аппарата. Учитывается характер движения потока.
4. Уровень аппарата. Учитывается конфигурация и взаимная связь рабочих зон ИДА (маска, гофротрубка, реактор, дыхательный мешок).
5. Уровень системы «человек–аппарат» или «искусственные легкие–аппарат». Добавляется учет закономерностей дыхания человека.

Рассмотрим каждый из уровней.

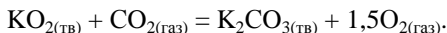
1. Уровень элементарной частицы регенеративного продукта

Физико-химический процесс регенерации воздуха в замкнутом цикле основан на реакции взаимодействия надпероксида калия с водой и диоксидом углерода, в результате чего происходит выделение кислорода и поглощение  $\text{CO}_2$ .

---

\* Работа выполнена под руководством канд. хим. наук Н.Ф. Гладышева, канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.В. Майстренко.

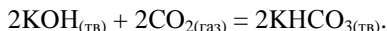
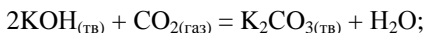
По данным [1 – 3] взаимодействие надпероксида калия с диоксидом углерода в присутствии водяных паров может быть представлено итоговым уравнением



При этом первичным актом в процессе регенерации является взаимодействие с водяным паром по уравнению



Затем идет образование карбоната или бикарбоната калия по уравнениям



Специфика данной топохимической реакции обусловлена малой подвижностью молекул в твердой фазе, поэтому химическая реакция, возникнув в какой-либо точке реакционного пространства, будет распространяться в соседние области исходного реагента. Этим обстоятельством определяются основные особенности топохимических реакций:

- для инициирования процесса необходимо образование критического зародыша новой фазы (конечного продукта) на поверхности или в объеме исходной твердой фазы;

- рост зародышей новой фазы вглубь исходной старой фазы. В изотропной среде граница раздела (фронт химической реакции) с постоянной скоростью  $v$  движется вглубь исходной фазы. Таким образом, в самом начале можно постулировать, что скорость топохимической реакции ( $w$ ) будет пропорциональна площади границы раздела ( $S$ ) и скорости движения фронта реакции ( $v_{\text{фр}}$ ).

Скорость топохимической реакции определяется следующим образом:  $w = -\frac{dm_{\text{исх}}}{dt}$ , где  $m_{\text{исх}}$  – масса исходного реагента. Важным параметром является степень превращения  $\alpha$ :  $\alpha = -\frac{m_0 - m_{\text{исх}}}{m_0}$ . Скорость

реакции можно выразить через степень превращения:  $w = m_0 \frac{d\alpha}{dt}$ .

Основываясь на высокой реакционной способности регенеративного продукта к диоксиду углерода, примем допущение о том, что лимитирующей стадией является химическое превращение на границе раздела старой и новой фаз. Кроме того, предполагается, что радиусы всех зерен одинаковы. В этом случае вся поверхность исходного зерна мгновенно превращается во фронт химической реакции, который со

скоростью  $v_{\text{фр}}$  начинает двигаться к центру зерна. Площадь границы раздела фаз равна  $S(\tau) = N \cdot 4\pi r^2$ , где  $r$  – текущий радиус непрореагировавшей части зародыша.

Зависимость степени превращения  $\alpha$  от величины  $r$  и времени  $\tau$  определяется выражением

$$\alpha = 1 - \frac{m}{m_0} = 1 - \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho}{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho} = 1 - \frac{r^3}{R^3}, \quad r = R - v_{\text{фр}} \tau.$$

Окончательное кинетическое уравнение можно представить в виде так называемого уравнения сжимающейся сферы:

$$1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} = \frac{v_{\text{фр}} \tau}{R}.$$

## 2. Уровень малого объема.

Процесс хемосорбции газообразного компонента твердым пористым сорбентом включает в себя внешний массообмен между ядром потока и поверхностью пористого тела, диффузию в пористом материале и, наконец, химическое взаимодействие. В [4 – 6] рассматриваются различные механизмы процесса массопереноса в капиллярно-пористых материалах. Учитывая, что большинство элементарных видов массопереноса имеет градиентный характер, совокупность элементарных актов переноса массы заменяется единым эквивалентным переносом в форме уравнения Фика:  $\vec{j} = -D_3 \text{grad} C$ . Коэффициент эффективной диффузии определяется по формуле  $D_3 = \frac{D_H \varepsilon}{\hat{T}}$ , где  $D_H$  – коэффициент молекулярной диффузии;  $\varepsilon$  – пористость сорбента;  $\hat{T}$  – коэффициент извилистости.

Считая сорбцию  $\text{CO}_2$  независимой от сорбции паров воды и приняв за основу химического взаимодействия реакцию типа бимолекулярной, процесс хемосорбции частицей шарообразной формы можно описать следующим образом:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_3 \left( \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \right) - \frac{\partial a}{\partial t}; \quad \frac{\partial a}{\partial t} = kc \left( 1 - \frac{a}{a_0} \right).$$

Начальные условия:  $a(0, r) = 0, \quad c(0, r) = 0.$

Граничные условия:  $c(t, r) = c_0, \quad \left. \frac{dc}{dr} \right|_{r=0} = 0.$

### 3. Уровень реактора аппарата.

Рассмотрим однопараметрическую диффузионную модель. Уравнение массопереноса при вынужденной конвекции с учетом поглощения  $\text{CO}_2$  будет иметь вид:

$$\varepsilon \frac{\partial c}{\partial t} + w(t) \frac{\partial c}{\partial x} = - \frac{\partial a}{\partial t},$$

где  $w(t) = \frac{v(t)}{S}$ ;  $S$  – полное сечение патрона;  $v(t)$  – объемная скорость потока в аппарате.

Граничные условия на левой границе:  $\left. \frac{dc}{dx} \right|_{x=0} = 0$ ; на правой гра-

нице:  $w(t)c_{\text{вх}} = w(t)c(H)$ .

Начальное условие:  $c(0) = 0$ .

Для описания процесса теплопереноса примем следующие допущения:

1) коэффициенты теплопроводности, теплоемкости и теплоотдачи не зависят от температуры:  $c = 922$  Дж/(кг · К),  $\lambda = 0,15$  Вт/(м · К),  $\alpha = 20$  Вт/(м · К);

2) скорость выделения тепла пропорциональна скорости поглощения диоксида углерода. Величина теплового эффекта реакции:  $q = 6,7 \cdot 10^6$  Дж/м<sup>3</sup>;

3) температура твердой и газовой фаз одинакова;

4) температура постоянна вдоль слоя продукта. Вычисляется значение температуры вдоль оси потока (средняя температура по слою).

На основе принятых допущений уравнение, описывающее распределение температуры внутри патрона, учитывает перенос тепла потоком воздуха при вынужденной конвекции и путем теплопроводности в зернистом слое, а также отдачу от стенок патрона и имеет вид:

$$c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \frac{\partial T}{\partial t} + c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \omega \frac{\partial T}{\partial X} = \lambda_{\text{т}} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q \frac{\partial a}{\partial t} - \frac{2\alpha}{R} (T - T_{\text{сп}}).$$

Граничные условия на стадии выдоха:

$$c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \omega T_{\text{вх}} = c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \omega T(0) - \lambda_{\text{т}} \left. \frac{dT}{dx} \right|_{X=0}, \quad \left. \frac{dT}{dx} \right|_{X=H} = 0.$$

Граничные условия на стадии вдоха:

$$c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \omega T_{\text{вх}} = c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} \omega T(H) - k_2 \lambda_{\text{т}} \left. \frac{dT}{dx} \right|_{X=H}, \quad \left. \frac{dT}{dx} \right|_{X=0} = 0.$$



Начальное условие:  $T(0, X) = T_{\text{ср}}$ .

#### 4. Уровень аппарата.

Для нахождения концентрации  $\text{CO}_2$  во вдыхаемой газозвдушной смеси ( $c_{\text{вд}}$ ) и концентрации  $\text{CO}_2$ , поступающего в патрон на стадии выдоха ( $c_{\text{вх}}$ ), необходимо учесть влияние вредного пространства. Вредный объем ИДА включает подмасочное пространство, гофротрубку и свободное от адсорбента пространство в патроне ИДА. Известные концентрации  $\text{CO}_2$ : в выдыхаемом воздухе ( $c_{\text{выд}}$ ); в потоке, поступающем во вредное пространство из патрона на стадии вдоха ( $c_{\text{п}}$ ). Исходя из уравнений материального баланса для компонент газозвдушной смеси, искомые концентрации  $\text{CO}_2$  можно рассчитать по формулам:

$$c_{\text{вх}} = \frac{c_{\text{п}}V_{\text{во}} + c_{\text{выд}}(V_{\text{выд}} - V_{\text{во}})}{V_{\text{выд}}}; \quad c_{\text{вд}} = \frac{c_{\text{выд}}V_{\text{во}} + c_{\text{п}}(V_{\text{выд}} - V_{\text{во}})}{V_{\text{выд}}},$$

где  $V_{\text{во}}$  – объем вредного пространства;  $V_{\text{выд}}$  – объем вдоха-выдоха, а  $c_{\text{п}}$  находится как средняя за период вдоха концентрация на выходе из патрона

$$c_{\text{п}} = \frac{1}{V_{\text{выд}}} \int_{t_l + t_b}^{t_l + 1} c(c_{\text{дм}}, \tau) V(\tau) d\tau.$$

Предполагая, что дыхательный мешок является ячейкой идеального смешения, среднюю за цикл вдоха-выдоха концентрацию  $\text{CO}_2$  в дыхательном мешке можно рассчитать по формуле

$$c_{\text{дм}} = \frac{1}{V_{\text{выд}}} \int_{t_l}^{t_l + t_b} c(c_{\text{вх}}, \tau) V(\tau) d\tau.$$

При расчете температуры во вредном пространстве (на входе и на входе в патрон при выдохе) должна быть учтена теплоотдача от стенок гофротрубки ( $S_1$ ) и от торца патрона.

$$\hat{T}_{\text{вх}} = \frac{T_{\text{выд}}(V_{\text{выд}} - V_{\text{вд}}) + T_{\text{п}}V_{\text{во}}}{V_{\text{выд}}}, \quad \hat{T}_{\text{вд}} = \frac{T_{\text{выд}}V_{\text{во}} + T_{\text{п}}(V_{\text{выд}} - V_{\text{во}})}{V_{\text{выд}}},$$

$$T_{\text{вх}} = \frac{\hat{T}_{\text{вх}} + A_1 T_{\text{ср}}}{1 + A_1}, \quad T_{\text{вд}} = \frac{\hat{T}_{\text{вд}} + A_1 T_{\text{ср}}}{1 + A_1},$$

где  $A_1 = \frac{\alpha_1 S_2 t_b}{c_{\text{г}} \rho_{\text{г}} (V_{\text{выд}} + V_{\text{во}})}$ ;  $S_2 = S_1 + S$ ;  $\alpha_1 = 10 \text{ Вт} \cdot \text{К} / \text{м}^2$ ;  $T_{\text{выд}} = 36,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{п}}$  находится как средняя за период вдоха температура на выходе из патрона  $T_{\text{п}} = \frac{1}{V} \int_{t_l + t_b}^{t_l + 1} T(0, \tau) V(\tau) d\tau$ .  $T_{\text{дм}}$  находится как средняя за период выдоха температура на выходе из патрона с учетом потерь тепла в окружающую среду

$$\hat{T}_{\text{дм}} = \frac{1}{V} \int_{t_l}^{t_l + t_b} T(H, \tau) V(\tau) d\tau.$$

$$T_{\text{дм}} = \frac{\hat{T}_{\text{дм}} + A_2 T_{\text{ср}}}{1 + A_2},$$

где  $A_2 = \frac{\alpha_1 S_3 t_{\text{в}}}{c_1 \rho_{\Gamma} V_{\text{выд}}}$ ;  $S$  – площадь поверхности дыхательного мешка.

Таким образом, получены расчетные формулы для нахождения концентрации  $\text{CO}_2$  и температуры на входе в патрон, а также расчетные формулы для нахождения величин, характеризующих работу аппарата: концентрации  $\text{CO}_2$  на входе и в дыхательном мешке и температуры вдыхаемого воздуха.

5. Уровень «человек – аппарат» или «Установка ИЛ – аппарат».

Сформулируем уравнения, описывающие скорость потока в аппарате и концентрацию  $\text{CO}_2$  на входе в аппарат. При заданных значениях легочной вентиляции ( $Vnt$ ) и частоте дыхания  $N$  на испытательном стенде «Искусственные легкие» (ИЛ) можно рассчитать объем вдоха (выдоха) ( $V_{\text{выд}}$ ) и период вдоха (выдоха) ( $t_{\text{в}}$ ):  $t_{\text{в}} = \frac{1}{2N}$ ,  $V_{\text{выд}} = \frac{Vnt}{N}$ . Объемная скорость потока находится по формуле:  $V(t) = \frac{\pi V_{\text{выд}}}{2t_{\text{в}}} \sin \frac{\pi t}{t_{\text{в}}}$ .

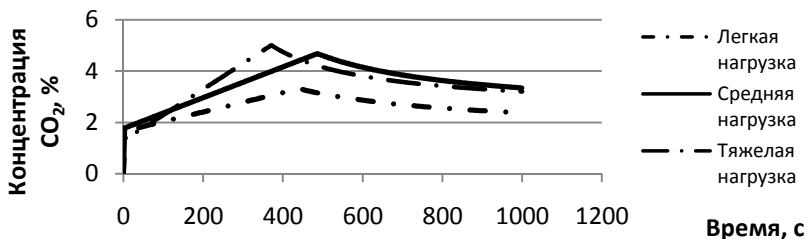
При работе стенда ИЛ в режиме без накопления концентрация диоксида углерода на входе в ИДА постоянна и равна  $c_{\text{выд}} = c_{\text{ч}} = \frac{Q}{Vnt}$ ,

где  $Q$  – нагрузка по  $\text{CO}_2$ , задаваемая режимом работы ИЛ, а в режиме с накоплением концентрация диоксида углерода рассчитывается как сумма концентрации  $\text{CO}_2$  потока, поступившего в ИЛ из ИДА на стадии вдоха, и концентрации  $\text{CO}_2$ , задаваемого установкой ИЛ:  $c_{\text{выд}} = c_{\text{вд}} + c_{\text{ч}}$ .

Предложенная математическая модель использовалась для моделирования процесса регенерации воздуха в изолирующем дыхательном аппарате. Моделирование проводилось при различных нагрузках на аппарат – легкой, средней и тяжелой. В таблице приведены величины легочной вентиляции, концентрации диоксида углерода в выдыхаемом воздухе в зависимости от нагрузки. Считается, что в начальный момент времени вредное пространство не содержит диоксида углерода.

Нагрузка	Объемная скорость ГВС, $\text{дм}^3/\text{мин}$	Частота дыхания, выд./мин	$c_{\text{выд}}$ , % об.
Легкая	12	10	4,15
Средняя	32	20	4,9
Тяжелая	70	20	5

На графике показана зависимость концентрации  $\text{CO}_2$  на входе при различных нагрузках.



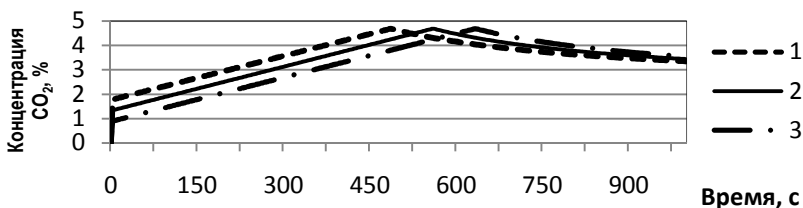
**Рис. 1. График изменения концентрации диоксида углерода во вдыхаемой смеси при различных нагрузках**

Анализируя графики, построенные с помощью предложенных соотношений, можно оценить время защитного действия самоспасателя при различных нагрузках. Согласно ГОСТ Р 53260–2009 защитная способность самоспасателя исчерпывается при увеличении объемной доли диоксида углерода на входе и в дыхательном мешке свыше 3%. Таким образом, время защитного действия ИДА при легкой нагрузке составляет 390 с, а при средней и тяжелой – 200 и 180 с соответственно.

Ряд численных экспериментов позволяет сделать вывод о прямой зависимости величины концентрации  $\text{CO}_2$  на входе от начального вредного объема.

На рисунке 2 представлены зависимости концентрации  $\text{CO}_2$  во вдыхаемой смеси от времени при различных начальных значениях вредного объема.

ИДА с начальным вредным объемом в  $0,3 \text{ дм}^3$  при средней нагрузке обладает временем защитного действия 200 с, в то время как ИДА с начальным вредным объемом в  $0,225 \text{ дм}^3$  и в  $0,15 \text{ дм}^3$  обладают временем защитного действия 290 и 330 с соответственно.



**Рис. 2. График изменения концентрации диоксида углерода во вдыхаемой смеси при средней нагрузке при различных начальных значениях вредного объема:**

1 –  $0,3 \text{ дм}^3$ ; 2 –  $0,225 \text{ дм}^3$ ; 3 –  $0,15 \text{ дм}^3$

Предложенная модель позволяет исследовать эффективность работы ИДА при различных нагрузках и используется в исследованиях конструктивных особенностей регенеративного патрона и в проектировании дыхательного аппарата с увеличенным временем защитного действия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bovard, R.M. // *Aerospace Med.* – 1960. – V. 31. – P. 407.
2. Мельников А.Х., Фирсова Т.П., Молодина А.Н. // *ЖНХ.* – 1962. – Т. 7, № 6. – С. 1228.
3. Вольнов, И.И. Перекисные соединения щелочных металлов / И.И. Вольнов. – М. : Наука, 1980. – С. 81.
4. Кримштейн, А.А. Исследование процесса взаимодействия углекислого газа и водяного пара с регенеративным надперекисным продуктом применительно к индивидуальным изолирующим средствам защиты : дис. ... канд. хим. наук / А.А. Кримштейн. – Тамбов : ТНИХИ, 1969. – 275 с.
5. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.
6. Рудобашта, С.П. Диффузия в химико-технологических процессах / С.П. Рудобашта, Э.М. Карташов. – М. : Химия, 1993. – 208 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 66.02.004.9**

*И.Л. Вольщак\**

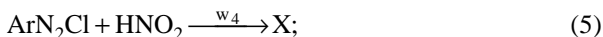
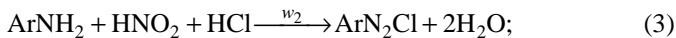
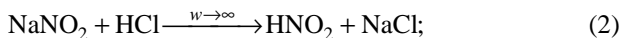
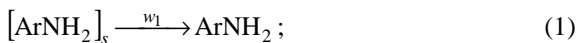
#### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСТАНОВКИ ДИАЗОТИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ**

Одной из ключевых стадий в технологии синтеза азопигментов является стадия диазотирования. Диазотирование – реакция получения диазосоединений действием азотистой кислоты на первичные амины в присутствии неорганической кислоты (HCl) при температуре 0...5 °С. Процесс диазотирования обладает рядом особенностей: труднорастворимость исходного сырья – 3-нитро-4-аминотолуола; неустойчивость диазосоединения (ArN<sub>2</sub>Cl) и диазотирующего агента (азотистой кислоты HNO<sub>2</sub>), что приводит к образованию побочных продуктов.

---

\* Работы выполнены под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.В. Майстренко.

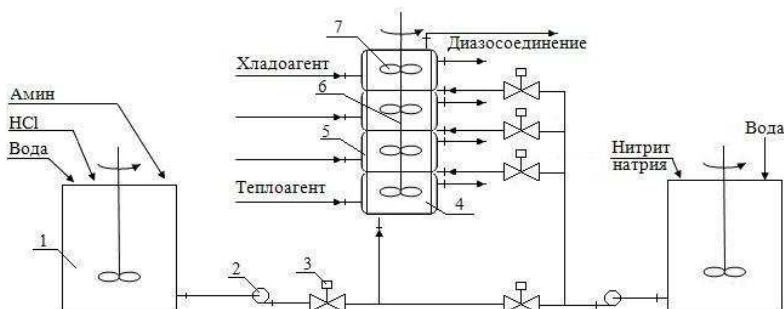
Механизм непрерывного процесса диазотирования в присутствии соляной кислоты можно представить в виде следующей схемы [1]:



Первая реакция – это реакция растворения твердой фазы амина в воде. Данная реакция происходит при температуре около 20 °С и занимает достаточно длительное время.

Во второй реакции происходит образование диазотирующего агента (азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$ ), реакция происходит моментально, что дает значительный избыток азотистой кислоты, которая затем начинает распадаться с образованием нитрозных газов. Это является очень важным моментом в технологическом процессе, так как существуют некоторые технологические ограничения на их количество. Одним из способов избежать получения большого избытка азотистой кислоты является распределение подачи нитрита натрия  $\text{NaNO}_2$  по зонам реакторной системы диазотирования.

Третья реакция – это собственно реакция диазотирования.



**Рис. 1. Схема установки непрерывного диазотирования:**

- 1 – емкость для подготовки соляно-кислой суспензии амина;
- 2 – насос для подкачки суспензии амина в реактор диазотирования;
- 3 – регулирующий клапан; 4 – царга реактора; 5 – теплообменная рубашка;
- 6 – вал; 7 – мешалка

Реакции с четвертой по седьмую являются побочными, в четвертой реакции азотистая кислота переходит в нитрозный газ; пятая, шестая и седьмая описывают образование различных диазосмол.

Принципиальная схема установки диазотирования представлена на рис. 1. Исходное сырье (3-нитро-4-аминтолуол) засыпается в емкость 1 и заливается водой, включается мешалка и осуществляется перемешивание в течение времени, достаточного для значительного растворения твердой фазы амина. Далее добавляется соляная кислота HCl и вся смесь подается в реактор диазотирования с помощью насоса 2 через регулирующий клапан 3. Сам реактор представляет собой вертикальную колонну, в состав которой входят последовательно соединенные царги 4, каждая из которых имеет мешалку 7 и теплообменную рубашку 5. Соляно-кислая суспензия подается в нижнюю царгу, подача нитрита натрия распределена по царгам.

При построении математической модели статистики процесса диазотирования примем ряд допущений:

1. Реакция образования диазотирующего агента (азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$ ) протекает с бесконечной скоростью, так как она на несколько порядков выше скорости реакции диазотирования.
2. Реакция диазотирования происходит в растворе.
3. Твердая фаза амина представляет собой совокупность частиц с характеристическим диаметром  $2r$  и гранулометрическим составом

$$\psi(r_0) = \sqrt{\frac{\sigma}{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\sigma(\ln r_0 - \bar{r}_0) - \bar{r}_0 - \frac{1}{2\sigma}\right\}.$$

4. Каждая царга является реактором идеального смешения.

В реактор поступает суспензия с расходом  $G_B^{i-1}$ , имеющая температуру  $T^{i-1}$  и вектор концентраций  $C^i$ , а также некоторое количество твердой фазы  $G_s^{i-1}$ , так же в царгу подается нитрит натрия с скоростью  $G_n^{i-1}$ . Необходимая температура поддерживается с помощью циркуляции хладагента в рубашке царги с некоторым расходом  $G_x^{i-1}$  и температурой  $T_x^{i-1}$ .

Схема потоков в одной царге представлена на рис. 2.

С учетом сделанных допущений уравнения материального и теплового баланса непрерывного процесса диазотирования представляют систему нелинейных алгебраических уравнений.

Уравнения материального баланса:

$$G_e^i = G_e^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^{i-1}}{\rho_a} + G_n^{i-1}; \quad (8)$$

$$G_s^i = G_s^{i-1}(1 - \mu^i); \quad (9)$$

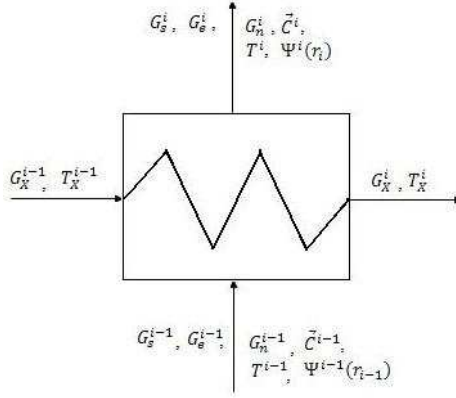


Рис. 2. Схема потоков в  $i$ -й царге реактора

$$\mu^i = \frac{\int_0^\infty \Psi^i(r_{i-1}) \int_0^\infty (r_{i-1}^3 - r_i^3) P_i(\tau) d\tau dr_{i-1}}{\int_0^\infty r_{i-1}^3 \Psi^i(r_{i-1}) dr_{i-1}}; \quad (10)$$

$$C_a^i G_e^i = C_a^{i-1} G_e^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^{i-1}}{M_a} - W_2(C_a, C_{ak}, C_{ck}, T) V^i; \quad (11)$$

$$C_{ak}^i G_e^i = C_{ak}^{i-1} G_e^{i-1} + C_n^{i-1} G_n^{i-1} - (W_2(C_a, C_{ak}, C_{ck}, T) + W_3(C_{ak}, T) + W_4(C_d, C_{ak}, T)) V^i; \quad (12)$$

$$C_{ck}^i G_e^i = C_{ck}^{i-1} G_e^{i-1} + C_n^{i-1} G_n^{i-1} - W_2(C_a, C_{ak}, C_{ck}, T) V^i; \quad (13)$$

$$C_d^i G_e^i = C_d^{i-1} G_e^{i-1} + (W_2(C_a, C_{ak}, C_{ck}, T) - W_4(C_d, C_{ak}, T) - W_5(C_d T)) V^i; \quad (14)$$

$$C_x^i G_e^i = C_x^{i-1} G_e^{i-1} + (W_4(C_d, C_{ak}, T) + W_5(C_d T)) V^i; \quad (15)$$

уравнения теплового баланса:

$$\begin{aligned} & (C_v G_e^{i-1} + C_v^s G_s^{i-1}) T^{i-1} + C_v^n G_n^{i-1} T_n^{i-1} + \frac{\mu^i G_s^i}{M_a} h_1 + \\ & + \sum_{j=2}^5 W_j h_j V^i + K F^i (\bar{T}_x^i - T^i) = (C_v G_e^i + C_v^s G_s^i) T^i; \end{aligned} \quad (16)$$

$$C_v^x G_x^i (T_x^{i-1} - T^i) = K F^i (\bar{T}_x^i - T^i); \quad \bar{T}_x = (T_x^{i-1} + T_x^i) / 2; \quad (17)$$

уравнение растворения частицы амина:

$$\frac{dr_i}{dt} = W_1 = -A r^{-\alpha} \exp\left(-\frac{\varepsilon_1}{RT}\right) (C_a^* - C_a) / \rho_a; \quad (18)$$

уравнения пересчета гранулометрического состава на выходе из  $i$ -й царги:

$$\begin{aligned} \varphi(r_i) &= \frac{1}{\beta} \int_0^\infty \Psi^{i-1}(r_{i-1}) P \left( \frac{r_{i-1}^{1+\alpha} - r_i^{1+\alpha}}{\beta(1+\alpha)} \right) r_i^\alpha dr_{i-1}; \\ \beta &= A \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right) (C_a^* - C_a) / \rho_a; \\ \Psi^i(r_i) &= \varphi(r_i) / \int_0^\infty \varphi(r_i) dr_i. \end{aligned} \quad (19)$$

Здесь  $G_e$ ,  $G_g$  – расходы жидкой и твердой фазы;  $C_a$ ,  $C_{ak}$ ,  $C_{ck}$ ,  $C_n$ ,  $C_d$ ,  $C_x$  – концентрации амина, азотистой кислоты, соляной кислоты, нитрита натрия, диазосоединения и диазосмол;  $T_x$ ,  $T$  – температура потока хладоагента и суспензии;  $\mu^i$  – доля массы растворившегося амина;  $Ma$  – молярная масса амина;  $V^i$  – объем  $i$ -й царги;  $C_v$  – теплоемкость;  $h_i$  – энтальпия  $j$ -й реакции;  $K$  – коэффициент теплопередачи;  $F$  – поверхность теплообмена;  $\rho_a$  – плотность амина;

Таким образом, уравнения математической модели статики процесса диазотирования (8) – (19) представляют собой сложную систему нелинейных алгебраических уравнений. Для решения данной модели разработаны итерационный алгоритм и программа на языке программирования С#, успешно прошедшая проверку на адекватность.

С использованием данной программы был проведен ряд вычислительных экспериментов, результаты которых представлены на рис. 3, 4, 5.

В первую очередь были проведены вычислительные эксперименты по исследованию процесса растворения 3-нитро-4-аминотолуола, выявившие изменения гранулометрического состава и доли растворившегося амина (рис. 3). Результаты вычислительного эксперимента стадии подготовки соляно-кислой суспензии амина использовались в качестве входных данных при моделировании процесса диазотирования в непрерывнодействующей реакторной системе типа «царга–тарелка».

Одним из наиболее важных управляющих воздействий является расход соляно-кислой суспензии амина  $G_e^0$  в питании реакторной системы диазотирования. На рис. 4 приведены статические характеристики процесса диазотирования в реакторной системе типа «царга–тарелка» в зависимости от изменения  $G_e^0$ , при разных значениях начальной концентрации соляно-кислой суспензии амина на входе в реактор ( $C_a^1 = 347,76$  моль/м<sup>3</sup>;  $C_a^2 = 365,34$  моль/м<sup>3</sup>;  $C_a^3 = 382,84$  моль/м<sup>3</sup>). Их анализ показывает, что существует диапазон изменения  $G_e^0$ , при котором выход диазосоединения остается достаточно высоким и близким к оптимальному.



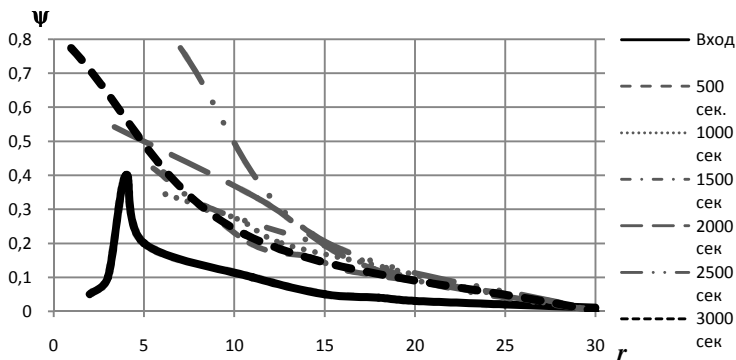


Рис. 3. Гранулометрический состав твердой фазы на стадии подготовки суспензии, в разные моменты времени

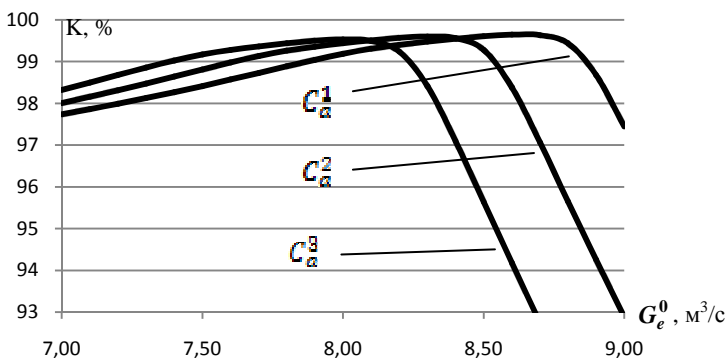


Рис. 4. График зависимости выхода К диазосоединения от расхода жидкой фазы  $G_e^0$ , %

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев, Л.С. Математическое моделирование и исследование непрерывной технологии синтеза азопигментов / Л.С. Гордеев, С.И. Дворецкий, А.М. Кудрявцев // Химическая промышленность. – 1990. – № 10. – С. 44 – 48.
2. Макрокинетика процесса растворения 3-нитро-4-аминтолуола / Б.А. Баранов, В.И. Бодров, С.И. Дворецкий и др. // Кинетика и катализ. – 1984. – Т. 25, № 6. – С. 1457 – 1461.
3. Атрощенко, В.И. Технология азотной кислоты / В.И. Атрощенко, С.И. Каргин. – М., 1970. – 523 с.

Кафедра «Технологии продовольственных продуктов» ГОУ ВПО ТГТУ

## **ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА**

Велик спрос на высококачественную лакокрасочную продукцию. Потребность в таких материалах на нашем рынке в большей своей части пока удовлетворяется за счет зарубежных производителей.

Изоляционные свойства пленок используются для защиты от воды (плащи, олифованная одежда для рыбаков и т.д.), промышленных газов и едких жидкостей.

Хорошо известно, что в связи с вынужденным использованием низкокачественного сырья, в первую очередь растительного масла, несовершенством технологии (применение инертного газа с высоким содержанием кислорода, использование оборудования, изготовленного из низкокачественной стали), неудовлетворительным качеством катализаторов алкидные лаки, производимые отечественными предприятиями, имеют низкий уровень качественных показателей, кислотное число, цвет – показатель цветности по йодометрической шкале, как правило, составляет 30 единиц для светлых лаков, 60 для темных.

Естественно, что использование низкосортных лаков не дает возможности получать эмали высокой степени белизны, затрудняет их колеровку, значительно ухудшает внешний вид покрытия. Проблема улучшения качества алкидных эмалей напрямую связана с качеством алкидных лаков, основным из которых является ПФ-060.

Разработка технологии производства пленкообразующего вещества со следующими качественными характеристиками: цветность не более 10 – 15 ед., кислотное число менее 10 мг КОН/г, вязкость 60...80 с – важная задача.

Значительное влияние на качественные показатели пленкообразующего вещества оказывает сырье, в нашем случае это растительное масло и разработка технологии очистки растительного масла с использованием материалов в наноструктурированной форме (порошки металлов с размерами частиц от 40 до 100 нм) и введением в систему воды с измененной молекулярной структурой.

Вода с измененной молекулярной структурой – это вода с упорядоченными внутренними взаимодействиями или жидкий кристалл, в котором основным структурным компонентом является молекула воды.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.И. Леонтьевой.

Для полимеризации обычно используются высыхающие масла. По своей химической структуре масла как растительного, так и животного происхождения представляют собой смеси полных эфиров глицерина и жирных кислот. Масла, содержащиеся в различных растениях и морских животных, обычно выделяют прессованием или экстракцией растворителями. При этом получают так называемые сырые масла, которые содержат небольшое количество примесей, в частности углеводов и фосфатидов, которые оказывают отрицательное воздействие на формирование высоких качественных показателей пленочных покрытий. Для удаления примесей сырые масла очищают. При очистке масла методом гидратации масло избавляется от белков и слизистых веществ. Метод основан на способности коллоидных примесей масел и фосфотидов поглощать воду и набухать, при этом они теряют способность растворяться в масле. Примеси, выпадая в виде хлопьев, увлекают находящиеся в масле механические примеси и красящие вещества.

Для осуществления процесса очистки масла важно правильно подобрать количество добавляемой воды. При очистке подсолнечного масла мы использовали структурированную воду в соотношении 10:1 (масло:вода) и металлы и оксиды металлов в наноструктурированной форме. Нагревали смесь при перемешивании до температуры 90...95 °С и делали выдержку в течение 30 минут при этой температуре. После этого масло остужали до температуры 30...40 °С и переливали в делительную воронку для отстаивания. Для увеличения скорости разделения использовали подогрев масла, добавление различных поверхностно-активных веществ.

Мы использовали металлы и их оксиды в наноструктурированной форме. Результаты испытаний по оценке эффективности очистки растительного масла с использованием металлов и их оксидов в наноструктурированной форме представлены в табл. 1.

### **1. Количество примесей в растительном масле без наноматериалов и с их введением во времени**

№	Время отстаивания, ч	Количество примесей в масле с введением наноматериала, %	Количество примесей в масле без введения наноматериала, %
1	3	52...60	90...95
2	6	40...48	70...85
3	12	40...45	60...70
4	24	40...45	52...60

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что при использовании нанометаллов и структурированной воды для очистки растительного масла можно сократить время очистки с 24 до 3 – 6 ч и уменьшить содержание примесей в масле с 52...60% до 40...45%.

Как видно из табл. 1, использование наноструктурированных материалов приводит к улучшению качественных показателей масла, а следовательно, повышает эффективность удаления примесей из растительного масла, а также активизирует процесс разрушения эмульсии (фосфатиды и вода), и сокращает время их осаждения.

Качественные характеристики масла, полученного по технологии с использованием воды с измененной молекулярной структурой и материалов в наноструктурированной форме, представлены в табл. 2.

## 2. Качественные характеристики растительного масла

Наименование показателей	Соответствующая норма по ТУ	Опыты			
		1	2	3	4
Цвет масла, мг I/100 см <sup>3</sup>	Высший сорт – до 15 Сорт I – до 25	5	10	5	5
Кислотное число, мг NaOH/г	Высший сорт – до 1,5 Сорт I – до 4	2,5	2,2	2,1	2,1
Термостабильность, °С	Не менее 250, продукт прозрачный	Соответствует			
Проба на отстой	Отсутствие	Соответствует			

Установлено, что время процесса отделения примесей сократилось с 24 до 2 часов. Кроме того, снизилось кислотное число, характеризующее качество очистки, т.е. более полное удаление белковых веществ, имеющих амфотерные свойства, а также удаление органических кислот.

В промышленности алкидные смолы, модифицированные маслами, получают обычно методом алкоголиза, при этом процесс проводят в две стадии: сначала осуществляют переэтерификацию (алкоголиз) масел многоатомным спиртом при температуре 240...260 °С в присутствии катализатора (сода кальцинированная), а затем образовавшийся полупродукт этерифицируют фталевым ангидридом. Достоинством метода алкоголиза является возможность применения нерасщепленных масел и проведение обеих стадий процесса в одном аппарате [1].

Для получения показателя «Цветность», равного 15 ед., использовали катализатор в наноструктурированной форме на стадиях синтеза.

В синтезе органического пленкообразующего вещества, лака ПФ-060, использовалось растительное масло, очищенное по вышеизложенной технологии, при этом получен продукт с высокими качественными характеристиками, представленными в табл. 3.

### 3. Качественные характеристики лака

Качественные характеристики показателей	Существующая норма по ТУ 6-10-612–76	Опытные данные
Цвет лака по йодометрической шкале, мг I/см <sup>3</sup> , не темнее	Сорт I – до 30 Сорт II – до 60	10 – 15
Внешний вид	Прозрачный, допускается незначительная опалесценция	Без опалесценции
Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ-246 при температуре (20,0±0,5) °С	60 – 80	70
Массовая доля нелетучих веществ, %	51 – 55	52,6
Твердость пленки лака, усл. ед., не менее	0,12	0,18
Кислотное число, мг КОН/г, не более	20	3,6

Лак ПФ-060, полученный с использованием структурированной воды и металлов и их оксидов в наноструктурированной форме на стадиях синтеза пленкообразующего и исходного сырья, имеет более высокие и стабильные качественные показатели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлова, О.В. Технология лаков и красок : учебное пособие / О.В. Орлова, Т.Н. Фомичева, А.З. Окуничков. – М. : Химия, 1990.

*Кафедра «Химические технологии органических веществ» ГОУ ВПО ТГТУ*

*М.А. Яцинина, Л.В. Баева, Л.С. Коломникова\**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Очистка сточных вод – одна из приоритетных задач современного общества. Однако существующие методы не обеспечивают степень очистки воды, соответствующую нормативным показателям, особенно по содержанию органических соединений.

Предлагается технология очистки сточных вод с применением ультрадисперсных катализаторов. Данные системы способствуют распаду сложных органических соединений на более простые [1].

Для изучения влияния ультрадисперсных катализаторов на процесс деструкции органических соединений были произведены экспериментальные исследования по оценке их эффективности.

Сравнительная аналогия результатов экспериментальных исследований по окислению органических загрязняющих веществ сточной воды, выполненных по существующей технологии и с применением ультрадисперсных катализаторов, приведены в табл. 1 и 2.

Результаты анализа сточных вод по традиционной технологии и с использованием ультрадисперсных катализаторов по показателям ХПК (химическое потребление кислорода) и БПК (биологическое потребление кислорода) приведены в табл. 3.

### 1. Изменение содержания органических веществ в сточной воде (традиционная технология)

Время, ч	Масса органических веществ в воде, г		
	общее количество орг. в-в	растворенная в воде	нерастворенная в воде
0	0,03	0,027	0,003
1	0,0301	0,0271	0,003
2	0,03	0,0269	0,0031
3	0,03	0,027	0,003
4	0,0298	0,027	0,0028

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.И. Леонтьевой.

## 2. Изменение содержания органических веществ в сточной воде (с применением ультрадисперсных катализаторов)

Время, ч	Масса органических веществ в воде, г		
	общее количество орг. в-в	растворенная в воде	нерастворенная в воде
0	0,031	0,019	0,012
1	0,027	0,018	0,009
2	0,024	0,016	0,008
3	0,02	0,012	0,008
4	0,018	0,008	0,001

## 3. Результаты анализа сточных вод по ХПК и БПК

№ опыта	ХПК, мг/л	БПК, мг/л
Традиционная технология		
1	422,4	207,4
2	378,3	205,1
С применением ультрадисперсных катализаторов		
1	198	69
2	165	44

Полученные результаты свидетельствуют о том, что добавление ультрадисперсных катализаторов привело к снижению концентрации органических загрязняющих веществ, а также к уменьшению показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> по сравнению с традиционной технологией.

Сравнение данных по изменению концентраций загрязняющих органических соединений по времени, полученных по традиционной технологии и с применением ультрадисперсных катализаторов, показывает, что в случае использования композиции ультрадисперсных катализаторов содержание органических веществ в сточной воде меньше, чем по традиционной технологии.

Механизм действия частиц ультрадисперсных катализаторов может быть охарактеризован как фотокаталитическая деструкция, протекающая под действием солнечного света. Наночастицы поглощают кванты света и являются катализаторами в химических превращениях органических соединений, многократно преобразовывая их структуру. Ультрадисперсные катализаторы легко подвергаются регенерации и практически являются нерасходными материалами [2].

Как показали исследования, в процессах очистки сточных вод в качестве катализаторов эффективно работают наночастицы металлов и

оксидов металлов I, IV, VII и VIII групп периодической системы. В условиях контакта с воздухом образуется оксидная пленка на поверхности наночастиц металлов. Оксиды металлов могут рассматриваться как полупроводниковые соединения. Согласно современным представлениям, в таких соединениях при поглощении кванта света свободные электроны и вакансии разделяются и выходят на поверхность наночастиц катализатора. Захваченные поверхностью электрон и вакансии являются вполне конкретными химическими соединениями, которые чрезвычайно реакционноспособны и могут окислять любые органические соединения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баева, Л.В. Применение ультрадисперсных систем в очистке сточных вод / Л.В. Баева, М.А. Яцинина, Ю.В. Яцинин // IV Международная научная конференция студентов, аспирантов, молодых ученых «Научный потенциал студенчества в XXI веке». – Ставрополь, 2010. – Т. 1. – С. 339 – 342.

2. Леонтьева, А.И. Инновационная технология очистки городских сточных вод с использованием композиций ультрадисперсных катализаторов / А.И. Леонтьева, В.С. Орехов, С.В. Деревякина // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Вода – источник жизни». – Павлодар, 2009. – С. 130 – 134.

*Кафедра «Химические технологии  
органических веществ» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 664.6**

***В.В. Апаршева\****

#### **ВЛИЯНИЕ ПОРОШКА ИЗ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА И РЯБИНЫ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ**

Разработка и расширение ассортимента хлебобулочных изделий с повышенной пищевой и биологической ценностью являются актуальной задачей, успешное решение которой возможно за счет использования растительного сырья.

В качестве растительной добавки было предложено использовать порошок, получаемый измельчением сушеных плодов шиповника и рябины, в том числе семян. Выбор данной добавки обусловлен хорошей сочетаемостью ее компонентов, доступностью и широким распро-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Д.С. Дворецкого.



странением в Центральном Черноземье применяемых в ее составе плодов. Кроме того, сушеные плоды рябины обыкновенной и шиповника богаты водо- и жирорастворимыми витаминами, органическими кислотами, дубильными и пектиновыми веществами, макро- и микроэлементами [1].

Целью данной работы являлось изучение влияния добавки из плодов шиповника и рябины на хлебопекарные свойства пшеничной муки.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- изучить влияние порошка из плодов шиповника и рябины на количество и качество клейковины пшеничной муки;
- исследовать влияние добавки на газообразующую и водопоглощающую способность пшеничной муки;
- изучить влияние внесения порошка из плодов шиповника и рябины на хлебопекарные свойства муки с помощью пробной лабораторной выпечки;
- сделать выводы о технологическом значении влияния добавки на хлебопекарные свойства муки.

На первом этапе для изучения влияния порошка из плодов шиповника и рябины на хлебопекарные свойства пшеничной муки добавку вносили в тесто в количестве 1, 2 и 3% путем замены соответствующего количества муки. Полученные данные свидетельствуют о закономерном снижении количества клейковины пшеничной муки по сравнению с контрольным образцом без внесения добавки. Но в то же время наблюдается ее укрепление (табл. 1).

На втором этапе было установлено, что применение порошка из плодов шиповника и рябины оказывает влияние на газообразующую способность пшеничной муки. По сравнению с контролем количество выделившегося углекислого газа за 300 мин брожения в опытных образцах увеличилось в среднем в 1,2 – 1,5 раза, что связано с большим содержанием моно- и дисахаридов в порошках из плодов шиповника и рябины. Увеличилась также водопоглощающая способность муки (рис. 1).

Далее изучали влияние добавки из растительного сырья на хлебопекарные свойства пшеничной муки прямым методом – с помощью пробной лабораторной выпечки (по ГОСТ 27669–88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки»). У готовых изделий определяли пористость, удельный объем и органолептические показатели (табл. 2).

Установлено, что добавление порошка из плодов шиповника и рябины улучшало пористость и структурно-механические свойства мякиша, органолептические показатели: готовые изделия имели гладкую, яркоокрашенную корку, приятный, в меру выраженный вкус и

аромат добавки. Удельный объем хлеба увеличился по сравнению с контрольным образцом в среднем на 16,6...21,9%.

### 1. Влияние порошка из плодов шиповника и рябины на количество и качество клейковины пшеничной муки

Содержание добавки, %	Соотношение компонентов в добавке (шиповник:рябина)	Массовая доля сырой клейковины, %	Растяжимость клейковины, мм
Контрольный		35,128	165
1	1:1	34,128	160
	1:2	34,112	161
	2:1	34,068	158
	1:3	33,924	163
	3:1	33,712	155
2	1:1	33,084	154
	1:2	32,604	155
	2:1	32,364	152
	1:3	32,22	157
	3:1	31,692	149
3	1:1	32,208	148
	1:2	31,744	149
	2:1	31,36	145
	1:3	30,932	152
	3:1	30,736	141



Рис. 1. Влияние дозировок порошка из плодов шиповника и рябины на водопоглощаемую способность муки

## 2. Показатели качества пшеничного хлеба

Наименование показателя	Контроль	Дозировка порошка, % от массы муки		
		1	2	3
Форма	Правильная			
Состояние поверхности	Гладкая, без пузырей и трещин, подрывов			
Структура пористости	Развитая, равномерная	Равномерная, хорошо развитая, поры мелкие и тонкостенные		Развитая, равномерная
Цвет мякиша	Очень светлый	Светлый	Светлый	Светлый, с еле уловимым сероватым оттенком
Вкус, запах	Выраженный, свойственный данному виду изделий	Выраженный, приятный, с тонким фруктовым ароматом		
Пористость, %	73	76	79	80,2
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	320	373	385	390

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– внесение порошка из плодов шиповника и рябины влияет на хлебопекарные свойства пшеничной муки;

– полученные результаты экспериментальных исследований имеют важное значение при выборе оптимальных дозировок добавки, обеспечивающих наилучшее протекание технологических процессов и тем самым способствующих улучшению качества готовых изделий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кислухина, О.А. Витаминные комплексы из растительного сырья / О.А. Кислухина. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 308 с.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов» ГОУ ВПО ТГТУ*

А.Ю. Пудовкина\*

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ФЕНОЛ

Фенол представляет собой высокотоксичное вещество, поэтому возможное превышение его фактической концентрации над критерийными величинами определяет необходимость разработки эффективных методов удаления его из атмосферы и гидросферы. Причем в последнем случае необходимо учитывать характер вод его пребывания: рекреационные, рыбохозяйственного назначения, направляемые на подземную закачку.

Следует рассматривать, по крайней мере, два варианта сточных вод:

1. Высококонцентрированные по фенолу, которые характерны для коксохимической промышленности, производства фенолформальдегидных смол и других отраслей, содержание  $C_6H_5OH$  в которых составляет от десятых до единиц г/л.

2. Низкоконцентрированные с содержанием фенола 20...40 мг/л, которые, тем не менее, в силу его высокой летучести и малых величин ПДК<sub>г</sub> ведут к высоким коэффициентам превышения  $k_{пр,i}$ , существенно большим единицам. Такие концентрации, например, характерны для сточных вод производства связующих пленкообразователей, клеев и лаков на основе фенолформальдегидных смол.

Высококонцентрированные сточные воды очищаются методом окисления. Фенол в кислой среде легко окисляется  $ClO_2$ , водные растворы которого при  $pH \approx 7$  довольно устойчивы. С ростом температуры и кислотности среды [2] скорость разложения диоксида хлора возрастает. В щелочной среде он гидролизует с образованием хлоритов и хлоратов. Основным продуктом окисления фенола – *n*-бензохинон. Расход  $ClO_2$  на окисление 1 мг  $C_6H_5OH$  до *n*-бензохинона – 1,0...1,2 мг.

В щелочной среде основные продукты окисления – малеиновая и щавелевая кислоты, продолжительность процесса до перехода  $C_6H_5OH$  в  $R-(COOH)_2$  – 15...20 мин.

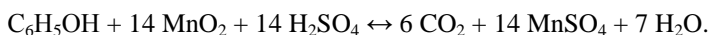
В целом, обработка сточных вод, загрязненных фенолами, посредством  $ClO_2$  ведет к образованию хиноидных соединений (кислые среды) или к разрыву бензольного кольца с образованием органических кислот.

---

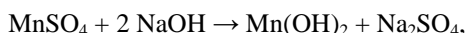
\* Работа выполнена под руководством заслуженного деятеля науки и техники РФ, д-ра хим. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Вигдоровича.

Фенолы сточных вод легко окисляются  $O_2$ , претерпевая при этом глубокие структурные изменения: гидроксилируются, образуют хиноны, оксихиноны, карбоновые и гуминовые кислоты, пироксидные соединения [2]. Дальнейшее окисление ведет к получению оптимальных продуктов превращения –  $CO_2$  и  $H_2O$ . Глубина окисления зависит от параметров процесса. Многоатомные фенолы разрушаются легче одноатомных, особенно в области  $pH \approx 7$ . Метод реализуется за счет воздействия атмосферного кислорода в окислительных башнях.

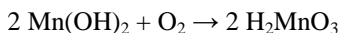
Пероксид водорода окисляет фенол на 95% за 7 – 9 минут (катализатор – ионы металлов переменной валентности – Fe, Cu, Mn, Cr). Оксиды марганца фенол окисляется, в частности, по уравнению



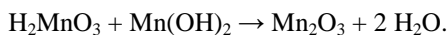
Регенерация сульфата марганца протекает по реакциям:



далее

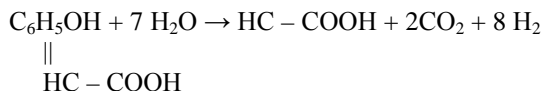


и затем



В качестве окислителя можно использовать и пиролюзит, в частности, в производстве фенолформальдегидных смол и дифенилпропана. Подробности деталей и экономичности метода в [2].

При электрическом окислении фенола процесс идет по суммарному уравнению



и сопровождается образованием малеиновой кислоты. При малой концентрации  $C_6H_5OH$  процесс протекает медленно [3] и связан с большим расходом электроэнергии, который можно снизить минерализацией сточных вод хлоридом натрия (2...3 г/л).

Второй метод очистки высококонцентрированных сточных вод – сорбционная очистка. Для обесфеноливания сточных вод используется сорбционная очистка на активированных углях. Их удельная поверхность – 400...900  $m^2/g$ , а адсорбционная способность в значительной мере зависит от величины пор и фракционного состава. Размер пор (0,1...0,2) нм [3], удельная пористость – (0,56...2)  $m^2/g$ .

Цель регенерации – десорбция частиц адсорбата или их деструктивное разрушение с восстановлением сорбционной способности адсорбента.

Для удаления частиц адсорбата в виде органических соединений используют восстановительную деструкцию за счет смещения равновесия в системе в результате концентрационных изменений адсорбата и температуры или степени электролитической диссоциации.

При деструктивной регенерации применяют окисление [1, 2] химическими реагентами и термодеструкцию. Деструктивные реагенты –  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ . При значительной одновременной концентрации в сточной воде фенола и формальдегида их целесообразно выделить в виде фенолформальдегидной смолы. Однако для протекания процесса необходим избыток  $\text{HCOOH}$ . Для эффективной регенерации адсорбента целесообразно использовать противоток и блок адсорбционных колонн, оптимально три.

В случае извлечения фенола из его низкоконцентрированных растворов эффективной является адсорбционная очистка с применением глауконита или его фракций в качестве адсорбента. В этом случае фенол с концентрацией порядка 20 мг/л извлекается при стадийной периодической очистке на 99,9% [4, 5], а при непрерывной очистке из проточного раствора – до глубины 99,96 мас. %, т.е. до остаточной концентрации 0,020...0,008 мг/л [6]. Подобным образом можно снижать и ХПК фенолсодержащих сточных вод на 65...67% при однократной периодической очистке [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка производственных сточных вод / под ред. Ю.И. Турского и И.В. Филиппова. – Л. : Химия, 1967. – 332 с.
2. Проскуряков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В.А. Проскуряков, Л.И. Шмидт. – Л. : Химия, 1977. – 464 с.
3. Вигдорович, В.И. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов / В.И. Вигдорович, Н.В. Шель, И.В. Зарапина. – М. : КАРТЭК, 2008. – 215 с.
4. Справочник химика. – Л. – М. : Химия, 1963. – Т. 1. – 1071 с.
5. Вигдорович, В.И. Извлечение фенола из водных растворов глауконитом / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 4. – С. 500 – 505.
6. Извлечение ионов меди (II) и фенола в проточном растворе глауконитом Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 6. – С. 930 – 937.
7. Адсорбционная способность глауконита Бондарского района Тамбовской области / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Д.В. Николенко, А.И. Акулов, Ф.А. Румянцев // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2010. – Т. 10, № 1. – С. 126 – 130.

*Секция «Химия наноматериалов» ГОУ ВПО ТГТУ*

*М.М. Николюкин, С.Н. Полянский, М.В. Соколов\**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ДЕВУЛКАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ ЭКСТРУЗИИ**

На стадии девулканизации осуществляется воздействие ультразвука с использованием разработанного ранее оборудования [1]. Экспериментальные исследования показали, что под воздействием мощных ультразвуковых колебаний рвутся связи C–S (углерод–сера), что приводит в конечном счете к девулканизации.

Предполагается, что при этом:

- обеспечится повышение качества девулканизированного материала;
- активируются бензольные связи;
- снизятся механические нагрузки на экструдер, а, следовательно, увеличится срок его службы.

Технические данные по устройству девулканизации:

- червячная машина МЧХ-32/10;
- потребляемая мощность от 5 кВт (зависит от производительности конкретного экструдера и необходимой степени девулканизации);
- ультразвуковой узел, спроектированный под червячную машину МЧХ- 32/10;
- частота ультразвукового излучателя до 25 кГц.

Эксперименты проводились при различных условиях: варьировались температуры экструдера, режимы работы экструзионной установки, частота ультразвука. Были выбраны отходы резинотехнических изделий (РТИ) в виде крошки, произведенные на заводе ОАО «АРТИ-Завод» для дальнейшего процесса переработки. Предварительно данный материал (крошка резиновая) был обработан на вальцах при температуре 40...50 °С, с целью его частичной пластикации и подготовки ленты для загрузки в червячную машину.

Эксперименты проводились с применением ультразвука и без его воздействия, после чего сравнивались результаты. При включении ультразвука наблюдалось резкое падение давления в материальном

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ М.В. Соколова в рамках ФЦП № 14.740.11.0141 по теме «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области многофункционального приборостроения для промышленных систем управления».

цилиндре червячной машины, что заметно снижает энергопотребление и увеличивает ресурс установки. Девулканизованные образцы экструдата, полученные с применением ультразвука и без его воздействия, сравнивались между собой.

На рисунке 1 представлены фотографии поперечных сечений образцов экструдата переработанных крошечных резиновых отходов, где хорошо видны отличия структуры заготовок при воздействии на них ультразвука (*б*) и без его воздействия (*а*) (при одинаковых температурных режимах и частотах вращения червяка). Причем, образцы, на которые было оказано ультразвуковое воздействие, получили большую степень девулканизации (рис. 1), так как имеют равномерную и однородную структуру без воздушных включений (темные пятна), а также увеличенную пластичность и практически отсутствующую пористость.



**Рис. 1. Фотографии поперечных сечений переработанной резиновой крошки без воздействия ультразвука (*а*) и с его применением (*б*)**

Модификация структуры перерабатываемого материала происходит благодаря акустической кавитации. Моделирование процесса проводят используя концепцию эффективной вязкостной характеристики потоков до девулканизации совместно со сдвиговой деформацией, температурой и зависимой от вязкости гель-фракции. На материал действовали: усилие сдвига, давление и различные температуры, ультразвуковые волны. Все это способствует разрыву межмолекулярных связей. Прогнозируемые данные (поведение гель-фракции), сила межмолекулярных связей и применяемое давление в модели были подтверждены экспериментальными данными [2].

В ультразвуковой девулканизации самым важным является определение оптимальных условий процесса. В этом исследовании различ-

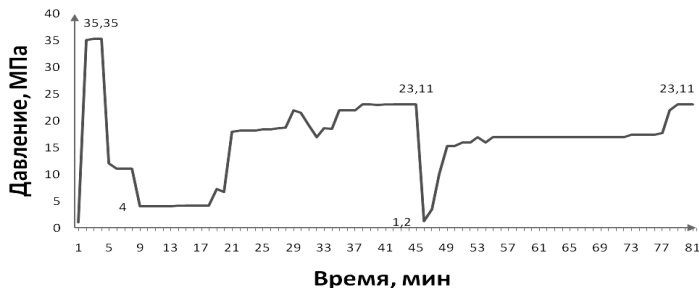


ные условия процессов используются для установления диапазона параметров процесса для удачной девулканизации. Размер перерабатываемых частиц выбирается в соответствии с амплитудами ультразвуковых волн и размером формирующего инструмента. Это позволяет определять визуально качество на выходе из экструдера – частично девулканизованные образцы выходят из экструдера в виде жгута, в то же время недевулканизованные части материала выходят из экструдера в виде порошка. Девулканизация достигается благодаря тяжелым условиям обработки частиц размером около 0,5 мм, а также благодаря давлению, создаваемому небольшим диаметром формирующего инструмента на выходе из экструдера, а также высокими амплитудами ультразвука. Девулканизация практически не возможна при большом диаметре перерабатываемых частиц с любым диаметром формирующего инструмента. К этому выводу можно прийти исходя из отсутствия значительного роста давления в головке и отсутствия необходимой мощности ультразвука, действующей на каждую точку материала.

Так как резина обладает хорошей термоустойчивостью в связи с низкой ненаполненностью ее главных связей, возможно предположить, что требуется больше усилий для девулканизации по сравнению с высоконасыщенными резинами [3].

В результате экспериментов был получен график (рис. 2), который показывает зависимость давления в материальном цилиндре червячной машины (экструдера) от интервалов времени с применением ультразвука и без его воздействия.

На рисунке видны характерные спады давления, которые наблюдаются с применением ультразвука. Давление заметно снижается, следовательно, падает нагрузка на рабочие органы машины, уменьшаются износ деталей и потребляемая мощность электродвигателя, что повышает экономическую эффективность применения ультразвука в процессе экструзии длинномерных заготовок из отходов РТИ.



**Рис. 2.** Зависимость давления в материальном цилиндре червячной машины от интервалов времени с применением (5 – 18 мин, 45 – 47 мин) ультразвука и без его воздействия (1 – 4 мин, 18 – 45 мин, 47 – 81 мин)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николукин, М.М. Экспериментальная установка и методика исследования влияния ультразвука на длинномерные резинотехнические заготовки : сборник статей магистрантов / М.М. Николукин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – № 16. – С. 64 – 68.
2. WileyInterScience [Электронный ресурс] / Continuous Ultrasonic Devulcanization of Unfilled Butyl Rubber; Wenlai Feng, A. I. Isayev. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Методология расчета оборудования для производства длинномерных резинотехнических заготовок заданного качества / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов, В.Г. Однолько. – М. : Машиностроение, 2009. – 352 с.

*Кафедра «Технологии полиграфического и упаковочного производства» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 621.929.3**

*С.Н. Полянский, М.М. Николукин, М.В. Соколов\**

### **ФОРМУЮЩАЯ ГОЛОВКА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ЭКСТРУДАТ**

В настоящее время происходит бурное развитие промышленности, наращивание ассортимента выпускаемой продукции и количества производимых изделий. Неотъемлемым фактором такого роста является увеличение количества отходов, получаемых как при производстве изделий, так и после их эксплуатации. Причем, если при производстве изделий образуется значительно мало отходов, то сами изделия, после своего срока эксплуатации, составляют основное количество мусора, с которым впоследствии необходимо бороться [1].

С каждым днем происходит увеличение спроса на резинотехнические изделия, как в промышленности, так и в бытовом использовании. Среди отходов резинотехнических изделий наибольшее количество приходится на автомобильные покрышки, резиновые шланги, коврики, прокладки и т.д. Большое скопление их на полигонах, а тем более несанкционированный выброс, вызывает сильную угрозу загрязнения почв и сточных вод, развитие инфекций, скопление грызунов, опасность возникновения возгораний, загрязнение атмосферы продуктами горения [2].

---

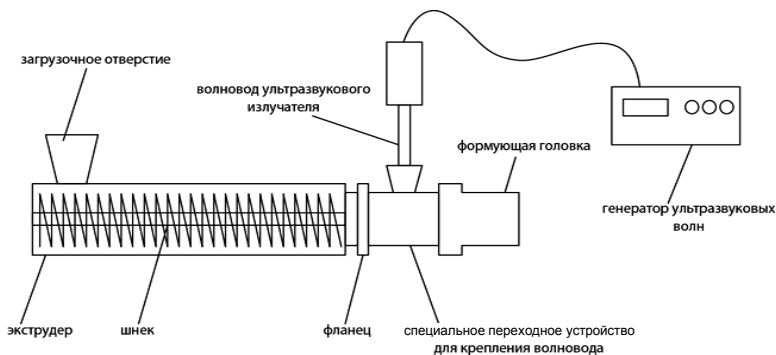
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ М.В. Соколова.

При выборе способа их утилизации необходимо решить несколько проблем, в первую очередь связанных с переработкой самих отходов, во вторую – экономической оправданностью, сохранением ценно го сырья, а также экологической безопасностью [3].

Из существующих методов переработки отходов резинотехниче ских изделий можно выделить следующие: захоронение на полигонах, сжигание, переработка физическими методами, химическими и бактериологическими. Захоронение на полигонах и сжигание являются наи более неприемлемыми методами, так как происходит утеря ценно го сырья и сильное загрязнение окружающей среды. Бактериологические методы наиболее экологически благоприятны и крайне эффективны в плане переработки отходов РТИ, но требуют значительных экономи ческих затрат. Химические методы, такие как пиролиз, позволяют получить из отходов РТИ полезные продукты, но также сильно влияют на загрязнение окружающей среды. Многие физические методы спо собствуют поиску более эффективных путей восстановления резины для вторичного использования и включают в себя измельчение сдви говыми деформациями, воздействие микроволнами и др. [4].

Для проведения научных исследований нами выбраны физиче ские методы воздействия. Лабораторное оборудование базируется на экструдере для переработки резиновых смесей МЧХ-32 с применением генератора ультразвуковых волн для лабораторных исследований ИЛ 100-6/ (рис. 1.).

В конструкции используется формующая головка, позволяющая получать различные профили и имеющая отдельную систему обогрева. Формующая головка крепится к фланцу экструдера посредством специального переходника, куда устанавливается волновод генератора ультразвука. Волновод установлен таким образом, что непосредствен но оказывает влияние на резиновую смесь, проходящую вдоль канала.



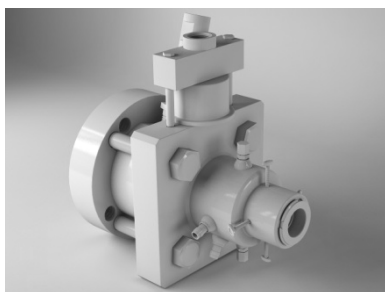
**Рис. 1. Схема экспериментальной установки**

Принцип работы экспериментальной установки заключается в следующем. Предварительно на вальцах из резиновой крошки получают ленту, что позволяет обеспечивать более равномерное питание экструдера материалом. Через загрузочное отверстие лента подается в экструдер и захватывается витками шнека, при этом в ней происходят большие сдвиговые деформации, за счет чего высвобождается большое количество тепла, и резиновая смесь дополнительно разогревается. Создается сильное давление, которое достигает 15 – 20 МПа. Перед попаданием в формующую головку на смесь оказывается воздействие ультразвуковыми волнами, что способствует разрыву пространственных S–S связей, вследствие чего происходит девулканизация смеси, появляется возможность формировать и в дальнейшем повторно вулканизировать смесь. Формующая головка обеспечивает получение профильных длинномерных заготовок.

В данной экспериментальной установке используется метод ультразвуковой девулканизации резины. Его суть заключается в воздействии на резину ультразвуковыми волнами с целью разрыва пространственных связей, таких как S–S и C–S, не воздействуя при этом на C–C связи. Это возможно благодаря разной энергии, необходимой для разрыва этих связей. Для разрыва S–S и C–S связей необходима более меньшая энергия, вследствие чего можно осуществлять разрыв преимущественно только этих связей. Процесс ультразвуковой девулканизации протекает крайне быстро, скорость девулканизации составляет примерно одну секунду. Так же метод может быть независимым от растворителей и химических добавок. Девулканизация этим методом подходит для утилизации автомобильных покрышек и других отходов резинотехнических изделий [5].

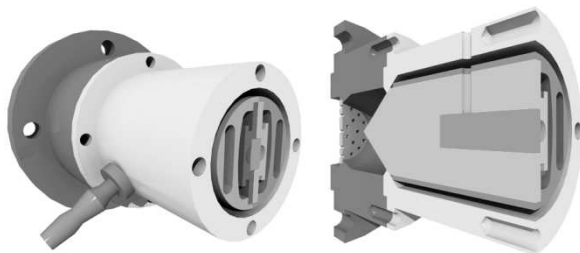
Формующая головка предусматривает получение различных профилей, что обеспечивается конструкцией сменных дорнов и мундштуков. Возможно получение жгута, трубных заготовок разных диаметров, а также более сложных профилей. Конструкция формующей головки позволяет устанавливать датчики температуры и давления и имеет собственный обогрев, который осуществляется высокотемпературным нагретым маслом через штуцеры. Использование специального переходного устройства обеспечивает крепеж волновода ультразвукового устройства. Наглядная трехмерная модель действующей формующей головки представлена на рис. 2.

Проведенные экспериментальные исследования, а также литературный обзор научных статей и патентов выявили, что данная конструкция формующей головки требует доработок в плане воздействия ультразвука на смесь. В данной конструкции волновод устанавливается перпендикулярно проходящей по каналу смеси, воздействие ультразвуком происходит в локальной точке.



**Рис. 2. Трехмерная модель действующей формующей головки**

К повышению эффективности воздействия ультразвука на смесь может привести установка волновода вдоль канала формующей головки. Наглядная трехмерная модель формующей головки с креплением волновода вдоль канала движения смеси представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Трехмерная модель формующей головки с волноводом вдоль канала**

В этом случае воздействие будет оказываться по всему объему перерабатываемой резиновой смеси и при переработке крошки из отходов резинотехнических изделий.

В настоящее время готовится конструкторская документация по изготовлению волновода и экструзионной головки для эффективного объемного воздействия на экструдат.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. INTEGRATED WASTE MANAGEMENT BOARD “Evaluation of Waste Tire Devulcanization Technologies”. Publication № 622-04-008, Sacramento, Calif., December 2004.

2. Isayev, A.I. “Recycling of Elastomers” Encyclopedia of Materials: Science and Technology, K.H.J. Buschow, (ed.), Elsevier Science Ltd., Amsterdam, Vol. 3, 2001.

3. Ximei Sun, Avraam I. Isayev “Ultrasound devulcanization: comparison of synthetic isoprene and natural rubbers”, Springer Science+Business Media, LLC 2007.

4. Методология расчета оборудования для производства длинномерных резинотехнических заготовок заданного качества / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов, В.Г. Однолько. – М. : Машиностроение, 2009. – 352 с.

5. Rehan Ahmed, Arnold van de Klundert, Inge Lardinois “RUBBER WASTE – Options for Small-scale Resource Recovery”. WASTE, Nieuwehaven 201, 2801 CW Gouda, the Netherlands, March, 1996.

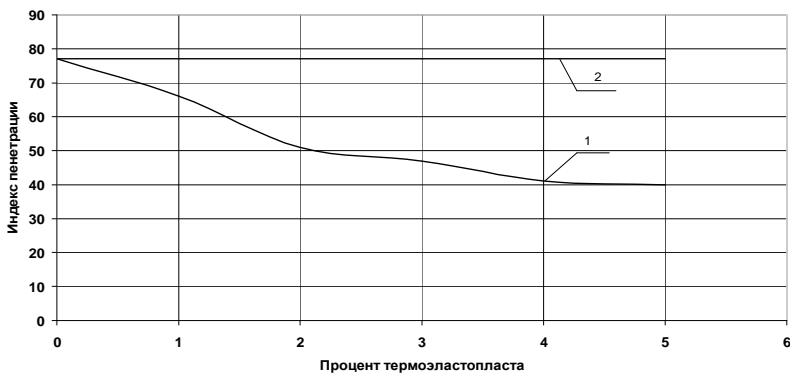
*Кафедра «Технологии полиграфического и упаковочного производства» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 665.775.4**

*С.А. Меркулов, С.В. Сивохин, Д.В. Шагаев\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ И ТЕРМОПЛАСТОВ НА СВОЙСТВА ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ**

Проведены эксперименты по влиянию термоэластопласта ДСТ–30–01 на свойства дорожного битума марки БНД 60/90. На рисунках 1 – 4 представлены физико-механические показатели полученного полимербитумного вяжущего (ПБВ).

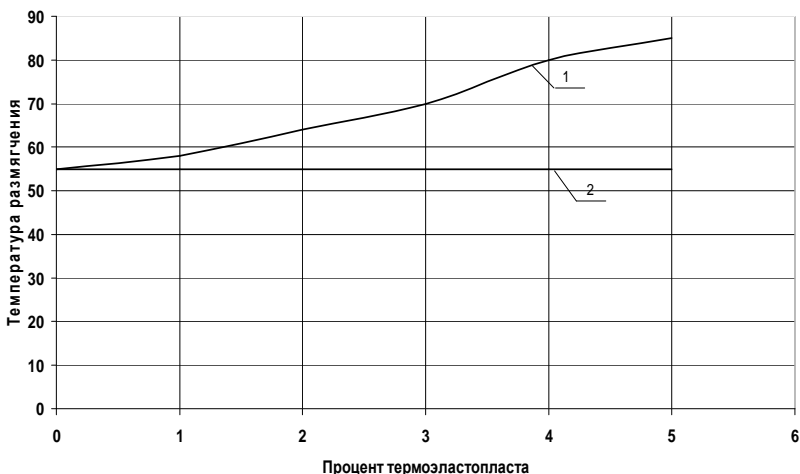


**Рис. 1. Изменение индекса пенетрации полимербитумной композиции от концентрации ДСТ–30–01:**

*1 – модифицированный битум; 2 – исходный битум*

---

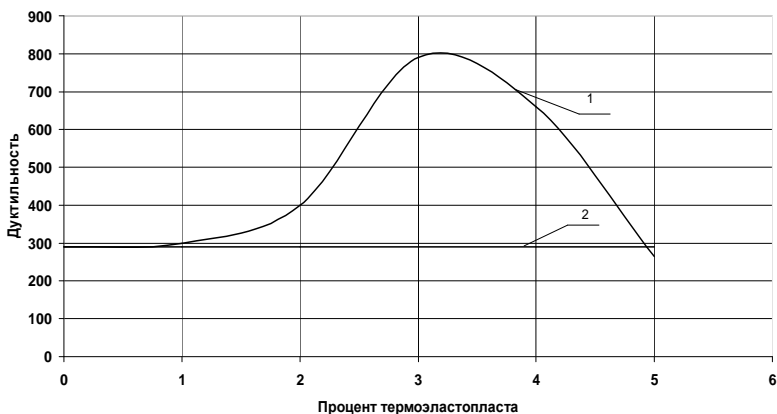
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ П.С. Беляева.



**Рис. 2. Изменение температуры размягчения полимербитумной композиции от концентрации ДСТ-30-01:**

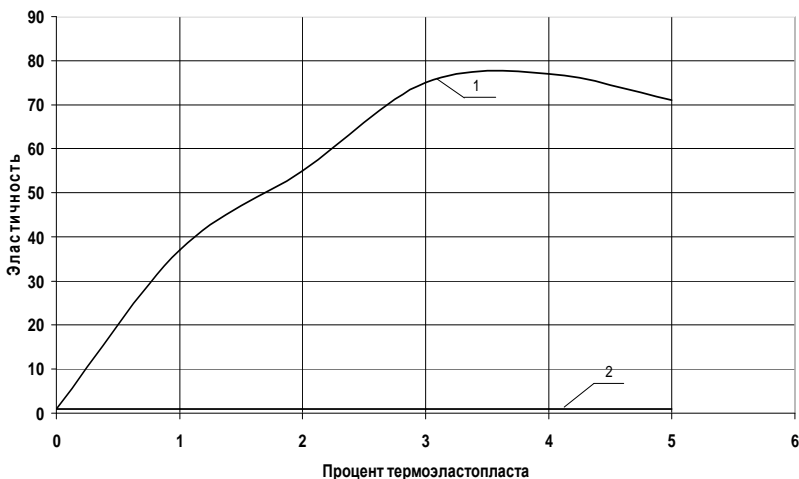
*1* – модифицированный битум; *2* – исходный битум

Как видно из рис. 1, увеличение концентрации приводит к уменьшению индекса пенетрации. Это обуславливается тем, что термоэластопласт является порошком, тем самым существенно увеличивает вязкость полимербитумного вяжущего. В асфальтобетонных покрытиях это дает положительный эффект при эксплуатации в летний период, уменьшится образование колеи.



**Рис. 3. Изменение дуктильности (растяжимости) полимербитумной композиции от концентрации ДСТ-30-01:**

*1* – модифицированный битум; *2* – исходный битум



**Рис. 4. Изменение эластичности полимербитумной композиции от концентрации ДСТ–30–01:**

*1* – модифицированный битум; *2* – исходный битум

Поскольку вязкость полимербитумной системы увеличивается с увеличением процента термоэластопласта, температура размягчения также возрастает.

При введении небольшого количества термоэластопласта существенно увеличивается растяжимость модифицированного битума. Модифицированный битум приобретает свойство эластичности. Эластичность битумов имеет большое значение при их использовании.

Особенно важна эластичность битумов при их высокой вязкости (например, при низкой температуре) и в случаях приложения кратковременных нагрузок.

При введении в битум даже небольших концентраций термоэластопласта полимербитумная композиция приобретает такое свойство, как эластичность, что позволит восстанавливать кратковременные нагрузки на дорожное полотно, создаваемые автотранспортом.

Также были проведены исследования по влиянию комплекса термоэластопластов и термопластов (на базе полиэтилена низкой плотности). Данные представлены в табл. 1.

Растяжимость полимербитумного вяжущего при введении одного процента полиэтилена низкой плотности увеличивается по отношению к исходному битуму и появляется такой показатель, как эластичность, что в асфальтобетонных покрытиях улучшит такие показатели, как трещиностойкость, колеобразование. Вязкость полимерби-



Таблица 1

Компоненты, концентрация ПБН, %	Виды испытаний			
	КиШ, С°	Дуктило- метрия, мм ( $t = 25$ °С)	Пенетра- ция ( $t = 25$ °С)	Эластич- ность, %
БНД 60/90	54	298	58	
БНД 60/90 + + ДСТ-30-01 3% + + ПЭ 1%	77	700	42	78
БНД 60/90 + + ДСТ-30-01 3% + + ПЭ 2%	79	500	38	72

тумного вяжущего увеличивается, что в асфальтобетонных покрытиях уменьшит образование колеи при эксплуатации в летнее время.

Введение в дорожные вяжущие модифицирующих добавок позволяет продлить срок службы дорожных покрытий, которые сделаны с использованием окисленных битумов.

*Кафедра «Технологии полиграфического и  
упаковочного производства» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 665.775.4**

*С.В. Сивохин, Д.В. Шагаев\**

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ**

Дороги являются одним из наиболее важных элементов инфраструктуры государства. От степени развития дорожной сети напрямую зависит экономическое процветание и обороноспособность страны. Без надежно работающей и безопасной сети автомобильных дорог, ориентированной на интересы пользователей, невозможны процессы развития экономической и социальной сфер [1].

Низкие эксплуатационные характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве, приводят к тому, что уже на 3–4-й год требуется проведение капитального ремонта дорог, тогда как за рубежом межремонтный период составляет 10 – 12 лет. Для увеличения межремонтного интервала достаточно всего лишь изменить качество дорожного битума.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ П.С. Беляева.

В нашей стране битумы производят методом окисления. Окисленные битумы получают путем продувки воздухом нефтяных остатков (гудрона) на специальных окислительных установках до заданной вязкости. В результате взаимодействия кислорода воздуха с гудроном в процессе продувки идет реакция образования высокомолекулярных компонентов окисленного битума и повышение его вязкости. За последнее время освоен метод непрерывного окисления битума.

В данной технологии наряду с интенсификацией процесса окисления улучшается качество окисленного битума [2].

Нефтяные остатки при температуре около  $-210$  °С поступают в реактор, где с помощью специальных аппаратов (диспергаторов) засасывается воздух и распределяется в окисляемом продукте. За рубежом широко распространено получение остаточных (неокисленных) битумов. Оно основывается на атмосферно-вакуумной перегонке отборных нефтей. Битум отводится как товарный продукт снизу вакуумной колонны АВТ. В ряде случаев на АВТ имеется дополнительная вакуумная колонна специально для получения битума, в которой поддерживается остаточное давление.

Основные параметры перегонки: температура, глубина вакуума и расход водяного пара. Обычно поддерживается температура  $400...420$  °С, остаточное давление  $30...70$  мм. рт. ст. (параметры процесса определяет природа сырья). Сырье парафинового основания перегоняют при остаточном давлении ниже  $10$  мм. рт. ст., но при этом битум обедняется маслами. Регулируя режим процесса отбора, можно получать остаточные битумы с различной пенетрацией [2].

В Западной Европе на долю неокисленных битумов приходится около  $80\%$  всего объема производства дорожных битумов. В целом по России доля применения в дорожном строительстве неокисленных битумов очень мала, поскольку собственные вполне современные производства неокисленных битумов в силу ряда организационно-технических причин в настоящее время законсервированы [3].

Для улучшения качества производимого в нашей стране окисленного битума необходимо вводить в него различные добавки. В настоящее время ввиду многообразия искусственных материалов, предлагаемых нефтехимическими производствами, имеется богатый выбор используемых для модификации полимеров. Условно их можно классифицировать как термопласты, эластомеры и термоэластичные искусственные материалы.

**Термопласты** состоят из линейных или малоразветвленных полимеров, размягчающихся при нагревании. При охлаждении они снова становятся твердыми. В качестве пластимеров чаще всего используются полиэтилен и атактический (стереобеспорядочный) полипропилен.

Добавка пластимеров повышает вязкость и жесткость битумов при нормальных рабочих температурах (от  $-30$  до  $60$  °С), однако не оказывает существенного влияния на эластичность модифицированных битумов. При нагревании битумов, улучшенных пластимерами, наблюдается тенденция к разделению фаз битума и полимера, т.е. такие битумы неустойчивы к хранению, поэтому должны готовиться непосредственно перед использованием на асфальтобетонном заводе. В Республике Беларусь и в условиях России применение термопластичных добавок не рекомендуется по климатическим условиям: при сильном охлаждении и продолжительных морозах асфальтобетона на основе таких вяжущих подвержены сильному трещинообразованию [4].

**Эластомеры** состоят из длинных полимерных цепочек с широкими разветвлениями. Они эластичны в широком диапазоне температур: от низких до  $200$  °С. При добавке эластомеров в битум повышается его вязкость, улучшается эластичность. Но эти системы также неустойчивы при хранении, для предотвращения разделения фаз между битумом и искусственным материалом требуется постоянное перемешивание. Битум, модифицированный эластомерами, можно назвать битумом с эластичным наполнителем. В качестве эластомеров принято использовать натуральный или регенерированный каучук и полибутадиены [4].

**Термоэластичные искусственные материалы** размягчаются при температурах выше обычных рабочих температур и хорошо деформируются в этом состоянии. Они начали использоваться с 1965 г. Самым известным представителем группы термоэластичных пластмасс является стирол-бутадиен-стирол (СБС). Этот искусственный материал представляет собой блокополимер, состоящий из блоков стирола и полибутадиена. Добавка этого материала к битуму составляет, как правило, от 3 до 6% по массе. Полимер вводится в виде твердого вещества (гранул или порошка), а также в виде жидкости (эмульсии или раствора). Необходимое количество добавляемого материала зависит от дисперсного состояния вводимого вещества: если СБС вводится в битум в мелкодисперсной форме, то расход уменьшается, если в крупнодисперсной форме, то требуется большое количество модификатора [4].

Нами были проведены исследования влияния различных модификаторов на битум марки БНД 60/90. В табл. 1 показано влияние термоэластопластов на физико-механические показатели битума, в табл. 2 показано влияние термопластов.

В таблице 2 представлены результаты экспериментальных исследований по модификации дорожного битума БНД 60/90 отходами термопластов (на примере полиэтилена высокой плотности).

**1. Физико-механические показатели битума БНД 60/90,  
модифицированного термоэластопластами**

Концентрация термоэластопласта, %	Пенетрация, П25-0,1мм	Дуктильность, мм	Температура размягчения, °С	Эластичность, %
1	57	350	57	37
2	58	500	65	55
3	60	800	82	75
Исходное вяжущее	77	290	65	–

**2. Физико-механические показатели битума БНД 60/90,  
модифицированного отходами термопластов**

Концентрация отходов термоэластопластов, %	Пенетрация, П25-0,1мм	Дуктильность, мм	Температура размягчения, Т °С	Эластичность, %
1	72	260	62	50
2	54	200	74	50
3	47	160	76	60
Исходное вяжущее	77	290	65	–

Эксперименты показывают: введение в дорожный битум термоэластопластов и отходов термопластов незначительно понижает индекс пенетрации и появляется такой показатель, как эластичность, что в асфальтобетонных покрытиях улучшит такие показатели, как трещиностойкость, колееобразование.

Целью дальнейших исследований является обеспечение возможности замены сравнительно дорогого ДСТ–30–01 дешевыми отходами термопластов при сравнимых показателях качества получаемого дорожного вяжущего.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ЩМА шагает в горы. – URL : <http://www.avtdorogi-magazine.ru/2010-10-01/opyt/schma.html>.

2. Битум. – URL : [http://www.rusneftsnab.ru/products/bitum/?category\\_page=2](http://www.rusneftsnab.ru/products/bitum/?category_page=2).
3. Битум, полимер, адгезив. – URL : <http://www.avtdorogimagazine.ru/2010-01-01/them/bitpolad.html>.
4. Модифицированный битум. – URL : <http://www.rusarticles.com/stroitelstvo-statya/modificirovannyj-bitum-1560381.html>.

*Кафедра «Технологии полиграфического и  
упаковочного производства» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 691.175:579.222.2**

*Д.М. Ремизов, С.С. Гуреев\**

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ САЖЕНАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

Полимерные материалы являются самыми распространенными и универсальными материалами практически во всех отраслях промышленности. Пропорционально объему их производства растет и количество полимерных отходов, что создает угрозу окружающей среде. Решению этой проблемы служат многие методы борьбы с отходами, но наиболее эффективным является рециклинг, который также решает проблему дефицита сырья [1].

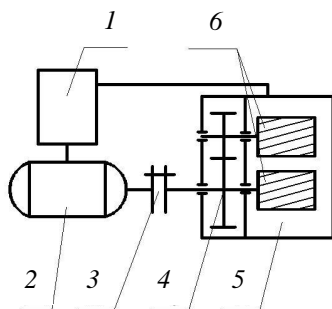
Для эффективной переработки вторичного полимерного сырья и улучшения свойств изделий из него его подвергают модификации, в основе большинства способов лежит радикально-цепной механизм взаимодействия активных групп добавки и окисленных фрагментов вторичного полимера [2].

Нами разработана экспериментальная установка на основе пластографа Брабендера для реализации процесса введения малого количества активированной сажи в расплав полимера (рис. 1).

Был проведен ряд экспериментов, в которых сажа (технический углерод К354) вводилась во вторичный полиэтилен высокого давления как в активированном состоянии, так и неактивированном. Активирование сажи проводилось в шаровой мельнице в течение 60 мин. Затем заготовленная навеска измельченного вторичного полиэтилена засыпалась в рабочую камеру, предварительно нагретую до температуры 140 °С. Во время загрузки рабочие органы установки находились в движении при минимальных оборотах для захвата материала и его гомогенизации. Далее в полученный расплав добавляли навеску технического углерода,

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.С. Клинова.

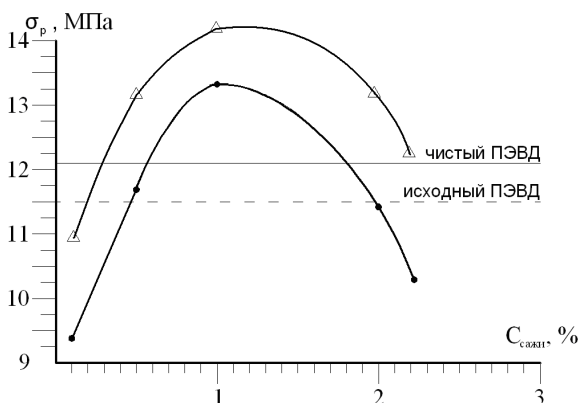


**Рис. 1. Схема экспериментальной установки:**

1 – шкаф управления; 2 – электродвигатель; 3 – муфта; 4 – фрикционные шестерни; 5 – смесительная камера; 6 – смесительные органы

при этом частота вращения рабочих органов выводилась на необходимую отметку (20, 40, 60, 80, 100 об/мин). После полной загрузки камеру закрывали крышкой и проводили смешение в течение определенного времени (10, 15, 20 мин). Затем, после остановки рабочих органов, осуществляли выгрузку полученной смеси и проводили исследования ее физико-механических свойств (ПТР,  $\sigma_t$ ,  $\sigma_p$ ,  $\epsilon$ ).

Сравнительный анализ результатов физико-механических исследований смесей показал, что введение сажи, активированной в шаровой мельнице, способствовало увеличению предела прочности на 20% по сравнению с образцами, полученными в результате введения неактивированной сажи (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость предела прочности при разрыве от концентрации вводимого технического углерода:**

△ – материал, наполненный техническим углеродом, активированным в шаровой мельнице

Был проведен ряд экспериментальных исследований по выявлению таких технологических параметров процесса смешения вторичного полиэтилена высокого давления с активированным техническим углеродом, при которых достигался бы максимальный эффект упрочнения. Данные исследования показали, что наилучшие физико-механические характеристики модифицированного материала достигаются при частоте вращения рабочих органов смесителя в интервале 60 – 80 об/мин и времени смешения 15 мин (рис. 3).

Известно, что чем больше деформация сдвига, тем больше поверхность раздела диспергируемой и дисперсионной фаз, тем больше свободных радикалов образуется в системе и как следствие лучше взаимодействие между наполнителем и полимерной матрицей. С целью увеличения деформации внутри камеры были разработаны рабочие органы различных конфигураций [3]. С каждым набором рабочих органов были проведены экспериментальные исследования по введению 0,05% технического углерода во вторичный полиэтилен высокого давления, которые показали, что наибольший сдвиг в зонах деформации дают валковые и рифленые рабочие органы, а лепестковые рабочие органы позволяют достичь значений первичного материала (рис. 4).

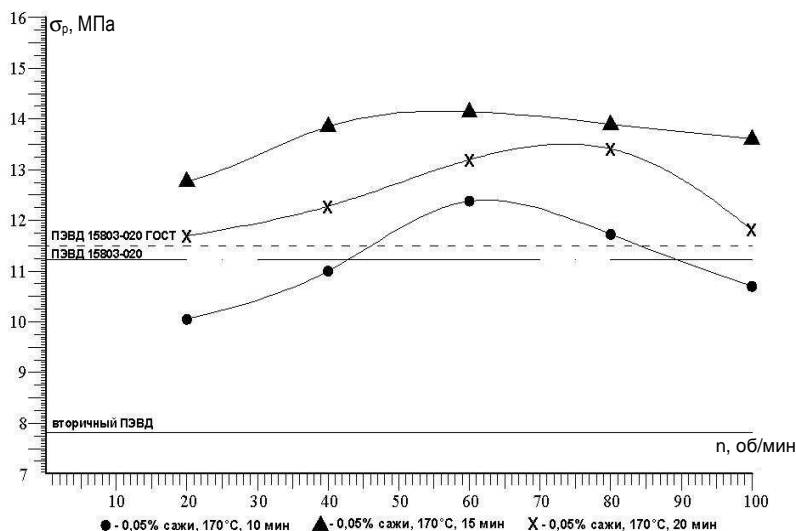


Рис. 3. Зависимость предела прочности при разрыве от частоты вращения рабочих органов при различном времени смешения



**Рис. 4. Сравнительная характеристика воздействия различных рабочих органов на вторичный материал**

В заключение можно сказать, что введение сотых долей процента по массе активированного наполнителя способствует улучшению физико-механических характеристик.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые технические технологии. – URL : <http://www.newchemistry.ru>.
2. Переработка мусора. – URL : <http://www.new-garbage.com>.
3. Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественно-определения наноматериалов : постановление от 31.10.2007 № 79.
4. Omnexus accelerates Technology and Business Development with Plastics & Elastomers. – URL : <http://www.omnexus.com>.

*Кафедра «Технологии полиграфического и упаковочного производства», ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 691.175:579.222.2**

***П.В. Макеев, С.С. Гуреев, И.В. Шашков\****

### ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ

Проблема переработки полимерных отходов злободневна как с экологической точки зрения, так и с ресурсосберегающей, т.е. с позиции экономики. Высокая стойкость полимерных отходов к внешней

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.С. Клиникова.



среде и все уменьшающиеся ресурсы традиционного сырья, в частности, снижение запасов и повышение стоимости нефти и газа, вынуждают к повторному использованию полимерных отходов, к созданию замкнутого оборота сырья, что, естественно, должно привести и к сокращению общественных затрат на защиту окружающей среды.

Еще в начале 90-х годов прошлого века ЕЭС, США и Канадой были введены новые, более жесткие нормы на выбросы мусоросжигательных заводов (МСЗ). Вследствие этого сотни МСЗ в Европе были закрыты. Так, к концу 90-х закрылись почти все заводы по сжиганию мусора. Неизвестно ни одного случая строительства мусоросжигательного завода в Европе за последние 10 лет, а во многих штатах США и провинциях Канады сооружение новых МСЗ запрещено законодательством.

Следует отметить, что в развитых странах сжигается лишь та часть ТБО, которая не пригодна для вторичной переработки, но это явление в последние годы имеет тенденцию к значительному снижению. Кроме диоксинового (диоксины – сверхстойкие органические загрязнители, которые разрушают гормональную систему человека, приводят к иммунодефициту и ослаблению защитных сил организма, способствуют развитию женских болезней, росту количества выкидышей и детей-инвалидов) загрязнения противники сжигания мусора приводят такие аргументы против МСЗ:

- мусоросжигание не только не способствует развитию рециклинговых систем, а наоборот, не заинтересовано в них. В топках сгорают прежде всего органика и полимеры, и получение этих компонентов из мусорной массы делает сжигание мусора нерентабельным;

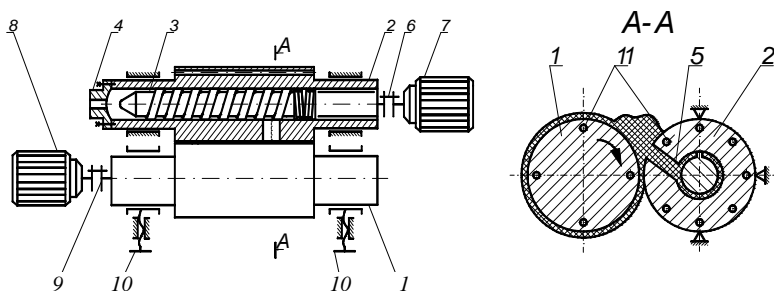
- заводы не уничтожают отходы окончательно. Шлаки и пепел от мусоросжигания, а это около 30% начальной массы ТБО, все равно должны быть захоронены на полигонах. До сих пор МСЗ используют вышеупомянутые материалы в строительной и дорожно-ремонтной промышленности. Но все больше национальных законодательств относит пепел и шлак в список опасных отходов с соответствующими нормами и ценами захоронения.

Таким образом, захоронение и сжигание не решают проблемы полимерных отходов, а лишь переводят ее в новое, опасное и трудно предсказуемое русло. Поэтому Директивой 94/62/ЕС была законодательно закреплена необходимость перехода от простого уничтожения отходов к вторичной переработке (рециклингу).

Приоритетом должен стать рециклинг максимального количества вторичного сырья. На практике переработанные отходы полимеров широко используются в различных отраслях хозяйствования:

- как структурирующие или наполненные материалы в ирригационных работах (дренажные и кабельные трубопроводы), сельском хозяйстве, дорожном строительстве (добавки к бетону, асфальту);
- при производстве строительных материалов (черепицы в смесях с неорганическими наполнителями, облицовочные панели для сельскохозяйственных сооружений, плитки для настила полов в промышленных зданиях, катушки для кабелей и др.);
- для изготовления изделий санитарно-технического назначения: химических волокон, деталей для автомобилей, потребительских товаров (мебели, одежды, обуви, тканевых покрытий и т.п.) и др.;
- в качестве добавок в полимерные композиции при изготовлении новых упаковочных изделий [1].

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ГОУ ВПО ТГТУ разработана конструкция валково-шнекового агрегата (положительное решение на выдачу патента № 2009100295/05(000390)) (рис. 1), позволяющая перерабатывать отходы полимерных материалов и на выходе получать изделия заданного профиля.

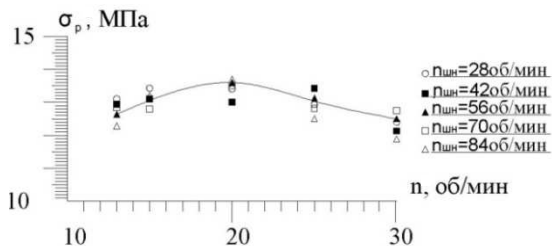


**Рис. 1. Валково-шнековый агрегат:**

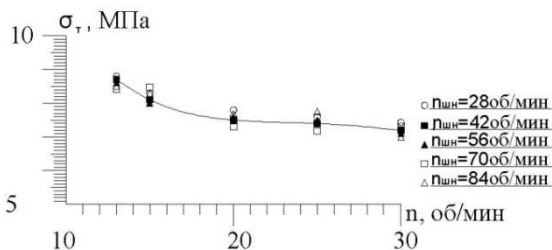
- 1 – передний валок; 2 – задний валок; 3 – шнек; 4 – формующая головка;  
 5 – отверстие; 6, 9 – муфта; 7, 8 – мотор-редуктор; 10 – регулирующее устройство; 11 – электронагреватели

Валково-шнековый агрегат работает следующим образом. Отходы полимерного материала непрерывно загружаются на поверхность валков с одной стороны вальцов, под действием температуры происходит плавление материала, его транспортировка вдоль оси валков по направлению к загрузочному отверстию, где за счет максимального давления расплав продавливается в загрузочное отверстие цилиндра шнека и, захватываясь витками шнека, транспортируется в сторону формующей головки. На выходе получается профиль заданного сечения.

Были проведены эксперименты по определению влияния технологических и конструктивных параметров процесса вторичной переработки полимерных отходов на валково-шнековом агрегате на физико-механические и качественные показатели получаемого вторичного материала.



**Рис. 2.** Зависимость предела прочности  $\sigma_p$  от частоты вращения валка при различных частотах вращения шнека



**Рис. 3.** Зависимость предела текучести  $\sigma_\tau$  от частоты вращения валка при различных частотах вращения шнека

На рис. 2, 3 представлены графические зависимости предела прочности  $\sigma_p$ , предела текучести  $\sigma_\tau$  вторичного ПЭВД от частоты вращения валка при различных частотах вращения шнека.

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность агрегата с получением гранулированного вторичного полимерного сырья. Использование набора формирующих головок позволяет получать изделия заданного поперечного сечения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.polymers-money.com>.
2. Шашков, И.В. Валковое оборудование и технология процесса непрерывной переработки отходов пленочных термопластов : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / И.В. Шашков. – Тамбов, 2005. – 16 с.

*Кафедра «Технологии полиграфического и упаковочного производства» ГОУ ВПО ТГТУ*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ДИСК С КАНАЛАМИ

Проточные гидродинамические (статические) смесители (ПГС) представляют собой смесители, неподвижно установленные в трубопроводах или циркуляционных контурах и использующие энергию технологических потоков. Данные смесители наиболее эффективны для приготовления эмульсий и растворов [1].

Распространенными элементами в конструкциях статических смесителей являются перегородки с отверстиями и каналами. Перегородка с отверстиями может быть выполнена в форме диска, в котором имеются каналы для прохождения жидкости. Каналы обычно равномерно распределены на рабочей поверхности диска и могут иметь различные формы и размеры.

При прохождении жидкости через каналы в перегородке в потоке жидкости возникают развитая турбулентность, отрывные течения и кавитация. Данные эффекты воздействуют на частицы жидкости и способствуют их интенсивному дроблению и гомогенизации, срыву пограничных слоев на частицах.

Степень развития турбулентности характеризуется числом Рейнольдса ( $Re$ ), а степень развития кавитации характеризуется гидродинамическим числом кавитации ( $C$ ). Эти параметры определяются по формулам:  $Re = v_{\text{вых}} d \rho / \mu$ ;  $C = (P_{\text{вых}} - P_{\text{нас. пара}}) / (\rho (v_{\text{вых}}^2 / 2))$ , где  $d$  – определяющий размер каналов;  $\mu$  – коэффициент вязкости;  $P_{\text{вых}}$  – давление на выходе из канала;  $P_{\text{нас. пара}}$  – давление насыщенных водяных паров при температуре 25 °С ( $P_{\text{нас. пара}} = 3167$  Па);  $v_{\text{вых}}$  – скорость потока жидкости на выходе из канала.

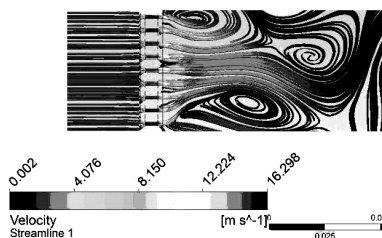
Нами проведены исследования для определения зависимостей течения потока жидкости в каналах цилиндрической формы различного диаметра, выполненных в диске диаметром 70 мм, установленном в трубе. Диаметр каналов равен 2 мм, каналы равномерно распределены по торцевой поверхности диска.

Компьютерное моделирование течения потока жидкости в трубе через диск с каналами выявило локальные максимумы числа кавитации ( $C$ ) на интервале скорости течения жидкости в каналах диска при

---

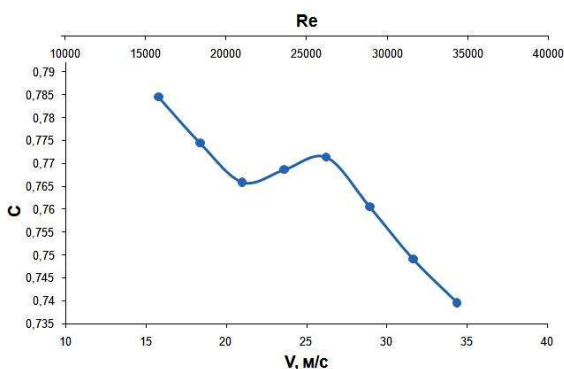
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ М.А. Промтова.

$v = 20 \dots 27$  м/с. Компьютерное моделирование проводили с применением программы ANSYS CFX. Пример графического моделирования течения потока жидкости в трубе через диск с каналами показан на рис. 1.



**Рис. 1. Линии тока при течении жидкости в трубе с перфорированным диском**

Отношение длины канала ( $l$ ) к диаметру канала ( $d$ )  $\frac{l}{d} < 1$ , т.е. течение в каналах диска можно было принимать установившимся. В результате расчетов было установлено, что с уменьшением диаметра канала увеличивается локальный максимум числа кавитации в зависимости от скорости течения (рис. 2). Можно предположить, что чем меньше диаметр канала, тем больше влияют на течение жидкости пристеночные эффекты и вихреобразование, вследствие которых повышается давление на выходе из канала. Происходит выравнивание перепада давления между значениями на входе и выходе из канала  $P_{\text{вх}} / P_{\text{вых}} \approx 1/3$ .



**Рис. 2. График расчетной зависимости числа кавитации ( $C$ ) от скорости течения жидкости в канале ( $v$ ) и числа Рейнольдса ( $Re$ ) для диска с каналами цилиндрической формы (57 каналов диаметром 2 мм)**

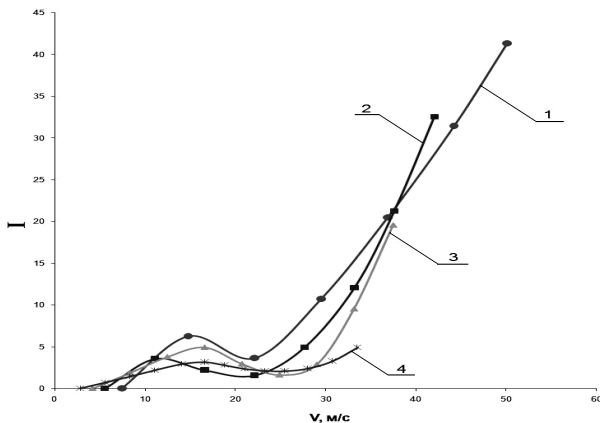
Экспериментальные исследования кавитации при течении жидкости через диск с каналами производились на специально разработанной экспериментальной установке.

Интенсивность кавитации измерялась кавитометром, датчик которого вводили в корпус трубы на выходе потока жидкости из каналов в диске.

Полученные зависимости интенсивности кавитации ( $I$ ) от скорости ( $v$ ) подтверждают расчетные данные (рис. 3), полученные путем моделирования течения потока жидкости через каналы диска, установленного в трубе, в программе ANSYS CFX.

Выполнено экспериментальное исследование эффективности приготовления эмульсии «вода – растительное масло» при ее течение через диск с каналами. Эмульсия вода/подсолнечное масло смешивалась в соотношении 20% растительного масла на 80 % воды по объему, при температуре 25 °С. В качестве параметра, характеризующего эффективность процесса эмульгирования в проточном гидродинамическом смесителе, использовалась зависимость расслоения полученной эмульсии от времени.

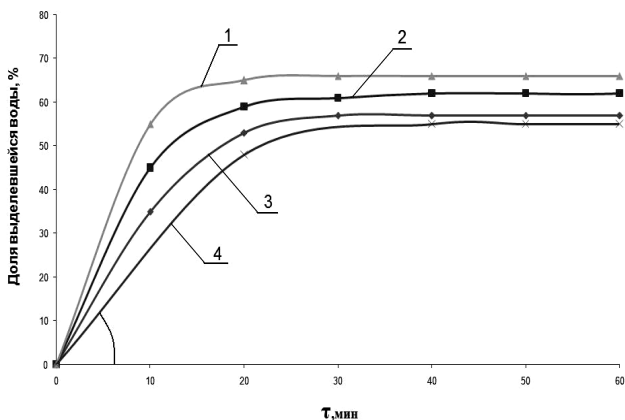
В трубу устанавливали диск с каналами и прокачивали эмульсию «вода – растительное масло» (20% растительное масло, 80% воды) с определенным количеством циклов. Затем эмульсию сливали и отбирали пробу объемом 100 мл для анализа на расслоение. Графики зависимостей расслоения эмульсии при различных расходах через диск с 57 отверстиями диаметром 2 мм показаны на рис. 4.



**Рис. 3. Графики зависимостей интенсивности кавитации  $I$  от скорости течения жидкости в каналах  $v$ :**

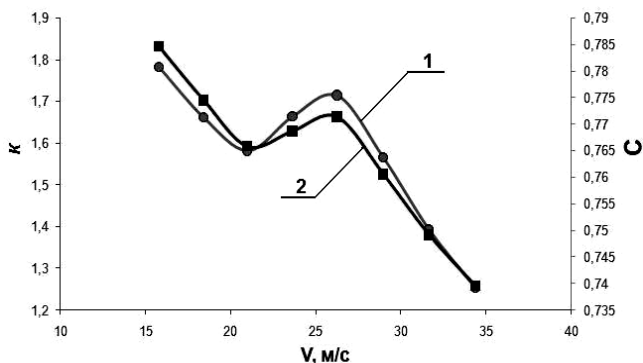
$1$  – диск с 1 каналом ( $S = 0,0001884 \text{ м}^2$ );  $2$  – диск с 5 каналами ( $S = 0,0003768 \text{ м}^2$ );  $3$  – диск с 36 каналами ( $S = 0,0002512 \text{ м}^2$ );  $4$  – диск с 57 каналами ( $S = 0,0005024 \text{ м}^2$ )

Для анализа эффективности процесса эмульгирования в качестве параметра, характеризующего стойкость эмульсии (качество эмульсии) был выбран коэффициент скорости расслоения эмульсии ( $\kappa$ ), равный тангенсу угла наклона прямого участка графика зависимости степени расслоения эмульсии к оси абсцисс ( $\text{tg}\alpha$ ) (рис. 4).



**Рис. 4. График зависимости объема выделившейся воды от времени при расслоении эмульсии:**

1 –  $Q = 9 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 2 –  $Q = 12 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 3 –  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 4 –  $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



**Рис. 5. Графики зависимости:**

1 – коэффициента скорости расслоения эмульсии

κ от скорости  $v$  для диска с каналами (экспериментальные данные);

2 – числа кавитации  $C$  от скорости  $v$  для диска с каналами (расчетные данные)

На основании анализа графиков, показанных на рис. 5, можно сделать вывод, что экспериментальные зависимости коэффициента скорости расслоения эмульсии «вода – растительное масло» от скорости течения потока жидкости в каналах диска подтверждают расчетные зависимости числа кавитации от скорости потока жидкости в каналах диска, полученные путем моделирования течения потока жидкости в ANSYS.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов, В.В. Эффективные малообъемные смесители / В.В. Богданов, Е.И. Христофоров, Б.А. Клоцунг. – Л. : Химия, 1989. – 224 с.

*Кафедра «Техносферная безопасность» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 531.724**

*Р.С. Козлов, П.А. Иванов*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЫ ПРИ БЫСТРОМ СДВИГЕ**

Быстрые гравитационные потоки зернистых материалов являются широко распространенным типом быстрых сдвиговых потоков, имеющих место во множестве природных явлений и технологических процессах. Однако до настоящего времени адекватное описание параметров быстрых гравитационных потоков затруднено по причине множества экспериментальных и аналитических проблем.

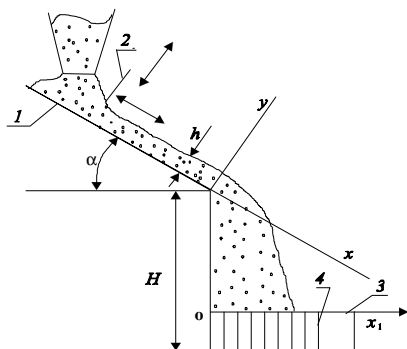
Исследование быстрых сдвиговых потоков относится к области механики сыпучих сред. Быстрые сдвиговые течения часто называют инерционными, поскольку их закономерности определяются, в основном, инерцией и взаимными соударениями частиц.

Комплексную информацию о динамике течения зернистых сред позволяет получить экспериментально-аналитический метод [1, 3].

Данный метод основывается на анализе фазы свободного падения частиц, покидающих порог ссыпания шероховатого ската, и характеризуется простотой эксперимента и достаточно высокой точностью определения исходных данных для аналитического расчета параметров структуры гравитационного потока зернистого материала.

Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой наклонный шероховатый скат 1 прямоугольного сечения и кювету 3, разделенную перегородками 4 на ячейки.





**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки

Кювета, предназначенная для сбора вылетающих из канала частиц, устанавливается по отвесу на некотором расстоянии от порога ссыпания. Для регулирования толщины и длины скатывающегося слоя зернистого материала в канале закреплена с возможностью перемещения ограничительная планка 2. На дне канала расположена шероховатая пластина, имеющая шероховатость, равную половине диаметра частиц исследуемого материала, для обеспечения условия прилипания частиц [2].

Аналитическая часть метода заключается в определении профилей скорости  $u(y)$  и порозности  $\varepsilon(y)$  в слое частиц с учетом взаимосвязи между локальными значениями порозности слоя  $\varepsilon(y)$ , скорости сдвига  $du/dy$ , модуля скорости  $u(y)$  и распределения частиц по горизонтальной координате  $G(x_1)$ . Уравнения, связывающие модуль скорости  $u(y)$  и порозность слоя  $\varepsilon(y)$  в быстром гравитационном потоке зернистого материала на шероховатом скате, формулируются следующим образом:

$$|\bar{u}| = \frac{x_1 - y \sin \alpha}{\cos \alpha \sqrt{(H + y \cos \alpha - (x_1 - y \sin \alpha) \operatorname{tg} \alpha) 2 / g}}; \quad (1)$$

$$u(y, x_1) \rho (1 - \varepsilon(y)) = G(x_1). \quad (2)$$

Используя гипотезу об аналогии между параметрами зернистого материала при быстром сдвиге и соответствующими параметрами плотного газа получают следующее уравнение состояния зернистой среды:

$$p \bar{\varepsilon} = \chi \frac{1}{2} \rho \left[ (bd)^2 + \frac{1}{2} s \mu b d + \mu^2 (bd)^2 \right] \left( \frac{du}{dy} \right)^2 (1 - e_c), \quad (3)$$

где  $d$  – диаметр частиц;  $p(y)$  – аналог гидростатического давления;  $\bar{\epsilon}(y)$  – дилатансия слоя;  $\chi$  – коэффициент уравнения состояния зернистой среды;  $\rho$  – плотность частиц;  $b$  – геометрический параметр;  $s$  – среднее расстояние между частицами;  $du/dy$  – скорость сдвига;  $e_c$  – доля кинетической энергии, диссипируемой при столкновении частиц. Доля энергии диссипируемой при столкновении частиц [1], определяется как функция физико-механических свойств материала с использованием следующей зависимости:

$$e_c \approx (1-k)^2 + \frac{2}{\pi} \mu(1+k) + 0,5\lambda - 0,125\mu^2(1+k)^2 - \frac{2}{3}\lambda\mu(k+1) - 0,125\lambda^2, \quad (4)$$

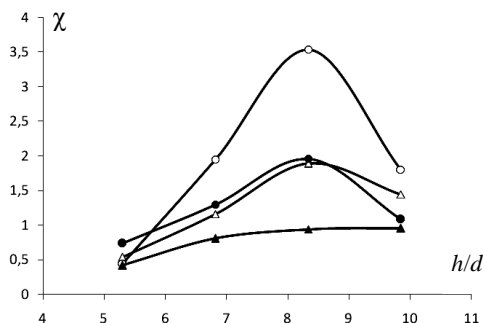
где  $k$  – коэффициент восстановления;  $\lambda$  – коэффициент редукии касательной составляющей ударного импульса;  $\mu$  – коэффициент трения.

Одним из важнейших параметров, позволяющих оценить структуру потока, является коэффициент уравнения состояния зернистой среды при быстром сдвиге  $\chi$ . Он показывает зависимость между работой на дилатансию и «температурой» зернистой среды. В случае, если все составляющие уравнения учтены правильно, коэффициент  $\chi = 1$ . Были проведены исследования зависимости коэффициента  $\chi$  от технологических характеристик гравитационного потока (угол наклона  $\alpha$ , высота слоя  $h$ ) экспериментально-аналитическим методом. В качестве модельного материала были выбраны керамические шары (табл. 1). В качестве подложки наклонного ската использовалась деревянная шероховатая подложка с шероховатостью, равной половине диаметра частицы. При этом варьировались такие параметры, как угол наклонного ската  $\alpha$  и высота слоя материала на пороге ссыпания  $h$ .

На рисунке 2 приведены результаты исследования коэффициента  $\chi$  как функции относительной высоты слоя  $h/d$  на шероховатом скате в режиме установившегося развитого гравитационного течения для различных углов наклона.

### 1. Характеристики модельного материала

Материал	Диаметр частиц $d$ , $10^{-3}$ м	Угол откоса $\alpha_0$ , град	Плотность материала $\rho$ , кг/см <sup>3</sup>	Порозность $\epsilon_0$ , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Коэффициенты		
					трения $\mu$	редукции скорости $\lambda$	восстановления $k$
Керамические шары	6,6	36	2086	0,41	0,44	0,57	0,67



**Рис. 2.** График зависимости коэффициента  $\chi$  от высоты слоя  $h/d$ :  
 —○—  $\alpha = 36^\circ$ ; —●—  $\alpha = 37^\circ$ ; —△—  $\alpha = 38^\circ$ ; —▲—  $\alpha = 40^\circ$

Характер кривых достаточно сложен и требует дополнительного анализа. Обращает на себя внимание тот факт, что на тонких слоях ( $h/d \approx 5$ ) значения коэффициента сопоставимы для различных углов наклона ската, что может свидетельствовать о том, что при данных относительных толщинах слоя частицы имеют сходную высокую интенсивность взаимного перемещения друг относительно друга. При увеличении относительной толщины слоя при большем угле наблюдается большое хаотическое взаимное перемещение частиц, что приводит к приближению значения коэффициента к единице. При относительной толщине слоя ( $h/d \approx 10$ ) начинается режим проскальзывания, в результате резко меняется структура потока, что приводит к резкому изменению значения коэффициента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгунин, В.Н. Феноменологический анализ взаимодействия неэластичных не связанных частиц в быстром гравитационном потоке / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев // Теоретические основы химической технологии. – 2008. – Т. 42, № 3. – С. 343 – 347.
2. Долгунин, В.Н. Взаимодействие неэластичных несвязных частиц сферической формы в быстром сдвиговом потоке зернистой среды / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности : сб. трудов первой международной науч.-практ. конф. – СПб., 2005. – Т. 1. – С. 104–105.
3. Долгунин, В.Н. Экспериментальные и аналитические исследования быстрых гравитационных потоков зернистых материалов / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев, А.М. Климов // 4-th World Congress of Particle Technology, Full text of paper in CD-Rom, Sydney, Australia, 2002.

*Кафедра «Технологии продуктов питания» ГОУ ВПО ТГТУ*

*И.А. Боярко, А.С. Маков\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПАТРОНА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ ДЛЯ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Основными тенденциями совершенствования изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА) являются:

- уменьшение массы и габаритов аппаратов;
- снижение сопротивления дыханию;
- снижение температуры вдыхаемого воздуха;
- повышение надежности приведения аппаратов в действие.

Авторами настоящей статьи продолжены работы в направлении совершенствования конструкции ИДА в части создания регенеративного патрона с изменяемым объемом и принудительной вентиляцией газовой смеси через патрон.

На стадии макетирования были определены:

- общая компоновка системы;
- геометрические размеры патрона;
- эффективность работы вентиляторов;
- расположение питающих элементов для вентиляторов;
- отработана технология сборки.

Конструкция испытательной модели аппарата (рис. 1) включает: круговую и маятниковую схемы направления потоков газовой смеси и регенеративный патрон с изменяемым объемом. В аппарате используется минимальное количество металлических деталей, материалом для патрона и дыхательного мешка служит фторопласт Ф-4 МБ толщиной 50 мкм.

Внутри корпуса помещен регенеративный патрон в виде упругого каркаса, изготовленного из пружинной стальной проволоки толщиной от 1,5 мм. Противоположные стороны каркаса соединены стяжками. Ленты попарно пропускаются через прорезы, выполненные в стяжках и между ними помещаются пластины регенеративного продукта.

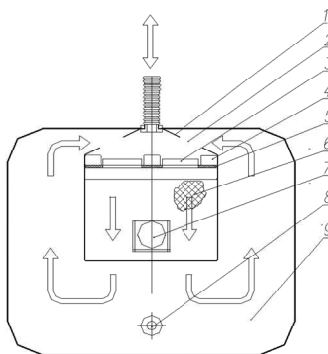
Закрепление пластин регенеративного продукта достигается за счет натяжения лент. Соединение концов проволоки каркаса осуществляется защемлением концов во втулках.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Н.Ц. Гагаповой.

**Рис. 1. Общая схема изолирующего дыхательного аппарата и организация потоков газовой смеси:**

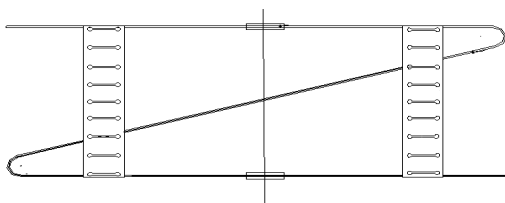
- 1 – камера разрежения; 2 – окно;
- 3 – вентилятор; 4 – источник питания;
- 5 – пластина;
- 6 – регенеративный продукт;
- 7 – пусковое устройство;
- 8 – клапан избыточного давления;
- 9 – дыхательный мешок



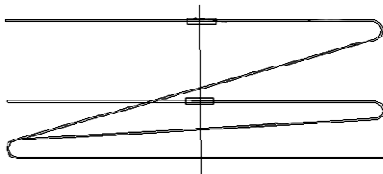
На рисунке 2 показана конструкция упругого элемента, выполненного в виде объемного каркаса, изготовленного в форме проволочной рамки, боковые стороны которой имеют Z-образную форму, верхняя и нижняя части рамки примыкают к стенкам корпуса. Такой каркас обеспечивает восстановление формы корпуса после его сжатия внешним усилием до полного прилегания друг к другу пластин регенеративного продукта (на рис. 3 показаны положение частей каркаса в сжатом и разжатом положении).

Аппарат работает следующим образом.

Узел изоляции органов дыхания в виде маски надевается на лицо пользователя, одновременно с включением вентилятора 3 путем соединения с электрической батареей 4, закрепленных на пластине 5, и запуском пускового устройства 7. При работе пускового устройства выделяется кислород, заполняющий дыхательный мешок 9. Выдыхает-



**Рис. 2. Упругий каркас регенеративного патрона**



**Рис. 3. Каркас в сжатом и разжатом положениях**

мый воздух поступает из узла изоляции органов дыхания через присоединительный патрубок и камеру разрежения 1 в оболочку с регенеративным продуктом б, в котором он проходит через зазоры между пластинами регенеративного продукта в дыхательный мешок. При вдохе очищенный воздух из дыхательного мешка проходит через окна камеры разрежения 2 и поступает в узел изоляции органов дыхания на вдох пользователя. При взаимодействии выдыхаемого воздуха с пластинами регенеративного продукта происходит поглощение диоксида углерода и выделяется необходимый для дыхания кислород. Выделяющееся при работе пластин регенеративного продукта тепло отдается через стенки оболочки воздуху, находящемуся в дыхательном мешке. Из мешка через стенки тепло рассеивается в окружающее пространство. Избыток газовой смеси, образующийся при работе регенеративного продукта, сбрасывается через клапан избыточного давления 8.

### 1. Допустимые величины рабочих параметров ИДА [1]

Наименование параметра	Величина
Время защитного действия, не менее: – при средней нагрузке (номинальный режим) (35 л/мин)	номинальное (30 мин)
– при тяжелой нагрузке (70 л/мин)	0,3×номинал (10 мин)
Содержание диоксида углерода во вдыхаемой газовой смеси	Не более 3% об.
Содержание кислорода во вдыхаемой из аппарата ГВС	Не менее 18% об.
Температура ГВС на вдохе	Не выше +50 °С
Спротивление дыханию	Не более 100 мм вод.ст. (980 Па)

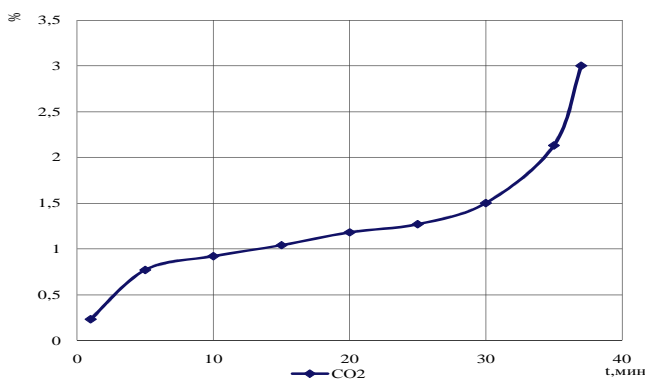


Рис. 4. Концентрация диоксида углерода на вдохе

Динамические испытания изолирующего аппарата проводились на установке, имитирующей выделение человеком углекислого газа и потребление им кислорода – «Искусственные легкие».

Контролируемые параметры:

- сопротивление дыханию на входе и и выдохе;
- температура ГВС на входе;
- концентрация кислорода на входе;
- концентрация диоксида углерода на входе.

Результаты экспериментального исследования аппарата при средней нагрузке (35 л/мин).

Все показатели, полученные в результате проведенных испытаний, соответствуют ГОСТ Р 53260–2009 «Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара» (табл. 2)

## 2. Результаты проведенных испытаний

Объем легочной вентиляции	Время защитного действия	Содержание диоксида углерода во вдыхаемой газозвдушной смеси	Содержание кислорода во вдыхаемой из аппарата ГВС	Температура ГВС на входе	Сопротивление дыханию
35 л/мин	34 мин	Не более 3% об.	Не менее 18% об. 90% об. (max)	46 °С	Не более 25 мм.вод. ст.
70 л/мин	11 мин	Не более 3% об.	Не менее 18% об. 86% об. (max)	50 °С*	Не более 45 мм. вод. ст.

\* использовался холодильник.

Данная конструкция самоспасателя, с принудительной вентиляцией газозвдушной смеси через регенеративный патрон с изменяемой геометрией, применима для других ИДА с разным временем защитного действия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53260–2009 «Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара».

*Кафедра «Технологические процессы и аппараты» ГОУ ВПО ТГТУ*

# НАНОТЕХНОЛОГИИ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

---

УДК 669.017.16:539.21

*А.А. Пасько, Н.Р. Меметов, А.А. Баранов,  
А.Д. Зеленин, В.В. Сорокин\**

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НАНОМОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ БЕТОНОВ НА БАЗЕ ООО «НАНОТЕХЦЕНТР»

Ускоренное выполнение работ в сфере развития инфраструктуры наноиндустрии призвано обеспечить реализацию стратегических национальных приоритетов Российской Федерации и обеспечить повышение качества жизни населения, достижение экономического роста, развитие фундаментальной науки, образования и культуры, обеспечение обороноспособности и безопасности государства. Формирование инфраструктуры наноиндустрии должно стать важнейшим стратегическим направлением, определяющим новые подходы к преобразованию отечественной высокотехнологичной промышленности, реализуемым по Программе координации работ в области нанотехнологий и наноматериалов в Российской Федерации.

В результате совместных исследований, проводимых специалистами вузовской науки и высококвалифицированными производственными кадрами предлагается создать крупномасштабное производство наномодификаторов для бетонов. Создаваемые при реализации проекта технические решения будут оригинальными и патентоспособными и подлежат защите патентами, как в России, так и за рубежом.

В настоящее время ООО «НаноТехЦентр» добились значительных результатов в области синтеза углеродных наноструктур. Продукция Общества отмечена наградами специализированных международных и российских выставок и конкурсов.

Так, 12 марта 2010 года Петербургская техническая ярмарка завершила свою работу церемонией награждения победителей конкурса «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года». На конкурс было подано 208 заявок от 99 предприятий России и Беларуси.

Тамбовский государственный технический университет и ООО «НаноТехЦентр» были удостоены высоких наград:

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.Г. Ткачева.



- диплом I степени и золотая медаль за разработку промышленного производства многослойных углеродных нанотрубок серии «Таунит»;
- диплом II степени и серебряная медаль за разработку наномодифицирующих таблетированных добавок для цементных бетонов на основе наноструктурных материалов «Таунит».

Ожидаемые результаты от проекта:

1. Создание промышленного производства наномодификаторов для бетонов на территории РФ позволит, во-первых, обеспечить заинтересованных производителей доступным сырьем отечественного производства с характеристиками, не уступающими мировым аналогам, во-вторых, создать промышленную базу для дальнейшего расширения производства современных строительных материалов с применением углеродных нанотрубок.

2. Выпуск продукции, качество и уникальность которой по ряду показателей превосходит зарубежные аналоги в промышленных объемах.

Результаты, ожидаемые от реализации данного проекта, можно разделить на три группы:

1) экономические эффекты, которые будут достигнуты в долгосрочной перспективе;

2) эффекты, которые будут достигнуты в краткосрочном периоде;

3) результаты проекта по окончании финансирования и началу выпуска продукции.

Первая группа результатов отражает эффект проекта в долгосрочной перспективе.

В долгосрочной перспективе (5 – 7 лет) предполагается занять до 70% рынка наномодификаторов для бетонов на территории РФ.

Вторая группа результатов отражает эффект проекта в краткосрочной перспективе.

Реализация проекта позволит в течение 3 лет предложить на рынке продукцию с новым качеством и конкурентоспособной ценой и, тем самым, усилить свои позиции на этом сегменте рынка строительных материалов.

Горизонт планирования для данного проекта – 3 года. Это обусловлено высокой динамикой рынка наноструктурных материалов (и, в частности наномодификаторов для бетонов), предопределенной значительным количеством новаций в данной отрасли научного знания на основе растущих инвестиций, как со стороны государства, так и со стороны частных компаний. Прогноз объемов необходимого продукта (наномодификаторов для бетонов) на более длительный период и количество компаний, работающих на рынке, является величиной с высокой долей погрешности, но при этом можно констатировать, что уменьшение величины спроса на ближайшее время не предвидится.

Третья группа результатов – непосредственный эффект, который принесли инвестиции, срок возврата заемных средств и т.п. Так, при общих затратах около 7 млн. рублей (включая собственные средства) через полгода будет создано действующее предприятие, выпускающее продукцию стоимостью как минимум в несколько раз больше, а также будет создано 6 рабочих мест на период не менее трех лет.

Доля и роль высококачественных бетонов (High performance concretes) в мировой строительной индустрии стремительно возрастают и сопровождают развитие архитектурных форм и функционально новых видов сооружений. Бетоны можно классифицировать как многокомпонентные композиционные материалы на основе минеральных вяжущих, свойства которых определяются видом, размерностью и характером взаимодействия компонентов.

Термин «нанобетон» в последние годы прочно вошел в строительный лексикон для обозначения бетона, при производстве которого используются наноматериалы и нанотехнологии. Речь, как правило, идет либо об измельчении основных компонентов – цемента и наполнителей, либо о введении добавок в компоненты.

При проектировании и строительстве конструкций существенную роль играет выбор материала – бетона. От него будет зависеть прочность, надежность конструкций и сооружения в целом. Техника производства бетона непрерывно развивается, и сам бетон становится все более и более усовершенствованным, причем особое внимание в настоящее время в этом смысле уделяется нанотехнологиям. Нанобетон, характеризующийся высокими физико-механическими показателями, открывает новые возможности для проектирования и строительства.

Современное строительство связано с производством и переработкой значительных объемов бетонных смесей, от которых требуется высокая удобоукладываемость (чаще всего – высокая подвижность), сохраняемость достигнутого уровня реологических характеристик во времени, возможность повышения прочности бетона при одновременном снижении расхода цемента. Именно в этом направлении особенно перспективным представляется использование наномодификаторов.

Рассматривая бетон в качестве композита, сформированного из крупного и мелкого заполнителя, цементного камня, воды и воздушных пор, можно сформулировать основную задачу наномодифицирования как управление процессом формирования структуры материала снизу вверх (от наноуровня к макроструктуре бетонной смеси) и кинетикой всего спектра химических реакций, сопровождающих процесс твердения.

Особое значение в ряду модификаторов приобретают материалы фуллероидной структуры – углеродные нанотрубки с размерами частиц от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров. Учиты-

вая многозвенность химико-технологических переходов и текущую высокую стоимость исходного сырья, исключительный интерес представляют те направления строительного материаловедения и технологий, в которых для достижения промышленно значимых макроэффектов достаточно использования наноматериалов в микродозах.

Так, используя нанодисперсный модификатор в крайне малых концентрациях (что обусловлено не только экономией, но и агрегативной устойчивостью фуллероидов), возможно управлять кинетикой взаимодействия цемента с водой затворения и добиваться максимальных положительных эффектов на стадиях:

- растворения цементных зерен, получая заданную реологию;
- коллоидации, обеспечивая требуемую сохраняемость подвижности во времени;
- кристаллизации, усиливая гетерофазные границы контактных зон и, таким образом, повышая прочность, водо- и морозостойкость бетона.

Применение наномодификаторов позволяет сократить количество цемента в бетонной смеси при сохранении всех необходимых характеристик по удобоукладываемости, прочности, долговечности и, что самое главное, трещиностойкости. Таким образом, основная идея использования наномодификаторов не только в существенной экономии средств, но и, в первую очередь, в создании высококачественного бетона даже при крайне низком качестве цемента, которое сегодня является одной из ключевых проблем производителей бетона.

В ходе исследований удалось получить положительные результаты – повышение прочности, теплопроводности, морозоустойчивости, уменьшение предела перколяции в пеноматериалах и другие полезные эффекты, свидетельствующие, что углеродные наноструктурные материалы, даже при внесении в матрицу в малых количествах (0,01...0,001%), существенным образом влияют на качественные показатели строительных композитов. Были проведены исследования по наномодифицированию различных строительных материалов с помощью углеродных нанотрубок «Таунит». При этом оценивались показатели прочности (на изгиб и сжатие), коэффициенты теплопроводности и водопоглощения, а также структурные изменения в материале, визуально наблюдаемые на микрофотографиях. Применялись стандартные методики, устанавливаемые ГОСТ 28013–98, ГОСТ 12730.1–78, ГОСТ 12730.3–78, ГОСТ 10180–90.

Проект реализуется в рамках Программы развития малого и среднего предпринимательства в Тамбовской области на 2009 – 2011 годы.

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

*Ю.В. Яцинин, А.Г. Стивкин\**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ВОДЫ

В настоящее время для производства различных материалов все больше используют наночастицы веществ, доказывая их полезность. Влияние этих частиц на окружающую среду и человека до конца не изучено. Но нанообъекты обладают уникальными свойствами, которые передают среде, в которой находятся, изменяя ее. Эти изменения могут нанести вред окружающей природе и человеку. И, возможно, стоит уже сейчас начать «защищаться» от них. Для этого необходимо уметь обнаруживать наночастицы по изменению свойств среды, в которой они находятся.

В данной работе исследуется влияние нанообъектов на жидкие среды, используя теорию полупроводниковых свойств тонкого слоя воды. Для ее проверки была разработана методика проведения экспериментов и изготовлены стенды.

Целью эксперимента является обнаружение эффекта Холла в тонком слое воды и при добавлении нанообъектов изменение ее свойств.

Для изготовления экспериментального стенда использовались два стекла с размерами 88×60×1 и 60×40×1 мм, рамка и четыре электрических вывода.

На одном стекле формировались четыре контактные площадки напылением в вакууме, стекло крепилось на рамке и выводились контакты (рис. 1).

Для подтверждения того, что в тонком слое вода проявляет полупроводниковые свойства, был рассмотрен случай и с толстым слоем дистиллированной воды (3 мм).

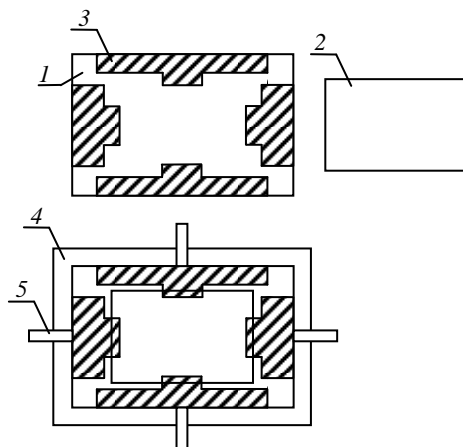
Тонкий слой изготавливался двумя методами: напариванием и смачиванием.

Первый метод заключается в выпаривании воды из чашки Петри и последующей ее конденсации на стекле с контактными площадками. После напаривания прижимается второе стекло и между ними формируется тонкий слой воды толщиной примерно 1...10 мкм.

Метод смачивания заключается в нанесении небольшого количества воды с помощью шприца на стекло с контактными площадками. После чего к нему прижимается второе стекло и выдавливается лиш-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.П. Королева.



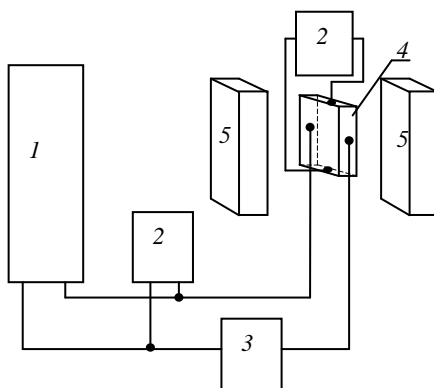
**Рис. 1. Экспериментальный стенд:**

- 1 – нижнее стекло; 2 – верхнее стекло; 3 – контактные площадки из меди;
- 4 – рамка; 5 – выведенные контакты

няя вода, в результате получается также тонкий слой воды. В ходе эксперимента было выяснено, что оба метода равнозначны и разница в результатах находится в пределах погрешности. В результате основным методом создания тонкого слоя было выбрано – смачивание, так как он удобнее.

Для подтверждения полупроводниковых свойств тонкого слоя воды проверяется наличие в нем эффекта Холла. Для этого стенд с тонким слоем помещается в постоянное магнитное поле и к нему подключаются два вольтметра и один амперметр. С первого вольтметра снимались значения подаваемого напряжения, со второго – ЭДС Холла (рис. 2).

По результатам экспериментальных данных построена зависимость (рис. 3) ЭДС от входного напряжения в тонком слое воды.



**Рис. 2. Стенд для проведения эксперимента по эффекту Холла:**

- 1 – источник питания;
- 2 – вольтметр; 3 – амперметр;
- 4 – экспериментальный стенд (повернут вертикально);
- 5 – постоянный магнит

Дистиллированная вода является диэлектриком и эффект Холла в такой среде не проявляется. Из графика видно, что ЭДС Холла  $E_x$  отсутствует в толстом слое воды (рис. 3). Но в тонком слое начинают проявляться свойства проводящего кристалла. Это подтверждается ростом  $E_x$  при увеличении напряжения питания (рис. 3).

Из графика (рис. 3) видно, что при добавлении углеродных наночастиц меняется знак функции  $E_x = f(U_{\text{пит}})$ . Также при добавлении в воду наночастиц наблюдается скачок тока, проходящего через тонкий слой (рис. 4). Экстремум на функции в дальнейшем может рассматриваться как следствие присутствия наночастицы.

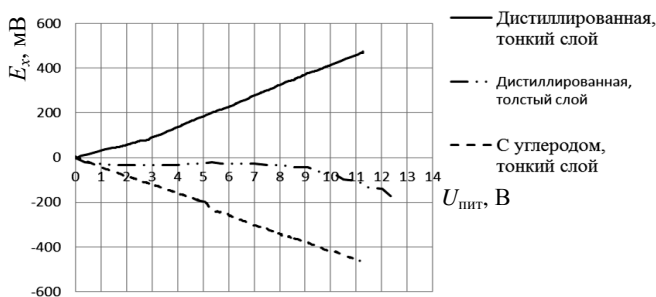


Рис. 3. Зависимость ЭДС Холла от напряжения питания

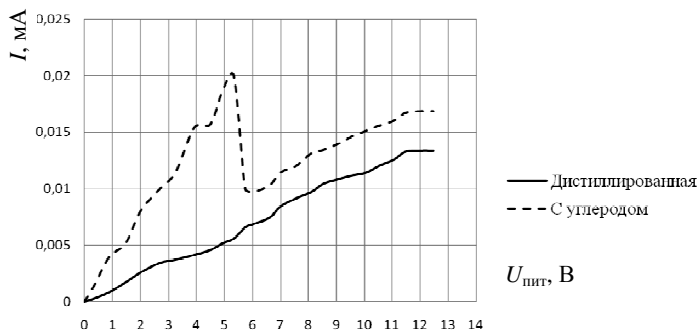


Рис. 4. Вольтамперная характеристика

Данный эксперимент показывает, что углеродные наночастицы изменяют свойства воды и тем самым проявляют себя. Результаты дальнейшего исследования выявленного эффекта могут стать теоретической основой для разработки приборов обнаружения наночастиц в жидких средах.

*Кафедра «Материалы и технологии» ГОУ ВПО ТГТУ*

*А.В. Платенкин, С.Н. Баршутин\**

## МЕТОД КОНТРОЛЯ НАНООБЪЕКТОВ В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

В настоящее время для производства углеродных нанобъектов применяют различные методы синтеза. Конечным продуктом этих методов чаще всего является дисперсный порошок, включающий нанобъекты.

Разработка сравнительно простых в использовании и точных методов идентификации нанобъектов в ультрадисперсных порошках является актуальной задачей.

Исследование свойств, которые непосредственно связаны со структурой нанобъектов, позволило остановиться на том, что нанобъекты обладают квантовыми свойствами и характеризуются наличием квазистационарных энергетических уровней. Определяя значения этих уровней, возможно однозначно идентифицировать нанобъекты.

Для определения энергетических уровней возможно использование многослойных гетероструктур с толщиной слоев 1 – 10 нм, в которых проявляется волновая природа носителей заряда, в частности открывается возможность наблюдения резонансного туннелирования электронов через систему потенциальных ям и барьеров.

Примером такой многослойной гетероструктуры является резонансно-туннельный диод, который представляет собой двухбарьерную структуру с квантовой ямой [1].

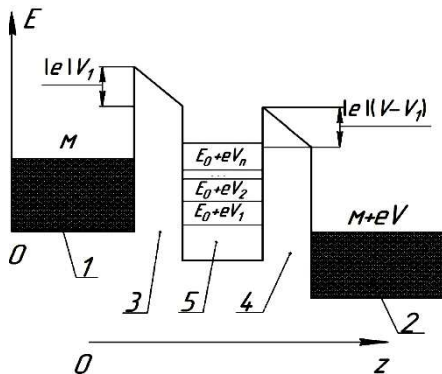
Главным элементом такой структуры является квантовая яма, которая может формироваться из проводникового или полупроводникового материала. Толщина слоя квантовой ямы подбирается в зависимости от природы материала и устанавливается такой, чтобы в нем наблюдалось размерное квантование [2].

В случае использования нанобъектов при формировании квантовой ямы количество квазистационарных уровней увеличивается в соответствии с энергетической структурой нанобъектов (рис. 1, уровни  $E_0 + eV_1 + E_0 + eV_2, \dots, E_0 + eV_n$ ). В этом случае при достижении внешнего напряжения значений  $V_1, V_2, \dots, V_n$  носители заряда будут туннелировать через барьер, достигая значений энергий  $E_1, E_2, \dots, E_n$ . При этом на вольтамперной характеристике будут наблюдаться несколько пиков, соответствующих этим энергиям.

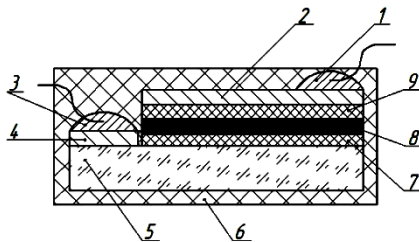
---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Н. Чернышова.

Для формирования вольтамперной характеристики была изготовлена измерительная ячейка (ИЯ), которая представляет собой туннельно-резонансный диод, где потенциальная яма сформирована с использованием нанобъектов дисперсной среды (рис. 2).



**Рис. 1.** Энергетическая диаграмма идеализированного резонансно-туннельного диода. Потенциальная яма с набором квазистационарных состояний  $E_0 + eV_1, E_0 + eV_2, \dots, E_0 + eV_n$



**Рис. 2.** Структура измерительной ячейки:

1, 3 – омические контакты; 2, 4 – контактные площадки; 5 – кремниевая подложка; 6 – изоляционный диэлектрик; 7, 9 – диэлектрические слои; 8 – нанобъекты

Из пластины полупроводникового кремния на установке «Алмаз» вырезали заготовку размером  $50 \text{ мм}^2$ . На поверхности заготовки методом термического окисления в реакторе атмосферного давления при температуре  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 50 минут формировали первый барьерный слой  $\text{SiO}_2$  толщиной не более  $5 - 7 \text{ нм}$ .

Затем на поверхность диэлектрического слоя нанесли исследуемый ультрадисперсный порошок, содержащий фуллерены, предвари-

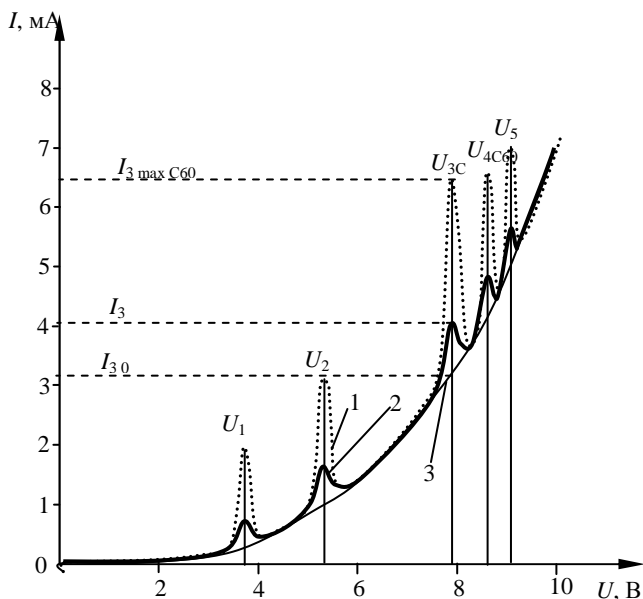


тельно выделив их. Для этого использовали наиболее удобный и широко распространенный метод экстракции фуллеренов из продуктов термического разложения графита. На первой стадии из исследуемого ультрадисперсного порошка отбирали пробу массой  $m_n = 5$  мг. Далее пробу растворяли в 150 мл смеси гексана и толуола в соотношении 95:5 для выделения максимально чистого фуллерена  $C_{60}$ . При этом фуллерены, обладающие значительной растворимостью в указанной смеси, отделяются от нерастворимой фракции, содержание которой в фуллеренсодержащем порошке составляет обычно 85...90%. После отстаивания в течение суток полученную жидкую смесь отделяли от осадка, диспергировали в закрытом объеме в вакууме и осаждали на поверхность первого барьерного слоя при температуре  $\sim 70$  °С. После этого проводили сушку при температуре 300 °С в течение 10 мин. Таким образом, был сформирован слой с нанобъектами, образующий квантовую яму со спектром энергетических уровней, соответствующих структуре наноматериала.

Далее на сформированный слой дисперсной среды на установке УВН-71П нанесли диэлектрический второй барьерный слой монооксида кремния толщиной не более 5 нм. Затем на поверхность этого диэлектрического слоя термическим напылением в вакууме нанесли металлический слой меди толщиной 2 мкм – первый контакт измерительной ячейки. В плавиковой кислоте протравили 30% заготовки до первого слоя кремния – сформировали «окно» под второй контакт. В последней операции формирования измерительной ячейки также термическим напылением в вакууме нанесли металлический слой меди на очищенную от окисла поверхность полупроводника – второй контакт измерительной ячейки.

Для примера исследовали дисперсные материалы с заранее известной концентрацией фуллерена  $C_{60}$ , равной  $98 \pm 2\%$  и  $30 \pm 2\%$ . Предварительно из литературных источников [2] были найдены значения первых пяти энергетических уровней спектра фуллерена  $C_{60}$ :  $E_1 = 3,6$  эВ,  $E_2 = 5,3$  эВ,  $E_3 = 7,8$  эВ,  $E_4 = 8,8$  эВ,  $E_5 = 9,1$  эВ. Эти значения внесены в базу данных.

Затем сняты вольтамперные характеристики измерительных ячеек без добавления материала с  $C_{60}$  и с добавлением  $C_{60}$  с концентраций  $98 \pm 2\%$  и  $30 \pm 2\%$  изменением потенциала с 0 до 10 В и фиксацией тока. В результате по полученной кривой (рис. 3) в координатах напряжение–ток по пикам определены резонансные потенциалы, при которых наблюдается значительное увеличение тока. Эти значения совпали с теоретическими расчетами.



**Рис. 3. ВАХ туннельно-резонансной структуры, квантовая яма которой сформирована фуллеренами  $C_{60}$ :**  
 $I$  – концентрация  $C_{60}$   $98 \pm 2\%$ ; 2 –  $30 \pm 2\%$ ; 3 – без  $C_{60}$

Таким образом, использование свойств туннельно-резонансной структуры для идентификации нанообъектов в дисперсных средах позволит контролировать техпроцесс на разных этапах производства нанообъектов, а также даст возможность идентифицировать нанообъекты в конечном продукте.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демиховский, В.Я. Физика квантовых низкоразмерных структур / В.Я. Демиховский, Г.А. Вультер. – М. : Логос, 2000. – 248 с.
2. Елесин, В.Ф. Резонансное туннелирование электронов, взаимодействующих с фононами / В.Ф. Елесин // ЖЭТФ. – 2003. – Т. 123, вып. 5. – С. 1096 – 1105.

*Кафедры «Материалы и технологии»,  
«Информатизация правовой деятельности»  
ГОУ ВПО ТГТУ*

*Ю.Н. Толчков\**

## **ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА МУНТ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Основные научно-исследовательские работы в области строительных наноматериалов и нанотехнологий проводятся по следующим направлениям:

- создание высокотехнологичных конструкционных материалов и их наноструктурная модификация;
- исследование новых методов наномодифицирования и проявление их в отношении макросвойств объектов;
- функциональные тонкие пленочные покрытия, многократно повышающие качество материалов;
- новые многофункциональные материалы и компоненты [1].

Предварительные экспериментальные исследования проводились на образцах мелкозернистого бетона с использованием многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) «Таунит» (производства ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). МУНТ «Таунит» представляет собой фуллереноподобные тубулированные связи и пучки углеродного наноструктурного материала. Многослойные трубки имеют в среднем наружный диаметр – 40 нм, внутренний – 5 нм, плотность  $560 \text{ кг/м}^3$ , средняя длина одиночных нанотрубок составляет 2 мкм.

Добавка углеродного наноматериала как модификатора бетона, по данным отечественных и зарубежных исследований, будет влиять на следующие физико-механические свойства: прочность, износостойкость, пластичность, электропроводность, теплопроводность, ускоренный набор прочности, специальные свойства.

На этом пути сохраняются, как минимум, две проблемы – повышенная склонность углеродных материалов к агломерации и, как следствие, трудности равномерного распределения такой «нанофибры» по композиту, а также недостаточно высокое сцепление нанотрубок с матрицей. Это не позволяет полностью использовать их высокий мо-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ З.А. Михалевой в рамках ФЦП «Исследования и разработка по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2012 гг. (ГК 20.523.12.3020 от 2 сентября 2008 г.).

дуть упругости (в 5 раз выше стали) и прочность (в 8 раз выше стали) при очень низкой плотности.

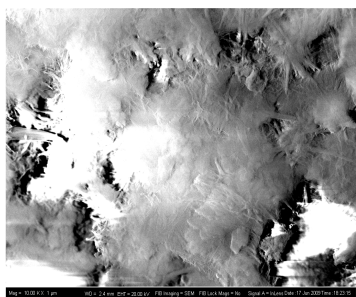
МУНТ «Таунит» – распределялся в воде затворения под воздействием ультразвука. После чего вода, активированная углеродными нанотрубками, совмещалась с тестом минерального вяжущего.

Исследование структуры мелкозернистого бетона, модифицированного МУНТ «Таунит», показывает, что уменьшение размеров структурных элементов ведет к образованию специфических непрерывных нитевидных структур, формирующихся в результате трехмерных контактов между наночастицами разных фаз, и к коренному улучшению их эксплуатационных характеристик (рис. 1).

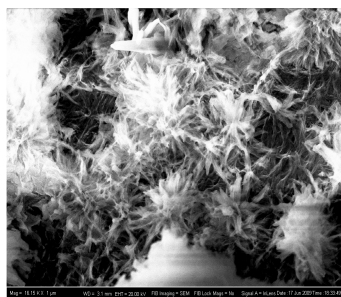
Наличие этих игольчатых наростов может свидетельствовать об увеличении прочностных характеристик материала, так как они выполняют армирующую роль в структуре бетона.

Наличие данных структур дает возможность снизить процесс образования трещин. При затвердевании на воздухе портландцемент дает усадку. Если эта усадка будет больше, чем свойственная бетону деформативность, образуется трещина. Применение углеродных нанотрубок позволяет поддерживать баланс между этими силами, препятствуя образованию трещин в бетоне.

Гирлянды из подобных наноразмерных игольчатых структур выполняют дискретное наноструктурирование цементных систем. Однако, помимо армирующего эффекта, наблюдается агломерация нанонаполнителя из множества наночастичек в виде сфер. Это, скорее всего, характеризует степень активности наночастиц и их поверхностных сил, которые заставляют частички соединяться в такие формы. Такое



*a)*



*б)*

**Рис. 1. Микрофотографии, полученные методом электронной микроскопии бетона:**  
*a* – немодифицированный; *б* – наномодифицированный

агрегатирование происходит из-за недостаточно эффективного перемешивания бетонной смеси, и наночастицы формируются в виде шаров диаметром 2–3 мкм, что свидетельствует о необходимости совмещения во времени режимов перемешивания и формования [2].

Свойства мелкозернистого бетона определяются теми же факторами, что и обычного бетона. Однако мелкозернистый цементно-песчаный бетон имеет некоторые особенности, обусловленные его структурой, для которой характерны большая однородность, мелкозернистость и удельная поверхность твердой фазы и т.д.

В ряде случаев при приготовлении и уплотнении цементно-песчаной смеси вибрированием в нее вовлекается воздух, распределенный в виде мельчайших пузырьков по всему объему смеси. Вовлечение воздуха может достигать 3...6% и более, что повышает пористость бетона и снижает его прочность. Вследствие этого был выбран вид уплотнения – трамбование.

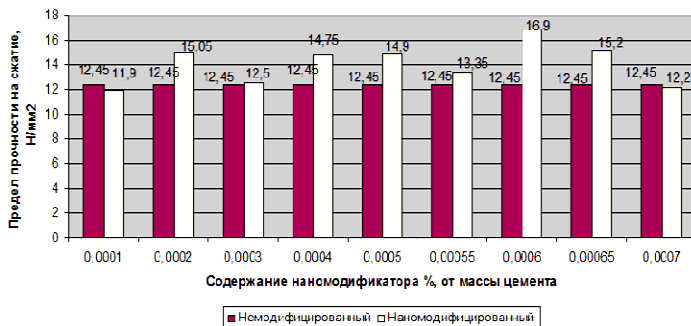
Песок обладает более высокой пустотностью, чем смесь песка и щебня. При невысоком содержании цемента в смесях более, чем 1:3, цементного теста может не хватить для обмазки зерен песка и заполнителя всех пустот. В этом случае возникает дополнительный объем пор, обусловленный нехваткой цементного теста, что вызывает увеличение общей пористости бетона и снижает его прочность[2]. Учитывая вышеизложенные особенности влияния различных факторов на прочность песчаного бетона, был выбран состав мелкозернистого бетона (исходя из существующих закономерностей). Водоцементное отношение, необходимое для получения заданной прочности бетона, составляет 0,5...0,6.

Опыты проводились на смесях мелкозернистого бетона. Эффект от влияния УНМ оценивался по следующим параметрам: прочности на изгиб, сжатие и водопоглощение образцов.

Результаты исследования влияния малых концентраций МУНТ «Таунит» в мелкозернистом бетоне приведены на рис. 2.

Таким образом, в результате исследований определено, что прочность образцов наномодифицированного бетона на сжатие увеличивается в среднем на 20...25%, а прочность на изгиб – 15...20%. Добавка наномодификатора в количестве 0,0006% от массы цемента обеспечивает стабильный рост прочностных характеристик на 20...25%.

В результате экспериментов установлено, что образцы мелкозернистого бетона, модифицированные углеродным наноматериалом «Таунит», в среднем 50% быстрее набирают прочность и в проектном возрасте имеют прочность на 20...25% больше, чем образцы обычного бетона.



**Рис. 2. Влияние наномодификатора на прочностные характеристики мелкозернистого бетона**

Обобщение результатов поисковых экспериментов по влиянию модификатора МУНТ на прочностные характеристики строительных композитов свидетельствует о возможности повышения прочности при сжатии бетонов на 20...35% и пенобетонов – на 50% по сравнению с образцами, не модифицированными МУНТ. Экономические аспекты применения нанотехнологий в производстве строительных материалов показывают, что предлагаемые инновации обеспечат снижение масс строящихся домов и нагрузок на фундаменты на 10...20%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – URL : [www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
2. Баженов, Ю.М. Технология бетона : учеб. пособие / Ю.М. Баженов. – 2-е изд., перераб.– М. : Высш. шк., 1987. – С. 415.

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

**УДК 543.226.549**

***А.В. Ерохина, Е.Ю. Филатова\****

#### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

В настоящее время в России и за рубежом разработано множество технологий получения углеродных нанотрубок (УНТ), из которых некоторые уже доведены до промышленной реализации. Зачастую синте-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук ГОУ ВПО ТГТУ Е.Ю. Филатовой.

зируемые по различным технологиям материалы различаются не только геометрическими размерами, но и набором показателей (количество слоев, херальность, термостойкость, количество примесей и др.), характеризующих качество выпускаемой продукции. Потребители, как правило, предъявляют жесткие требования к качеству синтезируемых УНТ, поэтому производителю необходимо систематически проводить диагностику как промышленно выпускаемой, так и новой разрабатываемой продукции.

Одним из методов, позволяющих с высокой достоверностью получать сведения о свойствах УНТ, является термоанализ.

Классический термический анализ включает в себя группу методов, в которых изменение физических и химических свойств регистрируется как функция температуры или времени при проведении температурной программы.

Температурная программа может состоять из нагревания, охлаждения с постоянной скоростью, выдерживания при постоянной температуре (изотерма) и комбинации этих режимов.

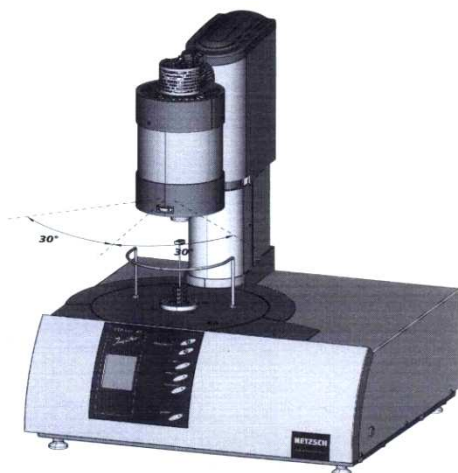
Термический анализ включает ряд направлений: дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравиметрия (ТГ), термомеханический анализ, диэлектрический анализ и т.д.

В качестве исследуемых образцов были взяты образцы УНТ, синтезированные из пропилена на металлоксидном катализаторе Fe–Co–Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (табл. 1).

Экспериментальные исследования были проведены на приборе синхронного термического анализа STA 449 платформа F3 Jupiter фирмы Netzsch (Германия), состоящем из измерительного блока (газовыпускной клапан, откачивающая система, система охлаждения, печь, система держателя образца, измерительная головка), силового блока и термостата (рис. 1).

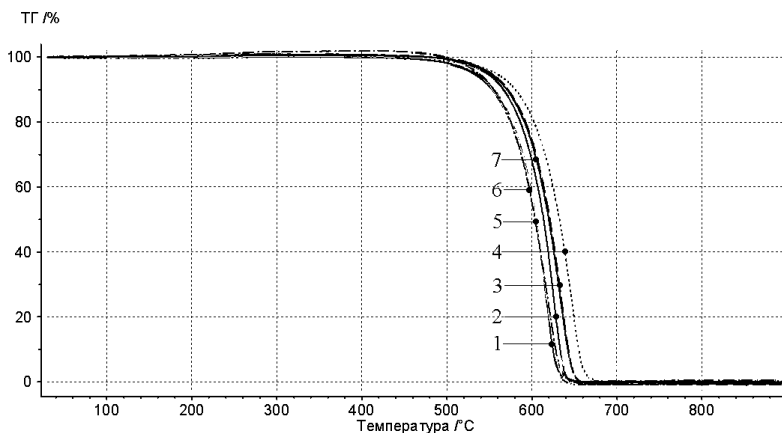
### 1. Описание условий выращивания исследуемых образцов УНТ

№ образца	Пропилен, л/мин	Водород, л/мин	Аргон, л/мин	Время, мин	Выход, гС/г кат
1	0,6	0,8	–	5	12,1
2	0,6	0,8	–	30	30,3
3	0,7	–	0,7	30	27,5
4	0,2	–	1,2	30	19,3
5	0,6	0,8	–	10	19,6
6	0,2	1,2	–	30	23,8
7	0,4	–	1	30	33,0



**Рис. 1. Прибор термического анализа STA 449 F3 Jupiter**

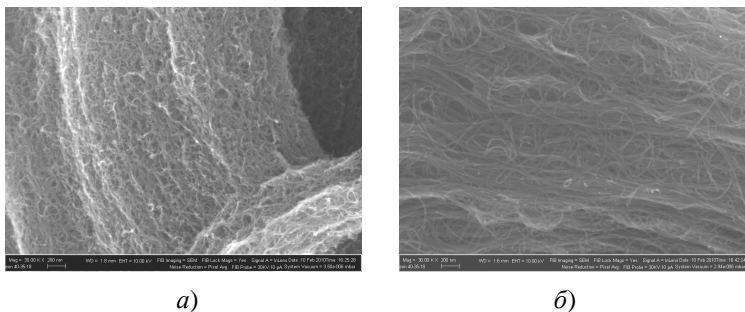
На рисунке 2 сопоставлены термогравиметрические кривые, записанные при нагревании навесок (3...5 мг) образцов, отмытых соляной кислотой, УНТ на воздухе со скоростью 10 °С/мин. Видно, что самые низкие температуры потери 50% массы наблюдаются для образцов УНТ, выращенных из смеси пропилена с водородом. УНТ, полученные из смеси пропилена с аргоном, отличаются повышенной температурой окисления. При этом, наилучшая термоокислительная стабильность нанотрубок наблюдается при большом разбавлении пропилена аргоном (1:6, образец 4).



**Рис. 2. Термогравиметрические кривые образцов УНТ**



Такие же выводы можно сделать из электронных изображений УНТ (рис. 3): пучки УНТ, полученные из смеси пропилена с водородом, состоят из сильно изломанных (дефектных) нанотрубок, в то время как из пропилена, разбавленного аргонном, получают плавно изогнутые нанотрубки, значительная часть которых ориентирована вдоль оси пучка. Подобное сравнение справедливо и для изображений других образцов.



**Рис. 3. Морфология пучков УНТ:**

*a* – УНТ, выращенных из смеси пропилена (0,2 л/мин) с водородом (1,2 л/мин);  
*б* – УНТ, выращенных из смеси пропилена (0,2 л/мин) с аргонном (1,2 л/мин)

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее качественные УНТ получают при разбавлении пропилена аргонном. С увеличением разбавления качество трубок улучшается. Разбавление пропилена водородом приводит к увеличению дефектности. При малом времени роста дефектность нанотрубок также увеличивается.

Обычно принято считать, что при синтезе углеродных нанотрубок добавление в газовую смесь водорода должно снижать количество неупорядоченного углерода. Как показывают проведенные исследования, это справедливо не всегда. Можно предположить, что в случае высокоактивного катализатора для восстановления оксидов переходных металлов достаточно контакта с пропиленом или же небольшой стационарной концентрации водорода, который образуется в процессе роста нанотрубок. Введение в газовую среду высокой концентрации водорода приводит к слишком быстрому восстановлению катализатора, в результате чего образуются крупные частицы переходных металлов и качество растущих нанотрубок ухудшается.

Можно сделать следующие выводы: как следует из электронных изображений, термогравиграмм образцов УНТ, упорядоченность структуры получаемых УНТ возрастает при снижении концентрации водорода и пропилена в газовой среде и при увеличении времени роста.

Работа выполнена в рамках Ведомственной целевой программы «Развитие научной деятельности в сфере высшего образования и науки Тамбовской области на 2010-2012 года», приказ от 25.11.2010 г. № 3306, соглашение № 09-21/02 МУ-11.

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

**УДК 534.29-7/-8**

*Д.Е. Кобзев, В.Л. Полуэктов\**

## **ОБРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

В настоящее время в машиностроение внедряются новые, экономичные и технически более совершенные производственные процессы, основанные на использовании электрофизических методов обработки материала, в частности ультразвука. Ультразвуковые, как и механические колебания, часто используют для интенсификации различных технологических процессов. Применение ультразвука связано в основном с двумя его характерными особенностями: лучевым распространением и большой плотностью энергии [1].

К настоящему времени опубликовано значительное количество работ, указывающих на возможности и перспективы практического применения ультразвуковых методов для повышения качества полимерных материалов и интенсификации технологических процессов получения изделий. В настоящей работе для расширения возможностей способов переработки полимерных материалов предлагается дополнительное наложение ультразвукового воздействия на процесс пластической деформации материала в твердом агрегатном состоянии (в частности, экструзии).

Анализ литературных данных показывает, что использование ультразвукового воздействия в ряде случаев может быть особенно эффективным для твердофазной технологии обработки материалов давлением. Сущность технологии заключается в том, что формование изделий происходит в пресс-формах из монолитных заготовок в твердом агрегатном состоянии в условиях высокого гидростатического давления за одну технологическую операцию. Использование этой технологии позволяет решить проблемы сбережения энергии, используемой

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина, директора НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (ГК П219 от 23 апреля 2010 г.).

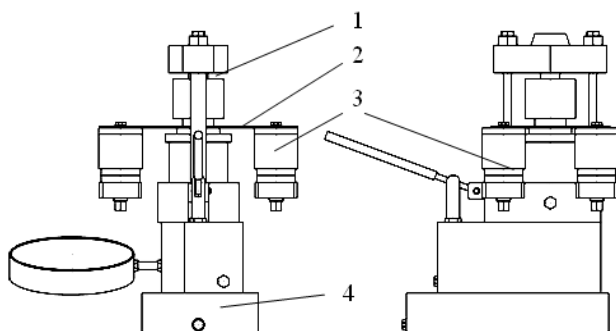
для нагрева материала и получения расплава. Твердофазная технология ведет к сокращению технологического цикла и повышению производительности с увеличением экономии материала, а также решению целого ряда проблем экологического характера, так как данная технология является безотходной [2].

Однако у данной технологии имеются существенные недостатки: необходимость применения высокого давления в процессе формования изделий и связанные с этим большие нагрузки на формирующий инструмент приводят к снижению срока службы технологической оснастки. Изделия часто имеют значительный процент поверхностного брака и высокий уровень остаточных напряжений. Всех этих недостатков можно избежать, воздействуя на материал и технологическую оснастку для получения изделия ультразвуком большой интенсивности.

Целью настоящего исследования является изучение комплексного влияния ультразвукового воздействия на технологические параметры процесса твердофазной экструзии полимеров и композитов, а также эксплуатационные свойства изделий.

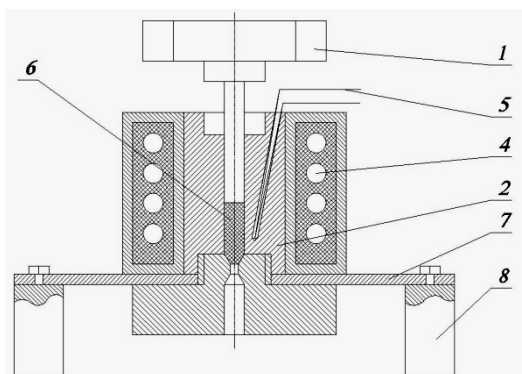
Для изучения влияния ультразвукового воздействия на процесс твердофазной экструзии используется экспериментальная установка, представляющая собой гидравлический пресс 4 нижнего давления усилием 4 тс, на нижней плите которого установлена ячейка высокого давления с электронагревателем 1, оснащенная тремя пьезокерамическими ультразвуковыми излучателями 3 с суммарной выходной мощностью 0,4 кВт и рабочей частотой 16...25 кГц (рис. 1).

В ячейке высокого давления ультразвуковые колебания от излучателей 8 передаются с помощью пластины 7 на фильеру 3 и матрицу 2, воздействуют на образец (рис. 2). Пластина, ячейка и сопутствующий



**Рис. 1. Схема экспериментальной установки с ультразвуковыми излучателями на базе пресса усилием 4 тс:**

1 – ячейка высокого давления; 2 – волнопроводящая пластина;  
3 – ультразвуковые излучатели; 4 – пресс

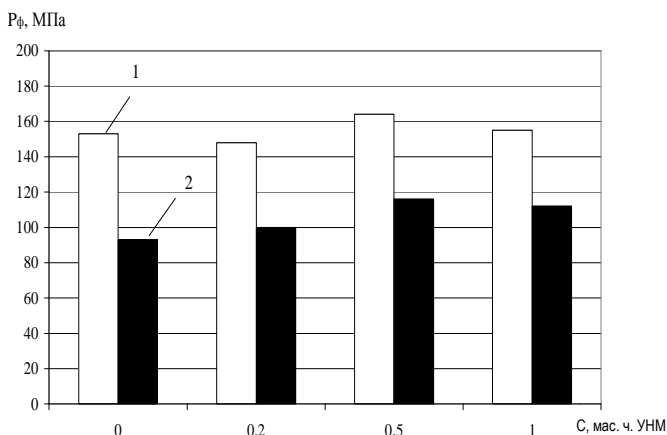


**Рис. 2. Экспериментальная ячейка для плунжерной твердофазной экструзии термопластов:**

- 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – фильера; 4 – нагреватель; 5 – термopapa;  
 6 – заготовка термопласта; 7 – волнопроводящая пластина;  
 8 – ультразвуковые излучатели

крепёж изготовлены из стали и имеют незначительный коэффициент поглощения колебаний, что позволяет создать существенное энергетическое воздействие на образец в процессе экструзии.

В качестве образцов служат монолитные прутки термопласта цилиндрического сечения диаметром 0,005 и длиной 0,015 м.



**Рис. 3. Диаграмма изменения необходимого давления формования  $P_{\phi}$  образцов системы ПЭВП + УНМ, экструдированных при  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$  и температуре 295 К в зависимости от содержания УНМ:**

- 1 – материал, переработанный ТФ-технологией; 2 – переработанный ТФ-технологией с применением ультразвука

Объектами исследования служат композиты на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) ГОСТ 16338–85. Модифицирующей добавкой является углеродный наноматериал «Таунит» (УНМ) производства ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов [3].

Данные эксперименты проводились при различных температурах ячейки от  $T_{295}$  до  $T_{экс} = (0,75 \pm 0,15)T_{пл}$ . Величина экструзионного отношения  $\lambda_{экс}$  равна частному от деления площади поперечного сечения загрузочной камеры на площадь поперечного сечения капилляра.

После проведения опытов по твердофазной плунжерной экструзии с применением ультразвука отмечено снижение необходимого давления на 40% у исходного материала и на 30% у композитов (рис. 3).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвук / под ред. И.П. Голяминой. – М. : Советская Энциклопедия, 1979. – С. 400.

2. Баронин, Г.С. Переработка полимеров в твердой фазе (физико-химические основы) : монография / Г.С. Баронин. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.

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

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**УДК 67.02:66-963**

*М.С. Толстых, Д.О. Завражин, А.Г. Попов\**

#### **ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП, ПРОШЕДШИХ СВЧ ОБРАБОТКУ**

Разработка новых полимерных материалов и модификация свойств традиционных полимеров является одним из приоритетных направлений науки и техники. Наблюдаемая тенденция замены металлических сплавов полимерными материалами для производства вкладышей подшипников скольжения, втулок, уплотнительных колец, изделий антифрикционного назначения, зубчатых и червячных колес и других является весьма перспективной для развития многих отраслей промышленности в связи с возрастающим дефицитом минерального

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. Г.С. Баронина, директора НОЦ «Твердофазные технологии» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы» (ГК П2110 от 05.11.2009).

сырья и ухудшающейся экологической обстановкой при производстве черных и цветных металлов.

Модификация свойств полимерных материалов введением в полимерную матрицу различных наполнителей открывает большие перспективы для создания материалов с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

В свою очередь, твердофазная экструзия широко применяется в современной промышленности для улучшения свойств металлов. Основная идея метода заключается в выдавливании заготовки через канал матрицы при температурах ниже температуры плавления материала. Однако для полимерных материалов эти методы обработки давлением недостаточно изучены.

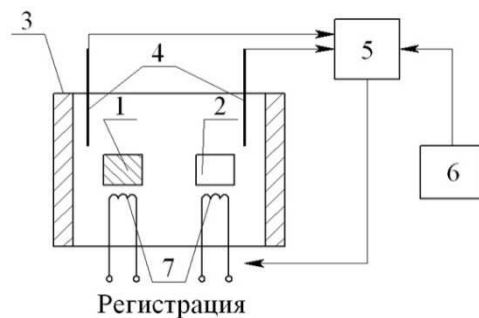
Данная работа посвящена исследованию теплофизических свойств полимеров и композитов на их основе, подвергнутых обработке СВЧ излучением и давлением в твердой фазе, с использованием модернизированного прибора DSC-2 производства фирмы «Perkin-Elmer», работающего по методу дифференциальной сканирующей калориметрии.

Дифференциальный сканирующий калориметр DSC-2 представляет собой сложный прибор для измерения и описания теплофизических свойств материала. Он обладает расширенным температурным диапазоном, повышенной чувствительностью, улучшенной повторяемостью базовой линии, а также хорошей температурной линейностью, что еще больше расширяет сферу применений метода дифференциальной сканирующей калориметрии. Прибор позволяет задавать программную скорость и программировать требуемое изменение средней температуры держателей образца до нужной конечной температуры.

Дифференциальный сканирующий калориметр DSC-2 подключен к персональному компьютеру через многофункциональную плату сбора данных NI USB-6009. Программное обеспечение в данном случае выполняет функции визуализации и обработки экспериментальных данных. Обработка включает в себя коррекцию сигнала калориметра с учетом заранее определенной базовой линии, расчет энергии фазовых переходов исследуемых материалов и калибровочных констант прибора. Принципиальная схема работы дифференциального сканирующего калориметра представлена на рис. 1.

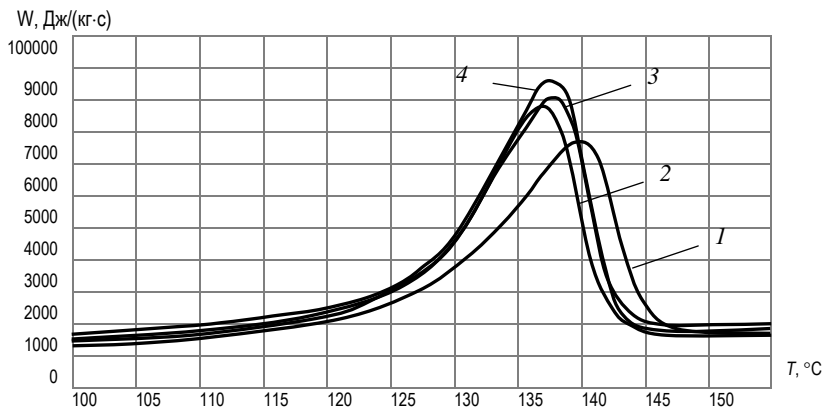
В данной работе объектом исследования являлся полиэтилен высокой плотности. Модифицирующей добавкой служил технический углерод марки К-354 (ГОСТ 7885–86). Введение сажи способствует долговечности изделий, повышает их сопротивление светостарению.

На рисунках 2 и 3 приведены зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов ПЭВП и композитов на его основе с добавлением технического углерода, подвергнутых СВЧ обработке, от температуры испытания. Скорость сканирования в процессе эксперимента составляла 20 °С/мин.



**Рис. 1. Принципиальная схема дифференциального сканирующего калориметра:**

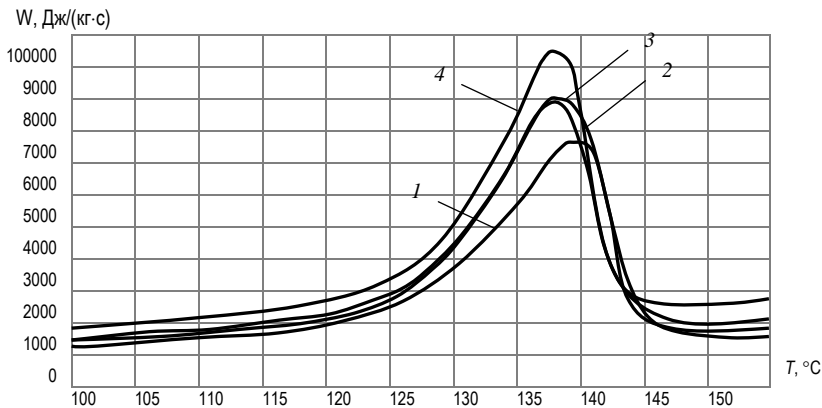
*1* – образец; *2* – эталон; *3* – печь; *4* – датчик температуры; *5* – контроллер температуры; *6* – задатчик температуры; *7* – нагреватель



**Рис. 2. График зависимости удельной скорости поглощения энергии:**

*1* – образцов исходного ПЭВП; *2* – ПЭВП после твердофазной обработки;  
*3* – ПЭВП после твердофазной обработки и 20 с СВЧ обработки;  
*4* – ПЭВП после твердофазной обработки и 50 с СВЧ обработки

Из приведенных графиков видно, что обработка давлением в твердой фазе приводит к увеличению удельной скорости поглощения энергии образцов ПЭВП. Аналогичным образом действует на образцы и наложение СВЧ полей. Установлено, что наибольшую скорость поглощения энергии имеют композиты ПЭВП + 1,5 мас. ч. технического углерода, подвергнутые твердофазной обработке с последующим воздействием СВЧ полей в течение 50 с. Наибольшее увеличение характеристик составляет порядка 35%.



**Рис. 3. График зависимости удельной скорости поглощения энергии:**  
 1 – образцов исходного ПЭВП; 2 – ПЭВП + 1,5 мас. ч. технического углерода после твердофазной обработки; 3 – ПЭВП + 1,5 мас. ч. технического углерода после твердофазной обработки и 20 с СВЧ обработки; 4 – ПЭВП + 1,5 мас. ч. технического углерода после твердофазной обработки и 50 с СВЧ обработки

Кроме того, для композитов, обработанных давлением в твердой фазе с последующим наложением СВЧ полей, выявлены незначительные изменения температур фазового перехода. Изменения составили около 3 °С.

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**УДК 661.179**

*В.В. Шамшин, Д.Г. Веселов, Т.В. Пасько*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЛЕНОК ИЗ ПОЛИСУЛЬФОНА**

Требования, предъявляемые к изделию его конструкцией и потребителем, растут непрерывно. Важным индикатором роста качества служит появление новых и улучшенных материалов. Материалы будущего, в частности полимеры с высокими эксплуатационными характеристиками, открывают новые технические возможности для инновационной продукции.

Основные направления использования полисульфонов: электроника, электротехника, автомобильная и авиакосмическая промышлен-



ность, изделия полимерной оптики. Полые волокна из полисульфонов и пленки из сульфированных полисульфонов используют в качестве мембран для обратного осмоса. Пористые полупроницаемые анизотропные пленки из полисульфонов на подложке используют в качестве мембран для микро- и ультрафильтрации.

Полисульфоны устойчивы к термической и термоокислительной деструкции, к радиационным воздействиям. Высока устойчивость полисульфонов к образованию трещин при высоких напряжениях вплоть до 150 °С. Предел текучести у них на 20...30% больше, чем у поликарбонатов и полиамидов.

Для полисульфонов характерно постоянство диэлектрических свойств в широком диапазоне температур и частот. Уникальна электрическая прочность полисульфонов.

С целью создания материалов с заданными свойствами базовые полимеры смешивают с другими веществами. Как правило, современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в которых наряду с полимерной основой присутствуют различные добавки. Содержание добавок в полимерной композиции может изменяться в очень широких пределах. В зависимости от поставленной задачи, вида добавки и природы полимера оно может составлять от долей процента до 95%.

Введением добавок можно изменять физико-механические, теплофизические, оптические, электрические, фрикционные и другие эксплуатационные характеристики исходного (базового) полимера.

Направленное изменение свойств базового полимера достигается путем введения следующих добавок:

- наполнителей для упрочнения и(или) удешевления материала;
- пластификаторов для улучшения технологических и эксплуатационных свойств;
- стабилизаторов для повышения технологической и эксплуатационной стабильности;
- фрикционных и антифрикционных добавок;
- добавок, регулирующих теплопроводность и электропроводность;
- антипиренов, снижающих горючесть;
- фунгицидов, повышающих устойчивость к воздействию микроорганизмов;
- добавок, регулирующих оптические свойства;
- антистатиков;
- добавок, создающих ячеистую структуру, и др.

Выбор тех или иных добавок для создания композиции, отвечающей требованиям, связан с их влиянием на ее свойства.

Твердые наполнители могут быть минеральными, органическими, керамическими и металлическими. По форме это могут быть мелкодисперсные порошки и волокнистые материалы.

Наибольшее распространение получили мелкодисперсные наполнители минерального происхождения, широко используется для создания композитов, особенно эластомерных, технический углерод (сажа). В ряде случаев для наполнения полимеров применяют органические наполнители. Для получения материалов со специальными свойствами, в частности, с повышенными тепло- и электропроводностью, полимеры наполняют металлическими порошками.

Полимеры широко используются в электротехнике, электронных приборах, в различном оборудовании, где очень важно иметь материалы с определенными электрическими характеристиками.

К таким характеристикам, значение которых бывает необходимо регулировать, относятся электропроводность, электрическая прочность, диэлектрическая проницаемость и др.

Широко используют для получения электропроводных полимерных материалов технический углерод и графит, как в виде порошков, так и в виде волокон и тканей. В последнем случае получают электропроводные материалы с высокой прочностью, обладающие анизотропными свойствами.

Электропроводные полимерные материалы широко используются в производстве радиоэкранирующих изделий и оболочек. Радиоэкранирующие свойства таких изделий увеличиваются с ростом электропроводности полимерного материала.

Для исследования влияния добавок углеродных нанотрубок серии «Таунит» (УНТ) на электропроводность полисульфона была проведена серия экспериментальных исследований, заключающаяся во внесении добавок различных концентраций с последующим измерением сопротивления полимерных пленок.

Технология проведения эксперимента состояла из четырех основных стадий:

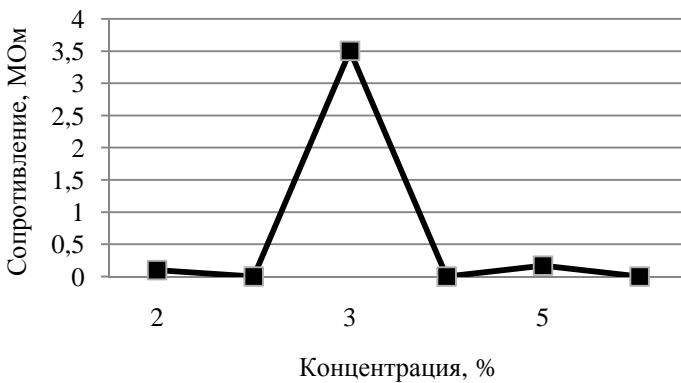
1. Приготовление суспензии УНТ в растворе полисульфона в диметилацетамиде в магнитной мешалке в течение 4 ч.
2. Ультразвуковая обработка полученной суспензии в течение 10 мин.
3. Формирование пленки полимера заданной толщины.
4. Измерение электрического сопротивления полученных пленок.

Остановимся на результатах наших исследований по модификации полисульфонных пленок УНТ серии «Таунит» и рассмотрим электропроводящую модификацию полимерных пленок.

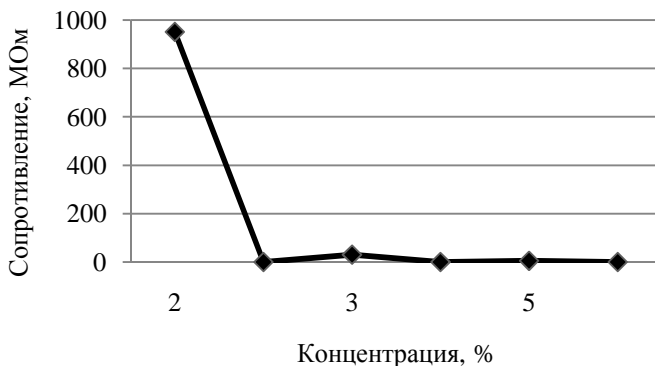
Таблица

Марка УНТ	Концентрация, %	Сопротивление, Ом
Таунит	0,5	$>10^{13}$
	2,5	$>10^{13}$
	5	$>10^{13}$
	7	$>10^{13}$
Таунит-МД	0,5	$>10^{13}$
	1	$>10^{13}$
	2	$>9,5 \cdot 10^8$
	3	$>3 \cdot 10^7$
	5	$>4,7 \cdot 10^6$
Таунит-М	0,5	$>10^{13}$
	1	$>10^{13}$
	2	$>1 \cdot 10^5$
	3	$>3,5 \cdot 10^6$
	5	$>1,68 \cdot 10^5$

При оценке электропроводящих показателей при внесении в пленки углеродных нанотрубок наблюдается резкое уменьшение сопротивления полимеров при концентрациях добавок более 2% (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Зависимость сопротивления полисульфонной пленки от концентрации УНТ «Таунит-М»**



**Рис. 2. Зависимость сопротивления полисульфонной пленки от концентрации УНТ «Таунит-МД»**

Наименьшее значение сопротивления образца достигается при внесении добавок в пределах 5% мас. Однако снижение сопротивления пленки начинает проявляться при существенно меньших концентрациях, что видно из рис. 1. Как видим, уменьшение сопротивления начинает проявляться при концентрациях УНТ порядка 2% мас.

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

**УДК 672.86**

***В.Ю. Польшиков\****

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИФУЗИОННОМ ПЛАМЕНИ**

Образование углеродных наноструктурных материалов в виде протяженных тубулированных структур (нанотрубок и нановолокон) при реализации дугового синтеза, при лазерном испарении графита и газофазном химическом осаждении происходит на катализаторах, содержащих переходные металлы или их соединения. Синтез в пламени также требует наличия нано- или микрочастиц катализаторных прекурсоров [1].

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.А. Баранова.

Несмотря на большое количество научных исследований, посвященных образованию наноматериалов при горении углеводов, до сих пор не существует единой точки зрения на механизм образования структурного углерода в виде нанотрубок и нановолокон при наличии катализаторных прекурсоров в обогащенной топливной смеси или на подложке-саженакопителе. Однако понятно, что производство углеродных нанопродуктов при сжигании углеводородного сырья в различных горелочных устройствах является более технологичным и легкоуправляемым процессом, чем синтез другими методами.

Синтез в пламени привлекателен вследствие непосредственного наличия источника тепла, потенциальной возможности масштабирования, легкости регулирования и контроля, простоты аппаратного оформления, безопасности технологического процесса.

Проведенный нами теоретический анализ термодинамики реагирования пропан-бутановой смеси с окислителями [2] показывает, что при сжигании в кислороде выход конденсированной фазы может достигать значений, наблюдаемых при пиролизе. А для реализации реальных процессов синтеза с высоким выходом конденсированного углерода в воздушном пламени необходимо производить сжигание с коэффициентом избытка окислителя  $0,02 \dots 0,04$ , а в кислородном использовать  $0,05 \dots 0,1$ . С использованием таких богатых топливных смесей возможны проблемы с устойчивостью пламени и может потребоваться принудительное инициирование процесса горения с помощью мощных источников воспламенения.

Поэтому необходимы экспериментальные исследования по изучению кинетических особенностей синтеза углеродных наноструктурных материалов в пламени с целью подбора реагентных газов, катализаторных систем, режимных параметров проведения процесса.

В этой связи на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» ГОУ ВПО ТГТУ разработана технологическая схема (рис. 1) и спроектирована установка для синтеза углеродных наноструктур в диффузионном пламени. В схеме получения наноуглерода из баллона *БГ* поступает углеводород, расход которого регулируется вентилем *ВРЗ* и расходомером *РЗ*. Необходимая концентрация углеводорода устанавливается путем смешения его в газовом смесителе *С* с инертным газом из баллона *БИ*, расход которого регулируется вентилем *ВР4* и расходомером *Р4*. Смесь газов поступает в катализаторную емкость *Е*, которая заполнена одним из четырех возможных катализаторных прекурсоров (порошкообразный катализатор, жидкий прекурсор, коллоидный раствор, возгоняемые металлоорганические соедине-

ния). Катализаторная емкость  $E$  имеет возможность нагрева с помощью нагревателя  $H$  для получения катализаторного прекурсора в паровой или газовой фазе. Смесь углеводорода, инертного газа и катализатора поступает по топливной линии в диффузионную горелку  $ГД$ , а по линии сжатого воздуха вентилятором  $B$  подается воздух на горение, расход которого регулируется вентилем  $BP2$  и расходомером  $P2$ . Также имеется возможность вместо воздуха подавать на горение кислород из баллона  $БК$  с регулировкой расхода с помощью вентиля  $BP1$  и расходомера  $P1$ . В диффузионной горелке  $ГД$  происходит химическое реагирование компонентов топлива в присутствии катализаторных частиц и накопление наночуглерода на специальной подложке-саженеакпителе. Газообразные продукты горения удаляются в атмосферу.

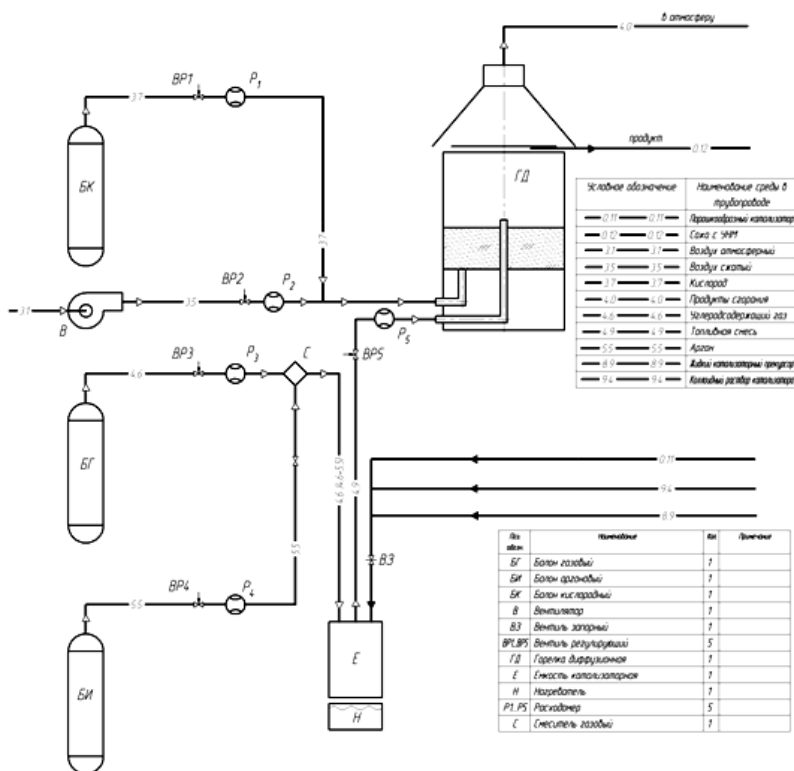
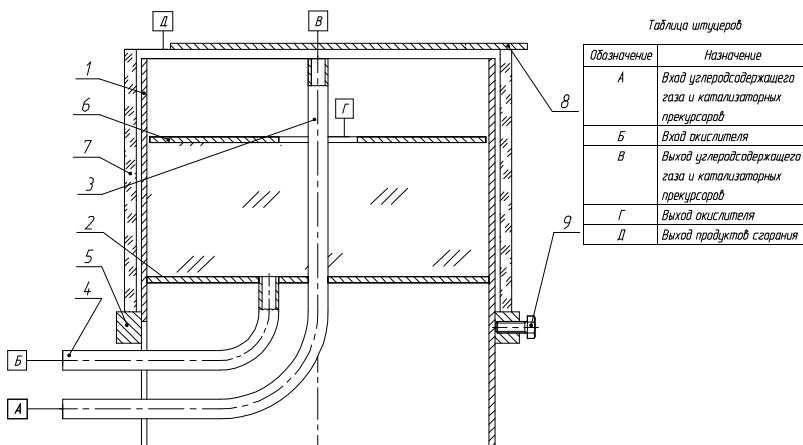


Рис. 1. Технологическая схема синтеза углеродных нанопроductов в диффузионном пламени



**Рис. 2. Схема диффузионной горелки для синтеза углеродных наноструктурных материалов**

Основным технологическим аппаратом в схеме синтеза является диффузионная горелка (рис. 2). Горелка включает цилиндрический корпус 1 с дном 2, в котором закреплены патрубки для подвода водорода 3 и окислителя 4. На дном 2 размещена газораспределительная зернистая насадка, закрытая кольцом 6. Телескопически с корпусом 2 соединен стеклянный кожух 7. На верхний торец кожуха 7 установлена съемная подложка-саженакопитель 8 с прорезями на периферии для отвода газообразных продуктов сгорания. Положение кожуха 7 и подложки 8 по высоте горелки и пламени регулируется перемещением позиционного кольца 5 с фиксацией болтами 9.

Предложенная конструкция диффузионной горелки совместно с технологической схемой синтеза углеродных нанотрубок в диффузионном пламени позволяет провести весь комплекс исследований и определить перспективы метода синтеза наноструктурного углерода в процессе горения топливных смесей с недостатком окислителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lee, G.W. Formation of Ni-catalyzed multiwalled carbon nanotubes and nanofibers on a substrate using an ethylene inverse diffusion flame / G.W. Lee // *Combustion and Flame*, 139. – 2004. – 167 – 175.
2. Польшиков, В.Ю. Синтез наноструктурного углерода в диффузионном пламени / В.Ю. Польшиков, А.А. Баранов, А.А. Паско // *Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновацион-*

ный менеджмент : материалы II Всероссийской научно-инновационной молодежной конференции (с международным участием) 27 – 29 октября 2010. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2010. – С. 181 – 183.

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

**УДК 620.1.08**

*А.В. Рогудеева, Д.М. Мордасов*

## **ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОРИСТОСТИ МАТЕРИАЛОВ**

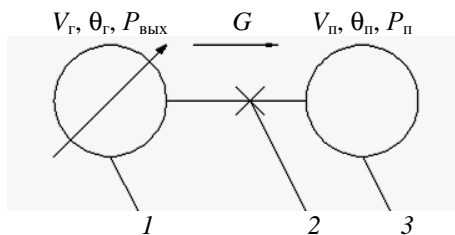
Изучение и разработка методов контроля пористости представляет собой актуальную задачу в условия развития твердофазных технологий, в частности получения новых материалов. Теоретическое и экспериментальное исследование процессов, протекающих в пористых средах, является существенным для применения пористых материалов в различных отраслях науки и техники, поэтому важным аспектом в развитии современных технологий является разработка неразрушающих и простых по конструктивной реализации методов и средств измерения пористости различных материалов.

Известны методики измерения пористости, основанные на заполнении порового пространства жидкостями с высокой проникающей способностью. Такие методы не лишены ряда недостатков, вызванных необходимостью тщательного подбора иммерсионной жидкости, невысокой разрешающей способностью и сложной аппаратной реализацией. Указанных недостатков лишены пневмопульсационные методы [1], согласно которым в измерительной емкости формируются импульсные изменения давления и о свойствах материала судят по изменению параметров, соответствующих резонансу давлений в образованной измерительной системе.

На рисунке 1 представлена физическая модель пневмопульсационной измерительной системы, включающей в себя емкость  $1$  переменного объема, пневматическое сопротивление  $2$ , представляющее собой аналог сопротивления пор измеряемого вещества, и емкость  $3$ , характеризующую объем открытых пор.

Состояние газа в емкости  $1$  описывается согласно закону Клапейрона–Менделеева уравнением





**Рис. 1.** Физическая модель пневмопульсационной измерительной системы

$$P_{\text{ВЫХ}} V_{\Gamma} = \theta_{\Gamma} RT, \quad (1)$$

где  $V_{\Gamma}$ ,  $\theta_{\Gamma}$ ,  $P_{\text{ВЫХ}}$  – объем, масса и давление газа в емкости  $I$ ;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура газа. Объем емкости  $I$  подвергают изменению по закону

$$V_{\Gamma}(t) = V_0 + \Delta V \sin \omega t, \quad (2)$$

где  $V_0$  – начальный объем емкости  $I$ ;  $\Delta V$  – амплитуда изменений объема емкости  $I$ ;  $\omega = 2\pi f$  – угловая частота;  $f$  – частота;  $t$  – время. При изменении объема  $V_{\Gamma}$  начинается процесс заполнения открытых пор измеряемого вещества. Через дроссель 2 инициируется расход газа  $G$ , величина которого определяется в виде

$$G = \alpha_{\text{П}} (P_{\text{ВЫХ}} - P_{\text{П}}), \quad (3)$$

где  $\alpha_{\text{П}}$  – суммарная проводимость пор вещества;  $P_{\text{П}}$  – давление газа в емкости 3. С другой стороны, расход  $G$  представляет собой скорость изменения масс газа в емкостях  $I$ , 3. При заполнении емкости 3 состояние газа в ней изменяется по закону Клапейрона–Менделеева.

С учетом протекания данных процессов в емкости получим математическое описание взаимодействия газа с пористым материалом в пневмопульсационной измерительной системе, представленное в виде системы уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{ВЫХ}}(t) = \frac{e^{-At}}{\sqrt{A^2 - B}} \text{sh}(\sqrt{A^2 - B}t); \\ A = \frac{\delta V \cos \omega t (\omega T_{\text{П}} + \text{tg} \omega t) + (1 - \Pi_3)}{2T_{\text{П}} (1 + \delta V \sin \omega t)}; \\ B = \frac{\delta V \cos \omega t}{T_{\text{П}} (1 + \delta V \sin \omega t)}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $A$  – коэффициент, определяемый эффективной пористостью материала;  $B$  – коэффициент, зависящий от объема емкости  $I$  и скорости

его изменения;  $\delta V = \Delta V / V$  – относительное изменение объема емкости  $I$ ;  $T_n = V_n / \alpha_n RT$  – время заполнения пор;  $\Pi_3 = V_n / V_0$  – эффективная пористость.

На основании полученной математической зависимости нами был разработан пневмодинамический частотный метод измерения эффективной пористости материалов. Сущность рассматриваемого метода заключается в следующем: в герметичную емкость помещают образец сыпучего материала и создают гармонические колебания давления. О пористости сыпучего вещества судят по изменению параметров, соответствующих резонансу давления в образованной колебательной системе. Информативными являются такие параметры, как частота и амплитуда выходного сигнала.

Для реализации метода создана экспериментальная установка, структурная схема которой представлена на рис. 2. Данная установка включает в себя измерительный элемент ИЭ с контролируемым материалом, электродинамический генератор гармонически изменяющегося давления ЭДГ, электромагнитный преобразователь давления ЭМП, управляющее УУ и вычислительное ВУ устройства и устройство отображения информации УОИ. Функции УУ, ВУ и УОИ реализованы с использованием персонального компьютера ПК.

В ходе проведения серии опытов с пористыми материалами была получена амплитудно-частотная характеристика. В качестве исследуемых использовались углеродные материалы: каменный, древесный, активный (активный уголь представлен двумя марками БАУ-А и АГ-3). Полученные значения частоты и амплитуды представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что активный уголь, обладающий большей пористостью по сравнению с другими видами угля, имеет самую низкую частоту возникновения резонанса, а амплитуда достижения резонанса имеет самое большое значение.

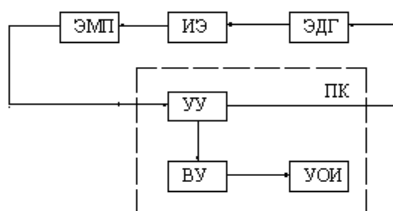


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки

Таблица 1

Наименование материала	Амплитуда возникновения резонансной частоты, дБ	Резонансная частота, Гц	Эффективная пористость, %
Каменный уголь	23,1	358,1	55,6
Древесный уголь	31,02	324,2	66,7
Активный уголь БАУ-А	39,93	306,2	75,5
Активный уголь АГ-3	40,64	306,9	74,5

Каменный уголь, обладающий самой низкой пористостью из представленных образцов, имеет самую большую резонансную частоту и низкую амплитуду. Данная зависимость свидетельствует о том, что вещества, обладающие высокой пористостью, имеют высокое значение амплитуды достижения резонанса и низкую резонансную частоту.

Таким образом, данный способ и реализующее его устройство позволяют осуществлять измерение эффективной пористости сыпучих материалов путем сравнения частотно-амплитудных характеристик колебаний, причем измерения производятся непосредственно в емкости, содержащей образец, что позволяет повысить точность измерения.

К основным преимуществам данного метода можно отнести простоту его реализации; малое время проведения измерительных и вычислительных операций, что в целом означает снижение трудоемкости процесса определения пористости; обеспечение неразрушающего контроля за счет использования эффектов, возникающих при взаимодействии газовой фазы с сыпучим материалом. Также преимуществом является возможность проведения экспресс-анализа, что актуально при необходимости получения результатов в кратчайшие сроки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, Б.К. Измерение количества вещества, уровня, объема, давления, состава : учебное пособие / Б.К. Брюханов, Б.К. Григоровский, В.Н. Ерицев. – Куйбышев : КПТИ, 1986. – 90 с.
2. Деч, Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа / Г. Деч. – М. : Наука, 1965. – 288 с.

*Д.Е. Кобзев\**

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ОБРАБОТАННЫХ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Механические и, в частности, акустические свойства полимеров изучались за последние годы очень широко. В настоящее время накоплен огромный экспериментальный материал, представляющий большой интерес как для исследования молекулярной структуры, так и для изучения параметров, определяющих многие технические области применения этих веществ [1, 2].

Прочностные свойства в условиях напряжений среза образцов ПЭВП, полученных ЖФЭ и ТФЭ, оценивали на испытательной машине «УТС 101-5» по ГОСТ 17302 – 71 при скорости перемещения подвижного зажима машины 50 мм/мин.

Для определения остаточных ориентационных напряжений ( $\sigma_{ост}$ ) и величины теплостойкости ( $T_{тп}$ ) в экструдатах, полученных твердофазной экструзией, использовали метод построения диаграмм изометрического нагрева (ДИН). Исследования проводили на экспериментальной установке с использованием специально разработанной программы сбора данных [3].

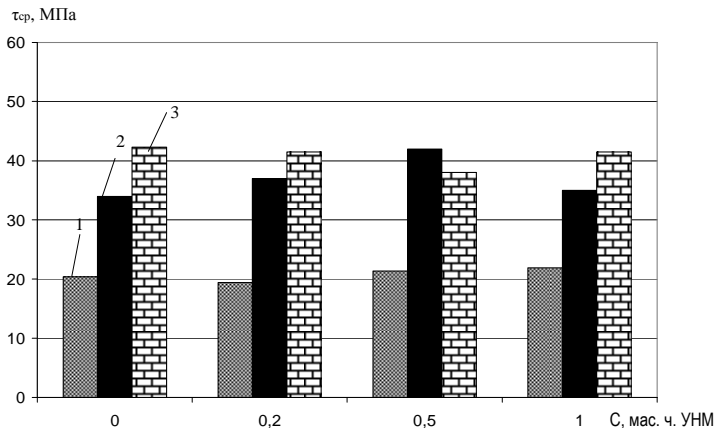
Следующим способом оценки влияния предлагаемой технологии на эксплуатационные свойства обрабатываемых материалов является определение влагосодержания образцов полимера. Для этого используется зональный диффузионный метод, относящийся к методам нестационарного режима, позволяющий решать как прямые, так и обратные задачи диффузии [4]. Согласно этому методу для расчета концентрационной зависимости коэффициента диффузии влаги в полимерных композитах снимается кривая кинетики изотермической сушки во всем диапазоне изменения концентрации в условиях, исключающих внешнедиффузионное сопротивление.

Прочность в условиях срезающих напряжений исходного материала, экструдированного с ультразвуком, превышает на 25% соответствующие характеристики материала, экструдированного без ультразвука, а в сравнении с материалом, переработанным традиционной технологией, более чем в два раза (рис. 1).

---

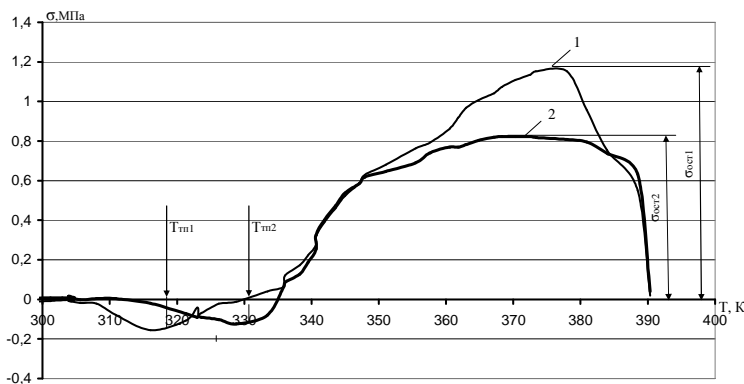
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (ГК П219 от 23 апреля 2010 г.).

При анализе полученных экспериментальных данных установлено, что у ПЭВП-нанокompозита с содержанием 1 мас. ч. УНМ наблюдается увеличение температуры теплостойкости примерно на 12...14 °С и снижение уровня внутренних напряжений на 33% в сравнении с материалом, экструдированным без ультразвукового воздействия (рис. 2).



**Рис. 1. Диаграмма изменения срезающих напряжений образцов для системы ПЭВП + УНМ:**

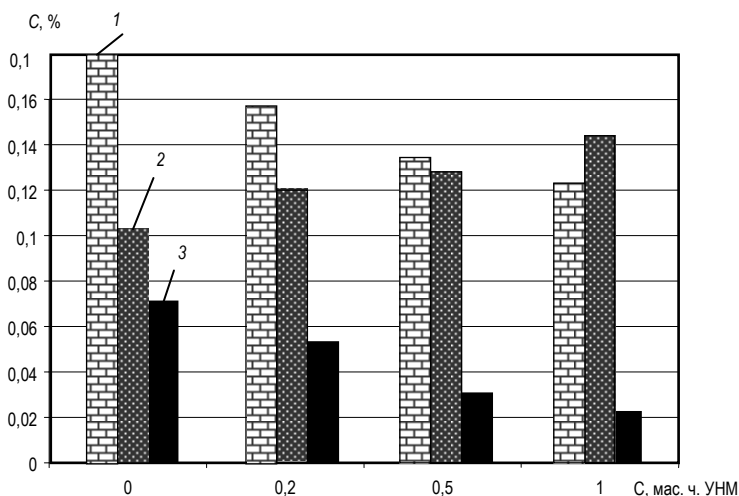
1 – материал, переработанный ЖФ-технологией;  
 2 – материал, переработанный ТФ-технологией; 3 – переработанный ТФ-технологией с применением ультразвука. Параметры твердофазной экструзии  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$  и температура 295 К



**Рис. 2. Диаграмма изометрического нагрева композита ПЭВП+1 мас. ч. УНМ, экструдированного при  $T_{\text{экс}} = 298$  К,  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$ :**

1 – без ультразвукового воздействия;  
 2 – с наложением ультразвукового воздействия

Полученные данные (рис. 3) свидетельствуют об уменьшении максимального влагопоглощения полимерного композита ПЭВП + УНМ, прошедшего обработку давлением в твердой фазе с наложением ультразвуковых полей, с увеличением концентрации модифицирующей добавки. Отсутствие ультразвукового воздействия дает обратную картину (рис. 3) – дополнительная энергия ультразвуковых колебаний уменьшает количество пор полимерного композита, материал становится более монолитным в результате затягивания и спайки дефектовых областей материала вследствие ультразвукового воздействия [5]. Это приводит к увеличению монолитности и соответствующему снижению влагопоглощения исходного полимерного материала примерно на 36% по сравнению с материалом, экструдированным без ультразвукового воздействия, а у композита с 1 мас. ч. УНМ соответствующая разница составляет 86%.



**Рис. 3. Зависимость максимального влагопоглощения полимерного композита ПЭВП при температуре 363 К от массовой доли УНМ:**

1 – материал, переработанный ЖФ-технологией; 2 – материал, переработанный ТФ-технологией; 3 – переработанный ТФ-технологией с применением ультразвука. Параметры твердофазной экструзии  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$  и температура 295 К

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Твердофазная технология с наложением ультразвукового воздействия увеличивает прочность полимеров в условиях срезающих напряжений.

2. Увеличивается температура теплостойкости на 12...14 °С.
3. Снижается уровень внутренних остаточных напряжений.
4. Снижается максимальное влагопоглощение.

Улучшение перечисленных выше свойств положительно влияет как на технологические параметры твердофазной обработки материала, так и на его физико-механические и другие эксплуатационные свойства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы молекулярной акустики / под ред. И.Г. Михайлова. – М. : Наука, 1964. – 520 с.
2. Кобзев, Д.Е. Исследование влияния ультразвука на процесс твердофазной экструзии полимерных композитов и свойства получаемых экструдатов / Д.Е. Кобзев, Д.О. Завражин, Г.С. Баронин // Тезисы 6-й Всероссийской конференции школы-семинара по структурной макрокинетике для молодых ученых, г. Черноголовка, 26 – 28 ноября 2008 г. – С. 28–29.
3. Установка для определения остаточных напряжений в ориентированных термопластах / Ю.М. Радько, Е.В. Минкин, М.Л. Кербер, М.С. Акутин // Заводская лаборатория. – 1980. – № 7. – С. 669–670.
4. Переработка полимеров в твердой фазе (физико-химические основы) : монография / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
5. Рудобашта, С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой / С.П. Рудобашта. – М. : Химия, 1980. – 248 с.

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**УДК 543.544.942.2**

*И.С. Ларионова, И.Н. Шубин*

## **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОСТОЙКОГО СИЛИКАГЕЛЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ**

Свойства силикагелей как адсорбентов различных компонентов из газовых и жидких сред различной химической природы, а также как высокодисперсных наполнителей, загустителей, смазок и др. в значительной степени, наряду с геометрической (пористой) структурой, определяются химическим строением поверхности.

Изменение адсорбционных свойств силикагелей может быть достигнуто в результате химического модифицирования его поверхности.

В связи с этим становится актуальным вопрос разработки способов модифицирования силикагелей и изучения свойств модифицированных сорбентов.

Одним из перспективных модификаторов могут быть углеродные нанотрубки (УНТ).

Характерным свойством УНТ является их способность поглощать жидкие или газообразные вещества. Расстояние между графеновыми слоями в многослойной УНТ (0,34 нм) достаточно для того, чтобы внутри трубки могло разместиться некоторое количество вещества. Это вещество может проникнуть внутрь УНТ под действием внешнего давления или вследствие капиллярных сил. Помимо этого УНТ обладают и другими свойствами, полезными для сорбентов, таким, например, как прочность.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что УНТ могут быть полезными для модификации ими различных сорбентов.

В качестве основы для модифицирования был выбран широко используемый сорбент – силикагель. Недостатком силикагелей является их низкая водостойкость, ограничивающая области применения. Этому недостатку лишены водостойкие силикагелевые сорбенты, полученные путем формирования тонкодисперсных исходных силикагелей со связующими.

В качестве связующего, как правило, используются поливиниловый спирт – фторопласт (ПВС – Ф) и поливиниловый спирт – кремнезоль (ПВС – К).

Одним из способов модифицирования является введение УНТ в порошкообразный поливиниловый спирт, который служит основой для производства связующих. Далее водостойкий силикагель производят стандартным способом.

Было исследовано несколько образцов модифицированного сорбента с различным содержанием углеродного наноматериала. Главным критерием отбора проб была механическая прочность, выраженная в кг/гранулу. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Из приведенной таблицы видно, что максимальное увеличение прочности гранул наблюдается при 0,02% УНМ «Таунит» в сорбенте для связующего ПВС – К и 0,03% УНМ «Таунит» в сорбенте для связующего ПВС – Ф. Механическая прочность при таком способе модифицирования в среднем увеличилась на 40...45%.

Сорбционные свойства полученных сорбентов представлены на рис. 1 – 4.

Представленные результаты исследований показывают, что кинетика у модифицированных сорбентов несколько замедлилась. Это связано с гидрофобными свойствами УНТ.



Таблица 1

Содержание УНМ «Таунит» в сорбенте, %	Механическая прочность, кг/гранулу	
	Сорбент со связующим ПВС-Ф	Сорбент со связующим ПВС-К
0	1,16	1,63
0,005	1,25	1,68
0,01	1,27	1,71
0,02	1,94	2,52
0,03	2,04	2,04
0,04	1,85	1,28

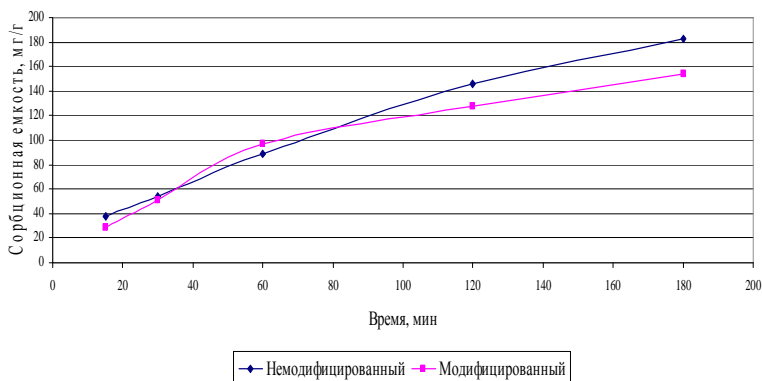


Рис. 1. Кинетика водостойкого силикагеля КСМГ-ПВС-К

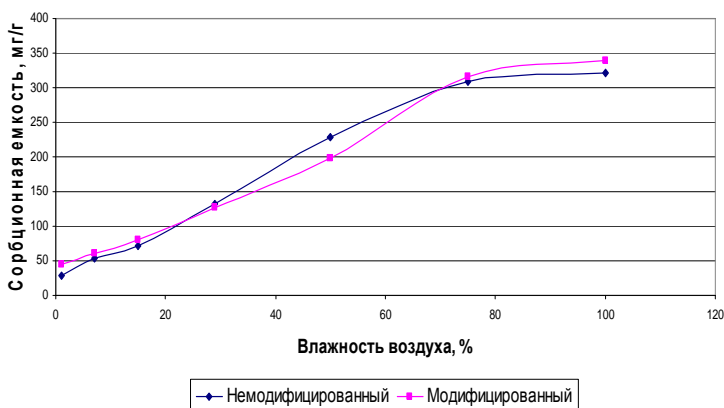
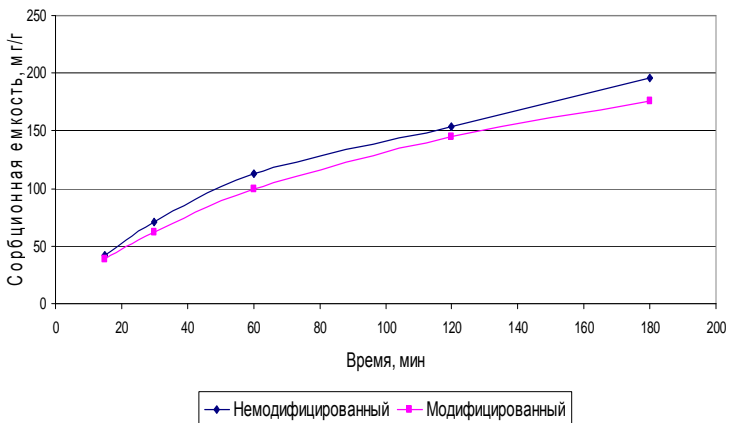
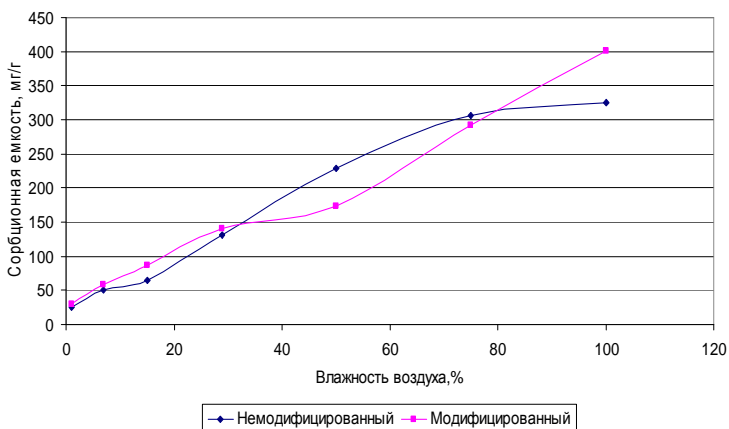


Рис. 2. Изотерма водостойкого силикагеля КСМГ-ПВС-К



**Рис. 3. Кинетика водостойкого силикагеля КСМГ-ПВС-Ф**



**Рис. 4. Изотерма водостойкого силикагеля КСМГ-ПВС-Ф**

Полученные в ходе проведенной работы данные позволяют сделать вывод о том, что модифицирование сорбентов, в частности водостойкого силикагеля, углеродными нанотрубками позволяет увеличить прочность гранул конечного продукта при сохранении сорбционных свойств сорбента.

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

*М.С. Толстых, Д.О. Завражин, А.Г. Попов\**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП С ДОБАВЛЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА**

Разработка новых полимерных материалов и модификация свойств традиционных полимеров является одним из приоритетных направлений науки и техники. Наблюдаемая тенденция замены металлических сплавов полимерными материалами для производства вкладышей подшипников скольжения, втулок, уплотнительных колец, изделий антифрикционного назначения, зубчатых и червячных колес и других является весьма перспективной для развития многих отраслей промышленности в связи с возрастающим дефицитом минерального сырья и ухудшающейся экологической обстановкой при производстве черных и цветных металлов.

Модификация свойств полимерных материалов введением в полимерную матрицу различных наполнителей открывает большие перспективы для создания материалов с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Данная работа посвящена исследованию теплофизических свойств полимеров и композитов на их основе с использованием модернизированного прибора DSC-2 производства фирмы «Perkin-Elmer», работающего по методу дифференциальной сканирующей калориметрии.

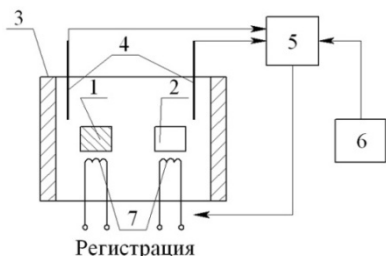
Дифференциальный сканирующий калориметр DSC-2 представляет собой сложный прибор для измерения и описания теплофизических свойств материала. Он обладает расширенным температурным диапазоном, повышенной чувствительностью, улучшенной повторяемостью базовой линии, а также хорошей температурной линейностью, что еще больше расширяет сферу применений метода дифференциальной сканирующей калориметрии. Прибор позволяет задавать программную скорость и программировать требуемое изменение средней температуры держателей образца до нужной конечной температуры.

Дифференциальный сканирующий калориметр DSC-2 подключен к персональному компьютеру через многофункциональную плату сбо-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина, канд. техн. наук, доц. В.П. Тарова в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы» (ГК П702 от 20.05.2010).

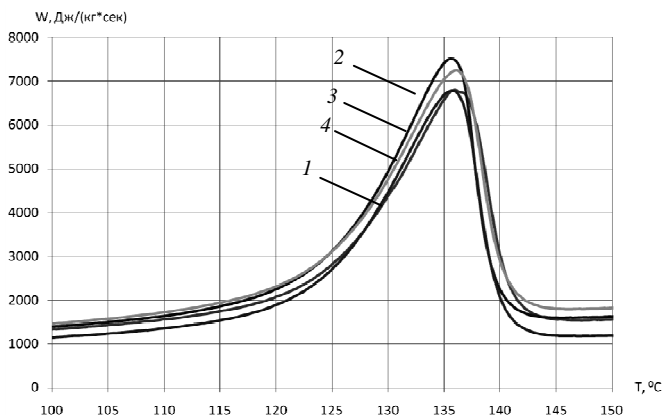
ра данных NI USB-6009. Программное обеспечение в данном случае выполняет функции визуализации и обработки экспериментальных данных. Обработка включает в себя коррекцию сигнала калориметра с учетом заранее определенной базовой линии, расчет энергии фазовых переходов исследуемых материалов и калибровочных констант прибора. Принципиальная схема работы дифференциального сканирующего калориметра представлена на рис. 1.



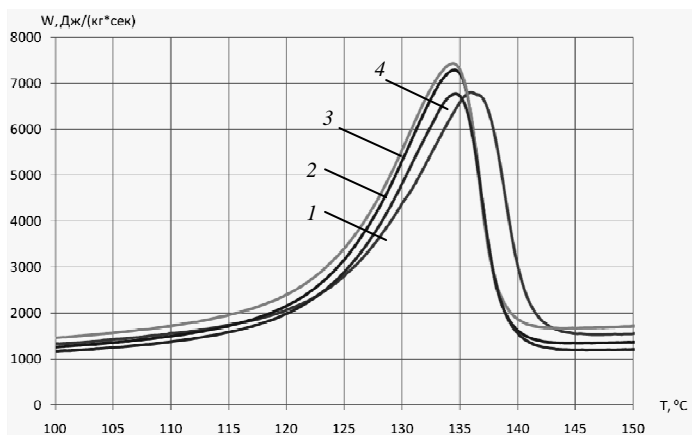
**Рис. 1. Принципиальная схема дифференциального сканирующего калориметра:**  
 1 – образец; 2 – эталон; 3 – печь;  
 4 – датчик температуры;  
 5 – контроллер температуры;  
 6 – датчик температуры;  
 7 – нагреватель

В данной работе объектом исследования являлся полиэтилен высокой плотности. Модифицирующими добавками служили технический углерод марки К-354 (ГОСТ 7885–86) и углеродный наноматериал «Таунит» (УНМ).

На рисунках 2 и 3 приведены зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов ПЭВП и композитов на его основе с добавлением технического углерода и УНМ от температуры испытания. Скорость сканирования в процессе эксперимента составляла 20 °С/мин.



**Рис. 2. График зависимости удельной скорости поглощения энергии от температуры:**  
 1 – образец исходного ПЭВП; 2 – ПЭВП + 0,05 мас. ч. технического углерода; 3 – ПЭВП + 0,5 мас. ч. технического углерода; 4 – ПЭВП + 1 мас. ч. технического углерода



**Рис. 3. График зависимости удельной скорости поглощения энергии от температуры:**  
 1 – образцов исходного ПЭВП; 2 – ПЭВП + 0,05 мас. ч. УНМ;  
 3 – ПЭВП + 0,5 мас. ч. УНМ; 4 – ПЭВП + 1 мас. ч. УНМ

Из приведенных графиков видно, что внесение в матрицу полимера малых добавок технического углерода приводит к увеличению удельной скорости поглощения энергии образцов ПЭВП. Аналогичным образом действует и внесение в полимерную матрицу УНМ. Установлено, что наибольшую скорость поглощения энергии из всех исследованных материалов имеют композиты ПЭВП + 0,05 мас. ч. технического углерода. Но стоит отметить необходимость дальнейшего исследования композиционных материалов с малыми добавками.

Кроме того, для композитов с добавлением УНМ выявлено незначительное снижение температур фазового перехода. Изменения составили около 3 °С.

*НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии»*

**УДК 66.081.6**

***Ю.А. Кобцева, И.В. Романцова, А.Е. Бураков\****

### **МОДИФИЦИРОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВОЛОКОН УНМ «Таунит»**

Необходимость получения совершенно чистого технологического воздуха, опасность радиоактивных аэрозолей, высокая токсичность субмикронных частиц некоторых металлов и соединений сделали про-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.Г. Ткачева.

блему высокоэффективной очистки газовых сред от взвешенных субмикронных частиц весьма актуальной.

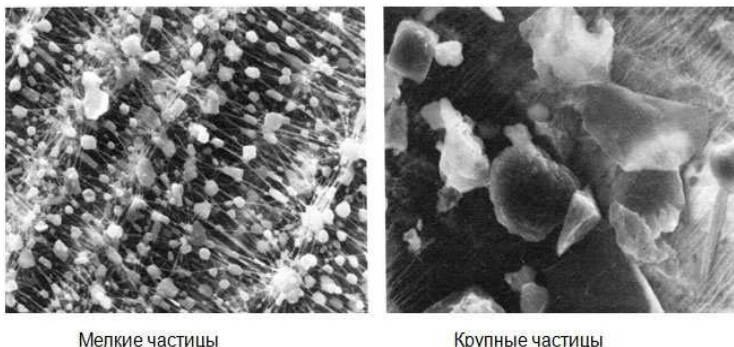
Волокнистые фильтровальные материалы оказались наиболее эффективным средством очистки, поскольку при одинаковом сопротивлении потоку эти материалы обладают наибольшей эффективностью улавливания частиц по сравнению со всеми другими типами фильтровальных пористых перегородок.

Волокнистые фильтровальные материалы используются для изготовления практически всех типов высокоэффективных фильтров: промышленных фильтров для очистки вентиляционных потоков, аналитических фильтров и респираторов. Вместе с тем такие фильтры являются единственным средством улавливания любых аэрозольных частиц размером около 1 мкм, концентрация которых не превышает  $0,2 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 1).

Высокоэффективные волокнистые фильтровальные материалы представляют собой систему волокон, расположенных преимущественно перпендикулярно к направлению потока (рис. 2). Их пористость составляет 85...99%, а диаметр волокон варьируется от нескольких микрометров до сотых долей микрометров. Толщина этих фильтров составляет от нескольких миллиметров до нескольких десятков микрометров.

Однако следует учитывать, что ни один тип волокон не может быть универсальным. Фильтровальный материал, показывающий высокую эффективность при улавливании частиц размером в несколько микрометров, может оказаться совершенно непригодным для осаждения частиц размером 0,5 мкм и меньше.

Новое направление в решении актуальной проблемы совершенствования фильтровальных материалов аэрозольной фильтрации связано



**Рис. 1. Аэрозольные частицы**



**Рис. 2. Фильтровальный волокнистый материал**

с управляемым нанесением пористого проницаемого слоя нанотрубок на более толстые, микронные волокна. Нанесение высокопористого слоя может оказаться наиболее перспективным методом улучшения качества фильтров для существующей промышленной очистки воздуха и газов от взвешенных частиц [1, 2].

Авторами разработана технология модифицирования фильтровальных высокотемпературных неорганических волокон путем газофазного химического осаждения на них высокопористой структуры УНМ «Таунит»[3] (технологическая схема производства и оборудование для его получения спроектированы ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов).

Предлагаемая технология создания фильтровального элемента, модифицированного УНМ, включает следующие стадии:

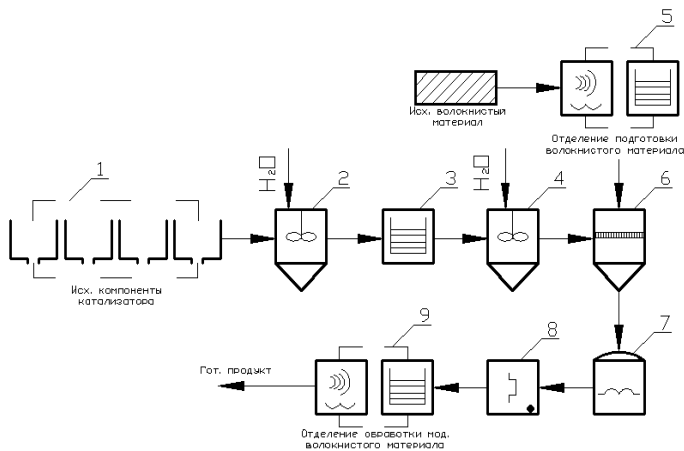
- приготовление исходного раствора гетерогенной металлоксидной каталитической системы (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al);
- подбор и предварительная обработка материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- процесс пропитки образца волокнистого фильтрующего элемента исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНМ;
- процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 500...600 °С;
- процесс газофазного химического осаждения УНМ на подготовленном образце в промышленном реакторе ( $t_{\text{пр}} = 650$  °С).
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНМ, не зафиксированных на волокнах-носителях).

Фильтровальные волокна, модифицированные УНМ, обладают следующими преимуществами:

- практически не содержат аморфного углерода и частиц катализатора;
- при равномерном распределении катализатора на поверхности волокон происходит формирование сплошного нановолокнистого слоя углерода;
- зарождение УНМ происходит непосредственно на поверхности волокон, что обеспечивает хорошую адгезию между выращенным слоем УНМ и основой.

Для изготовления предлагаемых материалов в объемах опытно-промышленного производства разработана принципиальная схема аппаратурного оформления производства наномодифицированных волокнистых материалов тонкой очистки газов. Структурная схема производства представлена на рис. 3.

Исходные компоненты для приготовления раствора гетерогенной металлоксидной каталитической системы (технология золь-гель) из емкостей отделения 1 поступают в аппарат смешения 2, куда подается дистиллированная вода. Затем водный раствор прекурсоров катализатора синтеза УНМ поступает в сушильный шкаф 3, где обрабатывается при температуре 80 °С в течение 3 часов. Затем разбавленный дистиллированной водой в требуемом соотношении раствор из аппарата смешения 4 подается в пропиточную камеру 6, где происходит пропитка волокнистого материала, предварительно обработанного в отделении подготовки 5 (механическое, химическое удаление примесей в



**Рис. 3. Структурная схема производства наномодифицированных волокнистых материалов**



присутствии ультразвукового воздействия, а также химическая обработка поверхности волокон-носителей с целью повышения качества последующей пропитки). Пропитанный образец проходит температурную обработку при 130 °С в течение 1 часа в индукционной печи 7, после чего происходит отжиг при температуре 600 °С. Затем образец помещается в реактор синтеза 8, где в результате каталитического пиролиза углеводов происходит образование на поверхности волокон-носителей пористой структуры УНМ. После завершения процесса синтеза образец проходит окончательную обработку в отделении обработки модифицированного волокнистого материала 9 (удаление примесей, аморфного углерода, агломератов УНМ, не зафиксированных в структуре волокнистого материала).

Таким образом, в заключение статьи можно сделать следующий вывод: разработана технология и аппаратурное оформление процесса модифицирования неорганических высокотемпературных волокнистых материалов углеродными нанотрубками, позволяющие создавать фильтровальные материалы, обеспечивающие требуемое качество очистки газовых сред.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киш, В.А. Аэрозольные фильтры из пористых волокон / В.А. Киш // Коллоидный журнал. – 1996. – Т. 58, № 6. – С. 786 – 790.
2. Киш, В.А. Осаждение аэрозольных наночастиц в фильтрах из волокон с пористыми оболочками / В.А. Киш // Коллоидный журнал. – 2007. – Т. 69, № 5. – С. 655 – 660.
3. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007.

*Кафедра «Техника и технологии производства наноматериалов» ГОУ ВПО ТГТУ*

УДК 699.86

*Р.Ю. Клычников, И.В. Попова\**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ  
СОВМЕЩЕННЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ  
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Реализация вновь актуализированной политики энергосбережения требует проведения огромного числа различных программ и мероприятий. В их число входит термомодернизация зданий и сооружений, не отвечающих современным высоким требованиям энергосбережения.

Ряд проведенных исследований [1, 2] свидетельствует о значительных капитальных затратах и достаточно продолжительных сроках окупаемости мероприятий, реализуемых с целью повышения энергетической эффективности существующих жилых зданий, построенных в советское время. В этой связи в условиях дефицита финансирования возникает задача подбора максимально оправданных параметров тепловой защиты.

Решение указанной задачи невозможно без проведения энергетического обследования зданий, в ходе которого, в том числе, определяют теплозащитные качества наружных ограждающих конструкций – стен, окон, чердачных и цокольных перекрытий.

В настоящей статье представлены результаты исследования теплотехнических качеств совмещенного вентилируемого покрытия жилого пятиэтажного дома серии 1-447С со стенами из силикатного кир-



**Рис. 1. Вентиляционное отверстие**



**Рис. 2. Внутреннее пространство вентилируемой прослойки**

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ П.В. Монастырева.

пича. Интерес к теплотехническим качествам именно данных ограждений обусловлен их конструктивными особенностями, исключающими свободный доступ к утеплителю.

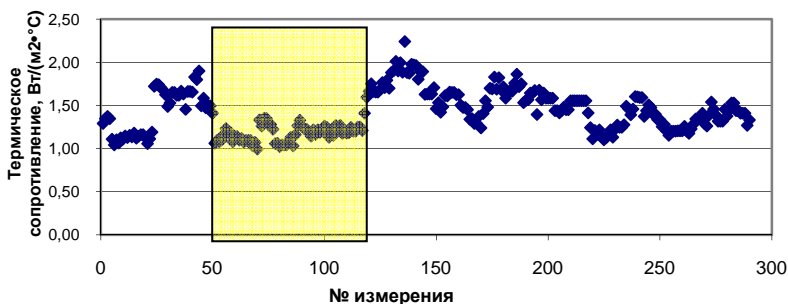
Количественная оценка сопротивления теплопередаче исследуемого ограждения производилась согласно методике, заложенной в ГОСТ 26254–84.

С помощью измерителя теплового потока ИТП МГ4.03 «Поток» измерялись температура внутренней поверхности и внутреннего воздуха, а также плотность теплового потока, проходящего через ограждение.

Цифровыми самописцами ТЕРМОХРОН фиксировались температура наружного воздуха, а также температура наружной поверхности исследуемого ограждения, для чего самописец через вентиляционное отверстие в наружных стенах (рис. 1) помещался во внутреннее пространство вентилируемой прослойки (рис. 2).

По результатам многодневных измерений был вычислен коэффициент теплосоприятия внутренней поверхности совмещенного вентилируемого покрытия, который составил  $8,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , что отличается от значения, приведенного в [3] и равного  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , лишь на 3,4%. Также были рассчитаны мгновенные значения величин сопротивления теплопередаче и термического сопротивления исследуемой конструкции. Последние представлены на рис. 3. Очевидно, что разброс мгновенных значений сопротивления теплопередаче будет иметь тот же вид, но лежать несколько выше.

Финальное вычисление фактических расчетных значений сопротивления теплопередаче исследуемого ограждения и его термического сопротивления производилось путем статистической обработки предыдущих результатов на выделенном интервале измерений (рис. 3), поскольку он является наиболее спокойным и позволяет считать установившийся режим теплопередачи наиболее близким к стационарному.



**Рис. 3. Мгновенные значения термического сопротивления в каждой расчетной точке**

В итоге фактическое расчетное сопротивление теплопередаче ( $R_0$ ) исследуемой конструкции составило 1,56 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ )/Вт, а ее термическое сопротивление – 1,17 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ )/Вт.

При этом необходимо отметить, что полученная величина  $R_0$  является «мнимой» поскольку рассчитана по температуре наружного воздуха, а не воздуха внутри вентилируемой прослойки. Реальное действительное сопротивление теплопередаче исследуемого ограждения будет несколько ниже. Приблизительно ее можно оценить, если принять коэффициент теплоотдачи наружной поверхности согласно [4] равным 12 Вт/( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ) как для чердачных перекрытий, в 1,25 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ )/Вт.

Согласно проектным данным утепление совмещенного вентилируемого перекрытия предусматривалось в виде засыпки шлаком толщиной 0,20 м с устройством пароизоляции в виде одного слоя рубероида. Любопытно, что по теплотехническому расчету сопротивление теплопередаче данной конструкции составляет 1,246 ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ )/Вт:

$$R_0^r = r \cdot (1/\alpha_{\text{int}} + \delta_{\text{шл}}/\lambda_{\text{шл}} + \delta_{\text{ж/б}}/\lambda_{\text{ж/б}} + 1/\alpha_{\text{ext}}) = \\ = 0,8 \cdot (1/8,7 + 0,2/0,21 + 0,407 + 1/12) = 1,246 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}.$$

Иначе говоря, потери теплоизолирующих свойств засыпки не наблюдается. Это позволяет говорить о возможности использования расчетного значения сопротивления теплопередаче конструкции совмещенного вентилируемого покрытия в домах исследуемой серии.

Вместе с тем необходимо учитывать положение исследуемой конструкции по отношению к наружному воздуху (коэффициент  $n$ ). Как показали проведенные исследования, для вентилируемых покрытий  $n$  равен 0,8, в то время как в [3] приводится рекомендуемое значение 1.

В целом проведенное исследование показало, что удачное с позиции работы утеплителя конструктивное решение совмещенных вентилируемых крыш позволило сохранить его теплозащитные качества. Было определено фактическое сопротивление теплопередаче данной конструкции, а также оценен коэффициент положения исследуемого ограждения по отношению к наружному воздуху. Учет последнего позволяет избежать занижения расчетного сопротивления теплопередаче и более точно подобрать комплекс теплозащитных мероприятий при разработке проекта термомодернизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Езерский, В.А. Оптимизация параметров тепловой защиты здания по экономическому критерию / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Р.Ю. Клычников // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 3. – С. 13 – 16.

2. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак, В.Г. Гагарин, Н.В. Шилкин // АВОК. – 2009. – № 5.

3. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 26 с.

4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 172 с.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

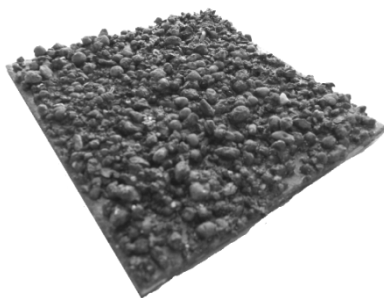
**УДК.691**

*А.В. Ерофеев\**

**ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ  
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ  
НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ**

В работе было исследовано влияние циклов замораживания-оттаивания на физико-механические характеристики декоративно-защитных плит покрытия, которые состоят из основы, связующего и декоративного слоя. В качестве основы применена древесно-волокнистая плита, а в качестве связующего – полиэфирная смола. В работе были разработаны несколько видов декоративных слоев: из керамзита, опилок, песка.

Пример покрытия показан на рис. 1.



**Рис. 1. Декоративно-защитное покрытие на основе ДВП и с декоративным слоем из керамзита**

---

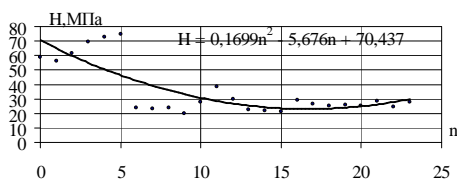
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.П. Янцева.

В ходе проведения испытания были выполнены 30 циклов замораживания-оттаивания [1]. Данные циклы имели ангармонический вид, т.е. время действия факторов в циклах было различно. Сначала материал в течение 2 ч подвергался замачиванию, затем в течение 2 ч при температуре  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходил процесс замораживания в холодильной камере. Процесс оттаивания длился не менее 4 ч в диапазоне температур от  $+20$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

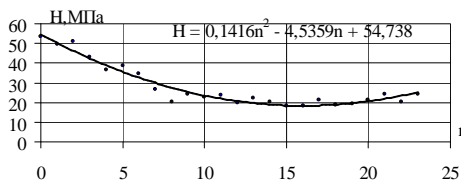
После каждого ангармонического цикла определяли твердость по Бринеллю по формуле:  $H = P/\pi dn$ , где  $P$  – нагрузка, приложенная к шарик;  $d = 6\text{ мм}$  – диаметр шарика;  $n$  – величина погружения шарика в материал, мм.

Твердость декоративного слоя после циклов замораживания-оттаивания падает (рис. 2). Падение связано с деструкцией полиэфирной смолы. Величина падения зависит от вида декоративного слоя. Разброс связан с неоднородностью декоративного слоя.

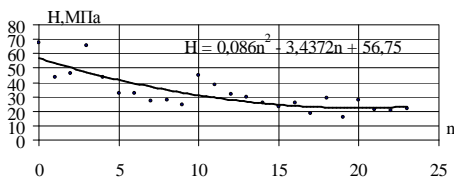
Твердость ДВП также падает (рис. 3). Падение связано с разложением основы.



a)



б)

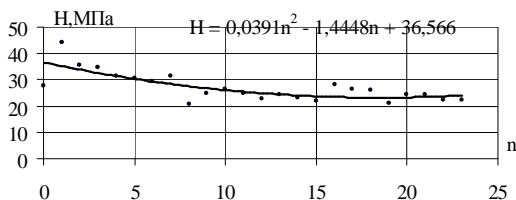


в)

Рис. 2. График зависимости твердости декоративного слоя из:

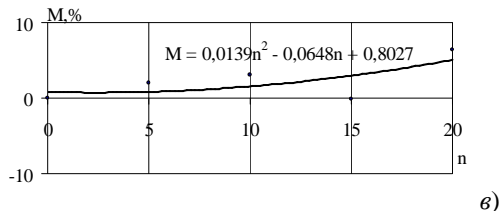
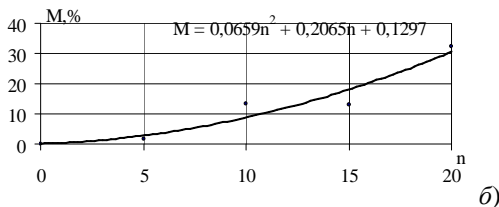
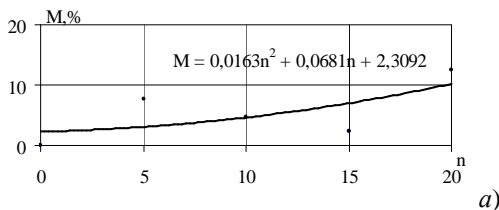
а – керамзита; б – опилок;

в – песка от количества циклов замораживания-оттаивания



**Рис. 3. График зависимости твердости ДВП от количества циклов замораживания-оттаивания**

После циклов замораживания-оттаивания наблюдалось изменение массы образцов (рис. 4). Увеличение массы образцов (график находится в положительной полуплоскости) объясняется поглощением воды при замачивании, которую образцы не успевают потерять при сушке. Разброс связан с ангармоническим видом циклов замораживания-оттаивания.



**Рис. 4. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из:**

*a* – керамзита; *б* – опилок; *в* – песка от количества циклов замораживания-оттаивания

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярцев, В.П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации / В.П. Ярцев, О.А. Киселева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 123 с.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 681.5.017; 536.2.083**

*Д.О. Голиков, А.В. Чернышов, М.В. Жарикова\**

### **МИКРОВОЛНОВЫЙ МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Предлагается метод и реализующая его система неразрушающего контроля теплофизических характеристик (ТФХ) твердых строительных материалов и готовых изделий.

Поверхность исследуемого объекта подвергают импульсному воздействию высокочастотного электромагнитного поля (СВЧ-излучения) по линии, осуществляя нагрев исследуемого полуограниченного в тепловом отношении тела по плоскости, перпендикулярной внешней поверхности тела и уходящей внутрь этого тела. Для организации такого воздействия электромагнитное излучение рупорной антенны СВЧ-генератора фокусируют в линию линзой из диэлектрического материала. Измерительная система, реализующая предлагаемый метод, представлена на рис. 1.

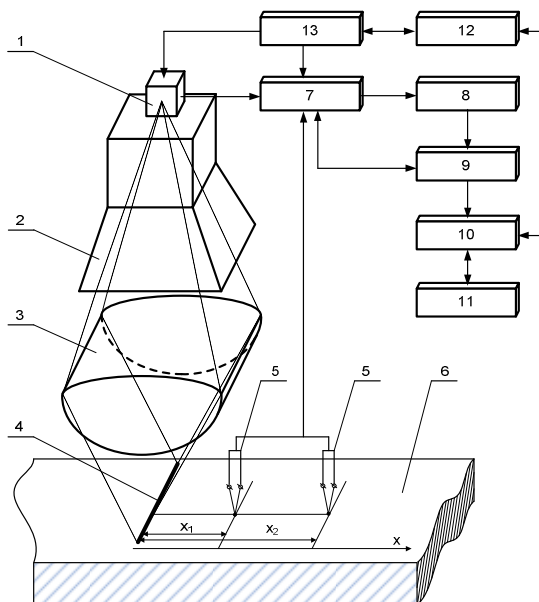
Расстояние от рупорной антенны СВЧ-генератора и параметры диэлектрической линзы подобраны таким образом, чтобы обеспечить минимум рассеивания электромагнитных волн в окружающую среду и собрать фокусируемое излучение в линию на поверхности исследуемого объекта. Учитывая данные конструктивные особенности метода и проникающую способность СВЧ-излучения, обеспечивается нагрев исследуемого тела по плоскости.

Нагрев исследуемого объекта *б* осуществляется воздействием высокочастотного электромагнитного поля (СВЧ-излучением) от излучающей антенны *2* (переменно-фазовый многощелевой излучатель), соединенной волноводом с СВЧ-генератором *1*. Диэлектрическая линза *3* осуществляет фокусировку излучения в линию *4* на поверхности исследуемого тела.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Н. Чернышова.





**Рис. 1. Система микроволнового метода неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов**

После СВЧ-воздействия осуществляют контроль избыточных температур на теплоизолированной от окружающей среды поверхности исследуемого объекта в двух точках, находящихся соответственно на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от линии электромагнитного воздействия, термомпарами 5, которые через коммутатор 7, нормирующий прецизионный усилитель 8 и АЦП 9 подключают к микропроцессору 10.

Микропроцессор 10 соединен с СВЧ-генератором через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) 12 и порт ввода-вывода 13. Данные эксперимента выводятся на индикатор 11. В микропроцессоре с использованием полученной в ходе теплофизического эксперимента измерительной информации определяют искомые теплофизические характеристики.

Зная мощность теплового нагрева исследуемого тела по внутренней плоскости и измеренные значения избыточных температур в контролируемых точках плоскости, теплоизолированной от окружающей среды, искомые ТФХ находят по соотношениям, полученным на основании следующих рассуждений.

Температурное поле в исследуемом полуограниченном в тепловом отношении теле при импульсном тепловом воздействии по плоскости определяются уравнением [1]:

$$T(x, \tau) = \frac{b}{2\sqrt{\pi a \tau}} \exp\left(-\frac{x^2}{4a\tau}\right), \quad (1)$$

где  $x$  – координата по оси нагрева;  $\tau$  – время нагрева;  $a$  – температуропроводность;  $b = Q/c_j$  – тепловая активность исследуемого тела;  $Q$  – удельная мощность, выделяемая на единицу площади плоскости;  $c_j$  – теплоемкость исследуемого тела.

Температурное поле в контролируемых точка  $x_1$  и  $x_2$  в заданный момент времени  $\tau^*$  после теплового воздействия описываются системой уравнений:

$$\begin{cases} T(x_1, \tau^*) = \frac{b}{2\sqrt{\pi a \tau^*}} \exp\left(-\frac{x_1^2}{4a\tau^*}\right); \\ T(x_2, \tau^*) = \frac{b}{2\sqrt{\pi a \tau^*}} \exp\left(-\frac{x_2^2}{4a\tau^*}\right). \end{cases} \quad (2)$$

$$\quad (3)$$

Поделив (2) на (3) и выполнив ряд несложных математических преобразований, получим формулу для определения коэффициента температуропроводности в виде:

$$a = \frac{x_2^2 - x_1^2}{4\tau^* \ln\left(\frac{T(x_1, \tau^*)}{T(x_2, \tau^*)}\right)}. \quad (4)$$

Используя известное соотношение  $\lambda = ac_j$  и уравнение (1), получим формулу для определения коэффициента теплопроводности:

$$\lambda = \frac{Q}{2T(x_1, \tau^*)} \sqrt{\frac{a}{\pi \tau^*}} \exp\left(-\frac{x_1^2}{4a\tau^*}\right). \quad (5)$$

Таким образом, измерив в заданный момент  $\tau^*$  после импульсного теплового воздействия на исследуемый объект по плоскости от СВЧ источника в двух точках  $x_1$  и  $x_2$  избыточную температуру поверхности этого объекта и зная мощность воздействия, по соотношениям (4) и (5) можно определить весь комплекс ТФХ.

Для проверки работоспособности предложенного метода были проведены эксперименты на строительных материалах и из керамзитного бетона, силикатного и красного кирпича. Нагрев образцов осуществлялся при температуре окружающей среды 20 °С в течение 5 с. Контроль температур производился на расстояниях  $x_1 = 1,5$  мм,  $x_2 = 3$  мм.

В таблицах 1, 2 и 3 приведены данные экспериментов соответственно для керамзитного бетона, силикатного и красного кирпича.

Таблица 1

$T_1(x_1, \tau), \text{K}$	$T_2(x_2, \tau), \text{K}$	$a \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$a_{\text{справ}} \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda_{\text{справ}}, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$\delta a, \%$	$\delta \lambda, \%$
19,1	19,7	0,268	0,527	0,283	0,562	5,300	6,227
19,2	19,8	0,267	0,529	0,283	0,562	5,654	5,871
19,3	19,9	0,267	0,532	0,283	0,562	5,654	5,338
19,1	19,7	0,268	0,527	0,283	0,562	5,300	6,227
19,2	19,8	0,267	0,529	0,283	0,562	5,654	5,871

Таблица 2

$T_1(x_1, \tau), \text{K}$	$T_2(x_2, \tau), \text{K}$	$a \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$a_{\text{справ}} \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda_{\text{справ}}, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$\delta a, \%$	$\delta \lambda, \%$
7,3	7,1	0,586	0,764	0,558	0,721	5,018	5,963
7,4	7,2	0,594	0,759	0,558	0,721	6,452	5,271
7,3	7,1	0,586	0,764	0,558	0,721	5,018	5,963
7,4	7,2	0,594	0,759	0,558	0,721	6,452	5,271
7,3	7,1	0,586	0,764	0,558	0,721	5,018	5,963

Таблица 3

$T_1(x_1, \tau), \text{K}$	$T_2(x_2, \tau), \text{K}$	$a \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$a_{\text{справ}} \cdot 10^{-6}, \text{M}^2/\text{c}$	$\lambda_{\text{справ}}, \text{BT}/(\text{M} \cdot \text{K})$	$\delta a, \%$	$\delta \lambda, \%$
7,1	6,8	0,377	0,630	0,362	0,657	4,144	4,109
7,2	6,9	0,382	0,625	0,362	0,657	5,525	4,871
7,3	6,9	0,389	0,636	0,362	0,657	5,458	3,301
7,4	7,1	0,393	0,617	0,362	0,657	8,564	6,088
7,2	6,9	0,382	0,625	0,362	0,657	5,525	4,871

К основным преимуществам метода можно отнести:

– повышение оперативности получения результатов исследования по сравнению с методами, использующими линейный поверхностный нагрев;

- повышение точности результатов контроля, обусловленное прогревом большого объема исследуемого материала и получением усредненных по объему данных, что очень важно для строительных материалов, которые, как правило, неоднородны, дисперсны и т.д.;
- относительная простота практической реализации метода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высш. школа, 1967.
2. Чернышов, В.Н. Тепловые методы технической диагностики строительных материалов и изделий / В.Н. Чернышов, В.Г. Однолько, А.В. Чернышов, В.М. Фокин. – М. : Издательство «Машиностроение-1», 2007. – 208 с.
3. Марков, А.В. Метод контроля влагосодержания при непосредственном сверхвысокочастотном нагреве / А.В. Марков, Ю.П. Юленец // Письма в ЖТФ. – 2005. – Т. 31, № 7. – С. 79 – 85.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – 2-е изд, стереотипное. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.

*Кафедра «Информатизации правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 699.86**

*Д.В. Иванов\**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРУЗИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ В КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Согласно Федеральной программе развития транспортной сети России до 2030 года планируется построить свыше 300 000 км новых дорог и привести в соответствие нормативным требованиям не менее 80% дорог от общего количества [1]. При этом, согласно энерго-сырьевому сценарию развития экономики страны, большая часть новых дорог будет проложена в районах добычи полезных ископаемых: нефти, газа, редкоземельных и драгоценных металлов и т.д. Стоит отметить, что данные месторождения тяготеют к районам Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока, обширные территории которых характеризуются продолжительным зимним периодом, глубоким сезонным промерзанием и наличием вечномерзлых грунтов, что значительно осложняет как проектирование, так и строительство дорог в таких условиях.

---

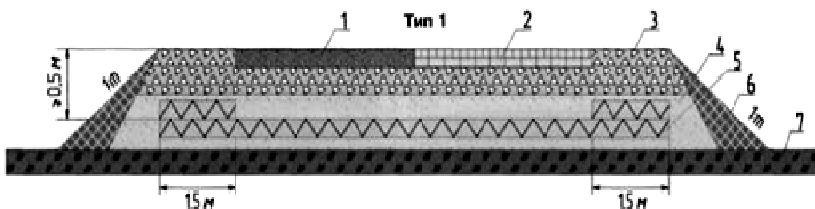
\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.П. Ярцева.

В связи с возрастанием темпов освоения природных богатств и энергетических ресурсов вопросы повышения устойчивости, надежности и долговечности дорожной одежды и земляного полотна автомобильных дорог на вечномерзлых и сезоннопромерзающих пучинистых грунтах приобретают большое практическое значение. Для повышения прочности, надежности и долговечности дорожных одежд в таких условиях необходимы специальные мероприятия, направленные на создание оптимального водно-теплого режима земляного полотна. В [3] предусмотрены следующие меры:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов в верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;
- осушение рабочего слоя земляного полотна (устройство дренажа, гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек);
- устройство морозозащитного слоя из непучинистых минеральных материалов;
- устройство теплоизолирующих слоев, снижающих глубину промерзания грунта под дорожной одеждой;
- устройство основания дорожной одежды из монолитных материалов (типа тощего бетона).

Если обратиться к зарубежному опыту строительства автомобильных дорог в схожих грунтово-геологических условиях, то наиболее рациональным решением является устройство морозозащитных (теплоизолирующих) слоев из эффективных теплоизоляционных материалов. Одним из самых перспективных в этом отношении является применение экструзионного пенополистирола в конструкции земляного полотна, рис. 1 [3].

Уже более 40 лет в мире с успехом применяют экструзионный пенополистирол в районах Аляски, Канады, Швеции, Германии для предотвращения вспучивания или оттаивания оснований автомобильных дорог на сезоннопромерзающих и вечномерзлых грунтах. Одним



**Рис. 1. Пример конструкции земляного полотна с применением экструзионного пенополистирола:**

- 1 – цементобетон; 2 – асфальтобетон двухслойный; 3 – щебень (гравий);
- 4 – песок; 5 – геопенопласт «Стайрофом»; 6 – грунт насыпной;
- 7 – грунт естественный

из старейших объектов, построенных с применением экструзионного пенополистирола, является автодорога Эдсвалла в Швеции [3].

Однако в России к данному материалу относятся довольно скептически, хотя уже более 20 лет, с 1983 года находится в эксплуатации участок дороги II технической категории в Новосибирской области, где в качестве теплоизолирующего слоя использован экструзионный пенополистирол Styrofoam [3]. Применение пенополистирола в качестве теплоизоляции в данном случае позволяет вывести из зоны промерзания пучинистые грунты, снизить величину пучения, понизить влажность активной зоны земляного полотна за счет снижения температурного градиента.

Проведенные в 1995 и 2003 году исследования показали, что за 20 лет эксплуатации материал практически не изменил своих свойств (табл. 1).

Построены подобные участки и в Подмосковье на участках дорог I технической категории МКАД – Кашира и Серпухов – Тула в 2000 г., где неблагоприятная грунтово-гидрологическая ситуация не позволяла применять типовые дорожные конструкции по условиям допустимого морозного пучения [4].

Но, несмотря на положительные примеры эксплуатации экструзионного пенополистирола в таких конструкциях, главным фактором, сдерживающим его активное применение, является отсутствие надежной методики прогнозирования долговечности материала в таких конструкциях. Исследования, проведенные в [5], показали, что долговечность экструзионного пенополистирола можно рассматривать с позиций термофлуктуационной концепции прочности, а предлагаемая в [6] методика позволяет оценить долговечность материала в таких конст

### 1. Изменение физико-механических свойств геопенопласта Styrofoam

Наименование показателей	Метод	Показатели свойств		
		1983 г.	1995 г.	2003 г.
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	ГОСТ 15588	38	43,1	44,9
Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа	ГОСТ 15588	0,4	0,48	0,52
Модуль упругости, МПа	ГОСТ 23404	15	19,2	21,3
Теплопроводность в водонасыщенном состоянии, Вт/(м·К)	ГОСТ 7076	–	0,0301	0,0309

рукциях с учетом действующих на материал напряжений и температур. Рассчитанная по данной методике долговечность материала в дорожных конструкциях составляет порядка 50 лет, что подтверждается данными табл. 1.

В [7] было также оценено влияние циклов замораживания-оттаивания на теплофизические характеристики экструзионного пенополистирола на примере пенополистирола Техноплекс 45. Результаты исследований приведены в табл. 2.

## 2. Исследование теплофизических свойств геопенопласта Техноплекс 45

Количество циклов замораживания-оттаивания	Теплофизические характеристики материала		
	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	Термическое сопротивление $R$ , (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	Тепловой поток $q$ , Вт/м <sup>2</sup>
0	0,036	0,622	55,4
10	0,036	0,622	55,4
55	0,036	0,622	55,4

Как видно из табл. 1 и 2, теплофизические характеристики Техноплекс 45 несколько хуже пенополистирола Styrofoam, однако полученные в результате исследований данные позволяют говорить о постоянстве теплофизических характеристик материала в процессе эксплуатации.

Подытоживая вышесказанное, можно сказать, что в результате применения экструзионного пенополистирола для создания оптимального водно-теплого режима повышаются долговечность и ровность покрытия, увеличивается модуль упругости дорожной одежды, исключается образование колеи, увеличивается срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги.
3. СТО 218.3.001–2006. Проектирование и устройство теплоизолирующих слоев из экструдированного пенополистирола «STYROFOAM» на автомобильных дорогах России / The Dow Chemical Company. – М., 2006.
4. Проведение обследований на опытных участках, построенных с применением пенополистирольных плит «Пеноплекс» и эталонных участках автомобильной дороги МКАД – Кашира. – Балашиха, 2003.

5. Иванов, Д.В. Исследование долговечности и теплофизических характеристик экструзионного пенополистирола в строительстве / Д.В. Иванов, К.А. Андрианов, В.П. Ярцев // Academia. Архитектура и строительство. – М. : НИИСФ РААСН, 2009. – № 5. – С. 559–560.

6. Ярцев, В.П. Прогнозирование долговечности экструзионного пенополистирола в дорожных конструкциях / В.П. Ярцев, Д.В. Иванов, К.А. Андрианов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – Воронеж, 2010. – № 3(19). – С. 99 – 104.

7. Иванов, Д.В. Оценка теплофизических свойств экструзионного пенополистирола, применяемого в дорожном строительстве / Д.В. Иванов, К.А. Андрианов, В.П. Ярцев // Тезисы Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб., 2010. – С. 79.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 692.23:699.88**

*Т.Ф. Ельчищева, М.М. Ельчищев*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

В настоящее время в народнохозяйственном комплексе страны ощущается острая нехватка строительных объектов различного уровня. Многие существующие объекты гражданского, промышленного и сельскохозяйственного строительства были построены еще в 60-е годы прошлого века и не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к функциональному процессу, конструкциям и материалам. Растут затраты на текущие и капитальные ремонты таких зданий. В жилищном строительстве не хватает как социального жилья, общежитий, так и элитного многоквартирного и индивидуального жилья. В промышленном и сельскохозяйственном строительстве не хватает зданий, отвечающих современным требованиям по защите от воздействия окружающей среды и организации производственного процесса.

Поэтому прогнозирование долговечности зданий по основным нормируемым показателям является важной задачей, актуальной как для эксплуатируемых зданий – с целью предотвращения отказов конструкций и возникновения аварийных ситуаций, так и для зданий на стадиях проектирования и строительства – с целью прогнозирования межремонтных сроков и разработки рекомендаций по их увеличению.

Из всех конструкций здания в наиболее сложных условиях эксплуатации находятся наружные стены, подвергающиеся неблагоприят-



ятному влиянию атмосферных факторов и разделяющие две среды, внутреннюю и наружную, с различными температурно-влажностными условиями.

Основными показателями долговечности являются [1]:

1. Средний срок службы («математическое ожидание» в терминах теории вероятностей);

2. Средний срок службы до среднего (капитального) ремонта, т.е. средний срок эксплуатации от начала эксплуатации до первого среднего (капитального) ремонта (сравнительная долговечность);

3. Средний срок службы до исчерпания эксплуатационной способности (списания), т.е. от начала эксплуатации до предельного состояния с учетом средних (капитальных) ремонтов (фактическая долговечность).

Известно, что долговечность наружных ограждающих конструкций напрямую зависит от процессов деструкции, происходящих в стеновом материале и связанных с возникающими в нем напряжениями. В монографии [1] указаны два вида напряжений, приводящие к деструкции стенового материала:

1. От вынужденных деформаций – температурных, усадки и набухания материала;

2. От криогенных фазовых превращений влаги в порах материала.

Изучению первого вида напряжений, вызываемого деформациями, возникающими во влажных капиллярно-пористых стеновых материалах, и ползучестью отдельных компонентов строительных материалов при положительных температурах, посвящены обширные монографии [2, 4].

Анализ процессов, происходящих при отрицательных температурах в стеновых материалах, содержащих влагу, представлен в работе [3]. Авторами исследовались деформации матрицы (скелета) материала, возникающие в образцах ячеистого бетона плотностью  $\gamma = 725 \text{ кг/м}^3$ , прочностью  $R = 7,5 \text{ МПа}$  с различным начальным содержанием влаги. Были рассмотрены 3 уровня влагосодержания  $W$ , кг/кг – 0,209, 0,343 и 0,515 при нагревании и охлаждении в климатической камере в области положительных и отрицательных температур. Выполненные исследования показали, что при положительных температурах происходят лишь свободные температурные деформации матрицы материала (сокращение или расширение), которые зависят от уровня влагосодержания. При среднем и максимальном уровнях влагосодержания коэффициент линейного расширения ячеистого бетона  $\alpha$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  был, соответственно, на 8,9 и 25% (отн.) больше, чем при минимальном уровне влагосодержания.

Наиболее интенсивные деформации наблюдались, когда температуру в климатической камере понижали до температуры начала замер-

зания влаги  $t_{из}$ , °С. Тогда в стеновом материале наблюдались фазовые превращения влаги, которые вызывают второй вид напряжений в матрице и связаны с процессами замораживания и оттаивания стенового материала. Защемленная льдом вода оказывала гидростатическое давление на стенки пор, вызывая напряжения и деформации в матрице материала вследствие увеличения объема внутриводной влаги при замерзании и образовании в порах материала кристаллов льда. Известно, что при криофазных превращениях воды в порах стенового материала ее объем увеличивается за счет льдообразования на 9,037% (отн.). Эксперименты, выполненные авторами [3], показали, что остаточные деформации тем больше, чем выше влажность материала. При среднем и максимальном уровнях влагосодержания наблюдаемые относительные деформации растяжения  $\epsilon_+$  матрицы ячеистого бетона уже при первом цикле «замораживание – оттаивание» были больше, чем при минимальном уровне  $W$ , соответственно, в 8 и 17 раз. Остаточные деформации матрицы материала  $\epsilon_{ос}$  при среднем и максимальном уровнях  $W$  были выше, чем при минимальном уровне влагосодержания, соответственно, в 3 и 10 раз.

Таким образом, в работе [3] было установлено, что при положительных температурах деформации в материале происходят менее интенсивно, чем при отрицательных. Был сделан вывод о прямо пропорциональной зависимости между количеством образующейся твердой криофазы (кристаллов льда) и деформациями растяжения, а также остаточными деформациями матрицы. С.В. Александровским также отмечено, что полного замерзания поровой влаги в стеновом материале не наблюдалось вследствие содержания в ней водорастворимых компонентов и образования растворов различной концентрации. Были указаны два пути образования растворов:

1. Растворение в поровой влаге технологических добавок, которые вводятся в стеновой материал в процессе его изготовления и регулируют структуру бетона (газообразователи или воздухововлекающие добавки) и скорость твердения бетонной смеси (противоморозные добавки).

2. Растворение в поровой влаге аэрозоля солей, кислот и оснований, проникающего в толщу стенового материала ограждающих конструкций из наружного воздуха и внутренней производственной среды на предприятиях химической промышленности.

Однако растворы в поровом пространстве стеновых материалов автором [1] рассматривались лишь как среда, из которой кристаллизуется некоторое количество льда. Последнее зависит от температуры начала замерзания поровой влаги, которая связана с концентрацией раствора. Было указано на понижение температуры замерзания раствора поваренной соли NaCl с  $-0,9$  до  $-8,6$  °С при ее содержании от

1,5 до 14 г на 100 г воды, что соответствует концентрации раствора  $c$ , % (мас.) 1,48...12,28. При этом происходит уменьшение количества кристаллов льда в поровом пространстве стенового материала при их выпадении из раствора по сравнению с кристаллизацией из чистой воды при той же температуре.

Однако в работе [1] были рассмотрены только разбавленные растворы хлорида натрия (концентрация насыщенного раствора NaCl при 20 °С составляет  $c_n = 26,416\%$  (мас.)). В действительности, как показывают исследования (большой вклад в исследование свойств наружных ограждающих конструкций, содержащих растворы солей в поровом пространстве, внесли: В.И. Бареев, А.М. Береговой, В.А. Езерский, А.А. Минас, В.М. Москвин, Н.А. Мощанский, В.И. Никитин, В.А. Обьедков), в наружных стенах зданий химических предприятий, памятников архитектуры с нарушенной гидроизоляцией и зданиях, возводимых с использованием технологических добавок, часто находятся насыщенные растворы. Из таких растворов, наряду с кристаллами льда, выпадают кристаллы солей, однако в работе [1] это учтено не было. Причем эффект снижения количества образующегося льда при повышении концентрации раствора может поглощаться эффектом увеличения количества выпадающих кристаллов солей.

Поэтому имеет место 3-й вид напряжений, не учтенный в работе [1] – от фазовых превращений солей в порах стенового материала. При понижении температуры порового раствора в слое наружной ограждающей конструкции, находящемся в зоне отрицательных или слабо положительных температур, происходит более интенсивное выпадение из растворов кристаллической соли вследствие снижения растворимости соли при понижении температуры раствора. В соответствии с известными в химии диаграммами растворимости водно-солевых систем при различных температурах в порах стенового материала в системе «матрица материала – растворы солей – паровоздушная смесь» может выпадать разное количество криофазы и кристаллической соли. Последние могут быть как безводные (без связанных с молекулами соли молекул воды), так и кристаллогидраты, имеющие в своем составе химически связанную воду. Образование и накопление кристаллической соли может происходить как при отрицательных, так и при положительных температурах, тогда как замерзание влаги и накопление в порах твердой фазы в виде льда происходит только при отрицательных температурах. Поэтому, по сравнению с незасоленным стеновым материалом, где учитывается влияние на деструкцию материала, в основном, отрицательных температур, учет влияния солей, накопившихся в

толще стенового материала или наружного защитно-декоративного слоя ограждающей конструкции, актуален во всем наблюдающемся диапазоне температур. Это требует проведения дальнейших исследований состава внутрипорового вещества и учета влияния кристаллической соли на деструкцию стеновых материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С.В. Александровский. – М., 2004. – 332 с.
2. Александровский, С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности с учетом ползучести / С.В. Александровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973.
3. Александровский, С.В. Исследование поведения ячеистого бетона при криогенных фазовых превращениях влаги / С.В. Александровский, Ю.Д. Ясин, А.Л. Силевостров // Исследования теплоизоляции зданий : тр. НИИСФ. – М. : ВНИИИС, 1985.
4. Арутюнян, Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести / Н.Х. Арутюнян. – М. : Гостехтеоретиздат, 1952.

*Кафедра «Архитектура и строительство зданий» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК-624.072.331.2**

*А.В. Якушев\**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЬНОЙ П-ОБРАЗНОЙ РАМЫ**

Проведена серия экспериментов с моделью стальной П-образной рамы при центральном вертикальном нагружении ригеля. Экспериментальная установка со схемой расположения тензорезисторов и индикаторов часового типа (ИЧ-10) показана на рис. 1.

Соединение колонн с ригелем – шарнирное, к фундаментам – жесткое. Основанием фундаментов рамы являлся маловлажный мелкий песок, уплотненный до плотности  $1,65 \text{ г/м}^3$ . На протяжении эксперимента определяли перемещения характерных сечений рамы, а также измеряли фибровые деформации.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ О.В. Евдокимцева.

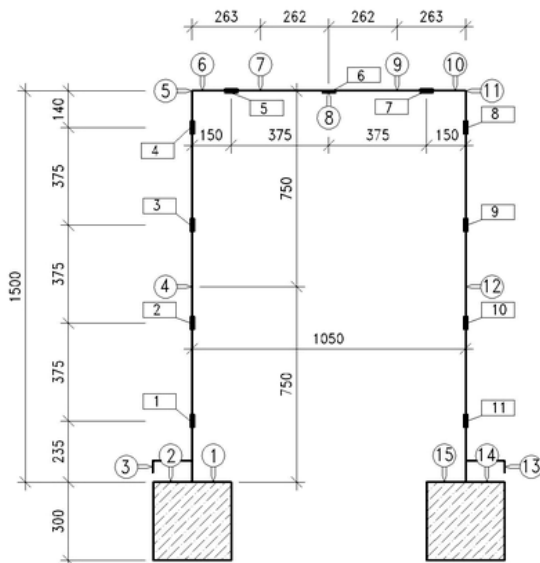


Рис. 1. Модель стальной рамы со схемой расположения индикаторов (ИЧ-10) и сечений, в которых установлены проволочные тензорезисторы

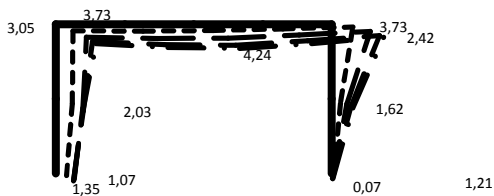


Рис. 2. Перемещение плоской рамы от нагрузки (без обратной засыпки)

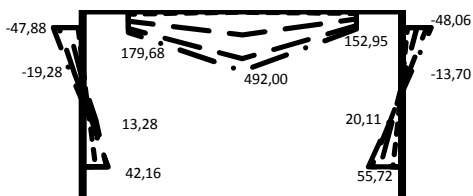
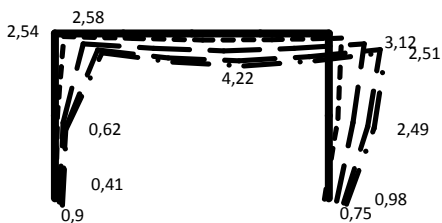
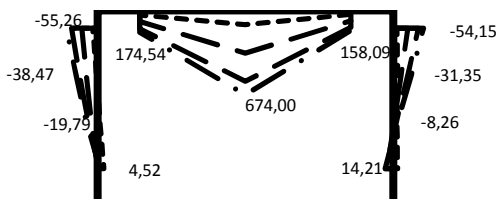


Рис. 3. Изгибающий момент (без обратной засыпки)



**Рис. 4. Перемещение плоской рамы от нагрузки (с полной обратной засыпкой)**



**Рис. 5. Изгибающий момент (с обратной засыпкой)**

Моменты в сечениях определялись по средним показаниям шести тензорезисторов.

Основные выводы:

1. Отсутствие обратной засыпки приводит к значительным горизонтальным перемещениям ригеля и большим углам поворота колонн.
2. Обратная засыпка изменяет расчетную схему стоек вследствие менее податливого сопряжения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варечкин, С.А. Напряженно-деформированное состояние П-образной стальной рамы / С.А. Варечкин, О.В. Евдокимцев, В.В. Ледедев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – Т. 10, № 1Б. – С. 220 – 227.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ГОУ ВПО ТГТУ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЯМОГО ЗВУКА  
КРУПНОГАБАРИТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ**

Шум, излучаемый объемными источниками в бесконечное полу-пространство, образует звуковое поле, в котором можно выделить так называемые ближние и дальние зоны. Ближней зоной источника шума является область вокруг него с радиусом  $R$ , равным удвоенному максимальному размеру источника [1]. Ближнее поле имеет сложные пространственно-временные характеристики, вызванные различными излучающими способностями элементов источника шума (станины, двигателя, рабочего органа и т.д.). Фронт звуковых волн в ближнем поле имеет изломанный вид и индивидуален для каждого источника. Таким образом, разработка единой модели, описывающей ближнее звуковое поле, не представляется возможным. В дальнем поле фронт звуковых волн сглаживается и стремится к сферической поверхности. В статье представлены три метода расчета прямого звука, излучаемого массивными источниками в бесконечное полупространство. Данный вопрос имеет большое значение для решения задач, связанных с распространением шума от зданий энергетических объектов (таких как ТЭЦ, котельные и т.д.) на прилегающую к ним территорию.

В первом методе фронт звуковых волн, излучаемых крупногабаритным источником шума, на определенном расстоянии от него рассматривается как полусфера, а сам источник как точечный (рис. 1). Уровень звукового давления в расчетной точке при излучении в сферу и полусферу соответственно определяется по формулам

$$L = L_p + 10 \lg(1/4\pi R^2); \quad (1)$$

$$L = L_p + 10 \lg(1/2\pi R^2), \quad (2)$$

где  $L_p$  – уровень звуковой мощности источника звука;  $R$  – расстояние от источника до расчетной точки, м.

Преимуществом метода является его простота, но при этом он имеет ряд существенных недостатков. В частности, метод может привести к значительным погрешностям в ближней зоне источника, так как вблизи его распределение уровней может быть очень сложным. В дальнем поле метод обладает достаточной точностью только для соразмерных источников шума.

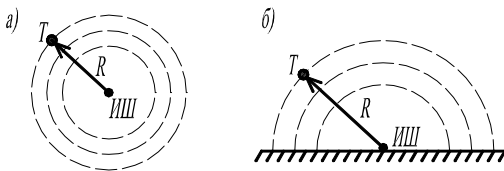
---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.И. Антонова.

Протяженные в плане источники (участок дороги, производственные здания и т.д.) имеют цилиндрическое ближнее поле

$$L = L_p + 10\lg(1/\pi R), \quad (3)$$

при удалении от продольной оси источника уравнение для расчета уровней шума будет иметь вид, промежуточный между (2) и (3).



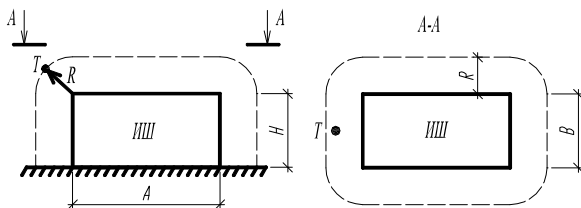
**Рис. 1. Звуковое поле точечного источника шума:**  
*a* – при излучении шума в сферу;  
*б* – при излучении в полупространство (полусферу)

Другим способом расчета прямого звука является метод воображаемой поверхности [1]. Он более точно описывает ближнее поле источника шума. При этом фронт звуковых волн представляет собой простые геометрические поверхности, в основном повторяющие форму источника, на которых уровни звукового давления имеют постоянную величину – поверхности равных уровней. Уровни звукового давления  $L$ , дБ, при этом следует определять по формуле:

$$L = L_p + 10\lg 1/S, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник, повторяющей его форму и проходящей через точку наблюдения. Для источника в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами  $A$ ,  $B$  и  $H$ , эта поверхность будет иметь вид параллелепипеда со скругленными углами и ребрами (рис. 2). Площадь этой поверхности находится из выражения:

$$S = AB + 2(A + B)H + \pi R(A + B + 2H) + 2\pi R^2. \quad (5)$$



**Рис. 2. К расчету излучения прямого звука методом воображаемой поверхности**



Достоинством метода является возможность производить расчеты для несоразмерных источников шума.

Большинство реальных источников имеют участки с резко отличающимися характеристиками излучаемого шума (например, двигатель станка или автомобиля, оконные или дверные проемы в производственном здании и т.д.). При наличии таких участков погрешности расчета методом воображаемой поверхности значительно возрастают. В дальнем поле, где расчет производится как от точечного источника, сохраняются все недостатки первого метода.

Учет локальные излучающие свойства участков источника шума позволяет предложенный нами третий метод, при котором грани массивного источника шума разбиваются на отдельные площадки малых размеров (рис. 3). При этом интенсивность излучаемой звуковой энергии элементом поверхности источника  $ds$  рассматривается как величина, которая подчиняется закону Ламберта, т.е.  $I_i = I_0 \cdot \cos\theta$ , где  $\theta$  – угол между нормалью к излучающей поверхности и направлением излучения. Тогда плотность звуковой энергии, создаваемой этим элементом в расчетной точке, будет находиться следующим образом:

$$\varepsilon_i = I_i ds \cos\theta / c . \quad (6)$$

Исходя из этого общая плотность звуковой энергии, создаваемая массивным источником, в случае равенства излучающих способностей всех его элементов находится как:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N I_i \cos\theta / c = \sum_{i=1}^N P_i \cos\theta / \pi R^2 c , \quad (7)$$

где  $I_i = P_i / \pi R^2$  – интенсивность элементарной площадки;  $P_i$  – мощность  $i$ -й площадки;  $ds = s/N$ ;  $s$  – площадь источника шума;  $N$  – количество разбиений;  $c$  – скорость звука в среде распространения.

Предложенный метод учитывает несоразмерность источника шума, неоднородность излучения его поверхностей, как в ближнем, так и дальнем поле. Недостатком метода является сложность вычисления плотности звуковой энергии при многократном разбиении поверхно-

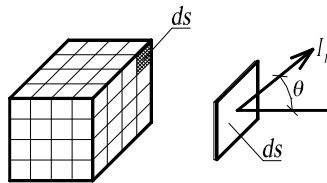
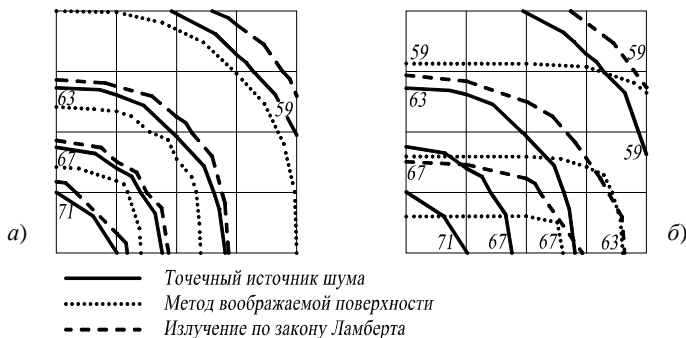


Рис. 3. Схема разбиения граней источника шума

стей источника, но эта проблема легко решается при проектировании модели излучения шума с помощью ЭВМ.

Сравнение результатов расчетов прямого звука рассмотренными методами представлено на рис. 4.



**Рис. 4. Результаты расчетов прямого звука, излучаемого источником в виде параллелепипеда размерами 1x1x1 м (а) и 5x1x1 м (б)**

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор метода расчета уровней прямого звука, излучаемого крупногабаритным источником, зависит, прежде всего, от его геометрических параметров, от расстояния, на котором находится расчетная точка, а также от однородности излучения с поверхности источника. В ближнем поле предпочтительным является метод воображаемой поверхности, позволяющий, при значительной простоте расчетов, учесть несоразмерность источника шума. При излучении звука соразмерным источником в дальнем поле применим первый метод, рассматривающий источник как точечный. Третий метод является оптимальным при решении задач о распространении прямого звука производственными зданиями энергетических объектов, так как позволяет учесть несоразмерность источников шума и неоднородность излучения его поверхностей как в ближнем, так и в дальнем поле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г.Л. Осипов, Е.Я. Юдин, Г. Хюбнер и др. ; под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1987. – 558 с.

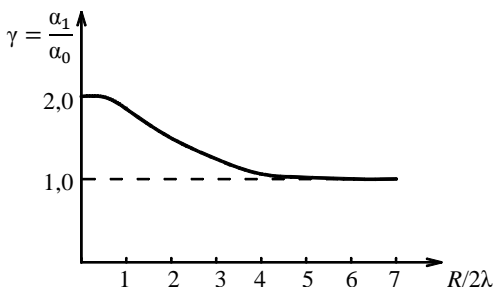
*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

*А.М. Макаров, В.А. Дидицкий\**

### ОБ ЭФФЕКТЕ ОБЪЕМНОГО ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Известно, что находящиеся в производственных помещениях технологическое оборудование и другие рассеивающие звук предметы в определенных частотных полосах шума значительно увеличивают свою акустическую эффективность и работают как объемные звукопоглотители [1]. Показатель эффективности объемного звукопоглотителя  $\gamma = \alpha_1/\alpha_0$  зависит от соотношения его поперечного размера  $R$  и длины падающей звуковой волны  $\lambda$ , где  $\alpha_0$  – коэффициент звукопоглощения материала звукопоглотителя;  $\alpha_1$  – объемный коэффициент звукопоглощения, учитывающий процессы дифракции звука на объемном элементе (рис. 1).

Видно, что в области частот, где  $R/2\lambda < 1$ , величина  $\gamma \approx 2$ , т.е. эффективность звукопоглощения объемного звукопоглотителя возрастает вдвое по сравнению с звукопоглощением его поверхности. В области частот, где отношение  $R/2\lambda \gg 1$ , поверхность поглотителя работает как обычный звукопоглощающий материал ( $\gamma \approx 1$ ). Таким образом, рассеивающие звук предметы можно рассматривать как объемные звукопоглотители, звукопоглощение которых возрастает в 1,5 – 2 раза по



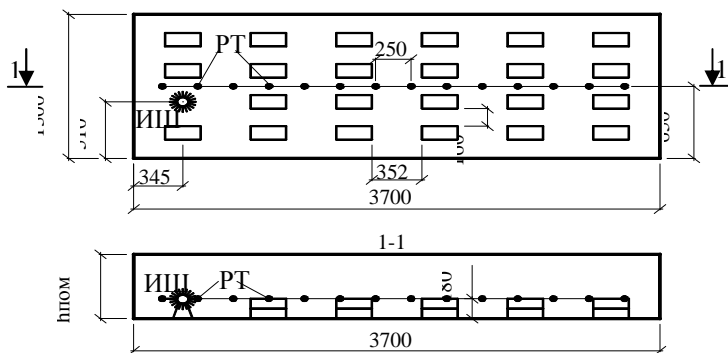
**Рис. 1. Зависимость эффективности поглотителя от соотношения его наибольшего размера и длины падающей звуковой волны**

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Леденева.

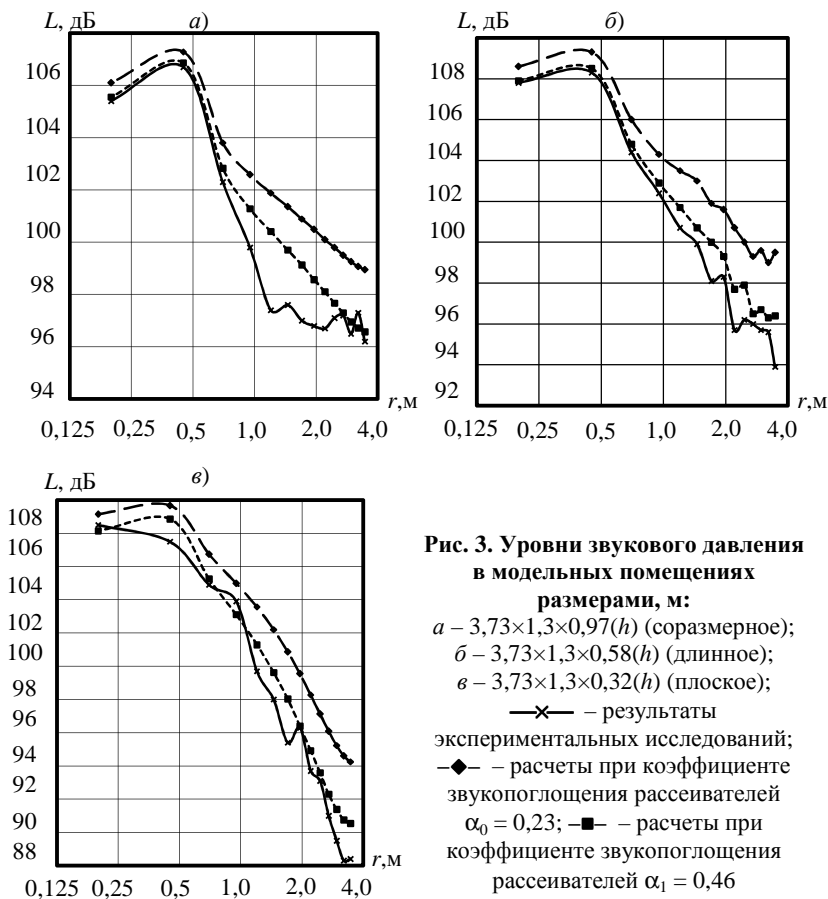
сравнению с коэффициентами звукопоглощения их поверхностей в частотных диапазонах, где выполняется условие  $R/2\lambda < 1$ . Для проверки данного утверждения были проведены специальные экспериментальные и теоретические исследования. Анализ эффекта повышения звукопоглощения выполнен путем сравнения расчетных и экспериментальных данных.

Исследования выполнены для трех модельных помещений с различными пропорциями: соразмерного –  $3,73 \times 1,3 \times 0,97(h)$  м; длинного –  $3,73 \times 1,3 \times 0,58(h)$  м; плоского –  $3,73 \times 1,3 \times 0,32(h)$  м. Измерения производились при наличии в помещениях 23 рассеивателя размерами  $0,25 \times 0,12 \times 0,09$  м и  $0,25 \times 0,12 \times 0,18$  м. Рассеиватели во всех случаях были покрыты звукопоглощающим материалом с коэффициентом звукопоглощения  $\alpha_0 = 0,23$ . Исследования производились в октавной полосе частот с  $f_{cp} = 4000$  Гц. Схема расположения рассеивателей и точек измерения приведена на рис. 2. Расчеты выполнялись методом прослеживания лучей с использованием специально разработанной программы [2]. Коэффициенты звукопоглощения стен  $\alpha_{ст}$  равнялись 0,03, пола  $\alpha_{пол}$  – 0,05, потолка  $\alpha_{пот}$  – 0,07. При моделировании процесса распространения звука прослеживались пути 10 000 равномерно излученных в пространство помещения порций энергии. В качестве примера на рис. 3 приведены результаты экспериментов и расчетов в модельном помещении с рассеивателями размерами  $0,25 \times 0,12 \times 0,18$  м.

Видно, что результаты расчетов, выполненных при коэффициенте звукопоглощения рассеивателей равном  $\alpha_0 = 0,23$ , имеют значительные расхождения с результатами экспериментов. Это свидетельствует о том, что реальное звукопоглощение рассеивателей значительно выше, чем звукопоглощение их поверхностей. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментами в случае принятия коэффициента



**Рис. 2. Схема размещения рассеивателей, источника шума и расчетных точек в модельном помещении**



звукопоглощения рассеивателей  $\alpha_1 = 0,46$ . Данное обстоятельство свидетельствует о том, что рассеиватели на частоте 4000 Гц работают как объемные звукопоглотители (см. рис. 1).

Выполненные нами другие серии исследований показывают, что эффект объемного звукопоглощения наиболее существенно проявляется в диапазоне низких и средних частот. Это обстоятельство необходимо учитывать при оценке шумового режима и эффективности шумозащитных мероприятий в производственных помещениях с большим количеством равномерно распределенного по объему оборудования (механические, металлообрабатывающие цехи и др.)

Исследования выполнены в научно-образовательной лаборатории «Защита зданий от негативных воздействий» НОЦ «ГГТУ – НИИСФ

РААСН». На основе полученных результатов в настоящее время готовятся методические рекомендации проектировщикам, работающим в области борьбы с шумом на промышленных предприятиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы / Е.Я. Юдин, Г.Л. Осипов, Е.Н. Федосеева, И.П. Блохина, Р.Д. Кисенишская ; под ред. Е.Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1966. – 250 с.
2. Леденев, В.И. Расчет энергетических параметров шумовых полей в производственных помещениях сложной формы с технологическим оборудованием / В.И. Леденев, А.М. Макаров // Научный вестник ВГАСУ. – Воронеж, 2008. – № 2 (10). – С. 94 – 101.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 624.21.04**

*Д.А. Киселев, Н.М. Снятков*

#### **РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА**

Железобетонная плита проезжей части в сталежелезобетонных пролетных строениях объединена со стальными балками так, что она включена в совместную работу, разгружая верхние пояса балок. Такое решение весьма эффективно в разрезных пролетных строениях: главные балки на всей длине работают на положительный изгибающий момент, и железобетонная плита проезжей части работает на сжатие. Сталежелезобетонные балки применяют и в неразрезных пролетных строениях на части длины, где действуют только положительные моменты, а также на всей длине, когда отрицательные моменты компенсируются предварительным обжатием [1]. Отметим также, что использование сталежелезобетонного пролетного строения в температурно-неразрезных системах позволяет создать непрерывную проезжую часть, что дает более высокие транспортно-эксплуатационные характеристики. Применение сталежелезобетонных пролетных строений сочетает в себе экономичность и долговечность.

Согласно СНиП [4] расчет сталежелезобетонных конструкций выполняется методом предельных состояний. Нормативные документы для проектирования бетонных и железобетонных конструкций [3, 5] рекомендуют применять деформационную модель расчета.

Задачей наших исследований является разработка метода расчета сталежелезобетонных пролетных строений по деформационной моде-

ли с учетом нелинейной диаграммы деформирования бетона. В [2] авторами предложена нелинейная модель расчета железобетонного пролетного строения с использованием диаграммы деформирования бетона в виде полинома пятой степени. Построены уравнения равновесия для железобетонного сечения. Аналогичный подход мы используем для построения уравнений равновесия в сечении сталежелезобетонного пролетного строения.

Поперечное сечение пролетного строения принято по типовому проекту Серия 3.503.9-43/89. Полная длина балок – 24 м. Вид поперечного сечения пролетного строения приведен на рис. 1. Шаг стальных двутавровых балок – 3,2 м, толщина плиты проезжей части – 0,2 м. Основные расчетные параметры материалов (бетона и стальной балки):  $R_b = 22$  МПа,  $E_b = 32500$  МПа,  $R_s = 380$  МПа,  $E_s = 206\ 000$  МПа.

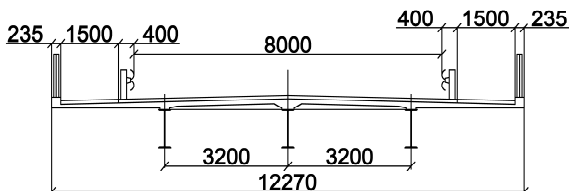


Рис. 1. Поперечное сечение пролетного строения

По предложенной методике выполнен расчет пролетного строения на нагрузки А-14, НК-100 (ГОСТ Р 52748–2007). Схемы расположения нагрузок в поперечном сечении и линии влияния усилий, передаваемых на наиболее нагруженную крайнюю балку, приведены на рис. 3.

Максимальный расчетный изгибающий момент в середине пролета балки  $M = 3060$  кН·м возникает при загрузении пролетного строения нагрузкой НК-100.

Уравнения равновесия для сталежелезобетонного сечения по аналогии с [2] имеют вид:

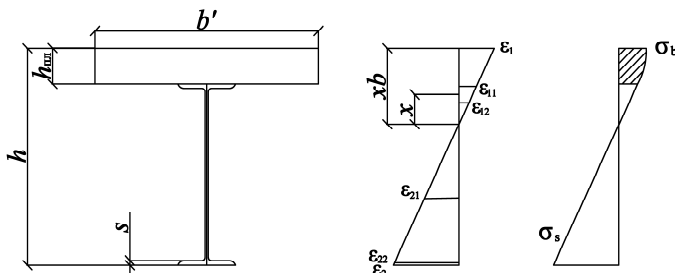


Рис. 2. Эпюры распределения напряжений и деформаций по высоте сечения

$$\left\{ \begin{aligned} 0 &= b' \int_{h-xb}^{xb} \sigma_b dx + \sigma_s A_{s11} + \sigma_s A_{s12} + \sigma_s A_{s21} + \sigma_{s1} A_{s22}; \\ M &= b' \int_{h-xb}^{xb} \sigma_b (h_{пл} - x) dx + \sigma_s A_{s11} \frac{(xb - h_{пл} - s)}{2} + \\ &+ \sigma_s A_{s12} \left( xb - h_{пл} - \frac{s}{2} \right) + \sigma_s A_{s12} \left( h - xb - \frac{s}{2} \right) + \\ &+ \frac{\sigma_s A_{s22} (h - xb - s)}{2}. \end{aligned} \right.$$

Эпюры распределения напряжений и деформаций по высоте сечения представлены на рис. 2.

После преобразований получаем систему двух нелинейных алгебраических уравнений относительно  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  – краевых относительных деформаций.

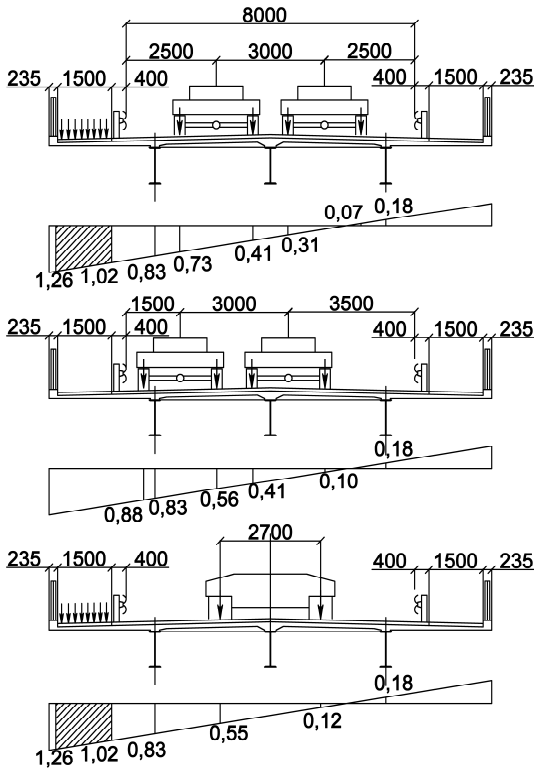


Рис. 3. Схемы расположения нагрузок и линии влияния усилий



Расчет системы выполнен с использованием программы Mathcad 14:  $\varepsilon_1 = 4,57 \cdot 10^{-4}$ ,  $\varepsilon_2 = -1,81 \cdot 10^{-3}$ .

По значениям  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  определяем параметры напряженно-деформированного состояния сечения:

$$\sigma_b = 11,89 \text{ МПа} < R_b = 22 \text{ МПа};$$

$$\sigma_s = 375 \text{ МПа} < R_s = 380 \text{ МПа};$$

$$100\sigma_b / R_b = 46\%.$$

Несущая способность сечения –  $M = 3580$  кНм.

Сравнение результатов расчета по предложенной методике и по СНиП [4] позволяет заключить, что резерв несущей способности наиболее нагруженного сечения (в середине пролета) составляет 13,9%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. В 2 кн. / П.М. Саламахин, Л.В. Маковский, В.И. Попов и др. ; под ред. П.М. Саламахина. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – С. 264 – 290.

2. Киселев, Д.А. Расчет пролетного строения автодорожного моста с использованием нелинейной диаграммы деформирования бетона / Д.А. Киселев, Н.М. Снятков // Труды ТГТУ. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – Вып. 23. – С. 222 – 225.

3. СНиП 2.03.01–84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М., 1989. – 88с.

4. СНиП 2.05.03-84\*. Мосты и трубы / Минстрой России. – М. : ГПЦПП, 1996. – 213 с.

5. СНиП 52-01–2003. Бетонные и железобетонные конструкции. – М. : ГПЦПП, 2003. – 28 с.

*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 699.86**

*Д.В. Иванов, Ю.А. Зарипин*

### **МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Социально-экономическое развитие региона, да и всей страны в целом, напрямую зависит от уровня развития и технического состояния дорожной сети. На ремонт и строительство дорог ежегодно выделяются большие средства, но срок службы дорожных одежд по-прежнему остается низким. Уже после нескольких циклов промерзания-оттаивания (примерно 2–3 года) транспортно-эксплуатационные показатели дорог

начинают заметно ухудшаться вследствие деформации покрытия. Большая часть территории Российской Федерации характеризуется длительным зимним периодом и значительным сезонным промерзанием грунтов. В совокупности с неприятными грунтово-гидрологическими условиями это приводит к пучению земляного полотна и дорожной одежды и, соответственно, к повреждениям покрытия.

Проведенный анализ работы дорожных одежд независимо от их типа в районах с сезонным промерзанием (оттаиванием) показывает, что в эти периоды в земляном полотне и конструкции дорожной одежды происходят наибольшие разрушения и деформации, а это является главной проблемой низкого качества автомобильных дорог. Наибольшие разрушения и деформации покрытия наблюдаются при переувлажнении грунтов активной зоны земляного полотна [1]. Количество влаги  $W$ , находящееся в земляном полотне, не остается постоянным в течение года и изменяется за определенный промежуток времени согласно уравнению водного баланса [2] (рис. 1):

$$W = (A + B + C) - (D + E + F),$$

где  $A$  – осадки, выпадающие на земляное полотно;  $B$  – просачивание воды, притекающей с прилегающей к дороге местности;  $C$  – приток воды от уровня грунтовых вод по капиллярам, а также в результате пленочного и парообразного перемещения влаги;  $D$  – сток воды с земляного полотна;  $E$  – испарение влаги с поверхности грунта;  $F$  – просачивание воды из земляного полотна в глубинные слои грунта.

Основные источники увлажнения дорожной конструкции (рис. 1): атмосферные осадки, просачивающиеся через трещины в покрытии, обочины (особенно в местах сопряжения с проезжей частью); вода, застаивающаяся на поверхности полотна, в боковых резервах и кюветах вследствие затрудненного поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе молекулярного и капиллярного передвижения; подземная вода, поднимающаяся по капиллярам, особенно при промерзании конструкции и близком к поверхности дороги залегании подземных вод; парообразная вода, перемещающаяся от теплых слоев к более холодным. Зимой при промерзании конструкции вода может передвигаться снизу вверх и концентрироваться у фронта промерзания, повышая влажность грунта [1].

В общем случае, согласно исследованиям В.Ф. Бабкова, А.Я. Тулаева и других, в годовом цикле изменения водно-теплового режима земляного полотна выделяют четыре характерных периода (стадии):

- 1) первоначальное накопление влаги осенью (предзимний период);
- 2) промерзание земляного полотна и зимнее перераспределение влаги (морозный период);
- 3) насыщение (весенний период);
- 4) летнее просыхание земляного полотна (летний период).



воздействием динамического влияния транспорта и заземленного воздуха, расширяющегося при разности температур  $\geq 3$  °С увеличением массы проезжающих транспортных средств, свободная вода интенсивнее отжимается в корыто [1].

Особенно опасны в это период заморозки, когда замерзающая свободная вода увеличивается в объеме до 9 %.

В связи с этим с наступлением весны на дорогах образуются трещины в виде паутин, ямы, просадки, разрушение дорожной одежды и т.д. Решением данной проблемы является создание оптимального водно-теплого режима земляного полотна.

Создание оптимального водно-теплого режима предусматривает различные конструктивные, технологические и эксплуатационные мероприятия, направленные на предохранение земляного полотна от переувлажнения. В качестве конструктивных используют следующие меры [4, 5]:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов в верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;
- осушение рабочего слоя земляного полотна (устройство дренажа, гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек для перехода от 2-й или 3-й схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна к 1-й схеме);
- устройство морозозащитного слоя из непучинистых минеральных материалов;
- устройство теплоизолирующих слоев, снижающих глубину или полностью исключающих промерзание грунта под дорожной одеждой;
- устройство основания дорожной одежды из монолитных материалов (типа тощего бетона).

Однако независимо от принятых конструктивных решений наиболее рациональным является устройство морозозащитных (теплоизолирующих) слоев из эффективных теплоизолирующих материалов с коэффициентом теплопроводности не более 0,035 Вт/(м·К) [5]. Применение экструзионного пенополистирола в конструкции дорожных одежд в районах с сезонным промерзанием (оттаивание) позволяет снизить или полностью исключить промерзание земляного полотна, вывести пучинистые грунты из зоны промерзания и понизить расчетную влажность за счет снижения температурного-влажностного градиента.

При эксплуатации автодороги с применением экструзионного пенополистирола в качестве теплоизолирующего слоя согласно [5] увеличивается срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами, повышается долговечность и ровность покрытия; увеличивается модуль упругости дорожной одежды; исключается образование колеи; происходит доуплотнение рабочего слоя земляного полотна.

Исследования, проведенные в [6], показали, что долговечность экструзионного пенополистирола можно рассматривать с позиций термофлуктуационной концепции прочности, а предлагаемая в [6] методика позволяет оценить долговечность материала в таких конструкциях с учетом действующих на материал напряжений и температур. Рассчитанная по данной методике долговечность материала в дорожных конструкциях составляет порядка 50 лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулаев, А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств / А.Я. Тулаев. – М. : Транспорт, 1980. – 191 с.
2. Бабков, В.Ф. Автомобильные дороги : учебник для вузов / В.Ф. Бабков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 200 с.
3. Автомобильные дороги (совершенствование методов проектирования и строительства) / под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Сиденко. – Киев : Будівельник, 1973. – 278 с.
4. Рувинский, В.И. Пособие по устройству теплоизолирующих слоев из пенопласта Stygofaam на автомобильных дорогах России / В.И. Рувинский. – М. : Транспорт, 2000. – 71 с.
5. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги.
6. Ярцев, В.П. Прогнозирование долговечности экструзионного пенополистирола в дорожных конструкциях / В.П. Ярцев, Д.В. Иванов, К.А. Андрианов // Научный вестник ВГАСУ. – Воронеж, 2010. – № 3(19). – С. 99 – 104.

*Кафедра «Городское строительство  
и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 534.2**

***А.В. Бацунова\****

#### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕПОСТОЯННЫХ ШУМОВ ПОМЕЩЕНИЙ**

Для большинства помещений промышленных и гражданских зданий характерен непостоянный шум. В частности, шум данного вида возникает в производственных зданиях при работе в них технологического оборудования, являющегося, как правило, источниками шума периодического действия. Исследования показывают, что непостоян-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.И. Леденева, канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.И. Антонова.

ный во времени шум в помещениях оказывает более негативное воздействие на организм человека, чем постоянный шум, равный ему по энергетическим параметрам. Поэтому оценка энергетических параметров непостоянного шума помещений является актуальной задачей. Существующие методы расчета, применяемые для постоянных шумов, не дают результатов, объективно отражающих действительную шумовую обстановку в помещениях с источниками непостоянного шума.

В настоящее время нормирование и расчет непостоянных шумов производится только по одному параметру – эквивалентному уровню звуковой энергии. Однако для качественной и количественной оценки непостоянного шума этого недостаточно. Разрабатываемые мероприятия по снижению шума, использующие в случае непостоянного шума только сведения об эквивалентном уровне звуковой энергии, не всегда оказываются эффективными, а в ряде случаев приводят даже к отрицательным результатам, ухудшая шумовую обстановку за счет увеличения зон с непостоянными шумами.

Таким образом, исследования непостоянного шума имеют практический интерес для оценки экологически значимых параметров шума и разработки строительно-акустических мероприятий по шумозащите.

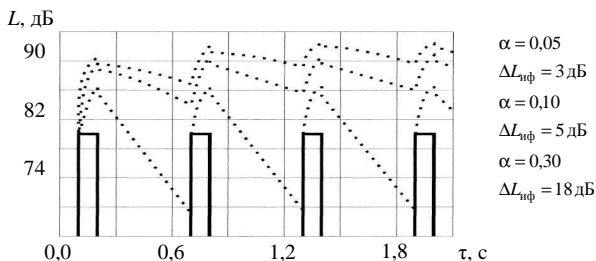
На данном этапе исследований нами разработаны три метода, позволяющие оценивать энергетические характеристики непостоянного шума. Один из методов основан на статистическом энергетическом подходе, предложенном в [1]. Два других метода основаны на классических формулах статистической теории акустики (теория диффузного поля). Методы предложены как для расчета непостоянных шумовых полей от источника с переменной акустической мощностью, так и в случае импульсного источника шума с прямоугольной формой импульса. Методы дают возможность выполнять расчеты непостоянных шумовых полей в помещениях простой и сложной форм.

Ниже приведены результаты расчета непостоянного шума статистическим энергетическим методом в помещении с импульсным источником шума при излучении им импульсов прямоугольной формы (см. рис. 1).

Видно, что степень зашумления помещения с источником непостоянного шума существенно зависит от звукопоглощения помещения. При росте звукопоглощения происходит увеличение зон с непостоянным шумом.

Недостатком метода является его трудоемкость и возможность решать задачи только в помещениях правильной формы.

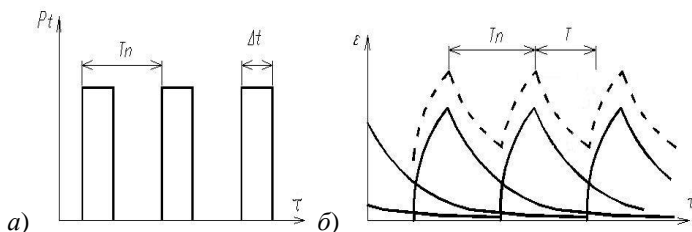
Предложенные нами методы расчета непостоянных шумов, основанные на теории диффузного поля, дают возможность более просто оценивать акустическую ситуацию в помещениях простой и сложной форм [2].



**Рис. 1.** Изменение уровней звукового давления в расчетной точке на расстоянии 30 м от источника шума в помещении с размерами 198×18×15,5 м при средних коэффициентах звукопоглощения ограждений  $\alpha = 0,05; 0,10; 0,30$

Для описания нарастания и затухания энергии импульса в методах используются известные зависимости Сэбина и Эйринга. Уравнения Сэбина и Эйринга получены для описания средней отраженной звуковой энергии диффузных полей. Применение этих зависимостей к квазидиффузным полям несоразмерных помещений и помещений сложных форм является определенным упрощением. Однако широкая практика использования уравнений Сэбина и Эйринга для анализа времени реверберации и определения звукопоглощающих характеристик реальных помещений различных пропорций дает право воспользоваться ими и для расчета энергии импульсов.

Ниже приведен характер распределения отраженной звуковой энергии при работе в помещении импульсного источника, излучающего импульсы прямоугольной формы (рис. 2, а).



**Рис. 2.** Распределение плотности отраженной звуковой энергии  $\epsilon$  в фиксированной точке помещения (б) при действии периодического источника (а):  
 — от отдельных импульсов;  
 - - - от суммарного действия всех импульсов

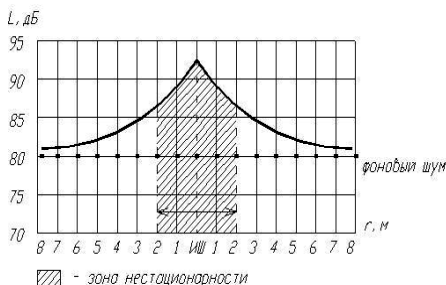
Метод расчета позволяет определить максимальные и минимальные плотности звуковой энергии в любой точке, что, в свою очередь, дает возможность получить значения максимального изменения уровня отраженной звуковой энергии при работе источника непостоянного шума.

При действии нескольких источников шума необходимо вычислять значение плотности отраженной звуковой энергии в расчетной точке от каждого источника  $\epsilon_{0_i}$ , а результирующую отраженную

плотность  $\epsilon_{0_\Sigma}$  находить суммированием всех составляющих с учетом акустического фона и разности во времени прихода отраженной энергии каждого импульса в расчетную точку. Суммарная плотность энергии в каждой точке помещения определяется плотностью прямой энергии импульса и результирующей плотностью отраженной энергии.

В качестве примера на рис. 3 приведены графики изменения суммарных максимального и минимального уровней шума по оси помещения с импульсным источником шума в центре помещения. Фоновый уровень шума составляет 80 дБ, периодичность действия источника  $T_n = 0,8$  с, длительность импульсов  $\Delta t = 0,3$  с. Пиковая мощность импульсного источника равна 100 дБ. Из графика видно, что зона непостоянного шума находится вблизи источника на расстоянии до 2 м, а на остальной части помещения шум можно считать стационарным, так как его изменения во времени не превышают 5 дБ.

Таким образом, с помощью диффузных методов можно достаточно быстро оценивать шумовой режим помещений и выделять зоны, где шум является непостоянным. Основываясь на таком подходе, можно эффективно использовать строительно-акустические меры для изменения зоны возникновения непостоянного шума, например, путем изменения характеристик звукопоглощения помещения.



**Рис. 3. Пример изменения уровней шума в помещении с периодическим источником шума:**  
 — — — — — максимальный уровень шума в точках помещения;  
 —●— фондовый шум



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леденев, В.И. Статистические энергетические методы расчета шумовых полей при проектировании производственных зданий / В.И. Леденев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 156 с.
2. Антонов, А.И. Оценка шума в помещениях с источниками звука периодического действия / А.И. Антонов, А.В. Бацунова, О.Б. Демин // Материалы международной научно-практической конференции «Энергосбережение и экология в строительстве и ЖКХ, транспортная и промышленная экология». – С. 190 – 194.

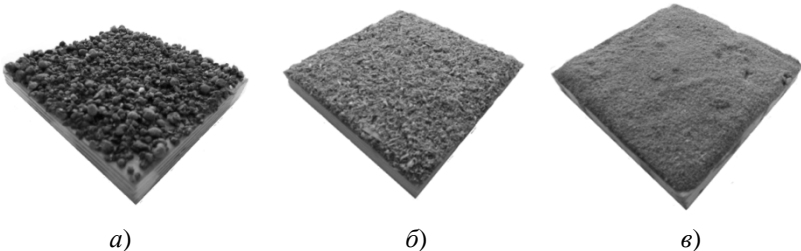
*Кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 691**

*Д.Ю. Солопов, А.В. Ерофеев\**

### **ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СТАРЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ФАНЕРЫ**

В работе исследовано влияние циклов ультрафиолетового старения на физико-механические характеристики декоративно-защитных плит покрытия, которые состоят из основы, связующего и декоративного слоя. В качестве основы применена фанера, а в качестве связующего – полиэфирная смола. В работе были разработаны несколько видов декоративных слоев: из керамзита (рис. 1, *а*), опилок (рис. 1, *б*), песка (рис. 1, *в*).



**Рис. 1. Декоративно-защитное покрытие на основе фанеры и с декоративным слоем из:**

*а* – керамзита; *б* – опилок; *в* – песка

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.П. Янцева.

В ходе проведения испытания были выполнены 30 циклов ультрафиолетового старения [1]. Образцы подвергались ультрафиолетовому облучению в специальной камере, время в которой колебалось в диапазоне от 6 до 12 ч.

После каждого ангармонического цикла определяли твердость по Бринеллю по формуле:  $H = P/\pi dn$ , где  $P$  – нагрузка, приложенная к шарикю;  $d = 6$  мм – диаметр шарика;  $n$  – величина погружения шарика в материал, мм.

Твердость декоративного слоя после циклов ультрафиолетового облучения падает (рис. 2 – 4). Падение связано с деструкцией полиэфирной смолы. Величина падения зависит от вида декоративного слоя. Разброс связан с неоднородностью декоративного слоя

Твердость фанеры также падает (рис. 5). Падение связано с разложением основы.

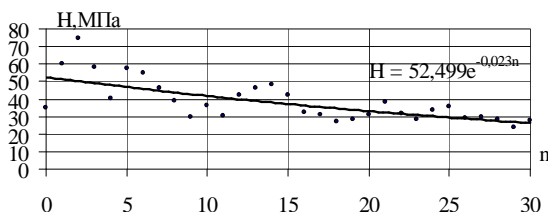


Рис. 2. График зависимости твердости декоративного слоя из керамита от количества циклов ультрафиолетового облучения

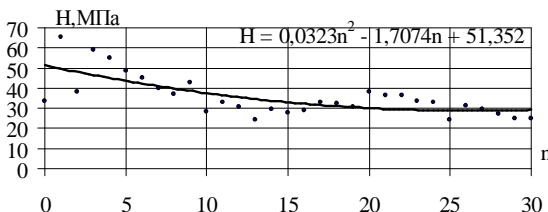


Рис. 3. График зависимости твердости декоративного слоя из опилок от количества циклов ультрафиолетового облучения

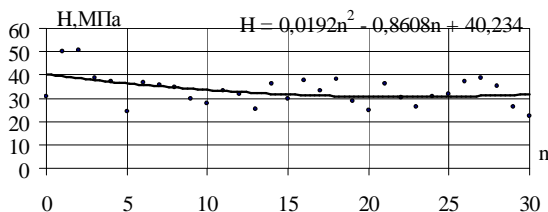
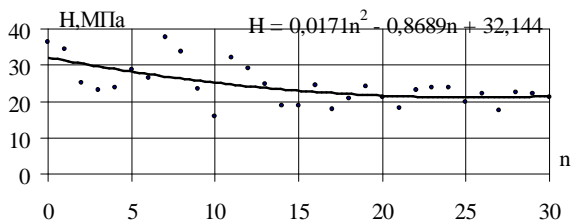
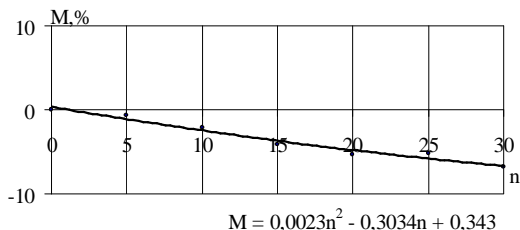


Рис. 4. График зависимости твердости декоративного слоя из песка от количества циклов ультрафиолетового облучения

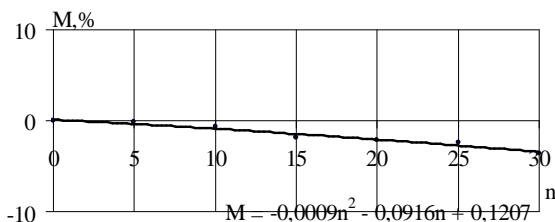


**Рис. 5. График зависимости твердости фанеры от количества циклов ультрафиолетового облучения**

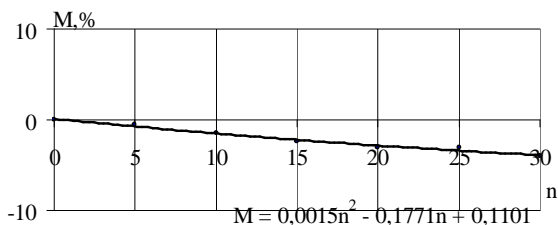
После циклов ультрафиолетового облучения наблюдалось изменение массы образцов (рис. 6 – 8). Уменьшение массы образцов (график находится в отрицательной полуплоскости) объясняется выкрашиванием декоративно-защитного слоя под действием вдавливания шарика, а также выделением летучих веществ из декоративно-защитных покрытий плит. Разброс связан с ангармоническим видом циклов ультрафиолетового облучения.



**Рис. 6. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из керамзита от количества циклов ультрафиолетового облучения**



**Рис. 7. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из опилок от количества циклов ультрафиолетового облучения**



**Рис. 8. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из песка от количества циклов ультрафиолетового облучения**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярцев, В.П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации / В.П. Ярцев, О.А. Киселева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 123 с.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 691**

*Е.А. Овчаренко, А.В. Ерофеев\**

### **ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ТЕПЛООВОГО СТАРЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

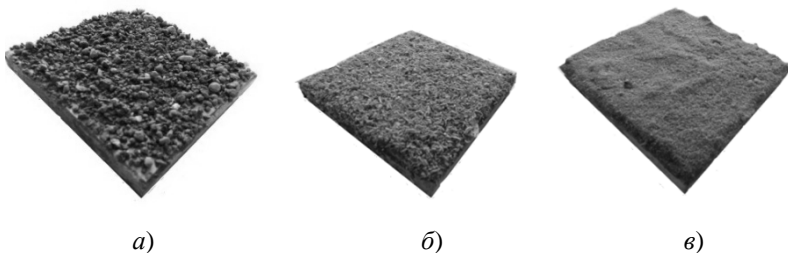
В работе исследовано влияние циклов теплового старения на физико-механические характеристики декоративно-защитных плит покрытия, которые состоят из основы, связующего и декоративного слоя. В качестве основы применена цементно-стружечная плита (ЦСП), а в качестве связующего – полиэфирная смола. В работе были разработаны несколько видов декоративных слоев:

- декоративный слой из керамзита (рис. 1, а);
- декоративный слой из опилок (рис. 1, б);
- декоративный слой из песка (рис. 1, в).

В ходе проведения испытания были выполнены 30 циклов теплового старения [1]. Образцы подвергались тепловому старению в печи, в которой поддерживалась температура +80 °С. Время цикла было не стабильным, а колебалось в диапазоне от 6 до 12 часов.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.П. Ярцева.



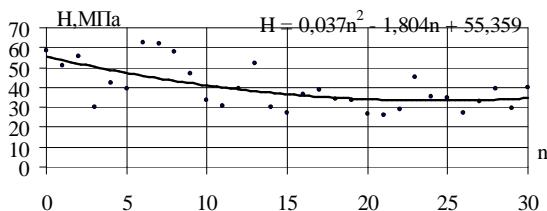
**Рис. 1. Декоративно-защитное покрытие на основе ЦСП и с декоративным слоем из:**

*a* – керамзита; *б* – опилок; *в* – песка

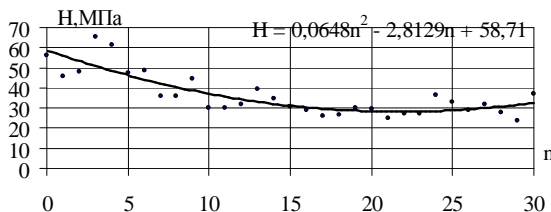
После каждого ангармонического цикла определяли твердость по Бринеллю по формуле:  $H = P/\pi dn$ , где  $P$  – нагрузка, приложенная к шарик;  $d = 6$  мм – диаметр шарика;  $n$  – величина погружения шарика в материал, мм.

Твердость декоративного слоя после циклов теплового старения падает (рис. 2 – 4). Падение связано с деструкцией полиэфирной смолы. Величина падения зависит от вида декоративного слоя. Разброс связан с неоднородностью декоративного слоя

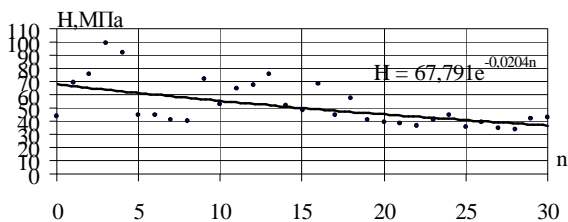
Твердость ЦСП также падает (рис. 5). Падение связано с разложением основы.



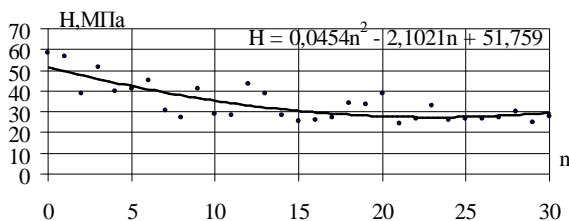
**Рис. 2. График зависимости твердости декоративного слоя из керамзита от количества циклов теплового старения**



**Рис. 3. График зависимости твердости декоративного слоя из опилок от количества циклов теплового старения**

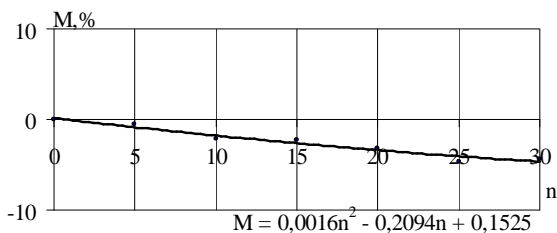


**Рис. 4. График зависимости твердости декоративного слоя из песка от количества циклов теплового старения**

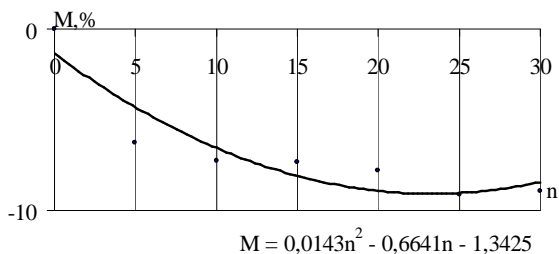


**Рис. 5. График зависимости твердости ЦСП от количества циклов теплового старения**

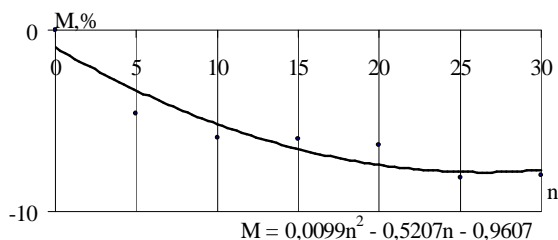
После циклов теплового старения наблюдалось изменение массы образцов (рис. 6 – 8). Уменьшение массы образцов (график находится в отрицательной полуплоскости) объясняется выкрашиванием декоративно-защитного слоя под действием вдавливания шарика, а также выделением летучих веществ из декоративно-защитных покрытий плит. Разброс связан с ангармоническим видом циклов теплового старения.



**Рис. 6. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из керамзита от количества циклов теплового старения**



**Рис. 7. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из опилок от количества циклов теплового старения**



**Рис. 8. График зависимости изменения массы покрытия с декоративным слоем из песка от количества циклов теплового старения**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярцев, В.П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации / В.П. Ярцев, О.А. Киселева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 123 с.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ГОУ ВПО ТГТУ*

УДК 37.012

*А.А. Дик\**

**ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ  
НООСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Проблема взаимоотношений человека и природы является одной из ведущих гуманитарных проблем современности, поскольку антропогенный пресс на природную среду стал представлять реальную угрозу продуктивности биосферы и качеству жизни самого человека. К концу XX – началу XXI вв. человечество осознало, что основным фактором устойчивого развития современной цивилизации является гарантия ноосферной безопасности. Деформация системы ноосферных отношений, дефицит ответственности перед будущим относятся к важнейшим причинам кризисной ноосферной ситуации. В этой связи вполне закономерным явилось развертывание в последнее время исследований, связанных с ноосферным образованием всех слоев населения.

Ноосфера – сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека становится определяющим фактором. Понимание ноосферного образования как культурной деятельности актуализирует ряд проблем, важнейшая из которых – воспитание современного специалиста как человека высокой профессиональной культуры. Переход к новой образовательной парадигме, доминирующим фактором которой выступают культура, воспитание «человека культуры» и прежде всего воспитание культуры безопасности, определяет ориентиры высшего образования. Изменение стиля профессионального мышления, наличие вариантов лично-ориентированного подхода, внедрение проектных технологий, гуманитаризация содержания образования и другие процессы определяют ведущие идеи и тенденции развития образования современного специалиста. Его целью становится не узкопрофильная подготовка, а общекультурное, социально и лично значимое непрерывное развитие творческого потенциала личности, формирование профессиональной культуры.

Ноосферное образование призвано формировать адекватное мировосприятие современного человека, способствовать продуктивному

---

\* Работа выполнена под руководством канд. полит. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Л.А. Харкевича.



переосмыслению его места в природе, воспитывать чувство ответственности за свои поступки и действия, в том числе в сфере профессионального труда. Признание ведущей роли ноосферного образования среди мер, направленных на гармонизацию отношений человека, общества и природы, отражено как в отечественных, так и зарубежных государственных документах и нормативных актах. В российской практике к ним относятся Конституция РФ; Закон РФ «Об охране окружающей природной среды»; Федеральная целевая программа «Экологическое образование населения России»; Национальная доктрина экологического образования в РФ; Концепция модернизации российского образования на период до 2010 г.

С позиций глобального ноосферного уровня подходят к исследованию проблем безопасной жизни, приобретению знаний, умений и навыков, необходимых для обеспечения комфортного и безопасного существования в условиях стремительно изменяющейся среды обитания.

Формирование концепции безопасности жизнедеятельности в сфере труда, техники безопасности производственной деятельности началось в России с конца 20-х годов прошлого столетия, а курс «Техника безопасности и охрана труда» стал обязательным в вузах России с 1929 года, а с 1966 года – «Охрана труда». Базовый уровень подготовки квалифицированного специалиста в Тамбовском государственном техническом университете достигается реализацией двух учебных курсов – «Гражданской обороны» и «Охраны труда».

Небольшое количество учебных часов, обычно отводимое на изучение дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», затрудняет реализацию многих задач обучения. Минимальная задача преподавателя – подготовка студентов к действиям в экстремальной обстановке, выработка навыков планирования и осуществления мероприятий по защите населения и территорий от ЧС техногенного и природного характера, усвоения правил техники безопасности, индивидуальной и коллективной защиты. Важной задачей, к сожалению, пока остающейся лишь желаемой, становится практическое обучение студентов оказанию первой медицинской помощи пострадавшим. При этом преподавание БЖ должно проводиться на современном научно-техническом уровне, чтобы сформировать у студента комплексное видение современной ситуации, обусловившей взгляд на обеспечение БЖ как на глобальную проблему цивилизации. Полученные студентами знания и навыки закрепляются заданиями, включенными в выпускные квалификационные работы студентов и производственную практику.

Недостаток количества аудиторных занятий отчасти компенсируется самостоятельной работой студентов. У студентов формируется умение самостоятельно добывать знания, решать нестандартные задачи, находить оригинальные решения, рационально работать с различными источниками информации. Важную роль в обучении студентов

играет использование электронных средств в решении поставленных задач. Разработаны электронные учебники, в том числе в помощь дипломникам, содержащие необходимую справочную информацию и методики расчетов. Разрабатываются электронные материалы, которые повышают наглядность обучения, позволяют передать студентам полную и точную информацию, развивать у них активность и самостоятельность, осуществлять контроль и самоконтроль, повышать интерес студентов к занятиям, помогают более конкретно воспринимать изучаемый материал. Происходит постепенное наполнение университетского репозитория в сети Internet для обеспечения свободного доступа студентов к справочной литературе и электронным ресурсам.

При рассмотрении вопросов, связанных с ноосферным образованием, особое значение приобретает *проблема сознания человека*, поскольку все стороны его отношения к природе и взаимодействия с ней осуществляются либо на основе опыта предшествующих поколений, либо на основе собственного понимания. Можно сказать, что в науке возникло особое направление исследований в сфере индивидуального и массового сознания, обозначаемого как *ноосферное*, представляющее собой духовно-практическое освоение действительности, характеризующееся как принципиально новое отношение к миру – стремление к адаптации, к эволюции, гармонизации взаимосвязей в системе «Человек – Природа». Формирование ноосферного сознания напрямую связано с ноосферным образованием, осуществляемым различными социальными институтами общества. Особое место среди них занимает высшая профессиональная школа. В качестве особой области ноосферного образования является подготовки специалиста в вузе в области техносферной безопасности. Исходя из тезиса о том, что выпускник технического вуза должен осознавать себя субъектом общей и ноосферной культуры, их носителем, необходимо определить личностные качества такого выпускника и детерминанты их становления, что является важной проблемой профессионального образования.

Таким образом, в педагогической науке накоплен определенный потенциал, связанный с проблемами образования в области безопасности и формированием ноосферного сознания учащейся молодежи. В то же время большинство исследований носит лишь общетеоретический характер или касается вопросов школьного образования, тогда как многие аспекты формирования ноосферного сознания студентов технического вуза остаются практически не исследованными. В педагогической литературе фактически отсутствуют работы относительно ноосферного сознания как формы профессионального мышления специалиста инженерного профиля, весьма сужен спектр понимания ноосферного образования в подготовке специалистов-инженеров, нет должного внимания к статусу ноосферного сознания в практическом овладении студентами технического вуза комплексом профессиональных знаний и ноосферным способом мышления.

В настоящее время человек сталкивается с крупномасштабными авариями и катастрофами, способными вызвать необратимые техно-сферные изменения регионального и глобального масштаба, соизмеримые со стихийными бедствиями. Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера приводят к гибели людей, наносят ущерб населению, экономике страны. Для защиты от чрезвычайных ситуаций требуются подготовленные профессионалы, прошедшие специальное обучение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, В.А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М. : Высш. шк., 2006. – 592 с.

2. Вишняков, Я.Д. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / Я.Д. Вишняков, В.И. Вагин, В.В. Овчинников, А.Н. Стародубец. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 304 с.

3. Техногенная безопасность в ноосфере / А.В. Бояршинов, В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, Ж.Е. Зимнухова, В.Н. Макарова, Е.А. Сергеева, Л.А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2010. – 124 с.

4. Харкевич, Л.А. Концептуальные основы в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / Л.А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 112 с.

*Кафедра «Безопасность жизнедеятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 349.6**

*А.Н. Жукова, М.О. Афанасьева\**

## **ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ**

Устойчивое развитие – это модель социально-экономической жизни общества, при реализации которой удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей достигается без лишения такой возможности будущих поколений. Обеспечение устойчивого развития требует не просто инвестиций в экологию или каких-то но-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Г.Г. Серебрянникова.

вых технологий, но прежде всего социальных новаций, смены приоритетов и целей развития цивилизации.

Концепция устойчивого развития предполагает гуманизацию и экологизацию главных принципов экономики, поиск общих подходов и согласованности концепций развития экологических и экономических систем. За прошедшие годы этот поток экологического и социально-экономического сознания научной общественности вылился в новую междисциплинарную область прикладной науки – экологическую экономику.

Экологическая экономика – новая область исследований, имеющая дело с отношениями между природными экосистемами и социально-экономическими системами в самом широком смысле, отношениями решающими для многих нынешних проблем человечества, так же как и для построения устойчивого будущего.

Одно из существенных отличий этой науки от традиционной экономики и экологии – более масштабный и долгосрочный подход к деятельности человечества в пространстве и времени. В концепции экологической экономики люди рассматриваются как один компонент эколого-экономической системы. Они занимают в этой системе одно из основных мест потому, что они ответственны за понимание своей роли в глобальной системе биосферы, в ее сохранении. Экологическая экономика полагает, что человеческие предпочтения, взгляды, технология и культура должны совместно эволюционировать с природой и отражать широту экологических возможностей.

Для развития экономики необходимо все больше и больше природных ресурсов, но чем больше ресурсов потребляет экономика, тем меньше возможностей для экономического роста. Главной целью экологической экономики является устойчивость целостной эколого-экономической системы планеты.

Основными направлениями исследований в экологической экономике являются:

- 1) устойчивость как поддержание систем жизнеобеспечения;
- 2) оценка природных ресурсов и природного капитала;
- 3) макроэкономический учет в эколого-экономической системе;
- 4) создание инновационного инструментария для управления природопользованием;
- 5) эколого-экономическое моделирование на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Устойчивость как поддержание систем жизнеобеспечения предполагает определение такого объема потребления, который, не разрушая капитальных запасов, включая и запасы «природного капитала»,

т.е. природных ресурсов, мог поддерживаться на уровне неопределенно долго во времени. Поэтому актуальной является разработка механизмов устойчивого развития, с помощью которых человечество может существовать в ряду поколений при процветании каждого человека в отдельности.

Экономический рост, который является прежде всего количественным ростом, не может быть устойчивым бесконечно на конечной планете. Вместе с тем экономическое развитие, при котором улучшается качество жизни без увеличения потребляемых ресурсов, может быть устойчивым. Это одно из главных направлений исследований в экологической экономике.

В экономике запасы капитала включают основные активы (здания, оборудование), выступающие как средства производства. Природный капитал – это земля, атмосфера с ее компонентами, флора и фауна – все то, что вместе взятое формирует основу всех экосистем. Эти запасы природного капитала используют первичные источники энергии (солнечный свет, например) для того, чтобы произвести целый спектр экосистемных услуг и физических потоков природных ресурсов. Экологические экономисты природный капитал и созданный человеком рассматривают как взаимодополняющие.

В СССР природные ресурсы не имели цены, а расточительное природопользование долгие годы было не только следствием, но условием жизнеспособности административно-командной системы хозяйствования. Однако, начиная с 50-х годов, ведущие советские экономисты на всех уровнях поднимали вопрос о настоятельной необходимости бережного отношения к природным ресурсам как к природному капиталу.

Чтобы достигнуть устойчивости, в экономический учет должны быть включены экосистемные услуги и природные ресурсы как товары. Для этого нужно установить их стоимости, сопоставимые со стоимостями созданной трудом продукции и услуг. Экологическая экономика требует при этом, чтобы мы определили: – сколько из необходимых нам природных систем жизнеобеспечения мы можем позволить безвозвратно потерять, – до какой степени можно заместить капиталом, произведенным трудом, природный капитал и какая часть природного капитала является невозстановимой. На каждом промежутке времени необходимо, чтобы природные ресурсы распределялись на основе их реальной стоимости в данный период времени.

Некоторые считают, что невозможно установить экономическую ценность таких «нематериальных» категорий как человеческая жизнь, эстетические аспекты окружающей природной среды или долгосрочные экологические услуги. Поскольку реальная стоимость ресурсов, используемых в настоящее время, зависит от неопределенных буду-

щих воздействий на окружающую среду, то эти затраты достоверно оценить невозможно. Но в жизни мы сталкиваемся с подобными проблемами каждый день. Чтобы сохранить наш природный капитал, мы должны признать необходимость трудного выбора и оценки вместо того, чтобы отрицать их существование. Экологическая экономика признает несколько различных независимых подходов в определении ценностей природных ресурсов, хотя все они несут высокую степень неопределенности. Рассмотрим некоторые из них.

Экологические товары, по своей природе имеющие долгосрочный характер, обычно не участвуют в рыночной торговле (ни кто не владеет воздухом или водой) и информация относительно их вклада в благосостояние индивида практически отсутствует. Чтобы определить их стоимость, экологические экономисты пытаются путем анкетирования выяснить у людей их готовность заплатить за экологические товары в условиях гипотетических рынков.

Опыт такого опроса есть и в нашей стране. Вопрос был сформулирован следующим образом: «Каким процентом своего нынешнего благосостояния Вы готовы пожертвовать, чтобы предотвратить будущую экологическую катастрофу?». Ответы были следующими: если катастрофа ожидается через 20 лет, то половина респондентов готова платить 10% своих доходов; если через 50 лет, то готовы платить – 25% опрошенных, а если катастрофа случится через 100 лет, то 40% респондентов вообще ничего не жертвуют, а остальные – лишь 1% дохода или меньше.

В другом методе оценки экологических стоимостей используется биофизический подход. Согласно ему люди в конечном счете оценивают вещи по стоимости их производства и эта стоимость в конце концов является функцией того, как они организованы относительно окружающей их среды. Организация сложной структуры требует энергии, как непосредственно в виде топлива, так и косвенно – в форме других организованных структур. Количество солнечной энергии требуемой, чтобы вырастить леса, может поэтому служить мерой их энергетической стоимости и организации, следовательно, и стоимости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закономерности социального развития: ориентиры и критерии моделей будущего : сборник. – Новосибирск : РАН СО, 1994.
2. Экологическое оздоровление экономики : сборник / под ред. В.Я. Возняка, Н.Г. Фейтельман, А.А. Арбатова. – М. : Наука, 1994.

*Кафедра «Менеджмент» ГОУ ВПО ТГТУ*

*А.В. Фролова*

## **ПРАВО ЭКСПЕРТНОЙ ИНИЦИАТИВЫ И ЭКСПЕРТНАЯ ПРОФИЛАКТИКА В СОВРЕМЕННОМ УГОЛОВНОМ ПРОЦЕССЕ**

Ни для кого не секрет, что в течение последних десятилетий на территории Российской Федерации неуклонно растет уровень преступности. В настоящее время криминальная обстановка в нашей стране характеризуется напряженностью, ростом организованности преступного мира, его профессионализма и технической оснащенности. В данном случае, следует заметить, роль экспертной деятельности выходит на первые планы. Результатом деятельности эксперта является прежде всего вынесение им соответствующего заключения по уголовному делу.

Заключение эксперта является одним из видов доказательств в уголовном процессе. Ст. 57 УПК РФ устанавливает определенный объем прав, которым наделяется эксперт при производстве судебной экспертизы по уголовным делам. В уголовно-процессуальном законодательстве отсутствует понятие «экспертная инициатива», однако п. 4 ч. 3. ст. 57 УПК РФ указывает на возможность эксперта давать заключение в пределах своей компетенции, в том числе по вопросам, хотя и не поставленным в постановлении о назначении судебной экспертизы, но имеющим отношение к предмету экспертного исследования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что именно в данной норме отражается право на проявление экспертной инициативы. В данном случае право экспертной инициативы занимает важное место при исследовании норм уголовно-процессуального права. Однако следует указать на тот факт, что данное право является скорее формальным, и в действующем законодательстве отсутствуют какие-либо отработанные механизмы его реализации. Орган, назначивший экспертизу, вправе принять к вниманию, а может, и вовсе не учесть заключение эксперта в той части, где он проявил инициативу.

Как правило, считается, что проявление инициативы экспертом представляет суду и другим участникам уголовного процесса возможность наиболее полно взглянуть на объект исследования, но чаще всего экспертная инициатива характеризуется как профилактическая мера, которой предлагает воспользоваться эксперт.

Необходимость вышеприведенной нормы отражается прежде всего в том, что органы, назначающие экспертизу, не всегда могут установить верный объем задания эксперту. Это связано с тем, что инфор-

мация о новых возможностях судебной экспертизы, как правило, доходит до следователя или суда с опозданием.

Следует учесть и тот факт, что в процессе проведения экспертизы зачастую обнаруживаются новые обстоятельства, которые имеют значение для дела и выявляют необходимую и значимую информацию, выходящую за пределы поставленной перед ними задачи.

Предполагается верным введение нормы уголовно-процессуального права, которая бы полностью регламентировала и раскрывала понятие экспертной инициативы. Это позволило бы обеспечить полноту проводимых исследований в отношении конкретных уголовных дел. Эксперт, реализуя право на экспертную инициативу, должен также сам сформулировать и те вопросы, которые не были поставлены перед ним судом, но ответы на которые он считает необходимым дать.

Однако следует указать и на возможные недостатки применения неограниченной экспертной инициативы по уголовным делам. Множественность выводов и чрезмерная всесторонность исследования могут просто напросто запутать суд при постановлении приговора, основанного на заключении эксперта.

В данном случае необходимо соблюдать несколько правил. Во-первых, следует учитывать вопросы, связанные с состязательным характером процесса, в частности, тот факт, что при проведении экспертизы по инициативе стороны эксперт не вправе без согласования с ней ставить и разрешать вопросы, поскольку может иметь место ситуация, когда обстоятельства, установленные экспертом, негативно отразятся на положении участника процесса, чьи интересы он обязан отстаивать средствами судебной экспертизы.

Во-вторых, экспертная инициатива может иметь место лишь в отношении объектов, указанных в постановлении следователя. В тех случаях, когда эксперт берет на себя миссию исследовать объекты, не указанные в постановлении, возникает ситуация, связанная с существенным нарушением закона, ведь при обнаружении объекта самим экспертом он фактически самостоятельно собирает доказательства, что выходит за пределы его процессуальной компетенции. В связи с этим, при обнаружении экспертом в процессе исследования новых объектов полученная информация с соблюдением всех процессуальных требований должна отражаться следователем в протоколе дополнительного осмотра места происшествия.

Таким образом, экспертную инициативу можно определить как право эксперта на самостоятельную, но ограниченную пределами конкретного исследуемого объекта деятельность, направленную на выявление имеющих значение для уголовного дела обстоятельств совершенного преступления.



Наиболее часто экспертная инициатива может проявляться и в предложениях эксперта, которые носят профилактический характер. В настоящее время в действующем законодательстве вовсе отсутствуют какие либо упоминания касательно экспертной профилактики, хотя в теории судебной экспертизы данный вопрос достаточно остро и широко обсуждается еще с советских времен. Так еще в 1991 году профессор И.А. Алиев сформулировал специальную теорию экспертной профилактики, которую он определяет как сложное системное образование. «...Основу его составляет деятельность экспертов, которые на базе своих специальных познаний выявляют обстоятельства, фигурирующие в качестве условий, а иногда и причин совершения преступлений. Выявление подобных обстоятельств может осуществляться как в процессе производства экспертизы, так и в ходе обобщения экспертной практики по мере ее накопления. Во всех указанных случаях выявленные в условиях применения специальных экспертных познаний обстоятельства служат основой для разработки экспертами рекомендаций профилактического характера, направленных на устранение этих обстоятельств в будущем...».

Экспертная профилактика представляет собой деятельность по выявлению обстоятельств, способствующих совершению преступления и разработке мер по их устранению.

Предложения эксперта профилактического характера, содержащиеся в заключении, могут иметь своим источником само экспертное задание, когда соответствующие вопросы об условиях или обстоятельствах, способствовавших совершению преступлений, ставятся перед экспертом органом, назначившим экспертизу. Они могут быть следствием проявленной экспертом инициативы, выходя за рамки экспертной задачи. И в том и в другом случае они адресуются исключительно органу, назначившему экспертизу, и их реализация отдается на усмотрение этого органа, что нельзя признать правильным, учитывая социальное значение профилактических мер вообще. При этом орган, назначивший экспертизу, в реализации таких предложений фактически бесконтролен, он не обязан уведомлять эксперта о судьбе его профилактических предложений. Такой позиции придерживается профессор Р.С. Белкин, и, соответственно, нельзя с ним не согласиться, ведь в нынешнем законодательстве отсутствует какая-либо ответственность за невыполнение рекомендаций эксперта.

По результатам экспертной практики в адрес соответствующих учреждений и ведомств судебно-экспертными учреждениями могут направляться рекомендации по проведению профилактических мероприятий, направленных на снижение уровня преступности. Однако в данном случае также отсутствует какое-либо нормативное регулиро-

вание, которое возлагало бы обязанность на данных лиц реализовать на практике вышеупомянутые меры профилактического характера.

Следует указать и на то обстоятельство, что данный вопрос имеет еще одну особенность. Реализация профилактических предложений эксперта приобретает совершенно иную форму при ее реализации в экстремальных условиях, ведь любое промедление в данном случае чревато тяжкими последствиями. Речь идет о выявлении в процессе производства экспертизы определенных обстоятельств, которые требуют их немедленного устранения, так как они свидетельствуют о существующей угрозе жизни и здоровью людей, причинении значительного материального ущерба и т.п. Примером может служить высокая вероятность возникновения повторного теракта при несоблюдении элементарных рекомендованных экспертами мер безопасности.

В нынешней ситуации, которая сложилась в нашем государстве, данный вопрос является особенно актуальным. Обычный порядок принятия профилактических мер через орган, назначивший экспертизу, в подобных случаях может привести к непоправимым последствиям, здесь должна быть узаконена иная процедура, обеспечивающая незамедлительную реализацию профилактических предложений. Скорее всего, в подобных случаях эксперту должно быть предоставлено право сообщать о выявленных обстоятельствах не только органу, назначившему экспертизу, но и непосредственно по месту принятия необходимых профилактических мер – руководителю ведомства, учреждения или предприятия – с обязательным уведомлением как органа, назначившего экспертизу, так и эксперта о принятых мерах в самые сжатые сроки.

Таким образом, можно указывать на то обстоятельство, что элементарное перечисление вопросов, связанных с экспертной инициативой переходящей в профилактику, требует законодательной регламентации. Вся сложившаяся ситуация ясно показывает, что в рамках действующего уголовно-процессуального законодательства даже по чисто техническим причинам все вопросы касательно профилактических мер предусмотреть невозможно, что лишний раз свидетельствует о необходимости специального закона о судебной экспертизе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 177-ФЗ (с изм. и доп. от 01.08.2010) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 52. – Ст. 4921.

2. Алиев, И.А. Проблемы экспертной профилактики / И.А. Алиев. – Баку, 1991. – С. 214.

3. Белкин, Р.С. Курс криминалистики / Р.С. Белкин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – С. 187.

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 343.13**

*Ю.Н. Бильтюкова*

## **РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЛОГА КАК МЕРЫ ПРЕСЕЧЕНИЯ В СОВЕТСКОМ УГОЛОВНО-ПРОЦЕССУАЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ**

Уголовному процессу издавна известны имущественные гарантии неуклонения обвиняемого от органов расследования и правосудия. Наиболее распространенными из них являются имущественное поручительство и залог. Хотелось бы подробнее остановиться на залоге, а именно его развитии и применении в советский период развития уголовно-процессуального законодательства. Залог является весьма древним процессуальным институтом. Советскому уголовному судопроизводству залог известен с первых лет Советской власти. Хотелось бы начать с того, что в послеоктябрьский (1917 год) период система мер пресечения, закрепленная Уставом уголовного судопроизводства 1864 г., претерпела существенные изменения. Декретом о суде № 1 от 24 ноября 1917 г. все законы, противоречащие революционным принципам, были отменены. И хотя в этот период не был принят ни один нормативный акт, закрепляющий систему мер пресечения, в первую очередь как антиреволюционные прекратили свое действие отобрание вида на жительство и особый надзор полиции.

Впервые в советском законодательстве система мер пресечения была закреплена в «Положении о военных следователях» от 30 сентября 1919 г. в пункте 78. Указанная система насчитывала следующие виды мер пресечения: письменное обязательство о явке к следователю; отдачу на поруки; представление залога; отдачу под ближайший надзор начальства; арест.

В 1922 г. в РСФСР был сделан первый шаг в развитии советского уголовного процессуального законодательства, а именно принят первый советский Уголовно-процессуальный кодекс, который сохранил залог как меру пресечения. В дальнейшем она была сохранена и в УПК РСФСР 1923 г. Кодекс определил залог как «деньги или иное имущество, вносимое в суд самим обвиняемым или другим лицом, или организацией в обеспечение явки обвиняемого к следователю и суду» (ст. 153). Давая такое определение, законодатель не расшифровывает термин «иное имущество». Думается, что использование института

залога осуществлялось по правилам, введенным Уставом 1864 г., за исключением того, что в случае уклонения обвиняемого от следствия и суда внесенный залог обращался не на содержание мест заключения, а в доход государства.

В ст. 154 УПК РСФСР 1923 г. сумма залога определялась следователем в соответствии с тяжестью обвинения, силой улик, имущественным положением залогодателя. Но в то же время уголовно-процессуальный закон не устанавливал каких-либо формальных ограничений размера, в том числе минимального предела. Залог особенно широко применялся в советской уголовно-процессуальной практике в период с 1922 г. по 1927 г., т.е. в период расцвета нэпа, когда для этого имелись наиболее благоприятные экономические и социальные возможности. С отказом от экономических методов хозяйствования и широкой демократии, с внедрением во все сферы экономической и общественной жизни административного режима с присущими ему методами подавления и принуждения экономические гарантии обеспечения надлежащего поведения участников уголовного процесса всячески стали искореняться из практики расследования и прокурорского надзора. Ярким проявлением указанной политики явилось резкое сокращение применения в качестве меры пресечения залога. Значительное сокращение применения залога и имущественного поручительства предписывала ст. 10 Основ уголовного судопроизводства Союза ССР и союзных республик 1924 г., установившая запрет использовать данные меры пресечения вместо предварительного заключения под стражу. С развитием социалистических общественных отношений залог как мера пресечения постепенно отмирал, уступая свое место другим мерам пресечения, основными из которых стали подписка о невыезде и заключение под стражу. Провозгласив политическое и экономическое равенство всех перед законом, государство, в лице правящей партии – КПСС, сделало неактуальным и вопрос имущественного обеспечения явки обвиняемого к следствию и суду. В основе такого подхода лежала мысль о том, что равенство всех граждан перед законом и судом, независимо от их социального, служебного, а главное – имущественного положения, делает невозможным какие-либо преимущества для лиц, имеющих большие материальные возможности для того, чтобы остаться на свободе. Уголовно-процессуальный кодекс 1960 г. не внес существенных изменений в правовую регламентацию залога по сравнению с другими мерами пресечения, указанными в УПК РСФСР 1922 и 1923 гг. Статья 99 УПК установила основные условия и правила применения залога:

– залог определен как деньги или ценности, вносимые в депозит суда обвиняемым, подозреваемым либо другим лицом или организа-

цией в обеспечение явки обвиняемого или подозреваемого по вызовам лица, производящего дознание, следователя, прокурора, суда;

- сумма залога определяется органом, избравшим данную меру пресечения, в соответствии с обстоятельствами дела;

- в случае уклонения обвиняемого залог обращается в доход государства.

Избрание и применение меры пресечения в виде залога, согласно УПК РСФСР 1960 г., сопровождается, по существу, заключением двустороннего, а в ряде случаев и трехстороннего акта, своеобразного соглашения (договора) между органом, в производстве которого находится уголовное дело, с одной стороны, обвиняемым и залогодателем – с другой стороны. Данный договор считается заключенным, когда между указанными субъектами уголовного судопроизводства достигнуто соглашение по всем существенным пунктам, предусмотренным ст. 99 УПК РСФСР или вытекающим из этой статьи, а именно;

- орган, в производстве которого находится уголовное дело, принимает решение об избрании залога в качестве меры пресечения и устанавливает по соглашению с залогодателем залоговую сумму и предмет залога:

- залогодатель в лице обвиняемого либо иного лица или организации ставится в известность о сущности дела, по которому избрана данная мера пресечения, обязуется внести залог определенной суммы (конкретные ценности) и вносит его на депозит суда в порядке имущественного обеспечения явки обвиняемого по вызовам лица, производящего дознание, следователя, прокурора, суда;

- обвиняемый принимает на себя обязательство совершать и не совершать конкретные действия – являться и не уклоняться от явки по вызовам лица, производящего дознание, следователя, прокурора, суда;

- залогодатель дает согласие на обращение залога в доход государства постановлением судьи или определением суда при нарушении обвиняемым принятых на себя обязательств по неуклонению от явки. Таким образом, регламентация этой меры, если не считать необходимости ее санкционирования прокурором, существенных изменений не претерпела.

УПК РСФСР 1960 г. содержал еще более лаконичный вариант правовой регламентации размера такой меры пресечения, как залог. Сумма залога определялась органом, избравшим эту меру пресечения, в соответствии с обстоятельствами дела, конкретизировать которые применительно к залогоу законодатель не посчитал необходимым. Однако обстоятельства, учитываемые при избрании любой меры пресечения, предусматривались в ст. 91 УПК РСФСР (тяжесть обвинения, личность подозреваемого, род занятий, возраст, состояние здоровья).

В 80-е годы, с началом перестройки политической и общественной жизни государства, в России остро встал вопрос о пересмотре всей системы уголовного судопроизводства. Происходит восстановление залога как меры пресечения, следователи и суды стали достаточно широко применять эту меру для обеспечения явки обвиняемых. В свете положений Конституции о праве каждого на свободу и личную неприкосновенность (ст. 22) такая практика представляется нам вполне оправданной, ибо сужает сферу применения ареста, когда в ходе производства по делу это не вызывается необходимостью. Однако окончательно судьба залога будет определена в новом Уголовно-процессуальном кодексе Российской Федерации от 2001 г.

В завершение хотелось бы отметить, что развитие уголовно-процессуального законодательства в советский период в области применения мер пресечения, а именно залога, оказало огромное влияние на современное понятие и применение залога. Под воздействием УПК РСФСР 1922, 1923, 1960 гг. было сформировано современное законодательство, регламентирующее залог как меру пресечения. Мы видим, как на протяжении отрезка времени менялась политика государства относительно залога. Следует обратить внимание на то, что применение и развитие мер пресечения и их законодательное регулирование напрямую отражало политику государства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряков, А.Д. Меры пресечения в советском уголовном процессе / А.Д. Буряков. – М. : Просвещение, 1967. – 120 с.
2. Вершинина, С.И. Залог в системе мер пресечения / С.И. Вершинина. – Тольятти, 1999. – 130 с.

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 9.93/94**

***П.В. Ерин***\*

#### **КРЕСТЬЯНСКОЕ ПРАВОСУДИЕ НАЧАЛА XX ВЕКА**

По реформе 1861 года и до 1917 года структура крестьянского самоуправления стала одинаковой для всех крестьян: орган решения дел – сельский сход, который избирал из своего состава старосту; на волостном уровне создавалось волостное управление – волостной сход, избравший старшину и формировавший путем выборов крестьян

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра ист. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Б. Безгина.

янский волостной суд. С помощью этого закреплялось право различных групп населения на «свой» суд [1]. Создание крестьянского суда было вызвано необходимостью ликвидации помещичьего права вотчинной полиции и регулирования отношений в крестьянской среде. В решении большинства дел суду разрешалось руководствоваться не существующем законодательством, а местными обычаями.

Волостной суд создавался как суд сословный: в нем судьи только из крестьян, должны были судить только крестьян. Это было итогом стремления отделить крестьянство от образованных слоев общества, в первую очередь помещиков. Поэтому волостной суд являлся обязательным для местных крестьян, он ведал «как споры и тяжбы между крестьянами, так и дела по маловажным их проступкам» [2].

Волостной суд состоял из ежегодно избираемых на волостном сходе от 4 до 12 судей, которые выполняли свои обязанности по очереди, но в присутствии суда было не менее трех судей [3].

Решения волостных судов распространяются на следующих лиц: на крестьян, проживающих в данной волости; на проживающих в волости отставных и бессрочноотпускных низших военных чинов и их семьи; все лица, которые сами обратились в волостной суд в качестве обвинителей или истцов против лиц, подсудных волостному суду, или были привлечены к суду в качестве ответчиков по гражданским делам.

Волостной суд мог разбирать следующие уголовные дела:

– дела о проступках по жалобам потерпевших на вред и убытки, подлежащие прекращению за примирением сторон, или наказание за проступок по общим законам не превышает ареста, и иск по жалобе составляет не выше 100 рублей;

– дела о тех проступках, которые не подлежат прекращению вследствие примирения сторон и влекут за собой по общим законам наказание не выше ареста, и требуют в виду особого крестьянского быта суда скорого и местного и их неудобно подчинять ведению общих судебных установлений;

– дела о нищенстве (обозначенные в ст. 49–50 устава о наказаниях, налагаемых мирскими судьями) и дела о кражах, мошенничестве и присвоении между супругами, родителями, детьми или родственниками, если виновный в похищении живет с тем, кому похищенное принадлежит, в одном доме или хозяйстве, и когда стоимость похищенного, выманенного или присвоенного не превышает 30 рублей;

– дела о проступках, которые и влекут за собой наказание свыше ареста, но начинаются не иначе как по жалобе лиц, потерпевших вред и убытки, и могут быть прекращаемы примирением (стороны склоняются к миру).

Из гражданских дел к ведомству волостного суда подлежат следующие дела:

– все иски и споры, отнесенные Уставом Гражданского судопроизводства 20 ноября 1864 года к ведению мировых судей, но сумма иска не должна превышать 100 рублей;

– иски о правах собственности, владении, пользовании недвижимым имуществом с ценностью не более 100 рублей;

– требующие судебного рассмотрения споры, проистекающие из владения крестьянским наделом;

– иски наследственных прав, когда ценность наследственного имущества не превышает 100 рублей. Например, дело произошедшее в Жидиловской волости Козловского уезда. Решение волостного суда от 12 декабря 1915 г. Крестьянка с. Жидиловки Домна Петрова Соловых заявила, что после смерти ее мужа Алексея Иванова Соловых (погиб на войне 10 сентября 1914 г.) земельный надел на 1 душу ее мужа находится во владении ее свекрови Наталии Дмитриевны Соловых и просит отобрать его в свою пользу. За неприменением сторон суд постановил отобрать от ответчика надел на одну душу в пользу истца [4];

– всякий спор и иск гражданский, не превышающий по своей цене 500 рублей, если обе тяжущиеся стороны будут просить о решении дела. По иску крестьянина с. Давыдовка Николая Ильина Трубицина (1914 г.) об отобрании у отца Ильи Савельева Трубицина земельного надела на 2 души. Из заявления истца следует, что сельский сход дал согласие на семейный раздел, но надел на 2 души отцом не выделен. Ответчик объяснил, что надел на 2 души земли находится у него в арендном пользовании согласно словесного договора и деньги за аренду истцу уплачены. До окончания срока аренды, который означен до очередного передела (1922 г.), надел на 2 души выдан быть не может. Суд признал требования истца необоснованными [5].

В основном волостной суд рассматривал дела, касающиеся исков о земле и исков о сдаче земли в наем (более 50% дел). Решение волостного суда должно было коротко записано волостным писарем в особую предназначенную для этого книгу, которая хранилась в волостном правлении. Вознаграждение судьям устанавливалось по усмотрению волостного схода. Кроме того, они освобождались от натуральной повинности.

Крестьянская юстиция имела много особенностей. Принятие решения происходило «глядя по человеку», принимая во внимание в первую очередь трудовую деятельность участников дела. Стремление к справедливости являлось главным правотворящим фактором в крестьянском быту. Необходимо было достижение естественной справедливости по конкретным условиям каждого дела. Волостные судьи ис-



ходя из соображений справедливости могли назначать наказания не только обвиняемым, но и пострадавшим [6].

Примирение истца и ответчика было также особенностью волостных судов. Рассматривая дела, судьи старались склонить тяжущиеся стороны к примирению. Практически в каждом решении волостного суда присутствует запись о предложении сторонам решить дело мировой. Так например, дело рассматривалось в Смирновском волостном суде Моршанского уезда. Крестьянка села 2 ст. Патерни Анастасия Косоротикова обвинялась в том, что неизвестно с какой целью испугала крестьянку Татьяну Лосеву и ее малолетнюю дочь. За это Лосева оскорбила Косоротикову и заявила об испуге в волостной суд. Но дело разрешилось примирением сторон в суде [7]. Также если истец и ответчик не являлись в суд в назначенное для слушания время, то дело прекращалось и считалось решенным за примирением сторон. Например, дело рассматривалось Земетчинским волостным судом Моршанского уезда. Крестьянка села Усердино Мария Колникова обвиняла крестьянина того же села Никиту Колникова в оскорблении и нанесении побоев. В суд было подано заявление. В назначенное время в суд никто не явился, дело было прекращено за примирением сторон [8].

Понятие «закона» у крестьян так же было специфичное. К законам относились настороженно, они были непонятны для населения. Но вытеснение обычаев в праве привело к тому, что закон стал единственным средством решения юридических вопросов. Выражение «сделать по закону» стало синонимом «сделать ловко, хорошо, надежно». Незнание и непонимание законов придавало им сильное значение. Если сделано по закону, значит, это правильно, и никто не придерется. Так же к закону обращались по любому поводу. Обращались к защите от оскорблений, требовали наказать по закону. При этом указывалась тяжесть оскорблений (при исполнении). Например, дело об оскорблении рассматривалось в Питерском волостном суде Моршанского уезда. В селе Крешенских-Борков крестьянка Наталия Пришкина оскорбила сельского старосту Ермалая Пришкина при исполнении, и еще он был при медали [9].

Деятельность волостного суда представляла собой исторически оправданный компромисс между обычным правом русской деревни и официальным законодательством. При всех недостатках сельского судопроизводства волостной суд являлся той силой, которая закрепляла и сохраняла нормы поведения в обыденных жизненных ситуациях. На рубеже XIX – XX вв. отчетливо проявилась тенденция, свидетельствующая о том, что крестьяне начали осознавать свои гражданские права и стремились их оградить законом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарудный, М.И. Законы и жизнь. Исследования крестьянских судов / М.И. Зарудный. – СПб. : Тип. Втор. отд. соб. Е.И.В. канц., 1874. – 224 с.
2. Земцов, Л.И. Волостной суд в России 60-х – первой половины 70-х годов XIX века (по материалам Центрального Черноземья) / Л.И. Земцов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2002. – 448 с.
3. Астырев, Н.М. В волостных писарях. Очерки крестьянского самоуправления / Н.М. Астырев. – М., 1898. – 324 с.
4. ГАТО. Ф. 331. Оп. 1. Д. 2. Л. 12.
5. ГАТО. Ф. 233. Оп. 1. Д. 30. Л. 1. Л. 11.
6. Оршанский, И.Г. Исследование по русскому праву: обычному и брачному / И.Г. Оршанский. – СПб., 1879. – 453 с.
7. ГАТО. Ф. 788. Оп. 1. Д. 39. Л. 1. Л. 10.
8. ГАТО. Ф. 785. Оп. 1. Д. 1. Л. 1. Л. 6.
9. ГАТО. Ф. 231. Оп. 1. Д. 185. Л. 12. Л. 13. Л. 14.

*Кафедра «История и философия» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 908**

*И.О. Смолина\**

### **Л.Н. ТОЛСТОЙ И ТАМБОВСКИЙ КРАЙ**

Многочисленные нити соединяли Льва Николаевича Толстого с Тамбовским краем.

Некоторые тамбовские знакомые Толстого послужили прототипами для содания литературных героев его знаменитых произведений. Толстой не раз бывал в Тамбовской губернии.

В конце 40-х годов XIX века он со своими братьями Сергеем и Николаем часто гостил в имении Березовка Кирсановского уезда (теперь Бондарского района), принадлежавшем Перфильевым, своим дальним родственникам. В Березовке и в соседнем имении Нашекино Толстой встречался с тамбовскими помещицами Е.И. Чихачевой (в замужестве Сытиной) и А.Н. Чичериной (вышедшей позже замуж за Э.Д. Нарышкина). Брат Льва Николаевича Николай Николаевич был влюблен в Чихачеву и даже сделал ей предложение, но получил отказ из-за ее «несчастной любви» к Перфильеву. В.С. Перфильев послужил прототипом Стивы Облонского в «Анне Карениной».

---

\* Работа выполнена под руководством канд. филос. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Г.М. Дробжевой.

Писатель очень ценил Екатерину Ивановну Чихачеву – пианистку, ученицу Н.Г. Рубинштейна, за ее недюжинные музыкальные способности, большой ум и литературный вкус.

С Александрой Николаевной Чичериной Льва Николаевича связывали нежные и глубокие взаимные чувства. Она была сестрой профессора Московского университета Б.Н. Чичерина и теткой Г.В. Чичерина – наркома иностранных дел Советской Республики.

8 сентября 1869 года Толстой проезжал через Моршанск из Москвы в Пензенскую губернию для покупки имения. По пути в Самару летом 1881 года Толстой вновь проездом побывал в Моршанске, где встречался с представителями разных сословий.

В черновом варианте повести «Казачьи» герой рассказа «Рубка леса» майор Абрам Ильич с удовольствием вспоминает, как он в 1852 году посетил Тамбов, был на балу у губернатора, где его очень хорошо принимали.

Работая над романом «Война и мир», Толстой в одном из вариантов именно в Тамбов отправляет раненого князя Андрея. Туда же долго и трудно добирается многочисленное семейство Ростовых с обозом раненных. Благодаря помощи Николая Ростова позже в Тамбов приехала и княжна Марья, чтобы ухаживать за страдающим братом.

Пьер Безухов, «проезжая через город Козлов, первый не тронутый войной, который он видел за два месяца, ... заплакал от радости, увидев народ, идущий в церковь, нищих, калачника и купчиху в лиловом платочке и лисьей шубе, самодовольно, мирно переваливающуюся на паперти. ... В Козлове Pierre нашел одно из писем Андрея, везде искавшего его, ... и в конце октября он приехал в Тамбов».

Написанное Толстым в черновых вариантах «Войны и мира» отнюдь не противоречило исторической правде: когда французская армия придвинулась вплотную к «сердцу России», в Тамбов стали прибывать беженцы не только из Москвы, но и из ближайших к ней городов – Калуги, Тулы, Рязани. Толстой писал в черновике: «За Москвой по Тамбовской дороге цугами тянулись в два-три ряда экипажи, тем гуще, чем ближе к Москве, и тем реже, чем дальше» [1].

Будучи уже известным писателем, в 1857–1858 годах Толстой с семейством жил в Москве, на Пятницкой. Там среди его гостей не раз бывал и тамбовец Борис Николаевич Чичерин, выдающийся русский правовед, философ и историк. В начале знакомства их отношения были довольно теплыми. Толстой живо интересовался историческими исследованиями Чичерина, активно обсуждал с ним события общественно-политической жизни.

Чичерин не раз приглашал Толстого в свое кирсановское имение Караул. 5 апреля 1860 года Толстой отвечал: «...Я задумал еще зимним

путем ехать в Тамбов; но случились новые затеи... Напиши мне два слова в ответ: до какого именно времени ты пробудешь в деревне, и как ехать на Караул...». К сожалению, из-за постоянной занятости Толстого эта поездка так и не состоялась [2].

Несмотря на то что в дальнейшем их политические позиции разошлись, знакомство с великим русским писателем продолжалось до конца жизни Чичерина. В «Анне Карениной» Толстой использовал его черты для создания образа Сергея Ивановича Кознышева, который «все силы ума употребляет на то, чтобы оправдать существующее зло». В романе «Воскресение» чичеринские черты заметны в образе Ивана Ивановича Колосова, чей «самоуверенный, пошлый, либеральный тон» был чрезвычайно неприятен Нехлюдову [2].

Работая над «Декабристами», Лев Николаевич живо интересовался образом тамбовца М.С. Лунина, одного из организаторов Северного общества. Он расспрашивал у возвратившихся у сибирской ссылки декабристов подробности биографии Лунина и его родственников, намереваясь использовать эти сведения в задуманном романе.

Толстой не раз встречался и переписывался с тамбовскими писателями А.И. Эртелем, А.М. Жемчужниковым, И.Н. Захарьиным-Якуниным. Известно, что в Ясную Поляну для бесед с великим писателем приезжали тамбовские крестьяне М. Тарабарин и А. Тарасов.

Станция Астапово, где 7 ноября 1910 года завершился жизненный путь Льва Николаевича, в то время входила в состав Тамбовской губернии. В те трагические ноябрьские дни, среди многочисленных телеграмм, в которых выражались скорбь и соболезнования, были также телеграммы кирсановских и мордовских рабочих.

С Тамбовским краем связана и жизнь одного из сыновей Льва Николаевича. Андрей Львович Толстой жил в Тамбове на Большой улице, напротив дома Чичериных – сейчас это дом № 80 по улице Советской. С 1904 года он служил в Тамбовском полку, а позже стал чиновником Тамбовского губернского присутствия по переселенческим делам, заслужив самых похвальных характеристик за свою деятельность на этом посту.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илешин, Б.И. Черновые наброски «Войны и мира» // Б.И. Илешин. Литературные тропинки отчего края. – М. : Сов. Россия, 1986.
2. <http://ph-l.narod.ru/Pages/Chicherin.htm>.

*Кафедра «История и философия» ГОУ ВПО ТГТУ*

*Т.М. Крючкова\**

## **СВЯТО-ТРОИЦКАЯ ЦЕРКОВЬ В СЕЛЕ БОНДАРИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Православная церковь заключает в себе мощный духовно-нравственный потенциал. Многим поколениям наших земляков она помогала воспитывать нравственные основы, хранить самобытность, развивать культуру русской нации. Для простых людей храмы были истоками понимания прекрасного. Ибо церковь была, как правило, самым красивым сооружением, украшалась мастерски выполненными фресками, прекрасными произведениями иконописи, наполнялась изумительной гармонией звуков хоровой церковной музыки и колокольного звона. Кроме того, церкви были хранилищами исторических документов и книжных сокровищ. Приходские церкви на селе были центрами грамотности, милосердия и общения.

На протяжении почти двух столетий радует взор бондарцев Свято-Троицкий храм. Сегодня мы не можем представить себе наше села без него. В 2009 году у храма была юбилейная дата – ему 170 лет! А как же все начиналось?

В книге Г.В. Хитрова «Историко-статистическое описание Тамбовской епархии» 1911 года указано, что в «селе Бондари церковный приход открыт в 1725 году. Первая церковь была деревянной и построена на средства Пospelова. Вторая – кирпичная, построена в 1839 году на средства фабриканта Лиона».

В первой половине XVIII века бондарцы находились под властью помещицы-баронессы Анастасии Пospelовой. Будучи строго религиозной женщиной, она дала указание на самом высоком месте села построить храм Божий. Со строительством храма село по названию церкви Святой Анастасии стало носить новое название – Анастасьево.

С 1725 года в центре села шла служба в первой деревянной церкви. Вокруг храма в радиусе на 15 сажень оставили пространство для сельского кладбища. После жестокой эпидемии чумы, охватившей огромные территории в 1771 году, Синод запретил захоронения в черте населенных пунктов. Тогда было принято решение о переносе этой церкви как кладбищенской за пределы села. Но простояла церковь на этом месте 100 лет.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. ист. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ И.В. Двухжиловой.

В 1824 году пожары в Бондарях истребили большую часть строений. Возобновилось строительство села по городскому плану с продольными и поперечными улицами и площадью в центре села для постройки церкви. Деревянную церковь фабрикант француз Мартин Лион в 1825 г. бережно перенес на кладбище. Отношение к могилам предков свидетельствовало об уровне культуры и нравственности общества.

Ныне действующий Троицкий храм владелец Бондарской суконной фабрики Мартин Лион начал строить в 1836 году, а после его смерти в 1839 г. храм был достроен на средства его жены Татьяны Лион.

Храм строили 4 года, а точнее сказать 4 лета, так как считали, что это лучшее время для качества постройки.

Храм имеет очень оригинальную архитектуру. Это одна из первых кирпичных церквей в Бондарском крае. Была сооружена по принципу ротонды, стилю, широко популярному в Москве и дворянских провинциальных усадьбах начала XIX века. Храм одноглавый, сделан в виде громадной круглой башни с куполообразным верхом. Над куполом помещена звонница, выше звонницы устроена глава (яблоко) с изящным крестом. В храме два престола: главный – в честь Святой Троицы, и придельный – в честь мученицы Татьяны. Внутри церкви, по стенам ее расположены обширные хоры. Храм был украшен художественной живописью, дорогим иконостасом и богатой утварью.

Устройство храма имеет свою символику. Один купол означает Единого Бога, купол напоминает о Небе, а крест наверху – распростертые руки Бога, зовущие к себе. Синий цвет купола с золотыми звездами венчает Богородичные храмы, зеленый цвет – цвет Троицы. Входят в храм с Запада, от закатной тьмы, и идут к Востоку, к свету.

Трагична история, которая произошла в Бондарях в 1918 году. Священнослужители Троицкого храма за отслуженный после свержения местного совета молебен были расстреляны и похоронены на Бондарском кладбище в братской могиле. Произошло это 3 ноября по старому стилю. Бондарские новомученики священники Алексей Доброхотов и Александр Дмитриевский, диакон Василий Челнавский, псаломщик-диакон Иоанн Колчев были погребены вместе с расстрелянными крестьянами «без отправления мертвым последования».

В 1930-е гг. храм был закрыт. В здании церкви разместились склады, что привело к гибели ценных росписей. Старая деревянная церковь XVIII в., бережно перенесенная при строительстве каменного храма на кладбище, была разобрана. Из ее бревен построены здания под баню и жилой дом. С разрушением церковей практически уничтожена была и система ритуалов при переходе человека от жизни к смер-

ти, которые, как известно, в большей степени нужны для нравственного совершенствования живых.

Чудом спасся храм и в 1941 году, когда вышло решение Тамбовского облисполкома от 4 марта 1941 года «О закрытии церкви в с. Бондари». Согласно этому решению, здание церкви должно было быть передано в распоряжение Бондарского райисполкома под слом для ремонта школы.

Но, к счастью, ее не сломали. Церковь была открыта для богослужений в числе других в 1947 году. На средства верующих произвели ремонт, восстановили прежние росписи, поставили на место сохранившиеся иконы. Сегодня при входе находится мемориальная доска с текстом: «Памятник архитектуры, охраняется государством. Повреждения караются по закону».

Строительные леса окружают Троицкий храм и в наши дни. Капитальный ремонт этой старинной церкви начат в 2009, сейчас наступает главный этап реконструкции.

В храме много старинных и высокочтимых икон. Например, лик Святого Великомученика и Целителя Пантелеймона написан и освящен в Греции, икона Пресвятой Богородицы, возможно, создана в XVIII веке. Поэтому в эту церковь собирается народ со всего Бондарского района. Капитальный ремонт здесь проводят впервые, уже появились новый купол, большой крест.

Средства на реконструкцию Троицкой церкви собрали по сельским муниципальным образованиям, сельхозпредприятиям, помогли депутаты.

Троицкий храм в Бондарях пережил тяжелые времена и по-прежнему сохраняет в своих стенах древние традиции православия. Долгие десятилетия потребовались нашему народу, чтобы понять несостоятельность попыток построить новую культуру на разрушенных святынях. И хорошо, что сегодня это осознали многие. Возрождение нравственности и духовности возможно с признания совершенных ошибок и покаяния. Этим целям служит и Троицкий храм в селе Бондари.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кученкова, В.А. Тамбовские православные храмы / В.А. Кученкова. – Тамбов, 1992.
2. Храмы Тамбовской Епархии : фотоальбом. – Тамбов, 2005.

*Кафедра «История и философия» ГОУ ВПО ТГТУ*

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ, ПРОЦЕССОВ И УСЛУГ

---

УДК 53.089.6.004.12

*Д.А. Дивина\**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Определение удельной теплоемкости материалов относится к области калориметрии, изучающей методы и средства измерения теплотехнических свойств материалов. Результаты калориметрических измерений используются [1]:

- в научных исследованиях;
- при проектировании технологических процессов и аппаратов, промышленных и гражданских сооружений;
- при контроле и испытании качества продукции (переработанных материалов).

Наиболее точные измерения теплоемкости веществ обычно проводят в адиабатическом калориметре. Экспериментальное определение удельной теплоемкости материалов выполняется с использованием автоматизированной измерительной установки на базе модифицированного С-калориметра типа ИТ-С-400 (рис. 1), в котором реализован метод монотонного разогрева [1], предназначенный для исследования температурной зависимости теплоемкости твердых тел, сыпучих и волокнистых материалов, а также жидкостей с плотностью  $\geq 800 \text{ кг/м}^3$ . Ход эксперимента и обработка экспериментальных данных осуществляется под управлением персонального компьютера, в соответствии с программой Main\_ITC.vi, разработанной на кафедре УКиС ТГТУ в среде LabView-7.0.

Измерительная установка не подлежит государственному метрологическому контролю и надзору, поэтому периодически (с интервалом в один месяц) проводится ее калибровка [2], позволяющая установить соотношение между значением величины, полученным с помощью данной измерительной установки, и соответствующим значением величины, определенным с помощью стандартного образца с целью

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ А.Г. Дивина, д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ С.В. Пономарева.



определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

Для наглядного отображения результатов измерения и сравнения их со стандартным значением удельной теплоемкости кварцевого оптического стекла  $c = 840$  Дж/(кг·К) при 100 °С [3] были построены контрольные карты скользящих размахов  $MR$  (рис. 1, *a*) и индивидуальных значений  $X$  (рис. 1, *б*). Вид контрольных карт выбран не случайно, так как в данном процессе измерения непрактично использование рациональных подгрупп [4], необходимых для построения карты средних ( $\bar{X}$ ) и размахов ( $R$ ), потому что время, необходимое для проведения подобного эксперимента настолько велико, что его многократное проведение нецелесообразно.

### 1. Десять последовательных измерений удельной теплоемкости

Наименование показателя	Значение для подгруппы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Удельная теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	803,5	812,9	823,6	776,3	806,1	854,1	786,4	785,9	800,5	820,6
Скользящий размах $MR$		9,4	10,7	47,3	29,8	48	67,7	0,5	14,6	20,1

На основе рекомендаций [4] были рассчитаны основные характеристики используемых контрольных карт.

#### Линии контрольной карты для скользящих размахов:

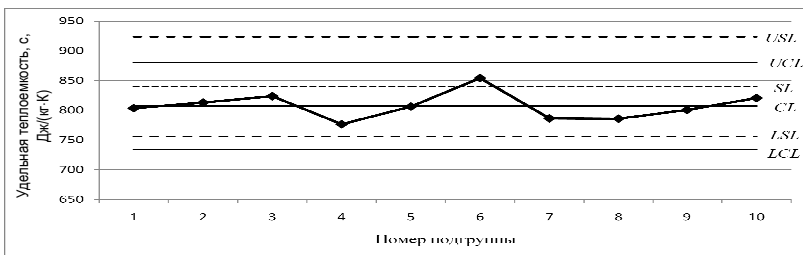
- Центральная линия  $CL = \bar{R} = 27,57$  Дж/(кг·К);
- Верхняя контрольная граница  $UCL = D_4 \bar{R} = 3,27 \cdot 27,57 = 90,06$  Дж/(кг·К);
- Нижняя контрольная граница  $LCL = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 27,57 = 0$  Дж/(кг·К).

#### Линии контрольной карты индивидуальных значений:

- Центральная линия  $CL = \bar{X} = 806,99$  Дж/(кг·К);
- Верхняя контрольная граница  $UCL = \bar{X} + E_2 \bar{R} = 806,99 + 2,66 \cdot 27,57 = 880,31$  Дж/(кг·К);
- Нижняя контрольная граница  $LCL = \bar{X} - E_2 \bar{R} = 806,99 - 2,66 \cdot 27,57 = 733,67$  Дж/(кг·К);
- Стандартное значение [3]  $SL = 840$  Дж/(кг·К);
- Наибольшее предельное значение  $USL = SL + 10\% = 924$  Дж/(кг·К);
- Наименьшее предельное значение  $LSL = SL - 10\% = 756$  Дж/(кг·К).



а)



б)

**Рис. 1. Контрольные карты показаний автоматизированной измерительной установки:**

а – карта скользящих размахов (MR);

б – карта индивидуальных значений (X)

Анализ контрольных карт показывает, что процесс стабилен по разбросу и положению среднего. В этом случае следует рассчитывать индексы воспроизводимости на основе собственной изменчивости процесса  $\sigma_1$  [5]:

$$\sigma_1 = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{27,567}{1,28} = 24,439 ,$$

где  $\bar{R}$  – средний скользящий размах;  $d_2$  – коэффициент, значения которого зависят от числа точек  $n$ , использованных для расчета скользящих размахов в MR-карте. По данным [4]  $d_2 = 1,128$ .

Значения индексов воспроизводимости  $C_p$  и  $C_{pk}$  рассчитывают по следующим формулам [5]:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_1} = \frac{924 - 756}{6 \times 24,439} = 1,146 ;$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_1}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_1}\right) = \min\left(\frac{924 - 806,99}{3 \cdot 24,439}, \frac{806,99 - 756}{3 \cdot 24,439}\right) = 0,695.$$

Рассчитанное значение  $C_{pk}$  достаточно мало, следовательно, возможности процесса измерения нельзя считать приемлемыми, необходимо улучшить настройку процесса на центр поля допуска.

Максимальная относительная погрешность измерения удельной теплоемкости стандартного образца  $\delta = -7,583\%$ , а средняя относительная погрешность за десять измерений  $\delta_{cp} = -3,929\%$ .

Приведенные расчеты показывают, что точность процесса можно повысить путем введения поправки в результаты измерений:

$$\nabla = SL - CL = 33,01 \frac{Дж}{кг \cdot К},$$
$$c^{исп} = c^{изм} + \nabla,$$

где  $c^{исп}$  – исправленное значение удельной теплоемкости;  $c^{изм}$  – измеренное значение удельной теплоемкости.

Таким образом, использование контрольных карт позволяет провести более тщательный анализ процесса измерения и разработать предложения по его совершенствованию на основе полученных данных.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, госконтракт № 14.740.11.0141.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические и практические основы теплофизических измерений / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, А.Г. Дивин, В.А. Вертоградский, А.А. Чуриков ; под ред. С.В. Пономарева. – М. : ФИЗМАЛИТ, 2008. – 408 с.
2. РМГ29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 2000. – 52 с.
3. ГОСТ Р 15130–86. Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия. – М. : Издательство стандартов, 1999. – 30 с.
4. ГОСТ Р 50779.42–99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М. : Издательство стандартов, 1999. – 36 с.
5. ГОСТ Р 50779.44–99. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. – М. : Издательство стандартов, 2001. – 20 с.

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

М.А. Истомин\*

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В последнее время на российских предприятиях стали внедряться системы менеджмента качества (СМК). Существуют свои особенности в моделях СМК для различных отраслей народного хозяйства. Выявление и учет этих особенностей при построении модели СМК позволит более эффективно использовать ресурсы предприятия и производить более качественную продукцию.

Рассмотрим модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе, представленную в ГОСТ Р ИСО 9000–2008 (рис. 1).

На основании анализа существующих моделей систем менеджмента качества и факторов, влияющих на качество и конкурентоспособность труб из полиэтилена [2], нами была разработана модель системы менеджмента качества для предприятий по производству труб из полимерных материалов (рис. 2).

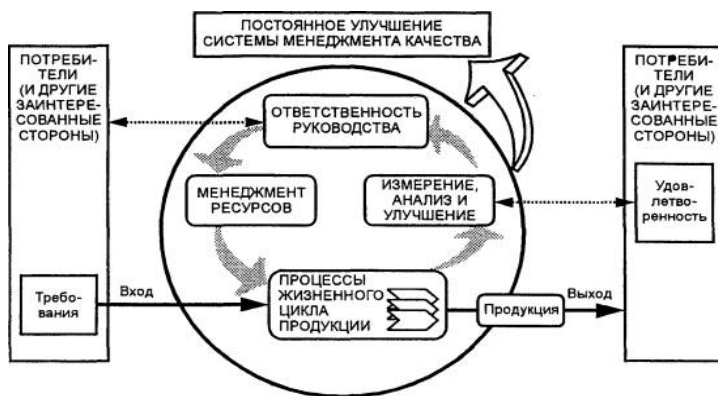
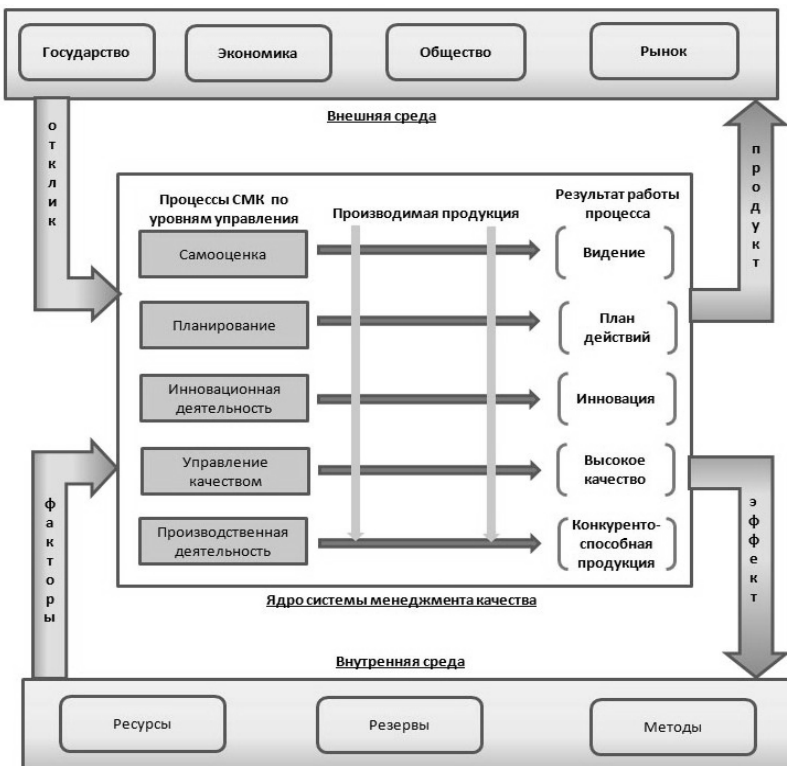


Рис. 1. Модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе [1]:

→ – деятельность, добавляющая ценность;

---> – поток информации

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, д-ра экон наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.В. Жарикова.



**Рис. 2. Модель системы менеджмента качества для предприятий по производству труб из полиэтилена**

Данная модель позволит более гибко реагировать на изменения внешней среды, задействуя при этом современные инструменты управления предприятием.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2008. Системы менеджмента качества. Требования.
2. Кривенцева, М.К. Качество и конкурентоспособность труб из полиэтилена / М.К. Кривенцева, М.А. Истомин // Вестник Тамбовского университета. – 2009. – Вып. 5 (73). – С. 280 – 283.

*Кафедра «Менеджмент» ГОУ ВПО ТГТУ*

*Ю.А. Калинина\**

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ

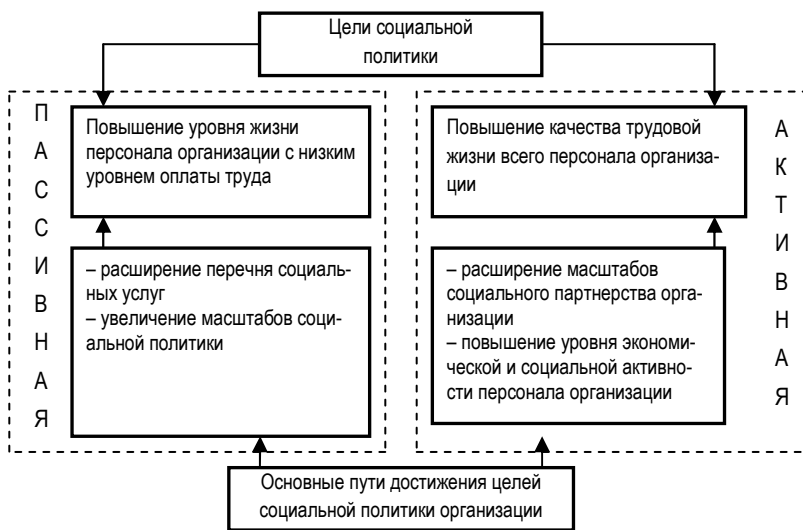
До конца XIX века экономика развивалась без ориентации на учет социальных параметров своего развития. Полное игнорирование человеческого фактора дополнялось стремлением работодателей обеспечить тотальный контроль над персоналом организации. Но к концу XIX – началу XX века объективно вызрела идея – обратиться к тем резервам, которые кроются в самом работнике, пробудить его заинтересованность в эффективной и результативной деятельности. Это был кардинальный шаг, меняющий всю ситуацию в организациях, использующий возможности работника для повышения качества жизни персонала организации. Качество жизни – одна из основных категорий, через которую отражаются целевые функции социальной и экономической политики, олицетворяя собой синтез материальных и духовно-творческих сторон жизни, уровень реализации сил человека, его интеллекта, творческого смысла жизни. Оно не соответствует только материальному уровню жизни, хотя и не отрицает ее существенную роль. Само понятие «качество жизни» является сложной и противоречивой системой единства духовных, интеллектуальных, материальных, научно-образовательных, экологических и демографических компонентов жизни, как отдельного человека, семьи, народа, так и общества в целом, человечества [1]. Социальные процессы, происходящие в организациях, стали объектом изучения в современной России сравнительно недавно. Это было связано с ориентацией российской модели рыночной экономики на решение социально-экономических проблем, с влиянием демографической ситуации на состояние рынка труда. Отсюда реальное привлечение таких компонентов процесса организации и стимулирования труда, как ответственность, точность, аккуратность и внимательность работников, т.е. факторов, определяющих их реальное сознание. Сейчас мало действует слепая сила приказа. Все большее значение приобретают гражданская позиция человека, экономическая целесообразность. Соответственно это привело работодателей к необходимости рассматривать управление социальными процессами в качестве важного элемента системы управления персоналом организа-

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра экон. наук, д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Б.И. Герасимова.

ции, с целью улучшения характеристик социальной среды и снижения напряженности в организациях. Среда, образуемая самим персоналом организации с его различиями по демографическим и профессионально-квалификационным признакам, понимается как социальная среда организации, от которой зависит качество трудовой жизни работников. Большое внимание уделяется установлению благоприятных взаимоотношений между коллегами. В создании благоприятного социально-психологического климата большую роль играют профсоюзные организации. Именно они призваны самым активным образом участвовать в постоянном, устойчивом воспроизводстве таких психологических состояний, как симпатия и притяжение, положительный эмоциональный фон общения, межличностная привлекательность, чувство сопереживания, соучастия, возможность в любой момент оставаться самим собой, быть понятым и положительно воспринятым (независимо от своих индивидуально-психологических особенностей). Для обеспечения стабильности динамики развития экономики на первый план выходят задачи, связанные с разработкой новых методов решения социально-трудовых проблем, учитывающих как вызовы глобализации экономики, так и требования качественной трансформации роли государства в разработке и осуществлении социальной политики. Она должна быть направленной на гармонизацию экономических интересов наемных работников и работодателей в реализации концепции достойного труда и повышение уровня конкурентоспособности наемных работников на рынке труда. Одной из основных целей современного государства является полноценное финансовое обеспечение жизнееспособной системы социальной поддержки населения, ориентированной на всестороннее развитие и социальное выравнивание граждан. В современной России до сих пор не преодолен сложившийся еще во времена плановой экономики СССР остаточный принцип финансирования социальных программ. Государство, позиционирующее себя в глазах собственных граждан и мирового сообщества в качестве социального, призвано обеспечить взаимодействие органов власти всех уровней, местного самоуправления с объединениями предпринимателей (работодателей) для решения социально-трудовых проблем, прежде всего – на уровне организаций, являющихся первичной ячейкой всей экономической системы общества. С начала экономических реформ в России стало очевидным, что если государство не обеспечивает должного уровня развития социальной сферы, то это подталкивает организации к минимизации социальных программ. Степень социальной ориентации экономики конкретной страны среди прочих факторов определяется и тем, насколько распространена практика реализации социальной политики организации. В ее рамках реализуются меро-

приятия, которые по своему содержанию соответствуют приоритетам развития страны и самой организации, но не представляющие интереса для властных структур, осуществляющих государственную социальную политику. Приоритетная роль государства должна заключаться в формировании идеологии социальной политики, создании благоприятных условий для ее адаптации на уровне организации. Социальная политика организации будет соответствовать своему назначению элемента социальной рыночной экономики при условии, если государство не будет стремиться переложить часть проблем со своих плеч на плечи организаций. Организации должны конкретизировать собственную «зону ответственности» в рамках политики роста и развития, содержание которой состоит в формировании среды жизнедеятельности, обеспечивающей возможности всестороннего развития личности. Таким образом, социальная политика организации теснейшим образом связана с кадровой политикой организации и, подобно ей, может быть активной или пассивной. При этом различными будут цели и инструменты их достижения, в качестве которых выступают социальные выплаты, льготы и услуги (рис. 1).



**Рис. 1. Цели социальной политики организации**

Через функцию социальной защиты социальная политика организации обеспечивает защиту работников от рисков, связанных с трудовой деятельностью (профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве, производственный травматизм, потеря трудоспо-



способности и др.), тем самым повышая качество жизни персонала организации. Долгое время социальные резервы, возможности человека принимались в расчет по-разному: чаще стихийно, чем сознательно. На их реализацию отпечаток накладывали господствующие социально-экономические условия, предопределяющие, в чьих интересах используются эти резервы, заложенные в творческой природе человека. Оценивая значения социальных резервов, таящихся в сознании и поведении работников, профсоюзы выполняют важную роль в трудовой деятельности коллектива. Для эффективного воздействия государства на управление социальными процессами на уровне организаций нужно целесообразно использовать инструментарий социальных стандартов: федеральных, региональных и локально-правовых стандартов организации. Они затрагивают основополагающие области социальной сферы: формирования доходов населения, обеспечения гарантий занятости, образования и культуры, здравоохранения, жилищно-коммунальной сферы, которые являются важнейшим инструментом социальной политики на всех уровнях ее разработки и реализации – от федерального до уровня организации, учреждений; а также индикатором состояния социальной сферы любой экономической системы. При этом на первый план выходят те из них, которые обеспечивают реализацию конституционных прав граждан в сфере труда (уровень оплаты труда, режимы труда и отдыха, безопасные условия труда). Стандарты такого рода, как известно, регламентируются законодательными и нормативными актами. С помощью различных социальных стандартов возможно разграничение таких понятий, как социальная защита, социальное обеспечение, социальная поддержка и конкретизация их роли в управлении социальными процессами. Следовательно, государственные социальные стандарты должны стать основой для управления социальными процессами на уровне организации [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Субетто, А.И. Качество жизни, здоровье нации и безопасность России – главные функционалы бытия и критерии социально-экономической политики государства / А.И. Субетто. – URL : [www.trinitas.ru/rus/dok/0228/004a/02280047.htm](http://www.trinitas.ru/rus/dok/0228/004a/02280047.htm).

2. Щучкин, Ю.В. Управление социальными процессами в системе работы с персоналом организации : автореф. дис. ...д-ра экон. наук по спец. 08.00.05 / Ю.В. Щучкин. – М., 2008. – 24 с.

*Кафедра «Экономический анализ и качество» ГОУ ВПО ТГТУ*

*Ю.В. Бабий, Е.В. Бурцева\**

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ЮРИСКОНСУЛЬТА**

В обязанности юрисконсульта агентства «СтандАрт» входят следующие основные задачи:

- правовая поддержка организации, включающая договорную работу;
- кадровая работа;
- ведение делопроизводства.

Как показало исследование состояния программно-технической оснащённости деятельности юрисконсульта, его рабочее место обеспечено всеми необходимыми для работы техническими средствами. Однако основными программными продуктами, которые он использует в работе, являются только лицензионный пакет Microsoft Office (в основном текстовый процессор Word), Интернет и справочные правовые системы «Консультант плюс» и «Гарант». В ходе анализа работы юрисконсульта общества «СтандАрт» были выявлены проблемы учета договоров, регистрации входящей и исходящей корреспонденции, кадровой работы. Первоначальный учет производится вручную, это занимает много времени, затрудняет подготовку необходимых отчетов. В связи с этим будет разумным автоматизировать рабочее место юрисконсульта. Для этого предложено создать специальный программный продукт – комплекс «АРМ юрисконсульта», который позволит избавить юрисконсульта от рутинной работы, облегчит регистрацию документации, сократит время, требующееся на заполнение журнала вручную, повысит удобство подготовки отчетов.

В разрабатываемом комплексе требуется реализовать следующие возможности: ввод информации; ее редактирование; просмотр введенных данных; поиск необходимой информации; подготовка отчетов; вывод отчетов и документов на печать.

Основой любой автоматизированной системы является база данных. Базы данных позволяют соединять числовой, текстовый и графический типы данных в единое целое, а также обеспечивают надежное хранение информации в структурированном виде, облегчают поиск необходимой информации за счет существующих связей [1].

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ В.Н. Чернышова.

Для создания базы данных необходимо выбрать систему управления базами данных (СУБД). Теоретически при выборе СУБД нужно принимать во внимание десятки факторов. Но практически разработчики руководствуются лишь собственной интуицией и несколькими наиболее важными критериями.

Программный комплекс «АРМ юриконсульта» будет разработан в интегрированной среде Delphi на основе базы данных, созданной в MS Access.

При проектировании базы данных на первом этапе необходимо выполнить анализ предметной области на содержательном уровне.

Результат анализа предметной области юриконсульта общества «СтандАрт» показал, что база данных разрабатываемого программного комплекса должна состоять из 3-х не связанных между собой частей.

Первая часть посвящена договорной работе. Эта часть представляется журналом регистрации договоров. Вторая часть базы данных для комплекса «АРМ юриконсульта» – это журнал регистрации корреспонденции (входящей и исходящей). Третья часть базы данных определяет еще одно направление деятельности юриконсульта – кадровую работу.

После разработки в MS Access базы данных в Delphi была создана оболочка комплекса [2].

Оболочка программного комплекса «АРМ юриконсульта» состоит из шести форм и одного модуля данных. Модуль данных содержит объекты базы данных и SQL запросов.

Первая часть программного комплекса – журнал регистрации договоров – представлена в виде нескольких форм.

Первая форма выполняет функции главного окна программы. Переход между формами осуществляется через главное меню, расположенное на первой (главной) форме.

Пунктом главного меню – партнеры, открывается окно редактирования данных. Это окно позволяет работать с данными партнеров организации: добавлять новых партнеров, удалять, редактировать данные уже имеющихся в программе.

Окно «Реестр договоров» содержит сведения о договорах и дополнительных соглашениях к договорам. В окне организован поиск по параметрам договоров, как по полным, так и по не полным значениям параметров. Данные, содержащиеся в форме, экспортируются в шаблоны стандартной формы договора возмездного оказания услуг и приложения. Договор возмездного оказания услуг является наиболее часто используемым договором, составление таких договоров в ряде случаев осуществляется не только юриконсультом, но и менеджерами. Именно поэтому было решено сделать его заполнение автоматизированным.

Вторая часть – журнал регистрации корреспонденции. Эта часть программного комплекса создана для обеспечения регистрации и учета документооборота. Главное правило документооборота – оперативное движение документов по наиболее перспективному пути с минимальными затратами времени и труда.

Основными задачами второй части являются: автоматизация делопроизводства, ведение электронного архива документов.

В форме для каждого типа корреспонденции (входящие, исходящие) отдельно организован поиск по различным параметрам. Результат поиска выводится в появившемся окне «Запрос». Преимуществом такой организации поиска является возможность вывода искомого результата на печать.

Третья часть программного комплекса «АРМ юристконсульта» предназначена для автоматизации и оптимизации бизнес-процессов в области управления персоналом: ведение штатного расписания, личных карточек, отпусков, формирование и ведение приказов по личному составу и многое другое (рис. 1).

Заполнение полей производится пользователем вручную, данные для полей «пол», «образование», «гражданство», «семейное положение» выбираются из выпадающего списка стандартных вариантов, такой вариант заполнения производится с помощью установленных компонентов TDBComboBox. Окно позволяет также просматривать данные

Кадры

Фамилия: Борова      Должность: начальник отдела прои      № контракта: 9  
Имя: Мария      Дата приема на работу: 01.01.2010      Оклад: 4300  
Отчество: Сергеевна

Дата рождения: 27.04.1988      Пол: Жен      Семейное положение: не состою в браке      Гражданство: Россия

Образование: незаконченное высшее      Место рождения: г.Тамбов, И.Франко      Паспортные данные: серия 68 02 № 23265  
ВУЗ: ТПУ им. Г.Р. Державина      Место жительства: г.Тамбов, И.Франко      ИНН: 54654  
Квалификация:      № медицинского полиса: 4854654  
Профессия: менеджер организации      № страхового свидетельства: 12164123  
Иностраный язык: английский

Приказ Т1    Личная карточка    Штатное расписание    Приказ Т5    Приказ Т6    График отпусков    Приказ Т8    Трудовой договор

Рис. 1. Окно «Кадры»

сотрудников, добавлять новых сотрудников, удалять и редактировать данные о сотрудниках, осуществлять поиск сотрудников по различным параметрам. Достоинством и важной функцией окна «Кадры» является возможность направления данных, содержащихся в форме, в шаблоны документов. Для этого в нижней части окна расположен ряд кнопок, каждой из которых соответствует определенный документ. Такими документами являются приказы, штатное расписание и пр., т.е. документы, с которыми кадровому работнику приходится постоянно иметь дело.

Данная часть (третья) программного комплекса:

- позволяет построить эффективную работу с кадровыми ресурсами организации;
- обеспечивает оперативный доступ к информации, необходимой для принятия решений;
- позволяет отслеживать и оптимизировать загрузку работников;
- позволяет более эффективно управлять временными и материальными ресурсами;
- обеспечивает ведение кадровой информации в соответствии с унифицированными формами и нормативными требованиями российского законодательства;
- позволяет экспортировать данные в Word;
- позволяет существенно снизить трудозатраты за счет автоматизации рутинных операций;
- исключает возможность потери информации;
- обеспечивает возможность быстрого поиска необходимых данных и т.д.

Таким образом, программный комплекс «АРМ юрисконсульта» существенно сокращает время выполнения юрисконсультом рутинной работы. Например, если до момента появления программного комплекса составление стандартного договора возмездного оказания услуг занимало около 20 – 25 минут, с использованием комплекса – лишь 7 – 10 минут. Автоматизация данной работы юрисконсульта, наряду с увеличением скорости ее выполнения, также значительно повышает качество результата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпова, Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация / Т.С. Карпова. – СПб. : Питер, 2002. – 304 с.
2. Фленов, М.Е. Библия Delphi / М.Е. Фленов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 880 с.

*Кафедра «Информатизация правовой деятельности» ГОУ ВПО ТГТУ*

*С.И. Тормасин\**

## **УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТАМИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В связи с переходом на новые образовательные программы, предполагающие использование кредитно-модульной системы обучения, обострилась проблема оперативности и динамичности планирования учебной деятельности профессорско-преподавательского состава (ППС) и ее эффективного управления в частности. Это касается, в первую очередь, распределения учебной аудиторной нагрузки среди преподавателей кафедры, когда приходится учитывать:

- ограничения по объему годовой нагрузки;
- график учебного процесса;
- качественный состав ППС кафедры и соответствующие ограничения по «профессорской» и «ассистентской» нагрузке;
- возможность корректировки расписания занятий, связанной как с изменениями в учебном плане, так и с изменениями должностных обязанностей преподавателей, графика их работы;
- уровень квалификации преподавателей в различных учебных курсах (дисциплинах), закрепленных за кафедрами;
- необходимый уровень наглядности и доступности реестра закрепления учебных дисциплин за преподавателями кафедры.

В соответствии с этими задачами разработаны прикладные программы для ЭВМ (макросы) на основе средства программирования Visual Basic for Applications (VBA). Выбор средства определяется:

- 1) доступностью компонента VBA (входит в широко распространенный пакет программ Microsoft Office);
- 2) удобством использования функций для обработки данных электронных таблиц Microsoft Excel (компонента Microsoft Office), в форме которых предоставляются исходные данные для распределения и расчета учебной аудиторной нагрузки ППС кафедры;
- 3) минимальной модификацией кода прикладных программ для обеспечения их функционирования на различных версиях Microsoft Excel.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра пед. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Н.П. Пучкова и канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ» В.А. Попова.

За основу процесса распределения нагрузки выбирается редактирование электронных таблиц, предоставляемых учебно-методическим управлением кафедре, позволяющее осуществить привязку преподавателя к определенной дисциплине, группе, потоку, семестру.

Для описания ограничений по «профессорской» и «ассистентской» нагрузке формируется таблица в отдельной электронной книге.

Результатом работы настоящих макросов является новая книга Microsoft Excel, содержащая листы:

1) по одному на каждого сотрудника кафедры, читающего лекции и/или ведущего практические занятия. На листе располагаются результаты расчета учебной нагрузки за осенний (нечетный) и весенний (четный) семестры, представленные в виде таблиц.

2) «Сводная», содержащий сводную таблицу объема учебной нагрузки ППС кафедры (рис. 1).

Для полученных результатов возможна ручная корректировка с автоматическим перерасчетом учебной нагрузки.

Разработанные макросы расчета учебной нагрузки сопровождаются подробным руководством пользователя, тестовыми примерами, шаблонами. Макросы успешно прошли тестовые испытания на кафедре «Высшая математика» и активно используются в настоящее время.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Осенний семестр (неч)			Весенний семестр (чётн)					
3									
4	<b>Ст.</b>	<b>Ф.И.О.</b>	<b>Недельн.</b>	<b>Семестр неч</b>	<b>Недельн.</b>	<b>Семестр чётн</b>	<b>ГОДОВАЯ</b>	<b>Средн.</b>	<b>Дельта</b>
5	1,25	Иванов И.И.		369,73		352,51	722,24	687,79	34,45
6	0,5	Петров П.П.		104		115,6	219,6	275,12	-55,52
7	1	Сидоров С.С.		241,855		329,45	571,305	550,23	21,07
8	<b>2,75</b>		<b>0</b>	<b>715,585</b>	<b>0</b>	<b>797,56</b>	<b>1513,145</b>		<b>0,00</b>
9									
10									
11	<b>Неч Сем всего часов</b>		<b>715,6</b>		<b>Чётн Сем всего часов</b>		<b>797,6</b>		
12	1 ставка		260,2		1 ставка		290,0		
13	1,25 ставки		325,3		1,25 ставки		362,5		
14	0,25 ставки		65,1		0,25 ставки		72,5		
15	0,5 ставки		130,1		0,5 ставки		145,0		
16									
17									
18			<b>Всего часов за год</b>		<b>1513,1</b>				
19			1 ставка		550,23				
20			1,25 ставки		687,8				
21			0,25 ставки		137,6				
22			0,5 ставки		275,1				
23			<b>НЕДЕЛЬНАЯ НАГРУЗКА</b>						

Рис. 1. Выходные данные – сводная таблица

Настоящую разработку можно использовать в качестве объекта проектирования в учебном комплексном проектировании [1] для формирования интегрированной информационно-математической компетентности выпускников вуза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков, Н.П. Учебное комплексное проектирование в процессе подготовки инженеров в области автоматизированных систем как технология формирования их компетентности (на примере специальности САПР) / Н.П. Пучков, С.И. Тормасин // Материалы XXI Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», 28–29 июня 2010 г., Троицк / ред. группа : М.Ю. Алексеев [и др.]. – Троицк, 2010. – С. 190 – 192.

*Кафедра «Высшая математика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 330.59.004.12**

*К.В. Завражина\**

## МАРКЕТИНГ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Категория маркетинга в современном российском обществе является, бесспорно, новым видом экономической деятельности, активно развивающимся, распространяющимся и доказывающим свою необходимость. Маркетинг выполняет функции управления рынком. При чем понятие «рынок» рассматривается в широком смысле, под ним подразумевается не только рынок производственных товаров, а все многообразие рыночных отношений в различных областях жизнедеятельности.

Одной из отличительных особенностей современного периода является переход развитых стран от так называемой индустриальной экономики к сервисной (направленной на человека и улучшение качества его жизни). В первую очередь это связано с тем, что сфера услуг превращается в движущую силу хозяйственного развития. Этот процесс требует изменения мировоззрения руководителей предприятий и корректировки стратегий маркетинга. Каковы же основные отличия сервисной экономики от индустриальной?

Следует заметить, что в сервисной экономике главным фактором, определяющим успех предприятия, является его способность понять системы предпочтений клиентов и тенденции их развития и как можно

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра экон. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ О.В. Воронковой.



лучше удовлетворять эти запросы, т.е. сделать жизнь потребителей максимально комфортной. Значит, можно говорить, что в сервисной экономике центральной становится категория качества жизни.

Предметом исследования экономистов выступают экономические отношения по поводу производства, обмена, распределения и потребления материальных благ. Поэтому качество жизни как объект экономических исследований напрямую связывается с этими отношениями и определяется как удовлетворение материальных потребностей человека. В экономической теории понятие «качество жизни» связывается с термином «благополучие».

Во Всероссийском центре уровня жизни (ВЦУЖ) под *качеством жизни* понимают уровень развития и степень удовлетворения всего комплекса потребностей и интересов людей. Специалисты Всероссийского научно-исследовательского института научной эстетики (ВНИИТЭ) рассматривают *качество жизни* как совокупность жизненных ценностей, характеризующих виды деятельности, структуру потребностей и условия существования человека (групп, населения, общества), удовлетворенность людей жизнью, социальными отношениями и окружающей средой. Также рассматривается структура качества жизни, которая, по мнению специалистов, базируется на таких трех компонентах, как:

- 1) удовлетворение потребностей населения (трудовых, социальных, семейных, духовных);
- 2) условия жизни (характеристики социальной среды, состояния природной и искусственной среды);
- 3) виды деятельности, осуществляемые человеком (труд, быт, отдых).

Также в структуру качества жизни можно включить качество среды обитания, качество организации и управления обществом, качество населения, качество человека, качество здоровья популяции, качество образования.

В то же время государственная работа по определению и реализации заданного качества жизни ведется через законодательное введение стандартов (индексов) качества жизни, которые обычно включают три блока комплексных индикаторов.

*Первый блок индикаторов качества жизни* характеризует здоровье населения и демографическое благополучие, которые оцениваются по уровням рождаемости, продолжительности жизни, естественного воспроизводства.

*Второй блок* отражает удовлетворенность населения индивидуальными условиями жизни, а также социальную удовлетворенность положением дел в государстве. Для их оценки используются социологические опросы представительных выборок из населения. Объектив-

ным индикатором крайней неудовлетворенности служит уровень самоубийств.

*Третий блок* индикаторов оценивает духовное состояние общества. Уровень духовности определяется по характеру, спектру и числу творческих инициатив, инновационных проектов, а также по частоте нарушений общечеловеческих нравственных заповедей.

В данной работе рассматривается следующая номенклатура показателей для определения уровня качества жизни (УКЖ):

- 1) обеспеченность материальных потребностей (ОМП);
- 2) обеспеченность трудовых потребностей (ОТП);
- 3) качество медицинских услуг (КМУ);
- 4) доступность медицинских услуг (ДМУ);
- 5) качество образования (КОБ);
- 6) доступность образования (ДОБ);
- 7) качество социальных услуг (КСУ);
- 8) уровень духовной и культурной жизни (УДКЖ);
- 9) уровень обустроенности быта (УОБыт);
- 10) качество отдыха (КОт);
- 11) обеспеченность жильем (ОЖ);
- 12) возможность приобретения жилья в будущем (ВПЖ);
- 13) уровень общественной безопасности (УОБез);
- 14) состояние здоровья (СЗ);
- 15) качество среды обитания (КСО).

Все многочисленные элементы категории качества жизни можно представить в виде рынка (системы рыночных отношений), так как на каждый из перечисленных элементов есть потребительский спрос и существует предложение. А если при рассмотрении данной категории мы говорим о рыночных отношениях, значит, основной задачей производителей является эффективная, выгодная продажа своего специфического конечного продукта. Решение поставленной задачи и управление перечисленными категориями является функцией маркетинга. Рассматривая означенные области деятельности, отметим, что все они относятся к категории качества жизни и являются ее составляющими. Следовательно, можно говорить о том, что управление комплексной категорией качества жизни относится к задачам маркетинга.

Не только маркетинг определяет качество жизни, но и качество жизни имеет большое значение в определении характеристик маркетинга. Маркетинг выявляет, формирует и удовлетворяет потребности людей, тем самым, создавая новые возможности для изменения качества их жизни. Перемены, происходящие в качестве жизни социальных объектов, в свою очередь сами изменяют маркетинг.



**Рис. 1. Взаимосвязь маркетинга и качества жизни**

Данный вид связи прямо или косвенно рассматривается в работах сторонников концепции «чистого или социально-этичного маркетинга». Схематично с учетом составляющих понятия «качество жизни» эту связь можно представить так, как показано на рис. 1.

Для определения уровня качества жизни могут быть использованы методы маркетинговых исследований. К одному из них относится опрос. Проведенные социальные опросы позволяют раскрыть субъективное мнение людей о собственном уровне качества жизни, выявить недовольства и отметить благополучные стороны, т.е. происходит оценка потребительского спроса на предоставляемый товар и уровень удовлетворенности им.

Далее необходимо выявить существующие возможности по удовлетворению потребительского спроса и перспективы «наращивания оборота по выпуску востребованного товара» (говорим об этом в кавычках, так как конечный продукт рассматриваемых видов деятельности весьма специфичен, как и процесс его выпуска). Иначе говоря, выявляем объем и качество возможного предложения товара.

Особенностью анализа спроса и предложения на рассматриваемых рынках является его масштабность. Если в случае рынка производственных товаров или услуг одно конкретное предприятие исследует спрос конкретных потребителей на предоставляемый товар, то в рассматриваемом нами случае область исследований значительно расширяется. Здесь потребителем выступает все население конкретного города, области, региона, страны, производителем – государство и множество коммерческих предприятий, конечным продуктом – вся область предоставляемых ими услуг. Затем находится оптимальное

сочетание спроса и предложения, т.е. достигается рыночное равновесие (причем ценой предоставляемых государством услуг является величина налогов и сборов, которую потребитель будет согласен платить не только за количество, но и качество оказываемых услуг).

Таким образом, можно говорить не только о возможности, но и эффективности применения маркетинговых инструментов в оценке и управлении качеством жизни.

*Кафедра «Менеджмент» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 378:004**

*Л.А. Ведешкина, О.Н. Бардадымова*

### **ИНТЕРНЕТ-ПРЕДПОЧТЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТГТУ (ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ)**

В текущем учебном году были проведены исследования Интернет-предпочтений студентов ГОУ ВПО ТГТУ с целью изучения возможности внеаудиторной работы в сети и круга интересов при использовании для выхода в Интернет мобильных телефонов. В исследовании участвовали студенты 1 – 3 курсов и магистранты энергетического факультета, всего 132 человека. Форма исследования – анкетирование. Вариантами ответов на каждый из вопросов были: «никогда», «очень редко», «редко», «иногда», «часто», «постоянно».

Раздел анкеты «Возможности доступа» позволил оценить интенсивность использования Интернет для реализации учебных целей образовательного процесса, а именно: подготовки к занятиям в семестре и подготовки к сессии.

Большинство студентов часто или постоянно используют ресурсы Интернет при подготовке к занятиям. Примерно такое же распределение и в ответах на вопрос о использовании Интернет-ресурсов при подготовке к сессии. При этом, чем выше курс, тем студенты реже используют материалы Интернет, но, поступив в магистратуру, они начинают практически постоянно пользоваться материалами Сети.

Раздел анкеты «Интернет дома» дал возможность оценить направления внеаудиторной работы в сети Интернет и возможности использования стационарного доступа.

Все студенты 1, 2 курсов и магистранты всегда имеют возможность постоянного доступа в Интернет. Среди 27 студентов-третьекурсников только 7 не имеют возможности стационарного доступа вне вуза. Оценили свою возможность доступа как «очень редко» 4 из 56 первокурсников и 11 из 37 (почти 1/3!) студентов 2 курса. Все

12 магистрантов указали, что такая возможность имеется «часто» или «постоянно».

Направленность работы при использовании стационарного подключения разнообразна. При отображении информации на диаграммах использованы суммарные значения ответов «очень часто» и «постоянно». В основном респонденты используют Интернет для общения в чате, поиска информации по учебным темам, в качестве источника новостей, для поиска социально-экономических публикаций и информации по интересам (рис. 1, 2).

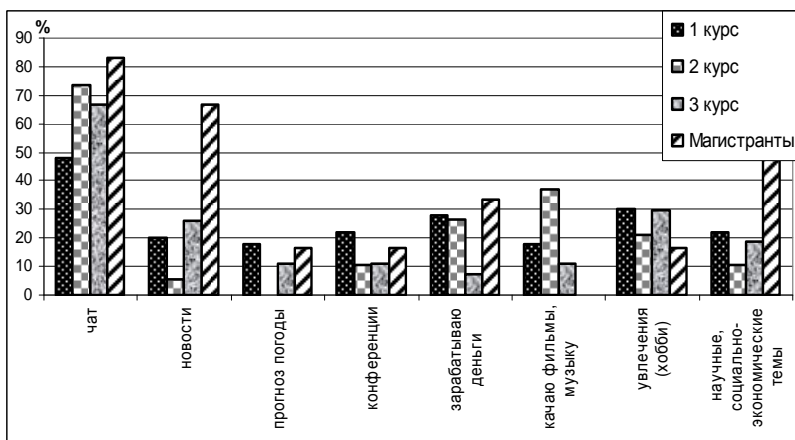


Рис. 1. Интернет-предпочтения юношей при стационарном подключении к сети

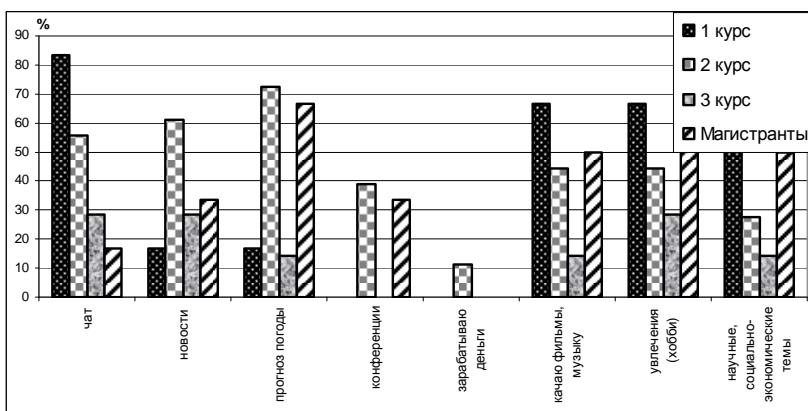


Рис. 2. Интернет-предпочтения девушек при стационарном подключении к сети

«Мобильный» Интернет используют: 1 курс – 68% юношей и 67% девушек, 2 курс – 63% юношей и 61% девушек, 3 курс – 55% юношей и 29% девушек, магистранты – 83% юношей и 17% – девушек.

Безусловным лидером использования мобильного Интернет студентами в течение всего времени обучения является чат (за исключением девушек–магистрантов), и при стационарном подключении почти все остальные направления значительно проигрывают чату по показателям предпочтений (рис. 3, 4).

Если сравнить процентные отношения количества студентов, использующих стационарное и «мобильное» Интернет-подключения с целью общения (чат), то следует заметить, что в «домашних» условиях студенты почти вне зависимости от курса склонны общаться в чате. Для мобильного же интернета – чем ниже курс, тем выше процент.

В прошлом году нами проводились подобные исследования среди выпускников гимназии и общеобразовательной школы. Результаты составили, соответственно, 81 и 65%, что сравнимо с результатами для студентов-первокурсников в настоящее время (73 и 50%).

Учитывая, что речь идет об очень частом или постоянном использовании направлений, можно предположить, что использование коммуникативных возможностей «мобильного» Интернет для последующих поколений первокурсников будет расти.

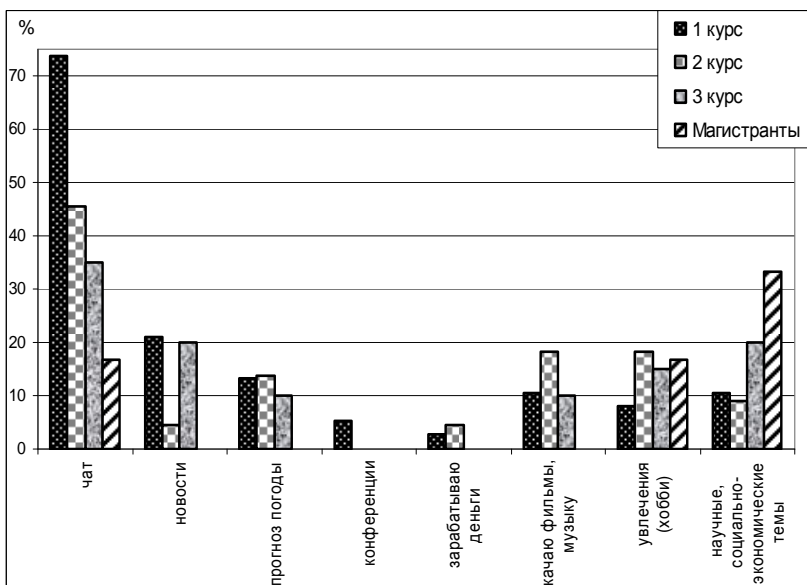
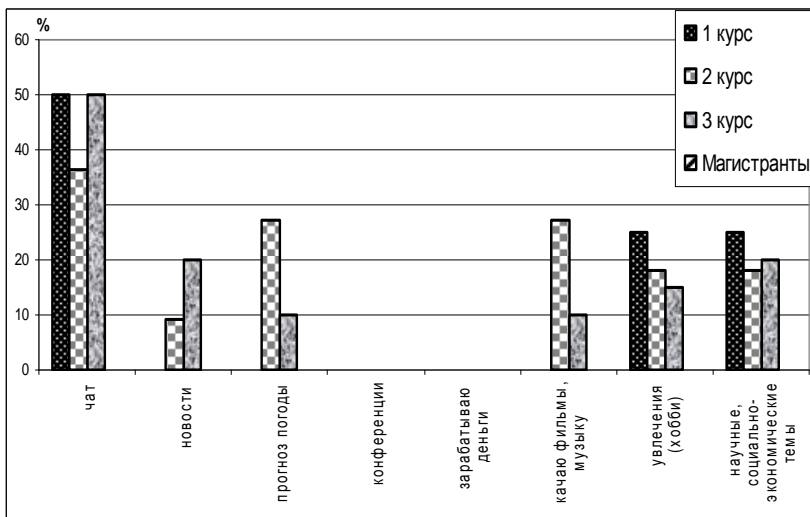


Рис. 3. Интернет-предпочтения юношей при использовании мобильного телефона



**Рис. 4. Интернет-предпочтения девушек при использовании мобильного телефона**

Умение студентов обращаться с техникой в ТГТУ только приветствуется, но для ускорения адаптации к условиям образовательного процесса в вузе первокурсникам желательно сместить профиль предпочтений с общения на учебный процесс, а преподавателям, активно использующим в работе со студентами VitaLMS, убедить студентов, что время, которое они тратят на общение в чате по мобильному телефону (например, находясь в транспорте), можно использовать для самообразования.

В результате исследования мы пришли к следующим выводам:

- в процессе обучения студентов профиль их интернет-предпочтений изменяется. Те, кто пользуются для выхода в Интернет мобильным телефоном, к моменту обучения в магистратуре используют преимущества мобильной связи в большей мере, для развития себя как специалиста и личности, обнаруживают научные и творческие склонности;
- при разработке учебных материалов необходимо в перспективе учитывать возможность отображения информации на экране мобильного телефона или коммуникатора.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ГОУ ВПО ТГТУ*

*Т.Ю. Дорохова\****МЕТОДИКА АДАПТАЦИИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
НА БАЗОВЫХ КАФЕДРАХ**

Новые социально-экономические условия и современный рынок труда, развитие высокотехнологичных и наукоемких отраслей производства обуславливают потребность предприятий в специалистах с минимальным сроком адаптации к производственным условиям и активной жизненной позицией. Выпускник вуза может успешно функционировать в сфере профессиональной деятельности, обладая определенными личностными и поведенческими навыками. Компетентным считается тот работник, который помимо профессиональных знаний, умений и навыков, непосредственно характеризующих специалиста в профессиональной области, обладает личностными качествами, такими как высокий уровень выполнения трудовых функций, культура труда и межличностных коммуникаций, готовность к принятию решений, умение инициативно и творчески решать профессиональные задачи, способность быстро адаптироваться в новых условиях деятельности. В связи с этим актуальной является разработка новых эффективных методов организации процесса адаптации студентов к профессиональной среде.

Современная промышленность, предприятия и организации предъявляют высокие требования к молодым специалистам. Однако традиционная подготовка выпускников технических специальностей не учитывает в полной мере новые социально-экономические условия, сложившуюся на рынке труда ситуацию и изменения, происходящие в профессиональной и образовательной средах, что затрудняет процесс профессиональной адаптации выпускников. В связи с этим актуальной является разработка организационно-педагогических условий адаптации будущих специалистов к профессиональной среде еще в период обучения в вузе.

Одним из таких условий является создание интегрированных научно-образовательно-производственных структур – базовых кафедр вуза на предприятиях (в НИИ), реализующих подготовку специалистов, проведение исследований в определенной научной области и использование результатов исследований в производстве и образова-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. пед. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Е.И. Муратовой.



тельном процессе создает благоприятные условия для формирования высокого уровня адаптации выпускников: расширяет пространство профессиональной адаптации; позволяет обеспечить свободный доступ студентов к профессиональным информационным ресурсам и лабораторно-производственной базе; стимулирует процесс творческой самореализации студентов в научно-инновационной деятельности; гарантирует трудоустройство выпускников по избранной специальности с ясной перспективой карьерного роста; обеспечивает гарантированный заказ на подготовку специалистов и возможность развития экспериментальной базы вуза.

Образовательная среда базовых кафедр обеспечивает возможность организации учебно-познавательной деятельности студентов в производственных условиях под руководством специалистов предприятия с использованием средств и объектов профессиональной деятельности (приборов, оборудования, сырья, технической документации).

В связи с тем, что большинство предприятий являются наукоемкими, имеющими высокие абсолютные и относительные (по отношению к общим издержкам производства) затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, обязательным условием подготовки специалистов для наукоемких производств является организация научной работы студентов. В нашем исследовании НИРС рассматривается как комплексная, самостоятельная работа, направленная на формирование у студентов методологических и технологических основ проведения научных исследований по одному из вопросов теоретического или практического характера, на генерацию профессиональных знаний и активное преобразование профессиональной среды. К научной работе по тематике базовых кафедр привлекаются студенты, проявившие интерес к проведению экспериментальных исследований в процессе выполнения лабораторных практикумов и прохождения производственных практик.

Методика организации НИРС студентов при обучении на базовых кафедрах в процессе прохождения производственных практик, курсового и дипломного проектирования представлена в табл. 1. Учебно-методическое руководство НИРС осуществляют преподаватели выпускающей кафедры и научные сотрудники (специалисты предприятий). Преподаватель составляет план проведения исследований, контролирует ход его выполнения, выдает индивидуальное задание, организует необходимые консультации, помогает студенту в подборе тем курсовых и дипломных проектов. Руководитель НИРС от предприятия осуществляет коучинг работы студентов, которые формируют свою бизнес-идею с ориентацией на дипломную работу, связанную с проведением научных исследований. В конце выполнения исследования (проекта) научные сотрудники (специалисты предприятия) составляют

отзыв (рецензию) о работе студента, который вместе с отчетом студент должен представить на выпускающую кафедру.

## **1. Методика организации НИРС при подготовке на базовых кафедрах**

<i>1. Планирование исследования</i>	
<i>Функции преподавателей</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Постановка цели и задач исследования</li> <li>– Формирование общей программы выполнения НИР, подбор средств и инструментария</li> <li>– Объяснение требований к выполнению работы и ее защите</li> </ul>
<i>Функции научных сотрудников (специалистов предприятия)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ актуальности и практической значимости исследования</li> <li>– Анализ информационных и материально-технических ресурсов базовых кафедр, необходимых для выполнения работы</li> <li>– Формулировка технического задания и требований, предъявляемых к результатам работы</li> </ul>
<i>Функции студентов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Выбор темы исследования</li> <li>– Участие в постановке цели и задач работы</li> <li>– Ознакомление с требованиями к программе выполнения НИР</li> </ul>
<i>2. Проведение исследования</i>	
<i>Функции преподавателей</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Помощь в поиске информационных источников по проблеме исследования</li> <li>– Консультации по организации и проведению экспериментальных исследований, использованию средств ИКТ</li> <li>– Контроль деятельности студентов по решению поставленных задач</li> </ul>
<i>Функции научных сотрудников (специалистов предприятия)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Предоставление нормативно-технической документации по проблеме исследования</li> <li>– Помощь в организации и проведении экспериментальных исследований</li> <li>– Консультации по вопросам проектирования рецептур, разработки технологий и их адаптации к производственным условиям</li> </ul>
<i>Функции студентов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сбор, обработка и обобщение данных по проблеме исследования</li> <li>– Выбор оптимального варианта решения технологической проблемы</li> <li>– Выполнение необходимых расчетов, эскизов, схем, участие в монтаже лабораторной установки</li> <li>– Проведение экспериментальных исследований</li> </ul>

### 3. Обработка и анализ экспериментальных данных

<i>Функции преподавателей</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Помощь в выборе методов обработки экспериментальных данных, анализе полученных результатов, формулировке выводов</li> <li>– Консультации по подготовке отчетов о результатах научных исследований, статей, заявок</li> <li>– Контроль деятельности студентов по решению поставленных задач</li> </ul>
<i>Функции научных сотрудников (специалистов предприятия)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Технический контроль выполненной работы</li> <li>– Сравнение полученных результатов с аналогами</li> <li>– Анализ практической значимости полученных результатов с технологической, технической, экономической и социальной точек зрения</li> </ul>
<i>Функции студентов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обработка результатов экспериментальных исследований</li> <li>– Техничко-экономическое обоснование результатов исследований</li> <li>– Подготовка отчетов, проектов, материалов для публикаций</li> </ul>

### 4. Оценка и подведение итогов выполненной работы

<i>Функции преподавателей</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обсуждение результатов исследований на научных семинарах базовой кафедры</li> <li>– Оценка выполненной работы и готовности студентов к профессиональной деятельности</li> </ul>
<i>Функции научных сотрудников (специалистов предприятия)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обсуждение результатов исследований на научных семинарах базовой кафедры</li> <li>– Рецензирование выполненной работы, оценка возможности ее реализации на производстве и готовности студентов к профессиональной деятельности</li> </ul>
<i>Функции студентов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Подготовка доклада и выступление на научном семинаре, конференции (защита выполненной работы)</li> <li>– Самооценка готовности к профессиональной деятельности</li> </ul>

Таким образом, подготовка студентов на базовых кафедрах позволяет: свести к минимуму время адаптации выпускников к среде наукоемких производств; обеспечить мобильность молодых специалистов при освоении принципиально новых технологий; оперативно разрабатывать предложения по совершенствованию содержания и технологий подготовки специалистов; обеспечить независимую оценку результатов подготовки выпускников и обратную связь предприятия (НИИ) с вузом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохова, Т.Ю. Организационно-педагогические условия адаптации студентов технологических специальностей к профессиональной среде : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Т.Ю. Дорохова. – Тамбов, 2009. – 218 с.

*Кафедра «Экономика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 371.31**

***Н.П. Воскобойникова, Л.В. Галыгина, И.В. Галыгина***

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ**

На современном этапе согласно требованиям федерального государственного стандарта (ФГОС) третьего поколения выпускник высшей школы в зависимости от квалификации (бакалавр, магистр) должен обладать общекультурными и профессиональными компетенциями, успешному формированию которых способствует использование «индивидуальной образовательной траектории» (ИОТ).

ИОТ может конструироваться по-разному в зависимости от целей субъектов образования. В зависимости от специфики решаемой задачи индивидуальную образовательную траекторию определяют по-разному. В психолого-педагогических исследованиях изложены разные подходы к трактовке ИОТ: психолого-дидактический, деятельностный, технологии педагогического проектирования и др.

Например, в рамках психолого-дидактического подхода под индивидуальной образовательной траекторией понимают персональный путь реализации личностного потенциала обучающегося.

Деятельностный подход предполагает построение ИОТ на основе самоуправления обучением, предоставляемого обучающемуся.

Технология педагогического проектирования рассматривает индивидуальную образовательную траекторию как индивидуальную образовательную программу. Эта программа является технологическим обеспечением ИОТ, отражает сферу интересов и возможностей обучающегося, давая ему возможность выступать активным участником проектирования собственной познавательной деятельности. В этом случае педагогическая технология выступает как своеобразный проект.

Построение и реализация индивидуальной образовательной траектории заключается в том, что обучающийся может работать на самооценении по своей траектории, в своем темпе индивидуально по всем видам деятельности, а при желании может участвовать в проектах и научных исследованиях.

Индивидуальная образовательная траектория выстраивается в соответствии с потребностями и возможностями обучающегося. На первом этапе определяются содержание (объем учебной информации) и структура образовательного процесса обучающегося с учетом его индивидуальных особенностей, возможностей и желаний. Затем с обучающимся обсуждаются его ближняя и перспективная цели обучения, устанавливается срок реализации этих целей. На следующем этапе определяются источники информации для образовательного процесса:

- учебная литература;
- эксперимент;
- бумажные носители (энциклопедии, справочники, журналы, газеты и др.);
- ресурсы сети Internet;
- электронные учебники;
- видеоматериалы и т.д.

Далее согласовывается уровень деятельности (уровень на «3», «4», «5» и более продвинутый). Следующим шагом является выбор средств учебной деятельности, используемых в аудитории и вне: оборудование, таблиц, дидактических карточек и т.п., информационных технологий, технических средств обучения.

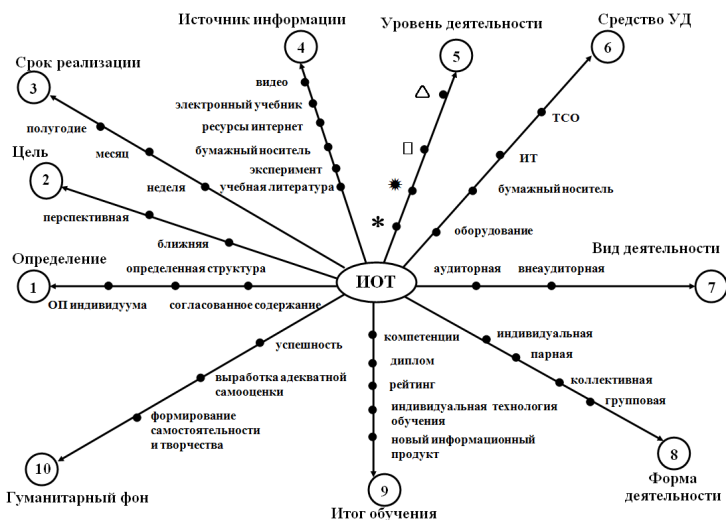
Затем преподаватель предлагает обучающемуся выбрать основные формы его деятельности: индивидуальную, парную, коллективную, групповую. Следующим этапом является овладение компетенциями, получение документа государственного образца, накопление определенного рейтинга, выработка индивидуальной технологии обучения, создание новых информационных продуктов. Итогом работы по индивидуальной образовательной траектории становится достижение запланированной успешности обучения, выработка адекватной самооценки и формирование самостоятельности и творчества.

Вышеизложенное отражено в логико-смысловой модели [1, 3] уровня «сущность» (рис. 1).

Для конкретизации аудиторной индивидуальной образовательной траектории на полугодие (семестр) можно воспользоваться логико-смысловой моделью [2] уровня «особенное» (рис. 2).

Индивидуальная образовательная траектория обучающегося на полугодие (семестр) может быть представлена также логико-смысловой моделью уровня «единичное» (рис. 3), в которой вместо многоточия преподаватель вводит конкретные данные.

Для удобства самоконтроля сформированных за полугодие компетенций преподаватель совместно с обучающимся может составить логико-смысловую модель (рис. 4), содержащую три оси: знать, уметь и владеть.



**Рис. 1. Логико-смысловая модель**

**«Индивидуальная образовательная траектория» уровня «сущность»:**

ИТОТ – индивидуальная образовательная траектория; \* – продвинутый уровень обучения; \* – уровень на «5»; □ – уровень на «4»; △ – уровень на «3»;

ИТ – информационные технологии; УД – учебная деятельность;

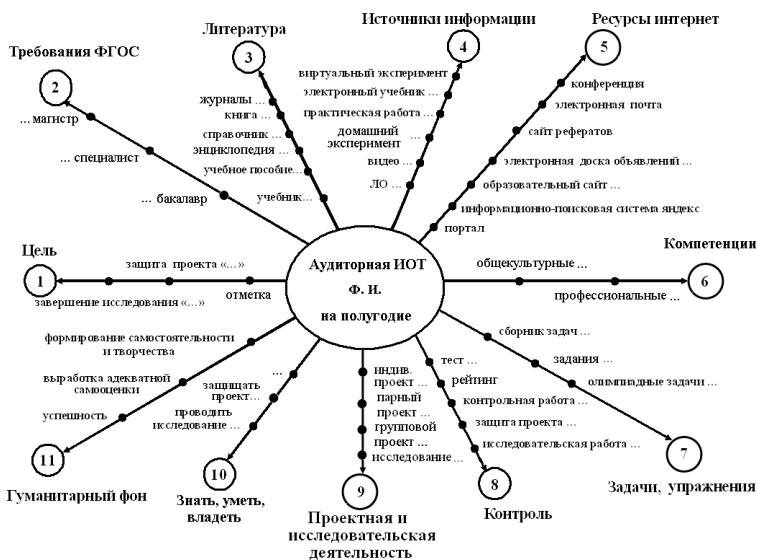
ТСО – технические средства обучения



**Рис. 2. Логико-смысловая модель «Аудиторная индивидуальная образовательная траектория на полугодие» уровня «особенная»:**

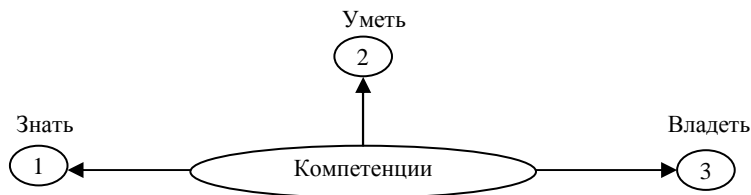
ИТОТ – индивидуальная образовательная траектория; ЛО – лабораторный опыт;

УД – учебная деятельность; ТСО – технические средства обучения



**Рис. 3. Логико-смысловая модель «Аудиторная индивидуальная образовательная траектория обучающегося на полугодие» уровня «единичное»:**

ФГОС – федеральный государственный образовательный стандарт;  
 ИОТ – индивидуальная образовательная траектория;  
 Ф. И. – фамилия и имя обучающегося; ЛО – лабораторный опыт



**Рис. 4. Логико-смысловая модель «Компетенции»**

Узловые точки осей логико-смысловой модели заполняются конкретной информацией в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта и уровнем квалификации (бакалавр, магистр).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобойникова, Н.П. Анализ и обработка нормативно-планирующей информации для конструирования образовательного процесса / Н.П. Воскобойникова, И.В. Галыгина, Л.В. Галыгина //

XI научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование : сб. трудов. В 2 ч. / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2006. – Ч. 1. – С. 228 – 232.

2. Воскобойникова, Н.П. Использование дидактической многомерной технологии для освоения правового поля профессиональной деятельности преподавателя / Н.П. Воскобойникова, И.В. Галыгина, Л.В. Галыгина // XII научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование» : сборник трудов / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2007. – С. 182 – 186.

3. Галыгина, И.В. Современные технологии преподавания химии: 8 – 11 классы : учебно-методическое пособие / И.В. Галыгина, Л.В. Галыгина, Н.П. Воскобойникова. – М. : Вентана-Граф, 2009. – 160 с.

*Институт повышения квалификации работников образования,  
кафедра «Экономика» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 621**

***Р.В. Жариков***

## **СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Управление качеством нами рассматривается как процесс сознательного воздействия с целью формирования и развития качества машиностроительной продукции. Инновационное управление качеством машиностроительной продукции включает в себя систему инновационных процессов: новые методы планирования и контроля качества, новые методы в разработке и технологии производства, новые методы в распределении и сбыте, сервисе и ремонте, основными из которых являются проектирование и производство. По теории Джурана, качество изделия определяется «качеством конструкции» и «качеством изготовления». Для машиностроительной продукции эти два процесса являются определяющими. Нами в основном рассматриваются новшества в планировании и организации процессов проектирования, производства и контроля машиностроительной продукции. В проектировании рассматриваются: организация творческих коллективов и организация их работы, совмещение процессов разработки технической документации. В производстве необходимы новые материалы и технологии, а также соответственно новое технологическое оборудование, новые методы организации производства, прежде всего, организации параллельности



работ. Инновационное обеспечение управления качеством машиностроительной продукции позволяет в разы снизить цикл «создание – производство» (до одного года и менее).

С учетом того, что в последние два десятилетия деградации отечественной экономики съедены все научные заделы, отраслевая наука, как проводящая сеть инноваций в производство, развалена, Президент и Правительство уделяют огромное значение науке и инновациям. В настоящее время создается научно-технологический центр в г. Сколково Московской области, инновационно-технологические разработки которого будут направляться на экспорт и в инновационно-технологические отраслевые парки, а также в национальные и федеральные университеты (бизнес-инкубаторы) для реализации в отраслях экономики.

Сущность инновационного обеспечения управления качеством машиностроительной продукции состоит в необходимости создания научных заделов, т.е. банка новаций по всем стадиям жизненного цикла изделия: исследования, проектирования, изготовления и эксплуатации. Для этого необходимо использовать инновации: организационные, технические, технологические, мотивационные.

На качество машиностроительной продукции влияет современный организационный уровень проектирования, технический и технологический уровень производства, организация сбытовых каналов, кадровый (интеллектуальный) потенциал, стратегические потребности покупателей и другие факторы, влияющие на востребованность более качественной продукции (оборудования) машиностроительных производителей.

Инновационное обеспечение управления качеством машиностроительной продукции позволяет непрерывно с появлением новаций, с одной стороны, повышать производительность труда при ее проектировании и использовании в перерабатывающих отраслях, повышать технический уровень и качество продукции машиностроения, как технологического оборудования перерабатывающих отраслей, а, с другой стороны, повышать качество продукции этих отраслей, высвобождать работающих, снижать затраты на качество. При этом необходимо учитывать технические и технологические возможности проектирования и производства, распределения и обслуживания. То есть инновационное обеспечение управления качеством машиностроительной продукции представляет собой непрерывный процесс использования инноваций на всех стадиях ее жизненного цикла.

Основой инновационного обеспечения управления качеством машиностроительной продукции являются инновации. Инновация нами рассматривается как экономическая категория, которая берет свое название от английского innovation – нововведение, новшество, новаторство. При этом инновации основываются на нововведениях, назы-

ваемых новациями. В свою очередь нововведение является перманентной движущей силой развития человеческого общества.

В соответствии с Руководством Фраскати (документ принят ОЭСР в 1993 г. в итальянском городе Фраскати) инновация определяется как конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности либо в новом подходе к социальным услугам.

Инновация – это использование в той или иной сфере общества результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, направленных на совершенствование процесса деятельности или его результатов. В нашем случае результаты интеллектуальной деятельности направлены на совершенствование процесса управления качеством машиностроительной продукции.

Установление конкретного круга аспектов, характеризующих сущность любого понятия, является исходным моментом для формулирования целей, структуры и объема дальнейших исследований. Поэтому такое внимание уделяется исследованию сущности базовых понятий: новшество, инновация, инновационная деятельность, инновационный процесс, инновационный потенциал, которые непосредственно связаны с инновационным обеспечением процесса управления качеством машиностроительной продукции и которые должны отвечать ряду требований.

Во-первых, необходимо разграничить понятия «новшество» и «инновация». Новшество – оформленный результат фундаментальных, прикладных исследований, разработок или экспериментальных работ в какой-либо сфере деятельности по повышению эффективности этого вида деятельности. Новшества могут оформляться в виде: открытий; изобретений; патентов; товарных знаков; рационализаторских предложений; документации на новый или усовершенствованный продукт, технологию, управленческий или производственный процесс; организационной, производственной или другой структуры; ноу-хау; понятий, научных подходов или принципов; результатов маркетинговых исследований и т.д. Вложение инвестиций в разработку новшества – половина дела. Главное – внедрить новшество, превратить новшество в форму инновации, т.е. завершить инновационную деятельность и получить положительный результат, затем продолжить диффузию инноваций.

Инновация – конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, научно-технического или другого вида эффекта.

Во-вторых, новшества могут разрабатываться как для собственных нужд, так и для продажи. На «входе» фирмы как системы будут новшества их продавцов, которые могут сразу внедриться, переходя в форму инноваций, либо просто накапливаться, дожидаясь своего часа для внедрения. На «выходе» фирмы будут только новшества как товары.

В-третьих, неправомерно в понятие «инновация» включать разработку, ее создание, внедрение и диффузию. Эти этапы относятся к инновационной деятельности как процессу, результатом которого могут быть новшества или инновации.

В настоящее время руководством страны ставится задача инновационного развития экономики. Можно выделить следующие структурные источники экономического развития страны:

- развитие на основе факторов производства;
- развитие на основе инвестиций;
- развитие на основе инновационной деятельности.

Каждая страна, как правило, одновременно использует все источники развития.

Направления развития на основе инвестиций характеризуются вложениями капитала не в повышение конкурентоспособности отдельных отраслей, а в их расширенное воспроизводство. В российской экономике в настоящее время инвестиций не хватает даже на простое воспроизводство, вследствие этого растет удельный вес изношенных основных фондов, повышается доля бракованной продукции.

Приоритет должен быть отдан развитию страны не на основе факторов производства и инвестиций, а развитию на основе активизации инновационной деятельности в области базовых наукоемких отраслей народного хозяйства, являющихся двигателем развития экономики. К такой отрасли относится машиностроение, так как продукция машиностроения используется в качестве технологического оборудования в перерабатывающих отраслях и от его научно-технического уровня зависит уровень производства на предприятиях этих отраслей.

Таким образом, нами выявлены сущность и содержание инновационного обеспечения управления качеством машиностроительной продукции, представляющие собой динамичное состояние и непрерывный процесс создания и использования новой технологии и техники более высокого качества на основе инноваций, отвечающей современному состоянию использования ресурсов и технологических возможностей изготовителя, определяющей ресурсосбережение в процессе ее проектирования и производства (материалоемкости, трудоемкости и энергоемкости) и использования (затраты на содержание и эксплуатацию), а также снижение удельной цены на единицу определяющего параметра (показателя назначения), позволяющей эффектив-

но выполнять функциональное назначение по определенной (новой) технологии в перерабатывающих производствах, быть конкурентоспособной и обеспечивать потребности, возложенные на нее покупателем по выпуску высококачественной продукции на протяжении всего срока службы, установленного нормами амортизации, при соответствующем перманентном поддержании качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент : учебник для вузов / Р.А. Фатхутдинов. – 5-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 448 с.

*Кафедра «Менеджмент» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 006.013**

*О.В. Кириллина\**

#### **ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БИЗНЕСА**

В современных условиях внедрение и эффективное функционирование систем менеджмента качества на предприятиях реального сектора экономики неразрывно связано с оценкой качества функционирования управляющей подсистемы. Этот процесс невозможен без адекватной оценки экономической устойчивости хозяйствующего субъекта в стратегическом аспекте с учетом всего многообразия не только внутренних, но и внешних факторов влияния. Для этого необходимо обратить особое внимание на правильность и эффективность финансовой политики в отношении собственного оборотного капитала, определяющей величину, состав и структуру его источников, которая должна определяться ключевыми показателями и индикаторами и регламентироваться соответствующими нормативами. Это является одним из главных условий обеспечения финансовой устойчивости хозяйствующего субъекта.

Ключевой проблемой эффективного управления оборотным капиталом в современных условиях является отсутствие системной модели экономического поведения хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности внешней и динамично изменяющейся внутренней среды. Нерешенность проблемы в теории и практике является основной

---

\* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ А.П. Романова.

причиной экономической размытости нормативной базы формирования и использования оборотных активов, без которой невозможен эффективный финансовый менеджмент и, как следствие, текущая и стратегическая устойчивость отраслевого бизнеса.

На практике необходимыми и достаточными условиями при поиске компромисса между потерей ликвидности и эффективностью работы фирмы являются обеспечение платежеспособности и приемлемых объема, структуры и рентабельности активов. Размеры вложения капитала в каждую стадию кругооборота зависят от ряда факторов финансовой среды бизнеса, а также от отраслевых и технологических особенностей организаций, как производителей, так и потребителей продукции и услуг. Например, для предприятий с материалоемким производством требуются значительные отвлечения капитала в производственные запасы, а для предприятий с длительным производственным циклом – в незавершенное производство.

Финансовое системное комплексно-взаимозавязанное регламентирование посредством применения ситуационных нормативов должно охватывать четыре среды: управление кэшем (денежными средствами, CF); управление дебиторской задолженностью; управление запасами; управление кредиторской задолженностью и процессами привлечения краткосрочного финансирования.

В связи с этим возникает потребность в экономических нормативах минимизации текущей кредиторской задолженности, как инструмента, снижающего риски достижения критического уровня (или порога) ликвидности.

При этом следует помнить, что устойчивое функционирование современной фирмы (бизнеса) определяется относительной стабильностью ее результативных показателей прежде всего с позиций долгосрочной перспективы. Указанная стабильность обеспечивается двумя факторами: 1) оптимальной структурой всего комплекса функционирующего капитала (активов) предприятия и его источников; 2) степенью финансовой зависимости от кредиторов и инвесторов. Исследование практики показывает, что российские бизнесмены в целях недостаточно обоснованного снижения предпринимательских и финансовых рисков предпочитают вкладывать в дело минимум собственных средств и изыскивать способы (в том числе нелегитимные) финансирования своего бизнеса преимущественно за счет заемных, в том числе бюджетных, источников. Но та же практика показывает, что в случае, когда соотношение «собственный капитал – заемные средства» имеет определенный сверхнормативный перекос в сторону заимствования, риски банкротства существенно возрастают в силу отрицательного эффекта финансового левиреджа.

Зачастую в практике бизнеса возникает необходимость минимизации совокупных издержек финансирования путем преимущественного использования краткосрочной кредиторской задолженности как источника покрытия дефицита оборотных активов фирмы. Этот вариант наиболее дешев, но вместе с тем ему присущ наиболее высокий уровень риска невыполнения платежных обязательств в отличие от ситуации, когда покрытие дефицита оборотных активов осуществляется за счет долгосрочных источников. В этом случае положительный эффект окажет максимизация капитальной стоимости фирмы, так как он является системным результатом процесса управления оборотным капиталом в рамках выбранной финансовой стратегии организации. Конкретные решения в области оперативного управления NWK, будучи продуктом системного нормативного подхода и способствующие увеличению капитализации предприятия, становятся целесообразными.

С позиций современного менеджмента, фирма представляет собой открытую социотехническую систему, зависящую, прежде всего, как от ближнего, так и от дальнего окружения. В силу сказанного оборотные активы должны оцениваться такими индикаторами системной нормативной модели, как: доля текущих средств в общей структуре функционирующего капитала; величина денежных средств (CF); объем запасов; размер дебиторской задолженности. Каждое решение, связанное с расчетом оптимальных уровней денежных средств, дебиторской задолженности и производственных запасов, должно быть рассмотрено как с позиции оптимальной величины именно данного вида активов, так и с позиции оптимальной структуры оборотных средств в целом.

Таким образом, нормативную базу для определения всех параметров функционирования оборотных средств можно установить, исходя из структурных элементов экономического потенциала организации. Так, имущественное положение оценивается величиной, составом, структурой и состоянием основных и оборотных активов; финансовое состояние характеризуется структурой источников и ликвидностью имущества, состоянием с дебиторами, экономической сбалансированностью капитала фирмы и его источников. Таким образом, мы имеем набор конкретных количественно измеримых показателей, в принципе способных трансформироваться в корреляционные модели функционирования бизнеса.

В виду того, что фактором роста экономического потенциала являются финансовые результаты, то понятие экономического потенциала как основы для разработки нормативной модели оборотного капитала должно быть связано с планированием соответствующих показателей.

В качестве одного из инструментов планирования оборотных активов может быть использован SWOT-анализ, применяемый в страте-

гическом менеджменте. Его преимущество заключается в том, что прогнозирование и планирование становятся процессами трансформации имеющейся на сегодня ситуации. Последняя всегда конкретна для данного предприятия и поэтому прогноз становится более объективным и достоверным по сравнению с действующими методами. Однобокость последних заключается в простом переносе данных бухгалтерской (финансовой) отчетности тенденций на будущее, что не позволяет говорить о качестве прогноза.

Напротив, SWOT-анализ акцентирует внимание аналитиков не только и не столько на отчетности, сколько на глубоком и детальном исследовании внешних факторов функционирования бизнеса (возможностях и угрозах) и его внутренней среде (сильных и слабых сторонах предприятия), что позволяет своевременно и научно обоснованно скорректировать нормативные параметры формирования и использования оборотного капитала в зависимости от ожидаемых экономических флуктуаций. В условиях неопределенности это необходимое условие и средство минимизации предпринимательских и финансовых рисков при реализации стратегических целей бизнеса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ализес, И. Управление жизненным циклом корпорации / И. Ализес ; пер. с англ. под науч. ред. А.Г. Сефаряна. – СПб. : Питер, 2007.
2. Ансофф, И. Стратегический менеджмент / И. Ансофф ; пер. с англ. под ред. А.И. Петрова. – СПб. : Питер, 2009.

*Кафедра «Менеджмент» ГОУ ВПО ТГТУ*

**УДК 339.13(470).126**

***А.И. Кичатова\****

#### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГАЗИНОВ ОБУВИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ**

В городе осуществляют свою деятельность большое количество различных магазинов обуви: «ВАГА БОНД», «Ле Грант», «RIEKER», «CHESTER», «Легкий шаг», «СИТИ-ОБУВЬ», «ПЛАНЕТА ОБУВЬ», «FRANCESCO DONNI», «БашМаг», «ЭЛИС», «Подиум», «Обувная находка», «ZENDEN», «ЦЕНТР-ОБУВЬ». Часть магазинов предлагает

---

\* Работа выполнена под руководством канд. экон. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ Н.В. Дюженковой.

обувь по достаточно высоким ценам и предназначены для людей с высоким достатком («ВАГА БОНД», «Ле Грант», «RIEKER», «CHES-TER», «Подииум»). Нужно заметить, что не каждый житель города может позволить себе купить обувь за 7–8 тыс. р. при средней зарплате около 10 тыс. р. В некоторых магазинах, наоборот, преобладают низкие цены и обувь в них предназначена для покупателей с низким достатком («ZENDEN», «ЦЕНТР-ОБУВЬ»). И, наконец, часть магазинов предлагает обувь по средним ценам и доступна для жителей города, имеющих средний и ниже среднего достаток («Легкий шаг», «СИТИ-ОБУВЬ», «ПЛАНЕТА ОБУВЬ», «FRANCESCO DONNI», «БашМаг», «ЭЛИС», «Обувная находка»). На рынке города Тамбова также представлена обувь, которая продается не в магазинах, а в Торговом центре «ГОРОД», представляющем собой большое количество отделов, предлагающих различную одежду и обувь.

Для сравнения были выбраны магазины средней ценовой категории, предназначенные для людей со средним и ниже среднего уровнем дохода, к которым в данном исследовании отнесены:

1. Сеть обувных магазинов «Легкий шаг»
2. Сеть обувных магазинов «СИТИ-ОБУВЬ»
3. Обувной центр «ПЛАНЕТА ОБУВЬ»
4. Магазин обуви «FRANCESCO DONNI»
5. Сеть обувных магазинов «БашМаг»
6. Центр обуви «ЭЛИС»

Хотелось бы немного сказать об истории развития рассматриваемых магазинов:

1. Компания «Легкий шаг» – это крупная сеть обувных магазинов в Центральной России, которая начала свою деятельность в 1996 году в г. Туле. С 2003 года компания начала открывать свои магазины в других городах и добиваться расширения дилерских полномочий на новые регионы. В настоящий момент торговая сеть «Легкий шаг» насчитывает 39 магазинов в 10 регионах.

2. «СИТИ-ОБУВЬ» – это всероссийская крупная обувная сеть, которая представлена в Москве и других городах, таких как Воронеж, Санкт-Петербург, Астрахань, Екатеринбург, Ижевск, Казань, Клин, Кострома, Красноярск, Нижний Новгород, Тамбов.

3. «ПЛАНЕТА ОБУВЬ» – это российская сеть обувных центров. Фирма «Планета Обувь» является партнером межрегионального некоммерческого партнерства обувщиков.

4. «FRANCESCO DONNI» – сеть монобрендовых магазинов обуви и аксессуаров для мужчин и женщин с широким выбором качественных товаров. Первые магазины FRANCESCO DONNI были открыты в конце 2002 года. Сегодня обувь продается в 2000 магазинах России и стран ближнего Зарубежья.



5. Компания «БашМаг» основана в 1995 году как оптовая торговая организация по продажам обуви. В 1999 году было начато формирование розничного подразделения компании. В настоящее время сеть насчитывает 34 магазина в Москве и в регионах России. Из них шестнадцать магазинов расположены в Москве, одиннадцать – в Московской области и семь магазинов – в регионах: Тюмень, Курск, Орел, Ярославль, Ковров, Тамбов.

6. «ЭЛИС» – это местный магазин обуви, который существует только в городе Тамбове и предназначен для его жителей.

Все магазины являются специализированными, но расположены они в разных частях города. Например, «FRANCESCO DONNI», «ПЛАНЕТА ОБУВЬ», «Легкий шаг», «СИТИ-ОБУВЬ» – в центральной части города («ПЛАНЕТА ОБУВЬ» и «Легкий шаг» – на цокольных этажах в торговых центрах «Палладиум» и «Дом Купца Аносова», «ЭЛИС» – в ТЦ «Москва»), а магазин «БашМаг» находится в северной части города – в торговом центре «Фестиваль Парк» в виде специализированного отдела. Будет неправомерно говорить о том, что определенный магазин, расположенный в той или иной части города, предназначен для жителей данного района. Обувь является товаром предварительного выбора, который люди выбирают по всему городу, поэтому каждый магазин предназначен абсолютно для всех жителей города.

Нужно сказать о том, что ассортимент товаров в данных магазинах, безусловно, разный. В каждом магазине представлены различные торговые марки: либо собственные марки магазинов, либо нет. Объединяет ассортимент лишь то, что в каждом магазине он представлен достаточно широко и глубоко, поэтому недостатка в товарах не ощущается. Однако в таких магазинах, как «ПЛАНЕТА ОБУВЬ» и «FRANCESCO DONNI» в ассортименте присутствуют сумки, а в «Легком шаге» и «ПЛАНЕТЕ ОБУВИ» – детская обувь, в отличие от остальных рассматриваемых магазинов. Поскольку площадь магазинов неодинаковая, то и количество обуви, предлагаемое покупателям, разное: где-то больше, где-то меньше. Самая большая площадь у «Легкого шага», чуть меньше у «ПЛАНЕТЫ ОБУВИ», приблизительно одинаковая – у «FRANCESCO DONNI», «БашМага» и «СИТИ-ОБУВЬ», самая маленькая – у «ЭЛИС».

Можно сказать, что разная и выкладка товаров у данных магазинов. В «Легком шаге», «FRANCESCO DONNI» и «ЭЛИС» обувь расположена на полках, которые стоят вдоль стен. В «ПЛАНЕТЕ ОБУВЬ» и «БашМаге» товары расположены на многочисленных стеллажах, которые расставлены по всему торговому залу. Недостатком магазина «ПЛАНЕТА ОБУВЬ» является невозможность удобной примерки обуви. Места для примерки расположены «на ходу» у посетителей магазина – это мешает как тому человеку, который меряет обувь, так и то-

му человеку, который ее смотрит. Существенным недостатком выкладки товаров в «Легком шаге» является то, что обувь неудобно брать и класть обратно на полки, так как они очень маленькие и обувь постоянно падает, очень часто приходится звать на помощь продавца.

Хотелось бы рассмотреть и сравнить дополнительный сервис в данных магазинах. Система дисконтных карт существует во всех магазинах, кроме «ЭЛИСа». Скидки по дисконтным картам и правила пользования дисконтными картами у всех магазинов разные – в «ПЛАНЕТЕ ОБУВЬ» и во «FRANCESCO DONNI» предоставляется скидка в виде фиксированного процента (5%), в «СИТИ-ОБУВЬ» и «Легком шаге» действует накопительная система скидок. В «СИТИ-ОБУВЬ» размер скидки зависит от суммы покупки (5% при покупке одной пары, 7% при одновременной покупке двух пар, 10% при одновременной покупке трех и более пар). В «Легком шаге» действует несколько другая система скидок (2% – при одновременной покупке двух пар обуви, при покупке одной пары обуви стоимостью свыше 3000 р., при приобретении ДК за 100 р.; дальнейшее увеличение процента скидки 3%, 4%, 5% осуществляется при покупке двух пар обуви или при покупке одной пары обуви стоимостью свыше 3000 р.). Также во всех магазинах периодически проводятся акции и распродажи. В «СИТИ-ОБУВЬ» и в «Легком шаге» обувь со скидкой выделена цветом ценника.

Все рассматриваемые магазины проводят рекламу своей деятельности, но разными способами. Например, «Легкий шаг» рекламируется по телевидению, выпускает рекламные буклеты, а также размещает информацию о своей фирме на растяжках в разных частях города. «FRANCESCO DONNI» и «ПЛАНЕТА ОБУВЬ» рекламируются по телевидению, «ЭЛИС» размещает рекламу на растяжках, расположенных по всему городу.

В результате опроса, проведенного на региональном форуме [www.tamboff.ru](http://www.tamboff.ru), проценты голосов распределились следующим образом (участвовало около 100 человек):

1. «ВАГА БОНД» – 13%
2. «ЦЕНТР-ОБУВЬ» – 11%
- 3–4. «FRANCESCO DONNI» – 7%
- 3–4. «Легкий шаг» – 7%
- 5–6. «RIEKER» – 6%
- 5–6. «ПЛАНЕТА ОБУВЬ» – 6%
7. «Ле Грант» – 5%
8. «ZENDEN» – 4%
- 9–10. «СИТИ-ОБУВЬ» – 3%
- 9–10. «БашМаг» – 3%
11. «ЭЛИС» – 0%

Можно сказать, что мнения людей сильно расходятся. Кто-то предпочитает покупать обувь только в дорогих магазинах («ВАГА БОНД» – 13%), поскольку для них приоритетным является качество обуви, кто-то покупает обувь в недорогих магазинах («ЦЕНТР-ОБУВЬ» – 11%) и доволен ей, а кто-то покупает обувь каждый раз в разных магазинах. Опрос выявил, что нет приверженцев определенного магазина, есть приверженцы конкретной торговой марки обуви. Также можно сказать, что в обувной отрасли очень часто попадаетея брак и от покупки бракованной обуви никто не застрахован, даже в дорогих магазинах. Единственное, что можно сказать однозначно, в Торгово-ярмарочном комплексе обувь покупает абсолютное меньшинство, поскольку товары там довольно низкого качества, а цена высокая.

Проведя исследование, можно сделать вывод, что постоянно в одном магазине не покупает обувь практически ни один житель города Тамбова. При выборе обуви, как правило, люди обходят почти все магазины города, от дешевых до дорогих. Поэтому, пока жители города не посетят все представленные в регионе магазины, обувь высокого качества и по доступной цене купить будет невозможно.

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика»  
ГОУ ВПО ТГТУ*

## СОДЕРЖАНИЕ

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

1. *Протасов Д.Н.* ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ..... 3
  2. *Фомин В.И.* ОБ ОЦЕНКЕ НОРМЫ РАЗНОСТИ ДВУХ ВЕКТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ..... 7
  3. *Кириченко М.А., Рубанов Н.А.* О ПОСТРОЕНИИ РЕШЕНИЙ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ С ПОЛИЛИНЕЙНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ ..... 9
  4. *Яковлев В.А.* МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ СУММЫ РЯДА ..... 13
  5. *Поляков Б.Б., Хабарова Д.С.* ДВУХЭТАПНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТРУБЧАТОГО РЕАКТОРА ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ..... 16
  6. *Рогудеева А.В.* ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ С ПОРИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ..... 21
  7. *Медведева А.В.* АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАЗА С ПОРИСТЫМИ СЫПУЧИМИ МАТЕРИАЛАМИ ..... 23
  8. *Богданова Е.П.* ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ГЛАУКОНИТОМ ГЕРТО КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ..... 26
  9. *Стрельникова К.О.* ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРОВ В УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ НА ПРИМЕРЕ ПРОДУКТА АМДОР-ИК-10 ..... 30
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**
10. *Затылкин А.В.* АНАЛИЗ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ..... 35
  11. *Ишин А.А., Петров Ю.А.* ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА «ИСКУССТВЕННЫЕ ЛЕГКИЕ» ..... 39
  12. *Яковлев В.А.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИММЕТРИЧНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ АЛГОРИТМОВ ..... 43

13.	<i>Копылов О.Е.</i> ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДАЛЕННОГО ПРОРЕЖИВАНИЯ .....	45
14.	<i>Князев И.В., Беляев А.Ю., Пудовкин А.П., Панасюк Ю.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ МАНЕВРОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ .....	49
15.	<i>Бурлина В.В., Данилов С.Н.</i> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УГЛОВОЙ КОРРЕКЦИИ НАЗЕМНОЙ АНТЕННЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ, СИНТЕЗИРОВАННОГО НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРЫ .....	53
16.	<i>Селянина А.С., Антонов А.О.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	57
17.	<i>Руднев А.А.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИНГА ПЕРСОНАЛА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	60
18.	<i>Грибков А.Н., Куркин И.А., Базылюк И.С., Кривошеина Е.Ю.</i> АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ .....	63
19.	<i>Котов И.О.</i> ОЦЕНКА И СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ .....	66
20.	<i>Ерохин И.В., Попов О.Н.</i> ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	70
21.	<i>Каменская М.А., Копылова Ю.А., Бучнева Е.Ю.</i> ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ .....	74
22.	<i>Хворова А.В.</i> ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СТАНЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .....	78
23.	<i>Лам Б.Х.М., Андреев К.А.</i> ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ .....	81
24.	<i>Фролова М.С.</i> ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОСТАВОК МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ К ТОРГОВОМУ ПОСРЕДНИКУ .....	85

25.	<i>Рудакова А.В.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ ДОГОВОРОВ ПОСТАВКИ .....	89
26.	<i>Щербakov Е.С.</i> ПОНЯТИЕ КАРДИНГА В СОВРЕМЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРАКТИКЕ .....	93
27.	<i>Попова О.А.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАПОЛНЕНИЯ СВЕДЕНИЙ О СТОРОНАХ ДОГОВОРОВ .....	97
<b>ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В ХИМИЧЕСКОЙ И БИОТЕХНОЛОГИИ</b>		
28.	<i>Хаустова Г.А.</i> РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	100
29.	<i>Леонов Д.В.</i> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЕКТИНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЙНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И КОНФЕТ С ЗАДАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ .....	104
30.	<i>Попов А.Г., Завражин Д.О., Толстых М.С.</i> ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП .....	108
31.	<i>Иванов С.А.</i> ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПТФЭ .....	112
32.	<i>Ерохин О.И.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА В ИЗОЛИРУЮЩЕМ ДЫХАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ .....	115
33.	<i>Вольцак И.Л.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСТАНОВКИ ДИАЗОТИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ .....	122
34.	<i>Деева Т.О., Чашемов В.С.</i> ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА .....	128
35.	<i>Яцинина М.А., Баева Л.В., Коломникова Л.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД .....	132
36.	<i>Апаршева В.В.</i> ВЛИЯНИЕ ПОРОШКА ИЗ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА И РЯБИНЫ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ .....	134
37.	<i>Пудовкина А.Ю.</i> ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ФЕНОЛ .....	138
38.	<i>Николюкин М.М., Полянский С.Н., Соколов М.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ДЕВУЛКАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ ЭКСТРУЗИИ .....	141

39.	<i>Полянский С.Н., Николюкин М.М., Соколов М.В.</i> ФОРМУЮЩАЯ ГОЛОВКА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ЭКСТРУДАТ .....	144
40.	<i>Меркулов С.А., Сивохин С.В., Шагаев Д.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ И ТЕРМОПЛАСТОВ НА СВОЙСТВА ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ .....	148
41.	<i>Сивохин С.В., Шагаев Д.В.</i> ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ .....	151
42.	<i>Ремизов Д.М., Гуреев С.С.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ САЖЕНАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА .....	155
43.	<i>Макеев П.В., Гуреев С.С., Шашков И.В.</i> ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ .....	158
44.	<i>Степанов А.Ю., Лунева Н.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ДИСК С КАНАЛАМИ .....	162
45.	<i>Козлов Р.С., Иванов П.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЫ ПРИ БЫСТРОМ СДВИГЕ .....	166
46.	<i>Боярко И.А., Маков А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПАТРОНА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ ДЛЯ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА .....	170
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>		
47.	<i>Пасько А.А., Меметов Н.Р., Баранов А.А., Зеленин А.Д., Сорокин В.В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НАНОМОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ БЕТОНОВ НА БАЗЕ ООО «НАНОТЕХЦЕНТР» .....	174
48.	<i>Яцинин Ю.В., Стивкин А.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ВОДЫ .....	178
49.	<i>Платенкин А.В., Баршутин С.Н.</i> МЕТОД КОНТРОЛЯ НАНООБЪЕКТОВ В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ .....	181
50.	<i>Толчков Ю.Н.</i> ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА МУНТ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ .....	185
51.	<i>Ерохина А.В., Филатова Е.Ю.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК .....	188
52.	<i>Кобзев Д.Е., Полуэктов В.Л.</i> ОБРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	192

53. Толстых М.С., Завражин Д.О., Попов А.Г. ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП, ПРОШЕДШИХ СВЧ ОБРАБОТКУ ..... 195
54. Шамишин В.В., Веселов Д.Г., Пасько Т.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЛЕНОК ИЗ ПОЛИСУЛЬФОНА ..... 198
55. Польшиков В.Ю. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИФФУЗИОННОМ ПЛАМЕНИ ..... 202
56. Рогудеева А.В., Мордасов Д.М. ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОРИСТОСТИ МАТЕРИАЛОВ ..... 206
57. Кобзев Д.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ОБРАБОТАННЫХ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ..... 210
58. Ларионова И.С., Шубин И.Н. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОСТОЙКОГО СИЛИКАГЕЛЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ ..... 213
59. Толстых М.С., Завражин Д.О., Попов А.Г. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЭВП С ДОБАВЛЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА ..... 217
60. Кобцева Ю.А., Романцова И.В., Бураков А.Е. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВОЛОКОН УНМ «Таунит» ..... 219

#### **ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА**

61. Клычников Р.Ю., Попова И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ СОВМЕЩЕННЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ..... 224
62. Ерофеев А.В. ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ ..... 227
63. Голиков Д.О., Чернышов А.В., Жарикова М.В. МИКРОВОЛНОВЫЙ МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ..... 230



64.	<i>Иванов Д.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРУЗИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ В КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	234
65.	<i>Ельчищев Т.Ф., Ельчищев М.М.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ .....	238
66.	<i>Якушев А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЬНОЙ П-ОБРАЗНОЙ РАМЫ .....	242
67.	<i>Соломатин Е.О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРЯМОГО ЗВУКА КРУПНОГАБАРИТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ .....	245
68.	<i>Макаров А.М., Дицицкий В.А.</i> ОБ ЭФФЕКТЕ ОБЪЕМНОГО ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	249
69.	<i>Киселев Д.А., Снятков Н.М.</i> РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА .....	252
70.	<i>Иванов Д.В., Зарапин Ю.А.</i> МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	255
71.	<i>Бацунова А.В.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕПОСТОЯННЫХ ШУМОВ ПОМЕЩЕНИЙ .....	259
72.	<i>Солопов Д.Ю., Ерофеев А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СТАРЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ФАНЕРЫ .....	263
73.	<i>Овчаренко Е.А., Ерофеев А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ТЕПЛООВОГО СТАРЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ .....	266

**ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ  
ГУМАНИТАРНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУК**

74.	<i>Дик А.А., Харкевич Л.А.</i> ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НООСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ .....	270
75.	<i>Жукова А.Н., Афанасьева М.О.</i> ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ .....	273
76.	<i>Фролова А.В.</i> ПРАВО ЭКСПЕРТНОЙ ИНИЦИАТИВЫ И ЭКСПЕРТНАЯ ПРОФИЛАКТИКА В СОВРЕМЕННОМ УГОЛОВНОМ ПРОЦЕССЕ .....	277
77.	<i>Бильтюкова Ю.Н.</i> РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЛОГА КАК МЕРЫ ПРЕСЕЧЕНИЯ В СОВЕТСКОМ УГОЛОВНО-ПРОЦЕССУАЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ .....	281

78.	<i>Ерин П.В.</i> КРЕСТЬЯНСКОЕ ПРАВОСУДИЕ НАЧАЛА XX ВЕКА .....	284
79.	<i>Смолина И.О.</i> Л.Н. ТОЛСТОЙ И ТАМБОВСКИЙ КРАЙ .....	288
80.	<i>Крючкова Т.М.</i> СВЯТО-ТРОИЦКАЯ ЦЕРКОВЬ В СЕЛЕ БОНДАРИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	291

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ, ПРОЦЕССОВ И УСЛУГ**

81.	<i>Дивина Д.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УСТА- НОВКИ .....	294
82.	<i>Истомин М.А.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ МЕ- НЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА .....	298
83.	<i>Калинина Ю.А.</i> ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПЕРСО- НАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ .....	300
84.	<i>Бабий Ю.В., Бурцева Е.В.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРО- ВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ЮРИСКОНСУЛЬТА .....	304
85.	<i>Тормасин С.И.</i> УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТАМИ ПРЕ- ПОДАВАТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИ- РОВАНИЯ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	308
86.	<i>Завражина К.В.</i> МАРКЕТИНГ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ .....	310
87.	<i>Ведешкина Л.А., Бардадымова О.Н.</i> ИНТЕРНЕТ-ПРЕДПО- ЧТЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТГТУ (ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ) .....	314
88.	<i>Дорохова Т.Ю.</i> МЕТОДИКА АДАПТАЦИИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ НА БАЗОВЫХ КАФЕДРАХ .....	318
89.	<i>Воскобойникова Н.П., Галыгина Л.В., Галыгина И.В.</i> МЕТО- ДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ОБЩЕ- КУЛЬТУРНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕН- ЦИЙ .....	322
90.	<i>Жариков Р.В.</i> СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ИННОВАЦИ- ОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ .....	326
91.	<i>Кириллина О.В.</i> ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УС- ТОЙЧИВОСТИ БИЗНЕСА .....	330
92.	<i>Кичатова А.И.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГАЗИНОВ ОБУВИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ .....	333