



# **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

*Сборник статей по материалам  
XL международной научно-практической конференции*

№ 11 (36)  
Ноябрь 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсutowич** — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, директор Представительства Казахской академии экологии и безопасности жизнедеятельности» в г. Уральск.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

**Барштейн Виктор Юрьевич** — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

**Копылов Алексей Филиппович** — канд. техн. наук, доц. кафедры Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета;

**Романова Алла Александровна** — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического университета.

**Т 38 Технические науки — от теории к практике /** Сб. ст. по материалам XL междунар. науч.-практ. конф. № 11 (36). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 172 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ</b>	<b>7</b>
ДИСКРЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СУПЕРПОЗИЦИЯМИ ДВУМЕРНЫХ ТОЧЕЧНЫХ МНОЖЕСТВ	7
Воронцов Олег Викторович Тулупова Лариса Александровна	
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В КОНТРОЛЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	17
Усенко Валерий Григорьевич Кодак Ольга Антоновна Усенко Ирина Сергеевна	
<b>Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>23</b>
МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОМПЕТЕНЦИИ	23
Герасимова Вера Анатольевна Шикульская Ольга Михайловна	
АНАЛИЗ СИСТЕМ СТИМУЛИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ВУЗА	28
Дюсекеев Канагат Абетович Шикульская Ольга Михайловна	
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА МЧС В КАЗАХСТАНЕ	34
Есмагамбетов Тимур Улыкманович Шикульская Ольга Михайловна	
ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА ВИДЕОКАРТЫ	39
Ибрагимова Альфия Рамилевна Каримова Алия Ильдаровна Родионов Артем Сергеевич	
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ	43
Кашипова Любовь Александровна Мосякин Александр Сергеевич Маров Вячеслав Николаевич Плотникова Людмила Валерьяновна	

<b>Секция 3. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>49</b>
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ Латышев Виктор Александрович	49
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ УЗЛА С ПОДАТЛИВЫМ КРЕПЛЕНИЕМ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ Пантелеев Евгений Юрьевич Кузнецова Светлана Владимировна	55
<b>Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии</b>	<b>64</b>
УПРАВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ Булат Павел Викторович Продан Николай Васильевич	64
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ Волгина Наталья Ивановна Хламкова Светлана Сергеевна Шарипзянова Гюзель Харьясовна	77
РАСЧЕТ СКОРОСТИ ЧАСТИЦ В ХОЛОДНОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ Рябинин Анатолий Николаевич	84
<b>Секция 5. Транспорт и связь, кораблестроение</b>	<b>89</b>
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУКЦИЙ СПУСКО-ПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ Быканова Анна Юрьевна	89

<b>Секция 6. Аэрокосмическая техника и технологии</b>	<b>96</b>
О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, КОНТРОЛИРУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ВНЕШНИХ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР	96
Савкин Леонид Васильевич Клочко Ольга Сергеевна Макаров Антон Сергеевич	
<b>Секция 7. Строительство и архитектура</b>	<b>104</b>
ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В Г. ЯКУТСКЕ	104
Васильев Иннокентий Иннокентьевич Контуров Сергей Егорович	
ЗАДАЧА УСТОЙЧИВОСТИ РАМЫ В РАМКАХ ТЕОРИИ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ	109
Шляхов Станислав Михайлович Кривулина Эльвира Федоровна	
<b>Секция 8. Технология продовольственных продуктов</b>	<b>117</b>
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ НАССР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ	117
Варварина Наталья Михайловна	
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ	122
Сон Оксана Михайловна Голотин Василий Александрович Салюк Елена Сергеевна	
<b>Секция 9. Технология материалов и изделий легкой промышленности</b>	<b>128</b>
АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕКСТИЛЬНОМ ДИЗАЙНЕ. НУНОВОЙЛОК	128
Фот Жанна Андреевна Фишер Катарина Александровна	

МЕТОД БУФОВ В СОЗДАНИИ ФАКТУРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ Фот Жанна Андреевна	133
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ОБЪЕМНЫМИ УТЕПЛЯЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ Шевелёва Инна Александровна	139
<b>Секция 10. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология</b>	<b>145</b>
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЫПУЧИХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ОТ КРУГЛОПИЛЬНОГО СТАНКА Галашев Александр Николаевич	145
<b>Секция 11. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством</b>	<b>150</b>
АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКИ В ФАРМАЦИИ Жакипбеков Кайрат Сапарханович Тулемисов Сакен Кутимханович Датхаев Убайдилла Махамбетович	150
1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. СООБЩЕНИЕ 2. ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ 1,6-ДИАЛКИЛПРОИЗВОДНЫХ 1,3,4,6- ТЕТРАОКСОГЕКСАНА Козьминых Елена Николаевна Муковоз Пётр Петрович Козьминых Владислав Олегович	157
<b>Секция 12. Методология и философия науки и техники</b>	<b>165</b>
ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА Латышев Виктор Александрович Ратникова Инна Эдуардовна	165

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

#### ДИСКРЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СУПЕРПОЗИЦИЯМИ ДВУМЕРНЫХ ТОЧЕЧНЫХ МНОЖЕСТВ

***Воронцов Олег Викторович***

*канд. техн. наук, зав. кафедрой начертательной геометрии и графики,  
доцент Полтавского национального технического университета  
им. Юрия Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [uaag.poltava2012@gmail.com](mailto:uaag.poltava2012@gmail.com)*

***Тулупова Лариса Александровна***

*канд. физ.-мат. наук, доцент Полтавского национального  
технического университета им. Юрия Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [uaag.poltava2012@gmail.com](mailto:uaag.poltava2012@gmail.com)*

#### DISCRETE MODELING OF CURVED SURFACES BY SUPERPOSITIONS OF TWO-DIMENSIONAL POINT SETS

***Oleg Vorontsov***

*PhD, Associate Professor,  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

***Larisa Tulupova***

*PhD, Associate Professor,  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

## АННОТАЦИЯ

В работе исследованы аспекты дискретного определения кривых поверхностей на основе геометрического аппарата суперпозиций точечных множеств.

## ABSTRACT

In the article some aspects of the discrete determination of curved surfaces were investigated, using geometrical superposition of point sets.

**Ключевые слова:** прикладная геометрия; дискретное геометрическое моделирование; метод конечных разностей; статико-геометрический метод; математический аппарат числовых последовательностей; геометрический аппарат суперпозиций.

**Keywords:** applied geometry; discrete geometric modeling; finite difference method; static-geometric method; mathematical apparatus of numerical sequences; geometrical apparatus of superpositions.

**Постановка проблемы.** В процессе создания проектных поверхностей сложных технических объектов, важно обеспечить управление формой дискретных моделей поверхностей, возможность оперативного изменения хода расчетов моделируемой поверхности без использования трудоемких операций.

При геометрическом моделировании исходными данными, как правило, выступают геометрические характеристики и условия, чаще всего представленные в числовой форме, массивы которых могут быть достаточно большими. В этих условиях методы глобального непрерывного моделирования часто оказываются неэффективными, потому что обычно требуют использования достаточно сложных математических алгоритмов и не могут обеспечить необходимую адекватность модели. Отмеченных недостатков лишены методы дискретного геометрического моделирования.

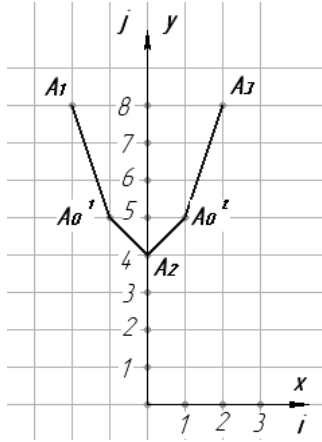
**Анализ последних исследований.** Классический метод конечных разностей, статико-геометрический метод, математический аппарат числовых последовательностей [6; 7; 8] имеют свои преимущества и недостатки относительно решения конкретных практических задач. Поэтому их исследование, обогащение новыми эффективными алгоритмами, изучение возможности их компиляции, а на этой основе расширения множества исходных данных является актуальными. Также актуальным является последующее развитие и совершенствование вышеперечисленных методов в целом.

Применение геометрического аппарата суперпозиций [5] в сочетании с вышеперечисленными методами позволяет существенно









**Рисунок 1. Дискретно представленная кривая  $y = x^2 + 4$**

Докажем это свойство. Как известно каждый вектор (точку) двумерного пространства можно представить как линейную комбинацию двух других линейно независимых векторов этого пространства (определитель составленный из их координат не должен равняться нулю).

Поэтому, если на произвольной линии  $y = f(x)$  выберем четыре точки  $A_0, A_1, A_2, A_3$  и запишем равенство

$$A_0 = k_1 A_1 + k_2 A_2 + (1 - k_1 - k_2) A_3 \quad (5)$$

Или в координатной форме

$$A_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} = k_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + k_2 \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} + (1 - k_1 - k_2) \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Или:

$$\begin{pmatrix} x_0 - x_3 \\ y_0 - y_3 \end{pmatrix} = k_1 \begin{pmatrix} x_1 - x_3 \\ y_1 - y_3 \end{pmatrix} + k_2 \begin{pmatrix} x_2 - x_3 \\ y_2 - y_3 \end{pmatrix} \quad (7)$$

То это и есть представление вектора  $(x_0 - x_3, y_0 - y_3)$  в виде линейной комбинации векторов  $(x_1 - x_3, y_1 - y_3)$  и  $(x_2 - x_3, y_2 - y_3)$ .

Если определитель  $\begin{vmatrix} x_1 - x_3 & x_2 - x_3 \\ y_1 - y_3 & y_2 - y_3 \end{vmatrix} \neq 0$ , то коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  можно найти как решение системы (7). Это решение существует и является единственным.

Значит координаты произвольной точки  $A_0$  на кривой  $y = f(x)$  всегда можно представить в виде (5) (при указанных выше условиях).

Если определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 - x_3 & x_2 - x_3 \\ y_1 - y_3 & y_2 - y_3 \end{vmatrix} = 0,$$

т. е.  $(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3) = 0$ , т. е.

$$\frac{x_1 - x_3}{x_2 - x_3} = \frac{y_1 - y_3}{y_2 - y_3}.$$

Это означает, что  $\Delta = 0$ , если точки  $A_1, A_2$  и  $A_3$  лежат на одной прямой. Значит задачу представления точки  $A_0$  в виде (5) можно решить и при этом единственным способом тогда и только тогда, если точки  $A_1, A_2, A_3$  не лежат на одной прямой.

Запишем систему (4) в виде:

$$\begin{cases} x_0 - x_3 = k_1(x_1 - x_3) + k_2(x_2 - x_3) \\ y_0 - y_3 = k_1(y_1 - y_3) + k_2(y_2 - y_3) \end{cases}, \quad (8)$$

где:  $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4$  — известные числовые параметры,  
 $k_1, k_2$  — неизвестные.

Решив систему (8), найдем выражения для вычисления коэффициентов суперпозиции  $k_1, k_2$  [1]:

$$k_1 = \frac{(x_0 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_0 - y_3)}{(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)};$$

$$k_2 = \frac{(x_1 - x_3)(y_0 - y_3) - (x_0 - x_3)(y_1 - y_3)}{(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)}.$$
(9)

Результаты вычисленных коэффициентов суперпозиции заданных точек  $A_1, A_2, A_3$  для определения координат неизвестных точек  $A_0^1$  и  $A_0^2$  кривой с равномерным шагом  $h=1$  вдоль оси  $Ox$ , представленной на рисунке 1 приведены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Значения коэффициентов суперпозиции**

	$A_1$	$A_0^1$	$A_2$	$A_0^2$	$A_3$
$x_0$	-2	-1	0	1	2
$y_0$	8	5	4	5	8
$k_1$		0,375		-0,125	
$k_2$		0,75		0,75	
$k_3=1-k_1-k_2$		-0,125		0,375	

**Свойство 2.** Координаты любой точки двумерного множества точек являются суперпозицией (10) координат четырех произвольных точек данного множества.

$$\begin{cases} x_0 = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + (1 - k_1 - k_2 - k_3) x_4 \\ y_0 = k_1 y_1 + k_2 y_2 + k_3 y_3 + (1 - k_1 - k_2 - k_3) y_4 \\ z_0 = k_1 z_1 + k_2 z_2 + k_3 z_3 + (1 - k_1 - k_2 - k_3) z_4 \end{cases} \quad (10)$$

Проверим верность данного утверждения. Пусть теперь точки  $A_1(x_1, y_1, z_1), A_2(x_2, y_2, z_2), A_3(x_3, y_3, z_3), A_4(x_4, y_4, z_4)$ , лежат на поверхности  $z = f(x, y)$  (рис. 2). Тогда произвольную точку  $A_0(x_0, y_0, z_0)$ , можно представить в виде:

$$A_0 = k_1 A_1 + k_2 A_2 + k_3 A_3 + (1 - k_1 - k_2 - k_3) A_4 \quad (11)$$

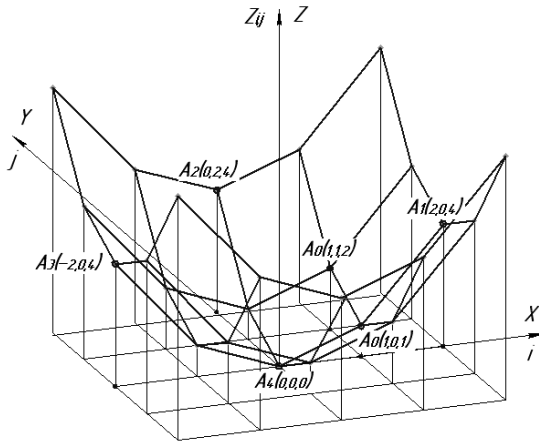


Рисунок 2. Дискретно представленная поверхность  $z = x^2 + y^2$

Чтобы найти коэффициенты  $k_1, k_2, k_3$  нужно решить систему (10) или:

$$\begin{cases} x_0 - x_4 = k_1(x_1 - x_4) + k_2(x_2 - x_4) + k_3(x_3 - x_4) \\ y_0 - y_4 = k_1(y_1 - y_4) + k_2(y_2 - y_4) + k_3(y_3 - y_4) \\ z_0 - z_4 = k_1(z_1 - z_4) + k_2(z_2 - z_4) + k_3(z_3 - z_4) \end{cases} \quad (12)$$

В результате решения системы (12) найдем выражения для вычисления коэффициентов суперпозиции  $k_1, k_2, k_3$ :

$$k_1 = \frac{(x_0 - x_4)(y_2 - y_4)(z_3 - z_4) - (x_0 - x_4)(y_3 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_2 - y_4)(z_3 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_3 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_2 - x_4)(y_0 - y_4)(z_3 - z_4) + (x_2 - x_4)(y_3 - y_4)(z_0 - z_4) - (x_2 - x_4)(y_1 - y_4)(z_3 - z_4) + (x_2 - x_4)(y_3 - y_4)(z_1 - z_4) + (x_3 - x_4)(y_0 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_3 - x_4)(y_2 - y_4)(z_0 - z_4) + (x_3 - x_4)(y_1 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_3 - x_4)(y_2 - y_4)(z_1 - z_4)}{\dots} ;$$

$$\begin{aligned}
k_2 = & \frac{(x_1 - x_4)(y_0 - y_4)(z_3 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_3 - y_4)(z_0 - z_4) -}{(x_1 - x_4)(y_2 - y_4)(z_3 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_3 - y_4)(z_2 - z_4) -} \\
& \frac{-(x_0 - x_4)(y_1 - y_4)(z_3 - z_4) + (x_0 - x_4)(y_3 - y_4)(z_1 - z_4) +}{-(x_2 - x_4)(y_1 - y_4)(z_3 - z_4) + (x_2 - x_4)(y_3 - y_4)(z_1 - z_4) +} \\
& \frac{+(x_3 - x_4)(y_1 - y_4)(z_0 - z_4) - (x_3 - x_4)(y_0 - y_4)(z_1 - z_4)}{+(x_3 - x_4)(y_1 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_3 - x_4)(y_2 - y_4)(z_1 - z_4)} \quad ; \quad (13) \\
k_3 = & \frac{(x_1 - x_4)(y_2 - y_4)(z_0 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_0 - y_4)(z_2 - z_4) -}{(x_1 - x_4)(y_2 - y_4)(z_3 - z_4) - (x_1 - x_4)(y_3 - y_4)(z_2 - z_4) -} \\
& \frac{-(x_2 - x_4)(y_1 - y_4)(z_0 - z_4) + (x_2 - x_4)(y_0 - y_4)(z_1 - z_4) +}{-(x_2 - x_4)(y_1 - y_4)(z_3 - z_4) + (x_2 - x_4)(y_3 - y_4)(z_1 - z_4) +} \\
& \frac{+(x_0 - x_4)(y_1 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_0 - x_4)(y_2 - y_4)(z_1 - z_4)}{+(x_3 - x_4)(y_1 - y_4)(z_2 - z_4) - (x_3 - x_4)(y_2 - y_4)(z_1 - z_4)}
\end{aligned}$$

Таблица 2.

Значения аппликат точек поверхности  $z = x^2 + y^2$

	$x=-2$	$x=-1$	$x=0$	$x=1$	$x=2$
$y=2$	8	5	4	5	8
$y=1$	5	2	1	2	5
$y=0$	4	1	0	1	4
$y=-1$	5	2	1	2	5
$y=-2$	8	5	4	5	8

Проверим верность выведенных выражений на конкретном примере. В таблице 2 приведены значения координат точек дискретно представленной на рисунке 2 поверхности  $z = x^2 + y^2$ .

Вычислим значения коэффициентов суперпозиции трех заданных точек опорного контура  $A_1(2, 0, 4)$ ,  $A_2(0, 2, 4)$ ,  $A_3(-2, 0, 4)$  и центрального узла  $A_0(0, 0, 0)$  для определения координат точки  $A_0(1, 0, 1)$ .

$$\begin{cases}
1 - 0 = k_1(2 - 0) + k_2(0 - 0) + k_3(-2 - 0) \\
0 - 0 = k_1(0 - 0) + k_2(2 - 0) + k_3(0 - 0) \\
1 - 0 = k_1(4 - 0) + k_2(4 - 0) + k_3(4 - 0)
\end{cases} \quad (14)$$

Решение системы (14) дает значения коэффициентов суперпозиции:  $k_1 = 0,375$ ,  $k_2 = 0$ ,  $k_3 = -0,125$ .

Для определения координат точки  $A_0(I, I, 2)$  коэффициенты суперпозиции будут иметь значения:  $k_1 = 0,25$ ,  $k_2 = 0,5$ ,  $k_3 = -0,25$ .

**Выводы.** Для дискретного моделирования поверхностей может быть применен геометрический аппарат суперпозиций двумерных точечных множеств, позволяющий определять координаты произвольных узлов дискретного образа поверхности по произвольным исходным данным.

Варьирование значениями коэффициентов суперпозиции позволит управлять формой моделируемой поверхности.

### Список литературы:

1. Воронцов О.В., Радченко Г.О. Дискретне визначення кривих на основі різних методів геометричного моделювання / О.В. Воронцов, Г.О. Радченко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. К.: КНУБА, — 2011. — Вип. 88. — С. 116—120.
2. Воронцов О.В., Радченко Г.О. Дискретне моделювання кривих ліній на основі геометричного апарату суперпозицій / О.В. Воронцов, Г.О. Радченко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. К.: КНУБА, — 2012. — Вип. 89. — С. 116—120.
3. Воронцов О.В., Тулупова Л.О. Определение дискретных аналогов классов элементарных функций суперпозициями одномерных точечных множеств / О.В. Воронцов, Л.О. Тулупова // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2014. № 3(4). [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1135>.
4. Воронцов О.В., Усенко В.Г. Применение геометрического аппарата суперпозиций в дискретном моделировании объектов строительства и машиностроения / О.В. Воронцов, В.Г. Усенко // Сборник статей по материалам XXVIII международной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике». Новосибирск. — 2013. — № 11(24). — С. 14—27.
5. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций: Дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01 / С.Н. Ковалев. М., 1986 — 348 с.
6. Ковалев С.Н. О суперпозициях / С.Н. Ковалев // Прикладна геометрія та інженерна графіка. К.: КНУБА, — 2010. — Вип. 84. — С. 38-42.
7. Ковальов С.М., Гумен М.С., Пустюльга С.І., Михайленко В.Є., Бурчак І.Н. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Спеціальні розділи. Випуск 1. Луцьк.: Редакційно-видавничий відділ ЛДТУ, 2006. — С. 118—176.
8. Пустюльга, С.І. Дискретне визначення геометричних об'єктів числовими послідовностями: Дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01 / С.І. Пустюльга. К., 2006. — 322 с.



**ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
В КОНТРОЛЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

***Усенко Валерий Григорьевич***

*канд. техн. наук, доцент Полтавского национального  
технического университета им. Юрия Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [Valery\\_Usenko@ukr.net](mailto:Valery_Usenko@ukr.net)*

***Кодак Ольга Антоновна***

*канд. техн. наук, доцент Полтавского национального  
технического университета им. Юрия Кондратюка,  
РФ, г. Полтава*

***Усенко Ирина Сергеевна***

*канд. техн. наук, доцент Полтавского национального  
технического университета им. Юрия Кондратюка,  
РФ, г. Полтава*

**THE GEOMETRIC ASPECTS  
IN MONITORING THE PROCESS  
OF FUNCTIONING THE TECHNICAL SYSTEM**

***Valeriy Usenko***

*candidate of Science, assistant professor  
of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

***Olga Kodak***

*candidate of Science, assistant professor  
of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

***Irina Usenko***

*candidate of Science, assistant professor  
of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

## АННОТАЦИЯ

Представлено определение инцидентности точек вектора случайного процесса допустимому двумерному пространству надежности технической системы с позиций геометрии. Граница допустимой области надежности системы для двумерного пространства интерпретируется множеством 0-мерных геометрических объектов (точек) или 1-мерных объектов — линий прямых или кривых, которые соответствуют состоянию системы при определенном наборе параметров. С увеличением размерности допустимого пространства надежности возможные представления границы  $\Gamma$  расширяются.

## ABSTRACT

It was presented the determining of the preference by the points of the vector of the random process allowable for two-dimensional space of the reliability of the technical system from the geometry position. The boundary of the admissible domain of system reliability for the two-dimensional space is interpreted by the set of 0-dimensional geometric objects (points) or 1-dimensional objects — straight or curved lines, which correspond to the state of the system under a specific set of parameters. With the increase in the allowable space dimension of reliability the possible representations of the boundary  $\Gamma$  are expanded.

**Ключевые слова:** надежность; технические системы; случайные процессы; геометрическое моделирование.

**Keywords:** reliability; technical systems; casual processes; geometrical design.

Для оценивания надежности технической системы необходимо учитывать характеристики ее поведения во время эксплуатации. Параметры функционирования системы часто имеют случайную природу. Поэтому возникают задачи нахождения вероятностных характеристик поведения системы по заданным вероятностным характеристикам внешних условий воздействия [1; 2; 4].

Надежность  $P(t)$  принимается как вероятность безотказной работы на отрезке времени  $[0, \tau]$ , что соответствует вероятности нахождения вектора  $v(t)$  в допустимом пространстве  $\Omega$  ограниченной граничной областью  $\Gamma$  в течение этого интервала времени:

$$P(t) = \begin{cases} P\{v(t) \in \Omega\}; & t \in [0, \tau] \\ P\{v(t) \in \Gamma\}; & t \in [0, \tau] \\ P\{v(t) \notin \Omega\}; & t \in [0, \tau] \end{cases} \quad 1)$$

В каждый новый момент времени  $t \in [0, \tau]$  состояние системы характеризуется конкретным набором параметров пространства надежности  $p_1, p_2, \dots, p_m$ , от числа которых зависит размерность задачи. Элементами пространства надежности может быть надежность элементов системы или надежность подсистем.

Рассмотрим двумерный случай дискретного задания граничной области  $\Gamma$ , которое, может быть реализовано путем обработки экспериментальных данных. Точность вычислений зависит от числа точек граничной области  $\Gamma_i \in \Gamma, i=1, 2, \dots, n$ . Тогда нужно использовать метод интерполяции для получения модели граничной области. Здесь можно применить простейший вариант, когда нужно определить, находится ли точка  $N\{p_1, p_2\}$  вектора процесса  $v(t)$  внутри, снаружи или на некоторой окружности с радиусом, который равен наименьшему расстоянию всех точек дискретной границы  $\Gamma$  [3]:

$$d_i = \sqrt{p_{1_i}^2 + p_{2_i}^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$d_N = \sqrt{p_{1_N}^2 + p_{2_N}^2}, \quad r = \min\{d_i\} - d_N.$$

$$\begin{cases} N\{p_1, p_2\} \in \Omega, & r > 0; \\ N\{p_1, p_2\} \in \Gamma, & r = 0; \\ N\{p_1, p_2\} \notin \Omega, & r < 0, \end{cases} \quad 2)$$

где:  $p_1, p_2$  — элементы из пространства надежности функционирования системы  $n$  — число точек границы  $\Gamma$ ;

$r$  — расстояние между точкой границы  $\Gamma_i$  и точкой  $N\{p_1, p_2\}$  вектора  $v(t)$ .

Более точным будет определение положения точки  $N\{p_1, p_2\}$  относительно двух ближайших к ней других точек границы  $\Gamma$ . Тогда нужно выполнить интерполяцию ближайшей части границы прямой линией — геометрическим объектом с размерностью 1. Определим ближайшую точку границы к  $N\{p_1, p_2\}$ :

$$m_i = \sqrt{(p_{1_N} - p_{1_i})^2 + (p_{2_N} - p_{2_i})^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$\Gamma_i \equiv \Gamma_{\min\{p_1, p_2\}} \equiv \Gamma\{m_{\min}\}, \quad m_{\min} = \min\{m_i\}. \quad 3)$$

А также ближайшую точку границы  $\Gamma$  к предыдущей:

$$h_i = \sqrt{(p_{1\Gamma_i} - p_{1\Gamma_{i+1}})^2 + (p_{2\Gamma_i} - p_{2\Gamma_{i+1}})^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

$$\Gamma_{i+1} \equiv \Gamma_{\min\{p_1, p_2\}} \equiv \Gamma\{h_{\min}\}, \quad h_{\min} = \min\{h_i\}, \quad ,$$

где:  $m_i$ , — расстояние от точки границы  $\Gamma_i$  до точки  $N\{p_1, p_2\}$ ,

$h_i$  — расстояние от точки границы  $\Gamma_i$  до ближайшей точки  $\Gamma_{i+1}$ .

Положение точки  $N\{p_1, p_2\}$  относительно прямой  $(\Gamma_i, \Gamma_{i+1})$  определяется расстоянием  $d_{pl}$ :

$$d_{pl} = \frac{p_{2N} (p_{1\Gamma_{i+1}} - p_{1\Gamma_i}) - p_{1N} (p_{2\Gamma_{i+1}} - p_{2\Gamma_i})}{\sqrt{(p_{1k} - p_{1i})^2 + (p_{2k} - p_{2i})^2}} - u, \quad (5)$$

$$u = \frac{p_{2i+1} (p_{1\Gamma_{i+1}} - p_{1\Gamma_i}) - p_{1i+1} (p_{2\Gamma_{i+1}} - p_{2\Gamma_i})}{\sqrt{(p_{1\Gamma_{i+1}} - p_{1\Gamma_i})^2 + (p_{2\Gamma_{i+1}} - p_{2\Gamma_i})^2}}$$

Таким образом, условие принадлежности точки  $N$  вектора процесса  $v(t)$  допустимой области надежности следующее:

$$\begin{cases} N\{p_1, p_2\} \in \Omega, & d_{pl} > 0; \\ N\{p_1, p_2\} \in \Gamma, & d_{pl} = 0; \\ N\{p_1, p_2\} \notin \Omega, & d_{pl} < 0. \end{cases} \quad (6)$$

Для повышения точности определения положения точки вектора  $v(t)$  выполним интерполяцию окружностью, которая проходит через три ближайших точки границы  $\Gamma$  к точке  $N$ . Интерполяцию части границы выполним в форме кривой, которая проходит через точки  $\Gamma_{i-1}$ ,  $\Gamma_i$ ,  $\Gamma_{i+1}$ . Три точки границы не должны в этом случае принадлежать одной прямой и точка  $\Gamma_i$  должна быть ближайшей к  $N \in v(t)$  соответственно (3). Точки  $\Gamma_{i-1}$  и  $\Gamma_{i+1}$  должны быть ближайшими к  $\Gamma_i$  соответственно (4). Уравнения прямых  $(\Gamma_{i-1}, \Gamma_i)$  и  $(\Gamma_i, \Gamma_{i+1})$  в неявном виде:

$$\begin{aligned} \frac{(p_1 - p_{1_{\Gamma_{i-1}}})(p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}})}{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}} + p_{2_{i-1}} - p_{2_{(\Gamma_{i-1}, \Gamma_i)}} &= 0, \\ \frac{(p_1 - p_{1_{\Gamma_i}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})}{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}} + p_{2_i} - p_{2_{(\Gamma_i, \Gamma_{i+1})}} &= 0. \end{aligned} \quad 7)$$

Точка центра окружности  $\Gamma_C$  находится на равном расстоянии от трех точек границы  $\Gamma_{i-1}$ ,  $\Gamma_i$ ,  $\Gamma_{i+1}$ :

$$\begin{aligned} d_1 &= d_2 = d_3, \\ d_i &= \sqrt{(p_{1_C} - p_{1_{\Gamma_i}})^2 + (p_{2_C} - p_{2_{\Gamma_i}})^2}. \end{aligned} \quad 8)$$

и инцидентна одновременно двум перпендикулярам, проходящим через средние точки отрезков  $[\Gamma_{i-1}, \Gamma_i]$  и  $[\Gamma_i, \Gamma_{i+1}]$ , которые описываются уравнением:

$$\begin{aligned} p^*_{(\Gamma_{i-1}, \Gamma_i)} + \frac{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}}}{p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}}} \left( p - \frac{p(p_{1_{i-1}} + p_{1_{\Gamma_i}})}{2} \right) + \frac{p_{2_{\Gamma_{i-1}}} + p_{2_{\Gamma_i}}}{2} &= 0, \\ p^*_{(\Gamma_i, \Gamma_{i+1})} + \frac{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}}}{p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}}} \left( p - \frac{p(p_{1_i} + p_{1_{\Gamma_{i+1}}})}{2} \right) + \frac{p_{2_{\Gamma_i}} + p_{2_{\Gamma_{i+1}}}}{2} &= 0. \end{aligned} \quad 9)$$

Параметры центра окружности в двумерном пространстве равны:

$$\begin{aligned} p_{1_C} &= \frac{\frac{(p_{2_{\Gamma_{i-1}}} - p_{2_{\Gamma_{i+1}}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})}{(p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}})(p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}})} + \frac{(p_{1_{\Gamma_{i-1}}} + p_{1_{\Gamma_i}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})}{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}}} - \frac{(p_{1_{\Gamma_i}} + p_{1_{\Gamma_{i+1}}})(p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}})}{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}}}}{2 \left( \frac{p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}}}{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}}} - \frac{p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}}}{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}}} \right)}; \\ p_{2_C} &= \frac{\frac{(p_{1_{\Gamma_{i-1}}} - p_{1_{\Gamma_{i+1}}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})}{(p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}})(p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}})} + \frac{(p_{2_{\Gamma_{i-1}}} + p_{2_{\Gamma_i}})(p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}})}{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}}} - \frac{(p_{2_{\Gamma_i}} + p_{2_{\Gamma_{i+1}}})(p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}})}{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}}}}{2 \left( \frac{p_{2_{\Gamma_{i+1}}} - p_{2_{\Gamma_i}}}{p_{1_{\Gamma_{i+1}}} - p_{1_{\Gamma_i}}} - \frac{p_{2_{\Gamma_i}} - p_{2_{\Gamma_{i-1}}}}{p_{1_{\Gamma_i}} - p_{1_{\Gamma_{i-1}}}} \right)} \quad 10) \end{aligned}$$

$$\left( \frac{p_{2\Gamma_{i+1}} - p_{2i}}{p_{1\Gamma_{i+1}} - p_{1\Gamma_i}} \neq \frac{p_{2\Gamma_i} - p_{2\Gamma_{i-1}}}{p_{1\Gamma_i} - p_{1\Gamma_{i-1}}} \right).$$

Радиус окружности получим как расстояние между точками центра и одной из точек окружности:

$$d_c = \sqrt{(p_{1c} - p_{1\Gamma_i})^2 + (p_{2c} - p_{2\Gamma_i})^2}. \quad (11)$$

Условие принадлежности точки  $N$  вектора процесса  $v(t)$  допустимой области надежности с частью границы  $\Gamma$ , которая аппроксимируется окружностью следующее:

$$\begin{cases} N\{p_1, p_2\} \in \Omega, & d_c > 0; \\ N\{p_1, p_2\} \in \Gamma, & d_c = 0; \\ N\{p_1, p_2\} \notin \Omega, & d_c < 0. \end{cases} \quad (12)$$

Граница допустимой области надежности системы для двумерного пространства представляется множеством 0-мерных геометрических объектов (точек) или 1-мерных объектов — линий прямых или кривых. Переход от объектов меньшей размерности границы к объектам большей размерности осуществляется методом интерполяции. С увеличением размерности допустимого пространства надежности системы возможные представления границы  $\Gamma$  расширяются. Например, в трехмерном пространстве необходимо рассматривать также двумерные объекты: плоскости и поверхности.

### Список литературы:

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М.: Стройиздат, 1981. — 351 с.
2. Капур К, Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М.: Мир, 1978. — 432 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1974. — 832 с.
4. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий: Монография. Полтава: Издательство «АСМІ», 2009. — 451 с.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОМПЕТЕНЦИИ

***Герасимова Вера Анатольевна***

*аспирант Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань*

*E-mail: [vera\\_gerasimova@mail.ru](mailto:vera_gerasimova@mail.ru)*

***Шиккульская Ольга Михайловна***

*д-р техн. наук,  
профессор, Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань*

*E-mail: [shikul@mail.ru](mailto:shikul@mail.ru)*

#### COMPETENCE LIFECYCLE MODEL

***Vera Gerasimova***

*graduate student, Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

***Shikulskaya Olga***

*doctor of Science, Professor of Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

#### АННОТАЦИЯ

В работе выполнен анализ исследований в области компетентностного подхода в образовании, усовершенствована модель жизненного цикла компетенции (AS-IS), показана недостаточная проработка в известных работах вопросов планирования и разработки общеобразовательной программы как начального этапа реализации компетентностного подхода. Предложена новая модель жизненного цикла компетенции (TO-BE) с информационной поддержкой этого процесса.

## ABSTRACT

In this paper the analysis of research in the area of competence approach in education is performed, competence life-cycle model (AS-IS) is improved, the authors showed insufficient study in famous works of the planning and development of a comprehensive program as the initial stage of the competency approach. A new model of the life cycle of competence (TO-BE) with information support of this process is offered.

**Ключевые слова:** компетентностный подход; модель жизненного цикла; общеобразовательная программа.

**Keywords:** competence-based approach; life cycle model; educational program.

В условиях динамического развития экономики происходит реорганизация системы образования. Модернизация содержания образования тесно связана освоением компетентностного подхода. Сегодняшнему выпускнику необходимо иметь такие качества, как мобильность, ответственность, способность применять полученные знания в незнакомых ситуациях, коммуникабельность, гибкость. Поэтому перед образовательными учреждениями поставлена задача выпускать специалистов обладающих не только определенными знаниями и навыками, а научить человека действовать в конкретной жизненной ситуации. Сформированные ранее образовательные модели не могут в полной мере подготовить профессиональных специалистов, в которых нуждается современная экономика. Введение в действие новых ФГОС ВПО ориентирует образовательные учреждения на результат обучения, выраженный языком компетенций, поэтому перед вузами стоит задача научить студента действовать в условиях неопределенности, частой смены информации, уметь постоянно совершенствовать свой профессиональный уровень.

Результатом освоения является сформированный набор компетенций, т. е. набором знаний, навыков, способностей, личных качеств, необходимых для дальнейшего успешного профессионального роста, после завершения образовательной программы, которыми должен обладать выпускник по завершении учебного процесса.

Результаты проведенного анализа по научно-технической литературе [1; 2] связанные с определением понятий «компетенция», «компетентность» и внедрением компетентностного подхода в систему образования, указывают на многомерность и неоднозначность трактовки данных понятий, а значит, и основанного на них подхода к результату обучения и необходимости модернизации системы подготовки специалистов.



Это совершенно новая парадигма в образовании, и, несмотря на огромное количество работ в различных областях науки, посвященных данной тематике, остается еще очень много неисследованных вопросов.

Для рассмотрения всех составляющих компетентностного подхода удобно использовать понятие модели жизненного цикла компетенции (ЖЦК), введенное в работе [8]. Однако модель ЖЦК, представленная в этой работе, не включает начального этапа — этапа планирования и разработки общеобразовательной программы (ООП), который является наиболее важным, и неверный подбор изучаемых дисциплин в ООП не позволит сформировать требуемые образовательным стандартом и работодателями компетенции.

В связи с этим автором переработана модель ЖЦК (рис. 1). Представленная структура подготовки выпускников представляет собой совокупность процессов, реализуемых структурными подразделениями вуза.



**Рисунок 1. Структура модели жизненного цикла компетенции (AS-IS)**

Для выявления «узких мест» в исследовании компетентностного подхода научных работ с привязкой к этапам ЖЦК [1; 3—10]. Результаты анализа сведены в таблицу 1. Процесс планирования и разработки ООП обозначен в таблице как этап I, процесс реализации ООП разбит на два этапа: II — формирование компетенции, III — контроль владения компетенцией.

Таблица 1.

Сводная таблица авторских разработок по формированию компетенций выпускников ВУЗа

Этапы ЖЦК	I	II	III
Авторы			
Каюкова И.В.		+	+
Лисицина Л.С.		+	+
Овчинников П.В.		+	+
Перова Л.Г.		+	+
Пирская А.С.		+	+
Селянская Г.Н.		+	+
Сибкина И.В.	+	+	
Столбова И.Д.	+	+	
Тумбинская М.В.		+	+
Шабалина О.А.		+	

Анализ таблицы показал, что наиболее неисследованным является процесс планирования и разработка ООП. Авторами предложена новая модель ЖЦК (ТО-ВЕ) с информационной поддержкой этого процесса (рис. 2).

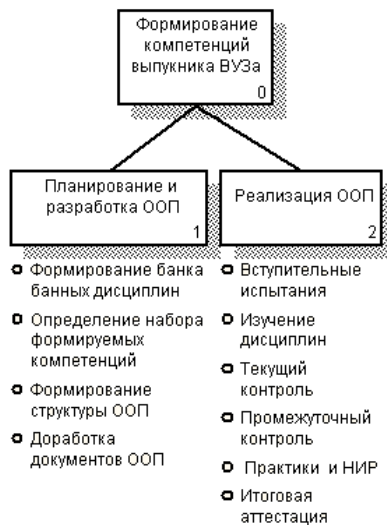


Рисунок 2. Структура модели жизненного цикла компетенции(ТО-ВЕ)

Процесс планирования и разработки ООП декомпозирован на подпроцессы: формирование банка данных дисциплин, определение набора компетенций, Формирование структуры ООП, доработка документов ООП. Для реализации этого процесса предполагается привлечение в качестве экспертов преподавателей и работодателей. Разработанная модель ЖЦК формирует план дальнейших исследований авторов в данном направлении.

### **Список литературы:**

1. Каюкова И.В. Разработка математических методов и моделей анализа и прогнозирования качества обучения в вузе на основе компетентностного подхода. Специальность 08.00.13. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Волгоград 2014.
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. 17.11.2008 г. № 1662-р. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf> (дата обращения 10.09.2014).
3. Лисицина Л.С. Концепция и методология управления разработкой образовательного процесса по подготовке компетентностных выпускников средствами сетевой информационной системы. Специальность 05.13.06. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург 2008.
4. Овчинников П.В. Математические модели и инструментарий формирования адаптивных образовательных траекторий подготовки конкурентоспособных специалистов в вузах. Специальность 08.00.13. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Новочеркасск 2014.
5. Перова Л.Г. Комбинированное управление процессом формирования компетенций студентов технического профиля. Специальность 05.13.10. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Астрахань 2013.
6. Пирская А.С. Автоматизация управления образовательными траекториями студентов на основе результатов освоения компетенций ФГОС ВПО. Специальность 05.13.06. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург 2012.
7. Селянская Г.Н. Статья «Методологические основания практики решений по выработке и оценки компетенций». Аккредитация в сфере высшего профессионального образования России: состояние и перспективы: Сборник материалов Первой Всероссийской электронной научно-практической конференции экспертов в области оценки качества профессионального образования / Общ. ред. Г.Н. Мотова. М.: Гильдия экспертов в сфере проф. образования, 2010.

8. Сибикина И.В. Модели и алгоритмы формирования и оценки компетенций выпускника вуза. Специальность 05.13.10 Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Астрахань 2012.
9. Столбова И.Д. Адаптивное управление качеством предметной подготовки в техническом вузе на основе компетентностного подхода. Специальность 05.13.10. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. 2012.
10. Тумбинская М.В. Принятие решений при оценивании знаний и управлении в интерактивной обучающей системе. Специальность 05.13.10. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа –2011.

## **АНАЛИЗ СИСТЕМ СТИМУЛИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ВУЗА**

***Дюсекеев Канагат Абетович***

*аспирант Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань  
E-mail: [abetovich@mail.ru](mailto:abetovich@mail.ru)*

***Шиккульская Ольга Михайловна***

*д-р техн. наук, профессор,  
Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань  
E-mail: [shikul@mail.ru](mailto:shikul@mail.ru)*

## **ANALYSIS OF INCENTIVE UNIVERSITY STAFF**

***Dyusekeev Kanagat***

*graduate student, Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

***Shikulskaya Olga***

*doctor of Science, Professor of Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

## АННОТАЦИЯ

В работе обоснована необходимость совершенствования систем стимулирования сотрудников вуза в условиях конкурентной среды, проанализированы действующие в России и Казахстане системы стимулирования сотрудников вуза, работы ученых в этой области, сопоставлены применяемые критерии эффективности вузов в России, Казахстане и за рубежом.

## ABSTRACT

We justify the need to improve incentives for employees of the university in a competitive environment, analyzed existing in Russia and Kazakhstan incentive system of the university staff, the work of scientists in the field, compared applicable performance criteria of universities in Russia, Kazakhstan and abroad.

**Ключевые слова:** оплата труда; критерий; стимулирование; аккредитационный показатель.

**Keywords:** compensation; criterion; stimulation; accreditation indicators.

Резкое увеличение количества негосударственных образовательных учреждений, демографический спад, рост требований со стороны абитуриентов к качеству предоставляемых образовательных услуг, расширение возможностей абитуриентов при выборе вуза вследствие универсализации требований к результатам вступительных испытаний и введения ЕГЭ, повышение требований со стороны государства к результатам вступительных испытаний (ЕГЭ), снижением качества среднего образования и ряд других факторов обусловили значительное обострение конкуренции в сфере высшего образования. Потребителями образовательных услуг являются как обучающиеся, так и работодатели.

В связи с изменившимися условиями функционирования учебных заведений администрации вузов необходимо искать новые возможности повышения их эффективности и конкурентоспособности. Качество образовательных услуг в значительной мере зависит от квалификации и мотивации кадрового состава и материально-технической базы вуза. Для решения задачи повышения эффективности высшего учебного заведения необходимы значительные финансовые вложения. Рост эффективности вуза и финансовых вливаний взаимосвязаны и взаимообусловлены. Чем эффективнее работает вуз, тем больше денежных средств он получает, как бюджетных (дифференциация финансирования вузов государством), так и внебюджетных (гранты). С другой стороны, полученные средства позволяют еще более повысить эффективность вуза.

Одним из важнейших факторов в решении этой проблемы является подбор профессиональных кадров и организация их деятельности, способствующая росту требуемых показателей. Эта задача состоит из двух взаимосвязанных подзадач: определение механизма материального стимулирования сотрудников вуза и формирование гибкой динамической системы показателей, адаптируемой к изменяющимся внешним условиям. Их решение будет способствовать эффективному распределению ресурсов и поможет им выиграть конкурентную борьбу.

Для решения первой подзадачи выполнен анализ существующих систем оплаты труда работников вуза и применяемых механизмов стимулирования.

Современное состояние стимулирования деятельности работников вуза в основном сводится к мотивации через различного рода доплаты и выплаты, осуществляемые руководством вуза. Однако традиционные подходы в системе стимулирования труда работников вуза не обеспечивают высокие достижения в профессиональной деятельности работника и вуза в целом. Для реального повышения эффективности их деятельности необходим конкретный инструментарий распределения стимулирующих выплат, отвечающий требованиям современных рыночных отношений.

Несмотря на обширный список отечественных и зарубежных исследований (В.М. Ананишнев, В.А. Антропов, Н.Н. Богдан, И.А. Бедрачук, Е.Ю. Васильева, Л.И. Гурье, А.И. Добрынин, С.А. Дятлов, Е.В. Егоров, В.А. Еловиков, Е.Н. Жильцов, Г.С. Жукова, М.А. Лшина, Л.Г. Миляева, О.М. Михалева, О.Н. Римская, Л.В. Рычкова, А.А. Смирнов, Е.Г. Трушкина и др.), в современной науке многие проблемы управления эффективностью труда преподавателей высшей школы пока недостаточно исследованы [1; 2].

Для решения второй задачи проанализированы разработанные аккредитационными организациями критерии эффективности вузов в России, Казахстане и за рубежом и соответствующие им критерии оплаты труда сотрудникам, установленные в различных вузах.

Авторами рассмотрены действующие в России и Казахстане системы оплаты труда сотрудникам вузов, проанализированы работы ученых в этой области, сопоставлены применяемые критерии оценки эффективности вузов в России, Казахстане и за рубежом. При сравнении различных систем критериев оценки эффективности вузов и эффективности деятельности сотрудников, критерии были сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Таблица сопоставления различных систем критериев

Направление деятельности	Наименование критерия	Уровень	Нормативный балл за 1 ед.	Зарубежье (QS-THES)	Россия	Казахстан	
Образовательная	преподавание на иностранном языке (кроме кафедры иностранных языков)		20		+	+	
	овладение и преподавание на казахском языке					+	
	участие в составе комиссии по проверке деятельности подразделений университета, прохождение курсов повышения квалификации	- вне РК					+
		- в РК					+
	подготовка и опубликование монографии		30		+	+	
	подготовка и опубликование учебного пособия		20		+	+	
	подготовка и опубликование практикума, задачника, комментариев		15			+	
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

Научная деятельность	опубликование научных статей в журналах	дальнего зарубежья	10		+	+
		ближнего зарубежья	5		+	+
		рекомендованных ККСОН МОН РК	3			+
	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	индекс цитируемости	РИНЦ			+	+
		Scopus		20 %	+	+
		Web of Science		20 %	+	+
Международная деятельность	наличие студентов, магистрантов, докторантов иностранных государств, закрепленных за сотрудником			5 %		+
	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Повышение имиджа университета	наличие студентов, подготовивших под руководством работника научные работы, занявшие призовые места на конкурсах, олимпиадах	международных	10			+
		республиканских	5			+
		региональных	3			+
	.....	.....	.....	.....	.....	.....



Всего проанализировано 44 показателя. Ввиду большого объема материала, в таблице 1 он представлен фрагментарно. Показатели объединены в 4 группы по видам деятельности: образовательная, научная, международная и повышение имиджа университета. Сопоставление различных систем критериев показало, они неоднородны, частично различаются в различных системах. В таком виде учесть все критерии при разработке системы стимулирования сотрудников вуза практически невозможно, хотя это было бы целесообразно.

В целом авторами сделаны следующие выводы:

- существует огромное количество систем показателей вузов. Не все существенные показатели из этих систем учитываются в существующих методах;
- имеет место противоречивость и неустойчивость рейтинговых оценок;
- не учитывается возможность вузов достижения различных показателей;
- отсутствует четкая привязка уровня оплаты труда к результатам профессиональной деятельности.

Обоснована необходимость разработки гибкой системы критериев оценки деятельности преподавателей и динамической модели управления эффективностью труда преподавателей высшей школы на основе этой системы критериев.

### **Список литературы:**

1. Кочеткова Н.Н. Факторный подход к формированию оплаты труда преподавателей высших учебных заведений / Н.Н. Кочеткова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. СПб. — 2008. — № 6. — С. 371—374. (0,28 п.л.).
2. Кузубов С.А., Ивлев А.В. Новая система оплаты труда в вузе: состояние и перспективы // Финансовая аналитика: проблемы и перспективы. 2010. № 8(32).

# **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА МЧС В КАЗАХСТАНЕ**

*Есмагамбетов Тимур Улыкманович*

*аспирант Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань  
E-mail: [timur198300@mail.ru](mailto:timur198300@mail.ru)*

*Шиккульская Ольга Михайловна*

*д-р техн наук, профессор,  
Астраханского государственного университета,  
РФ, г. Астрахань  
E-mail: [shikul@mail.ru](mailto:shikul@mail.ru)*

## **PROBLEM ANALYSIS OF OPERATIONS SITUATIONAL CENTERS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATION IN KAZAKHSTAN**

*Esmagambetov Timur*

*graduate student, Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

*Shikulskaya Olga*

*doctor of Science, Professor of Astrakhan State University,  
Russia, Astrakhan*

### **АННОТАЦИЯ**

Выявленные авторами проблемы в деятельности ситуационного центра МЧС, объединены в три группы: состояние в регионе, организационные проблемы, проблемы информационного обеспечения. Обоснована целесообразность проведения научных исследований в направлении разработки моделей управления оперативной деятельностью ситуационного центра МЧС и их компьютерной реализации.

### **ABSTRACT**

Authors identified the situational Emergency Center activities problems, organized into three groups: the state of the region, organizational problems, the problem of information support. The expediency of conducting

scientific research in the direction of operations management Situational Emergency Center modeling and its computer implementation.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация; ситуационный центр; оперативная деятельность; информационная поддержка.

**Keywords:** emergencies; Situation Centre; operational activities; information support.

Защита населения, окружающей среды и объектов хозяйствования от чрезвычайных ситуаций и последствий, вызванных ими, является одной из приоритетных областей проведения государственной политики [1].

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — обстановка на определенной территории, возникшая в результате аварии, бедствия или катастрофы, которые повлекли или могут повлечь гибель людей, ущерб их здоровью, окружающей среде и объектам хозяйствования, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности населения.

Человеческие жертвы и экономические потери от чрезвычайных ситуаций во всем мире колоссальны. Приведены некоторые данные хроники: в США пассажирский поезд столкнулся с лесовозом, в Италии перевернулось судно с африканскими иммигрантами; в результате взрывов на фабрике по производству фейерверков во Вьетнаме погиб 21 человек, около 100 ранены; в юго-западном Китае обрушился строящийся мост через Янцзы, два человека пропали без вести; в США лесовоз протаранил пассажирский поезд, один человек погиб, более 60 пострадали; в результате взрыва танкера в порту в Восточном Китае погибли 7 человек; у берегов итальянского острова Лампедуза в результате крушения судна погибли 50 африканских иммигрантов. По данным ВОЗ на 11.03.2014 в мире выявлено 33 случая полиомиелита: Пакистан — 27, Афганистан — 3, Нигерия — 1, Камерун — 2. Дикая вирус полиомиелита был выявлен также из внешней среды в Израиле. В Сирии из-за низких показателей иммунизации тот же вирус вызвал вспышку полиомиелита.

Потери от аварий, катастроф и стихийных бедствий в РФ по оценке ряда экспертов, составляют 5—7 % валового внутреннего продукта. Россия ежегодно теряет свыше 50 тыс. человеческих жизней, более 250 тыс. человек получают травмы и увечья. В среднем ежедневно происходит около 580 пожаров, на которых погибают более 40 человек и еще столько же получают травмы. Ежедневный материальный ущерб превышает 20 млн. рублей. В последние десятилетия значительно возросла опасность техносферы, которая

превосходит опасность стихийных бедствий: людские и материальные потери от техногенных поражающих факторов в 4—6 раз превосходят потери от стихийных бедствий.

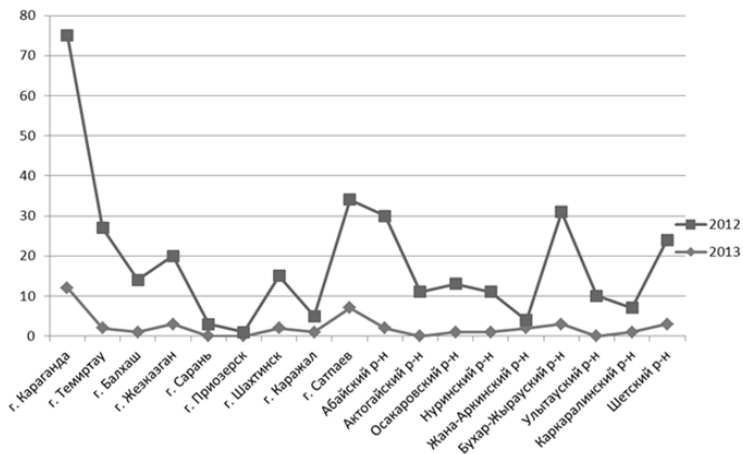
В Республике Казахстан только за 2014 г. зафиксировано 8254 чрезвычайных ситуаций, пострадало 1 829, погибло 598 человек.

Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций во всем мире осуществляется государством. С этой целью в разных странах создаются специализированные органы управления. Федеральное Агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях (ФЕМА) является центральным звеном в системе органов исполнительной государственной власти США в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. ФЕМА подчинено Министерству внутренней безопасности. В РФ при МЧС создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), которая включает в себя национальные и региональные центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС). При Министерстве по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан организованы 2 комитета: Комитет по государственному контролю и надзору в области чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан и Комитет по государственным материальным резервам Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан; созданы областные кризисные центры (КЦО), кризисные центры городов (КЦГ), кризисные центры сельских районов (КЦР). От эффективности работы этих органов зависит количество жертв и величина финансовых потерь от ЧС.

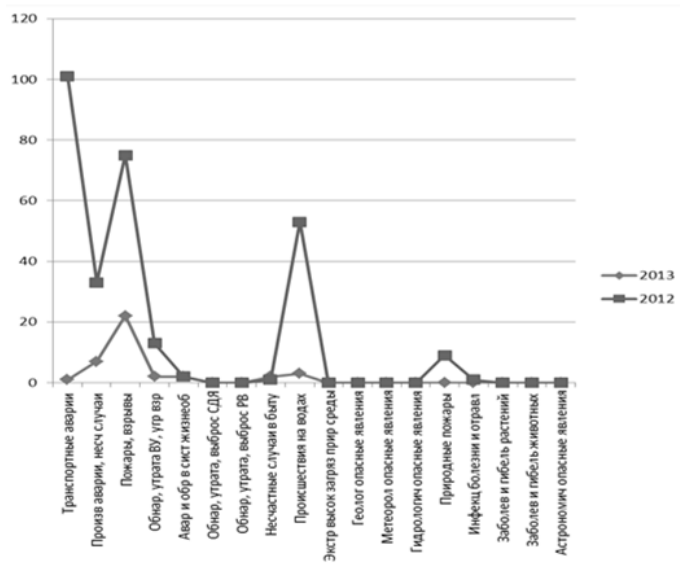
В данной работе оценивается состояние информационного обеспечения оперативной деятельности Областного кризисного центра в республике Казахстан (ситуационного центра МЧС).

Областной кризисный центр (КЦО) является органом повседневного управления территориальной подсистемы области государственной системы ГСЧС. Его целью является обеспечение деятельности по чрезвычайным ситуациям по управлению в области гражданской обороны, пожарной безопасности, промышленной безопасности, безопасности людей на водных объектах, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, управления в установленном порядке деятельностью местными исполнительными органами в рамках ГСЧС.

На основании информации о деятельности Карагандинского КЦО для количественной и качественной оценки состояния в регионе авторами был сделан анализ распределения ЧС по районам (рисунок 1) и по видам (рисунок 2).



**Рисунок 1. Распределение ЧС по Карагандинской области**



**Рисунок 2. Распределение по видам ЧС в Карагандинской области**

Анализ деятельности КЦО позволил выявить ряд проблем, снижающих ее эффективность. Эти проблемы объединены авторами

в три группы: состояние в регионе (высокая сейсмическая опасность, значительное количество ЧС); организационные проблемы (низкий уровень оплаты труда молодых специалистов, текучесть кадров, низкий уровень квалификации персонала, нехватка ресурсов); проблемы информационного обеспечения (использование двух несвязанных, слабо структурированных баз данных в Excel и в Access, в которые заносятся неклассифицированные данные).

Система в Access имеет простейшую схему данных и может быть использована только для обучения новых сотрудников. В БД невозможно организовать поиск необходимой информации. Обе системы не предназначены для глубокого анализа и прогноза. Система в Excel позволяет лишь формировать статистическую отчетность. Обработка данных в ней чрезвычайно трудоемка и неудобна для пользователей. Таким образом, выявлено противоречие между высокой потребностью в информационной поддержке часто меняющихся недостаточно квалифицированных кадров и состоянием информационного обеспечения, совершенно не отвечающего запросам.

Анализ имеющихся разработок в области информационной поддержки оперативной деятельности ситуационных центров МЧС [2; 3] показал, что существующие модели ориентированы на описание процесса развития ЧС и прогноза их последствий, недостаточно проработаны модели по управлению ресурсами, нет учета специфики региона. Авторами обоснована целесообразность проведения научных исследований в направлении разработки моделей управления оперативной деятельностью ситуационного центра МЧС и их компьютерной реализации.

### **Список литературы:**

1. Закон Республики Казахстан от 05.07.1996 № 19-І «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера».
2. Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Матюшин А.В., Святенко И.Ю., Чухно В.И., Шапошников А.С. Центры управления в кризисных ситуациях и оповещения населения: Учебное пособие, под редакцией доктора технических наук профессора Топольского Н.Г. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 272 с.
3. Ямалов И.У., Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / И.У. Ямалов. 2-е изд. (эл.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 288 с.: ил. — ISBN 978-5-9963-0839-2.

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА ВИДЕОКАРТЫ

***Ибрагимова Альфия Рамилевна***

*студент 3 курса, Салаватский филиал Уфимского  
Государственного Нефтяного Технического Университета,  
РФ, г. Салават*

*E-mail: [Alfiushka0105@mail.ru](mailto:Alfiushka0105@mail.ru)*

***Каримова Алия Ильдаровна***

*студент 3 курса, Салаватский филиал Уфимского  
Государственного Нефтяного Технического Университета,  
РФ, г. Салават*

*E-mail: [wwwaliakarimova@mail.ru](mailto:wwwaliakarimova@mail.ru)*

***Родионов Артем Сергеевич***

*канд. физ.-мат. наук,  
старший преподаватель, Салаватский филиал Уфимского  
Государственного Нефтяного Технического Университета,  
РФ, г. Салават*

*E-mail: [artrodionov@mail.ru](mailto:artrodionov@mail.ru)*

## EXPERT SYSTEM SELECTION VIDEO CARDS

***Ibragimova Alfiya***

*3rd year student,  
Salavat Branch Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Salavat*

***Karimova Alia***

*3rd year student,  
Salavat Branch Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Salavat*

***Rodionov Artem***

*cand. fiz.-mat. sciences, Senior Lecturer,  
Salavat Branch Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Salavat*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрена экспертная система подбора комплектующих персонального компьютера, на примере видеокарты, для применения ее в автоматизации отдела продаж компьютерного магазина. Данное программное обеспечение позволяет выдавать рекомендации пользователю по заданным характеристикам при выборе видеокарты. Экспертная система основана на производственных правилах, которые по заданным характеристикам позволяет выбрать подходящую видеокарту. Результаты были получены с использованием программы Embarcadero RAD Studio XE3 на языке программирования Delphi.

## ABSTRACT

This article deals with the problems of selection of video on a personal computer. The purpose of the article: Consider an expert system (ES) ES recruitment video for use in automating its sales department computer store. This software allows the user to issue a recommendation on the specified characteristics in the selection of components of computer technology (video card). Expert system based on production rules, which are specified characteristics allows you to select a suitable video card. The results were obtained using the program Embarcadero RAD Studio XE3 programming language Delphi.

**Ключевые слова:** экспертная система; база знаний; видеокарта; производственные правила; автоматизация рабочего места; язык программирования Delphi.

**Keywords:** expert system; knowledge base; video card; production rules; automation of the workplace; programming language Delphi.

На сегодняшний день рынок переполнен различного рода деталями для сборки персональных компьютеров. Конечно, эксперт в данной области может хорошо знать характеристики устройств, но он не всегда есть «под рукой». Рассматриваемая экспертная система поможет людям не столь хорошо разбирающихся в начинке персонального компьютера подобрать себе приемлемую видеокарту. В программу вводятся данные о требовании к видеокarte и вид разъема в материнской плате (AGP и PCI-E), предполагаемой для покупки. Для реализации экспертной системы использовался язык программирования Delphi [3, с. 56].

Создание экспертной системы (ЭС) в среде логического программирования состоит в описании предметной области с использованием синтаксиса языка, поддерживаемого инструментальной средой, а также в определении алгоритмов работы интерфейса системы. Интерфейс



обеспечивает открытость ЭС — возможность интерактивного расширения описания предметной области, а также активное участие человека (эксперта / пользователя) в процессе решения поставленной задачи [2, с. 43].

Основой ЭС является база знаний (БЗ). База знаний в исследованиях искусственного интеллекта — это особого рода база данных, разработанная для оперирования знаниями (метаданными). База знаний содержит структурированную информацию, покрывающую некоторую область знаний, для использования кибернетическим устройством (или человеком) с конкретной целью.

Из логических моделей заимствована идея правил вывода, которые здесь называются продукциями, а из сетевых моделей — описание знаний в виде семантической сети. Вместо логического вывода, характерного для логических моделей, в продукционных моделях появляется вывод на знаниях [1, с. 66].

Продукционная модель знания — модель, основанная на правилах, позволяет представить знание в виде предложений типа «Если (условие), то (действие)» [4, с. 89].

Для подбора видеокарты было составлено множество нечетких правил:

1. Если нужна игровая видеокарта и разъем микропроцессора PCI-E и шина обмена с памятью 128 и выше, то выбираем видеокарту AMD(ATI) Radeon Sapphire FivePro 2270.

2. Если нужна средняя видеокарта и разъем микропроцессора PCI-E и шина обмена с памятью 64, то выбираем видеокарту AMD(ATI) Radeon HP 8490.

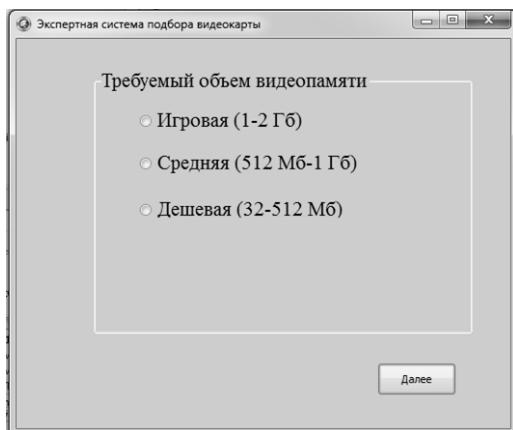
3. Если нужна дешевая видеокарта и разъем микропроцессора PCI-E и шина обмена с памятью 32 и с графическим процессором NVidia, то выбираем видеокарту Gainward GeForce 210.

4. Если нужна игровая видеокарта и разъем микропроцессора PCI-E и шина обмена с памятью 384 и с графическим процессором NVidia, то выбираем видеокарту ASUS GeForce GTX 780.

5. Если нужна средняя видеокарта и разъем микропроцессора AGP и шина обмена с памятью 128 и с графическим процессором NVidia, то выбираем видеокарту MSI GeForce FX 5500.

#### **Работа с программой**

Задается три вопроса по характеристикам устройства (видеокарты):



***Рисунок 1. Интерфейс***

Затем выдается рекомендация:



***Рисунок 2. Результат***

### **Заключение**

Разработанная экспертная система пригодится для менеджеров компьютерных салонов, чтобы автоматизировать свою работу и сделать автоматизированное рабочее место для своих покупателей. Данная программа позволяет выдавать рекомендации пользователю по принимаемым решениям при выборе видеокарты. Данная экспертная система пригодится для менеджеров компьютерных салонов, чтобы автоматизировать свою работу и сделать автоматизированное рабочее место для

своих покупателей. Данная программа позволяет выдавать рекомендации пользователю по принимаемым решениям при выборе видеокарты.

### **Список литературы:**

1. Борисов В.В., Федулов А.С., Зернов М.М. Основы нечеткого логического вывода. Учебное пособие для вузов. М.: Телеком, 2014. — 122 с.
2. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. М.: Вильямс, 2009. — 1152 с.
3. Культин Н. Основы программирования в Delphi XE. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 416 с.
4. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: учебное пособие. М.: Академия, 2011. — 176 с.

## **СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ**

***Кашипова Любовь Александровна***

*аспирант кафедры Информатики и информационно-управляющих систем Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань*

*E-mail: [lubko@yandex.ru](mailto:lubko@yandex.ru)*

***Мосякин Александр Сергеевич***

*студент кафедры Информатики и информационно-управляющих систем Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань*

*E-mail: [alexmosya93@gmail.com](mailto:alexmosya93@gmail.com)*

***Маров Вячеслав Николаевич***

*студент кафедры Информатики и информационно-управляющих систем Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань*

*E-mail: [slavaapp@icloud.com](mailto:slavaapp@icloud.com)*

***Плотникова Людмила Валерьяновна***

*канд. техн. наук, доцент кафедры Информатики и информационно-управляющих систем Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань*

*E-mail: [mikhailovalv@mail.ru](mailto:mikhailovalv@mail.ru)*

# STRUCTURAL ANALYSIS IN MODELING INDUSTRIAL ENERGY SYSTEMS

***Kashipova Lyubov***

*graduate of Informatics and Information Management Systems department  
of Kazan State Power University,  
Russia, Kazan*

***Mosyakin Alexander***

*student of Informatics and Information Management Systems department  
of Kazan State Power University,  
Russia, Kazan*

***Marov Vyacheslav***

*student of Informatics and Information Management Systems department  
of Kazan State Power University,  
Russia, Kazan*

***Plotnikova Lyudmila***

*candidate of Science, Associate Professor of Informatics and Information  
Management Systems department of Kazan State Power University,  
Russia, Kazan*

## АННОТАЦИЯ

При организации энергоэффективных промышленных систем, в частности в форме организации систем рекуперации вторичной энергии, возникает потребность упорядочивания сложных расчетов технологических схем предприятий. Это обусловлено значительным количеством аппаратов в таких схемах, наличием обратных связей, возвратных потоков энергии и вещества, которые превращают технологическую цепь в многоконтурную схему. Параметры выходных из аппаратов потоков могут влиять на входные параметры и, как следствие, сами на себя. Для избежания многочисленных итераций предлагается использовать структурный анализ [1, с. 58, 2, с. 21].

## ABSTRACT

At the organization of energy-efficient industrial systems, particularly in the form of the organization of secondary energy recovery systems, there is a need for organizing complex calculations flowsheets enterprises. This is due to a significant number of vehicles in such schemes, the presence of feedback, the return flow of energy and matter that make technological

chain for multi-scheme. Parameters of output devices may affect flow input parameters and, consequently, to themselves. To avoid multiple iterations proposed to use structural analysis.

**Ключевые слова:** структурный анализ; информационно-балансовая система.

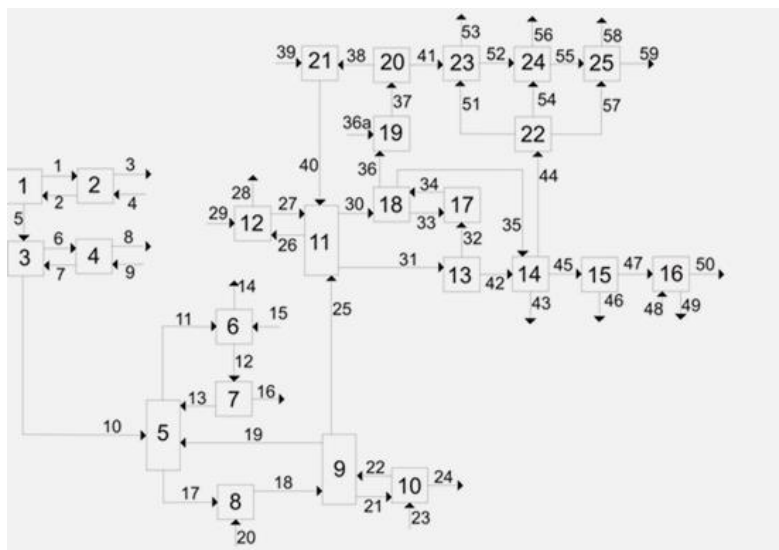
**Keywords:** structural analysis; information-carrying system.

Проведение структурного анализа позволит выявить зависимости между элементами схемы; выделить замкнутые и незамкнутые последовательности элементов; выявить внешние потоки энергии и вещества, не связывающие аппараты друг с другом и внутренние потоки — связывающие; определить оптимальную последовательность расчета схемы [1, с. 63].

Построение информационно-балансовой системы (ИБС) является первым этапом структурного анализа. ИБС представляется в виде графа, где материальные или энергетические потоки схемы, некоторые из которых являются потенциально вторичной энергией производства — это дуги графа, а элементы оборудования — это вершины графа или вычислительные информационные блоки (математические модели в виде балансовых уравнений), в которых на основе заданных входных параметров определяются выходные. ИБС представляется в виде матрицы смежности, показывающей связи между элементами, заданными номерами строк матрицы, с элементами, заданными номерами столбцов. Для того, чтобы избавиться от множественных итераций, характерных для сложноструктурированных схем, следует представить рассматриваемую технологическую схему в виде незамкнутой последовательности элементов, то есть определить линейную последовательность расчета и разомкнуть контуры. Для определения потоков, разрыв которых позволит провести линейный расчет технологической схемы, применяется метод, использующий матрицу цикла. Структурный анализ позволяет в результате разрыва потоков провести декомпозицию на отдельные группы контуров и свести расчет ИБС к расчету систем уравнений контуров, то есть определить путь или последовательность такого расчета.

Рассмотрим пример. По результатам проведенного структурного анализа схемы газоразделения в производстве этилена [3, с. 241] был определен приоритетный участок для дальнейшего анализа на следующем иерархическом уровне — это схема выделения этилена методом ректификации (или участка разделения этан-этиленовой фракции). Именно на этом участке было выявлено большое количество сложных

циклов, требующих дополнительного анализа. ИБС схемы представлена на рис. 1, участок матрицы смежности — в таблице 1. Результаты описаны в виде матрицы циклов (таблица 2), которая представляет собой перечень потоков в составе каждого контура, где также показана частота каждого потока, то есть количество контуров, в которые входит поток.



**Рисунок 1. Информационно-балансовая система выделения этилена**

В результате проведения анализа структуры связей ИБС участка выделения этилена методом ректификации выявлено 9 контуров, системы которых представлены на рис. 2. Предлагаемые для разрыва потоки на рис. 2 выделены жирной линией и показаны в виде сокращенной матрицы циклов в таблице 3. Сокращенная матрица цикла дает наглядное представление о том, какие контуры возможно рассчитать при разрыве каждого из условно разрываемых потоков. Разрываемые потоки выбраны с таким расчетом, чтобы в одном контуре их количество было минимальным.

Итак, после разрыва потоков получена линейная последовательность расчета рассматриваемой схемы без итераций, что значительно упрощает проведение дальнейшего термодинамического расчета схемы с целью анализа эффективности теплотребления существующей

технологии и выявления энергетических потоков, являющихся значимыми ресурсами вторичной энергии. Выявленная вторичная энергия может быть полезно использована на рассматриваемом производстве. Следовательно, методика помогает однозначно определить наилучший вариант энергосберегающей промышленной системы в виде системы рекуперации вторичной энергии производства.

**Таблица 1.**

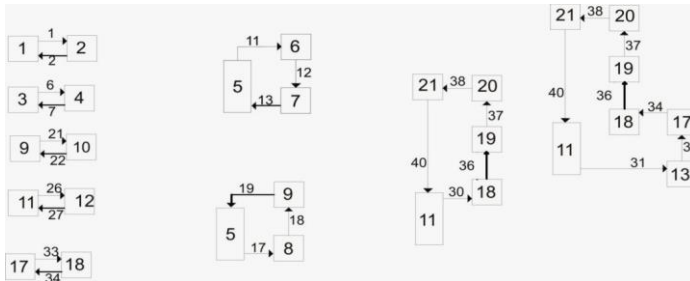
**Матрица смежности ИБС выделения этилена**

		№ блока в который входит поток																									
№	б л о к к а о д и я т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
		1			1	1																					
2	1																										1
3					1	1																					2
4				1																							1
5								1		1																	2
6									1																		1
7						1																					1
8											1																1
9						1						1	1														3
10										1																	1
11														1	1					1							3
12												1															1

**Таблица 2.**

**Матрица циклов ИБС выделения этилена**

		номер потока																																							р к к л а с с и в а н т у р а
н к л а с с и в а н т у р а	1	2	6	7	21	22	26	27	33	34	11	12	13	17	18	19	30	31	32	34	36	37	38	40																	
		1		1	1																																				
2				1	1																																			2	
3						1	1																																	2	
4								1	1																															2	
5										1	1																													2	
6												1	1	1																										3	
7															1	1	1																						3		
8																			1																				5		
9																																							7		
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
		частота потока																																							



**Рисунок 2. Системы контуров схемы выделения этилена**

**Таблица 3.**

**Сокращенная матрица циклов ИБС участка выделения этилена**

		номер потока										
н к о о м н е т е р у р а		2	7	22	27	34	13	19	36		р к а о н т у р а	
	1	1										2
	2		1									2
	3			1								2
	4				1							2
	5					1						2
	6						1					3
	7							1				3
	8								1			5
	9									1		7
		1	1	1	1	1	1	1	1	2		
		частота потока										

**Список литературы:**

1. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. М.: Издательство МЭИ, 2001. — 364 с.
2. Плотникова Л.В., Петрова О.Г., Плотников В.В. Построение расчетной модели сложноструктурированной теплотехнологической схемы нефтехимического производства // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2010. — № 9—10. — С. 21—27.
3. Плотникова Л.В., Звегинцев А.А. Структурный анализ теплотехнологической схемы газоразделения в производстве этилена // XXIII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС-2011): материалы конференции. М.: Изд-во ИМАШ РАН. 2011. — С. 241.



### СЕКЦИЯ 3.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

### ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

*Латышев Виктор Александрович*

*канд. тех. наук, доцент кафедры ЕНОТД филиала Тюменского  
государственного нефтегазового университета,*

*РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой*

*E-mail: [yiklat@yandex.ru](mailto:yiklat@yandex.ru)*

### PECULIARITIES OF PROCESSING EQUIPMENT PROGRAM CONTROL DEVELOPMENT BY MEANS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

*Viktor Latyshev*

*candidate of Technical Sciences,*

*Associate Professor of Natural Science and Technical Disciplines Chair,*

*Branch of Tyumen State Oil and Gas University,*

*Russia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Novy Urengoy*

#### АННОТАЦИЯ

В соответствии с требованиями современной идеологии управления и автоматизации в машиностроении применяются многоуровневые системы управления. Для непосредственного регулирования и управления параметрами технологического процесса применяют программируемые контроллеры. Рассмотрены элементы методики синтеза программ управления. Представлены тексты программ для реализации основных функций контроллера: опрос датчиков, пуск и останов исполнительных органов, задание таймеров и счетчиков.

## ABSTRACT

According to demands of control and automaticity ideology, layered control systems are used in machine industry. For direct regulation and control process variables programmable controllers are applied. The author distinguishes elements of a synthesis strategy of the control program. Program texts for a controller basic functions realization are presented: sampling, startup and shutdown of final control elements, timers and counters tasks.

**Ключевые слова:** управление; программируемый логический контроллер; программа; датчик; исполнительный орган.

**Keywords:** control; programmable logic controller; program; sensor; final control element.

Эффективность работы современного технологического оборудования во многом определяется возможностями систем автоматического управления на основе средств вычислительной техники. Компьютерные системы управления играют ключевую роль в промышленности, транспорте и системах связи и защиты окружающей среды. Применение компьютерных систем управления приводит к повышению производительности труда, сокращению количество обслуживающего персонала и улучшению качества выпускаемой продукции, обеспечивая высокую точность ведения технологических процессов. В соответствии с требованиями современной идеологии управления и автоматизации в машиностроении применяются многоуровневые системы управления производством. Нижний уровень составляют датчики, устройства измерения технологических параметров, приводы и исполнительные устройства, установленные на технологическом оборудовании и предназначенные для сбора первичной информации и реализации исполнительных воздействий. Следующий уровень управления — программируемые логические контроллеры. Они выполняют функцию непосредственного автоматического управления технологическим процессом. Управление исполнительными органами осуществляется по определенным алгоритмам путем обработки данных о состоянии технических параметров, полученных посредством измерительных приборов.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) — это электронное специализированное устройство, работающее в реальном масштабе времени, для автоматизации технологических процессов [1; 3]. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях

окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека. ПЛК имеют ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в машиностроении:

- в отличие от микроконтроллера (однокристалльного компьютера) — микросхемы, предназначенной для управления электронными устройствами — областью применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства в контексте производственного предприятия;

- в отличие от компьютеров ПЛК ориентированы на работу с агрегатами машин через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы, ориентированных на принятие решений и управление оператором;

- в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливаются как самостоятельные изделия, отдельные от управляемого при его помощи оборудования.

- наличие расширенного числа логических операций и возможность задания таймеров и счетчиков.

- все языки программирования ПЛК имеют лёгкий доступ к манипулированию битами в машинных словах, в отличие от большинства высокоуровневых языков программирования современных компьютеров.

Для программирования ПЛК используются стандартизированные языки МЭК (IEC) стандарта IEC61131-3 [4], например, графические языки программирования:

- LD (Ladder Diagram) — язык релейных схем — самый распространённый язык для ПЛК,

- FBD (Function Block Diagram) — язык функциональных блоков — второй по распространённости язык для ПЛК,

- SFC (Sequential Function Chart) — язык диаграмм состояний — используется для программирования конечных автоматов.

Конфигурация ПЛК определяется номенклатурой модулей в зависимости от целей управления. Это модули:

- дискретного ввода,
- дискретного вывода,
- релейного выхода,
- цифроаналоговые преобразователи по току и напряжению,
- аналогоцифровые преобразователи по току и напряжению,
- входы с терморпар,
- входы с термосопротивлений,

- частотные входы,
- последовательные интерфейсы.

Завершая обзор функциональных возможностей ПЛК, отметим, что основные операции ПЛК соответствуют комбинационному управлению логическими схемами специфических агрегатов — механических, электрических, гидравлических, пневматических и электронных. В процессе управления контроллеры генерируют выходные сигналы (включить — выключить) для управления исполнительными механизмами (электродвигателями, клапанами, электромагнитами и вентилями) на основании результатов обработки сигналов, полученных от датчиков, либо устройств верхнего уровня. Современные программируемые контроллеры выполняют также и другие операции, например, совмещают функции счетчика и интервального таймера, обрабатывают задержку сигналов. Конструктивно ПЛК приспособлены для работы в типовых промышленных условиях, с учетом загрязненной атмосферы, уровней сигналов, термо- и влагостойкости, ненадежности источников питания, а также механических ударов и вибраций. С этой целью аппаратная часть заключается в прочный корпус, минимизирующий негативное влияние ряда производственных факторов.

В лаборатории электроники и микросхемотехники Ямальского нефтегазового института филиала ТюмГНГУ в городе Новом Уренгое, разработана и в течение нескольких лет тестируется методика проектирования рабочих программ управления агрегатами и механизмами технологического оборудования. В качестве базовых моделей контроллеров использовали ПЛК типа ОВЕН и ПЛК 256. Опыт тестирования и отладки рабочих программ в конкретных производственных условиях и в процессе обучения студентов по направлению 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» свидетельствует о необходимости создания и использования типовой структуры процедуры обработки сигналов. Основными элементами этой процедуры являются:

1. Старт.
2. Подготовка исходных данных.
3. Ввод информации.
4. Анализ датчиков осведомительных сигналов. Если входной сигнал равен 1, то переход к пункту 6. Если входной сигнал равен 0, то переход к пункту 5.
5. Управление.
6. Синхронизация.

Рабочая программа, описывающая алгоритм управления объектом, подразделяется на сегменты, начало каждого из которых определяется

инструкцией НАЧАЛО СЕГМЕНТА. В свою очередь, каждый сегмент программы состоит из блоков. Начало каждого блока отмечается инструкцией НАЧАЛО БЛОКА. С учетом опыта проектирования рабочих программ целесообразно следующее распределение сегментов программ [2]:

- сегмент 00 — анализ блокировок и аварийных ситуаций;
- сегмент 01 — ручной (наладочный) режим работы технологического оборудования;
- сегмент 03 — автоматический режим работы;
- сегмент 04 — программы контроля и диагностики.

Рассмотрим тексты основных рабочих программ, представляющих упорядоченную последовательность инструкций, каждая из которых имеет порядковый номер. Инструкция является наименьшей самостоятельной единицей программы управления. Управление действиями по выполнению отдельных циклов работы объекта управления могут быть содержимым отдельных блоков рабочей программы. Рассмотрим тексты программ элемента «Управление» (пункт 5 типовой процедуры).

Программа « RS триггер». Вход установки триггера 10001, вход сброса триггера 10002, выход 00001.

7. \* 10001 3. \* 10002

8. = S 00001 4. =R 00001

Программа включения электромагнита, выход модуля 00001, имеет вид:

1. \* 10001 3. \* 10003

2. / 10002 4. = 00001

Программа параллельного включения двух исполнительных органов (выходы модулей 00001 и 00002 соответственно) состоит из пяти инструкций:

1. \* 10001 4. = 00001

2. / 10002 5. = 00002

3. \* 10003

Программа выключения двух электромагнитов исполнительных органов:

1 \* 10001 4. = / 00001

2. / 10002 5. = / 00002

3.\* 10003

Программа задания таймера счетчика с задержкой на включение на величину 105 секунд представлена ниже.

1. \* 10003

2. ЗТС 012 0 0105

Программа подсчета времени предназначена для отсчета времени работы конкретного агрегата технологической установки. Счетчик секунд организован на слове 000, счетчик минут расположен на слове 001 и счетчик часов занимает слово 002.

1. НСТ 00 9. \* 00016
2. НБЛ 00 10. ЗТС 001 6 0060
3. СТС 001 11. \* 00116
4. СТС 002 12. СТС 001
5. СТС 003 13. ЗТС 002 6 0024
6. ПБЛ 01 14. \* 00216
7. \* / 00016 15. ЗТС 77
8. ЗТС 000 0 0060 16. НСТ 77

При выполнении последовательности инструкций, кодирующих некоторую релейно-контактную цепь, процессор присваивает внутренней бинарной переменной R (результат) состояние 0, если комбинация состояния переменных, определяющих состояние контактов цепи «запрещает» протекание тока по ней и состояние 1, если комбинация состояний этой переменных «разрешает» протекание тока по цепи.

В заключение необходимо отметить, что применение данной методики допускает варьирование инструкции, блоков, модулей и сегментов рабочих программ для других типов ПЛК в зависимости от конкретной ситуации управления конкретным технологическим процессом: технических характеристик объекта управления, параметров датчиков осведомительных сигналов и исполнительных органов.

### **Список литературы:**

1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний. 2005. — 831 с.
2. Латышев В.А. Моделирование элементов процессорных систем управления технологическим оборудованием // Технологические системы и техника. Первая электронная международная научно-техническая конференция. сб. тр. Тула, 2002. — 72 с.
3. Петров И.С. Программируемые контроллеры. М.: Солон Пресс, 2012. — 256с.
4. Современные компоненты автоматизации //Конструктор машиностроитель. — 2013. — № 3, — с. 8—20.

# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ УЗЛА С ПОДАТЛИВЫМ КРЕПЛЕНИЕМ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ

*Пантелеев Евгений Юрьевич*

*канд. техн. наук, доцент,  
Ковровская государственная технологическая академия,  
РФ, г. Ковров  
E-mail: [pant33@mail.ru](mailto:pant33@mail.ru)*

*Кузнецова Светлана Владимировна*

*канд. техн. наук, доцент  
Ковровская государственная технологическая академия,  
РФ, г. Ковров  
E-mail: [svkuznecova@gmail.com](mailto:svkuznecova@gmail.com)*

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE MOTION NODE MALLEABLE FIXING AUTOMATED ASSEMBLY PARTS

*Evgeny Panteleev*

*cand. tehn. sciences,  
Kovrovskaya State Technological Academy,  
Russia, Kovrov*

*Svetlana Kuznetsova*

*cand. tehn. sciences,  
Kovrovskaya State Technological Academy,  
Russia, Kovrov*

### АННОТАЦИЯ

Для выявления возможности осуществления автоматизированного совмещения собираемых деталей исследуется процесс осевого и углового совмещения осей соединяемых деталей. Приводятся дифференциальные уравнения, описывающие движение системы патрон-платформа с податливым креплением в процессе пассивной адаптации при сборке деталей. Полученные выражения определяют условия собираемости соединяемых деталей в динамике.

## ABSTRACT

To identify the feasibility of the automated alignment of collected parts explores the process of axial and angular alignment of the axes of the parts. Given the differential equations describing the motion of the cartridge-mounting platform with pliable during passive adaptation of the assembly parts. The obtained expressions define the conditions of collection of the parts in the dynamics.

**Ключевые слова:** автоматизированное совмещение; условия собираемости.

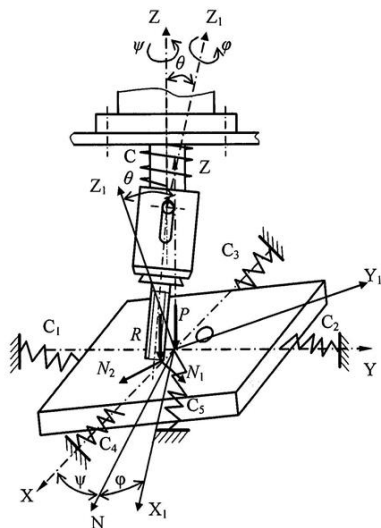
**Keywords:** automated alignment; terms of collection.

Величина относительного смещения и угол перекоса осей соединяемых деталей в сборочном оборудовании может достигать значений, превосходящих в несколько раз допустимые условия собираемости [1]. Практически при таких смещениях без адаптации сборку осуществить невозможно. На основании способа пассивной адаптации [2] предлагается обеспечить податливость одной из собираемых деталей при помощи подающего устройства.

Конструктивная реализация такого устройства может быть представлена расчетной схемой, изображенной на рис. 1. Исследуем процесс автоматизированного совмещения собираемых деталей, который будет происходить в 4 этапа.

Первый этап — попадание конца соединяемой детали в зону отверстия на собираемом узле. Попадание обеспечивается за счет смещений конца соединяемой детали (в пределах зазора в сопряжении патрона со шпинделем завинчивающего устройства) и узла (имеющего осевую и угловую податливость крепления подвеса к подающему устройству) при медленном опускании вращающейся соединяемой детали после ее касания поверхности узла. При этом, за счет силового взаимодействия, конец соединяемой детали, из-за изменения угла с податливым узлом, будет двигаться по его поверхности по траектории близкой к спирали Архимеда, что позволит обеспечить попадание в зону отверстия, а следовательно и осевое совмещение осей.





**Рисунок 1. Силовое взаимодействие собираемых деталей в процессе сборки**

Второй этап — в момент попадания конца детали в зону отверстия, при определенных соотношениях параметров, конец детали может остаться в зоне отверстия либо выйти из него, начав новое скольжение по его поверхности. В работе [2] доказаны условия невыхода конца детали из отверстия.

Третий этап — скольжение конца соединяемой детали в углублении, образованном фаской отверстия, и движение узла с податливым креплением под действием силы взаимодействия, при которых возможно обеспечить угловое совмещение осей сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей.

Для выявления возможного углового совмещения осей составим дифференциальные уравнения движения системы. Система имеет 6 степеней свободы. В качестве обобщенных координат возьмем:

1. углы Эйлера:

$\varphi$  — угол собственного вращения вокруг оси  $Z_1$ ;

$\psi$  — угол нутации, т.е. движение податливого крепления подающего устройства вокруг оси  $Z_1$ ;

$\theta$  — угол наклона податливого подающего устройства вокруг линии узлов;

2. координаты смещения центра масс подающего устройства: X, Y, Z.

Для исследования процесса осевого и углового совмещения осей соединяемых деталей достаточно 4<sup>х</sup> степеней свободы:  $\varphi, \psi, \theta, Z$ .

Для составления дифференциальных уравнений движения системы, состоящей из соединяемой детали и податливого узла, воспользуемся уравнением Лагранжа 2-го рода.

Для упрощения процесса определения обобщенных сил распишем силы и моменты, действующие в процессе взаимодействия.

Предварительно введем следующие обозначения:

$c$  — жесткость пружин 1, 2, 3, 4;

$c_5$  — жесткость пружины 5;

$c_{п}$  — жесткость пружины патрона;

$k$  — угловая жесткость пружин 1, 2, 3, 4;

$k_5$  — угловая жесткость пружины 5;

$k_{п}$  — угловая жесткость пружины патрона;

$b$  — длина пружин 1, 2, 3, 4;

$b_5$  — длина пружины 5;

$x, y, z$  — перемещение платформы вдоль осей X, Y, Z;

$l$  — половина длины платформы вдоль оси X или Y;

$r$  — расстояние от центра платформы до точки действия силы R;

$a_{п}$  — величина предварительного поджатия пружины патрона;

$G_{п}$  — вес патрона;

$\theta_1$  — величина изгиба пружины патрона за счет зазора в направляющей;

$\Delta$  — зазор между внутренним отверстием патрона и диаметром шпинделя;

$d$  — длина взаимодействия шпинделя и патрона;

Пружина 1.

а.  $F_{Y_1}^{(1)} = c \cdot y$  — сила, действующая на пружину при смещении платформы по оси  $Y_1$ , направленная в противоположную сторону от  $Y_1$ ;

б.  $M_{N_1 Z_1}^{(1)} = k \cdot \gamma$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 1 при повороте платформы вокруг оси  $Z_1$  под действием силы  $N_1$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ,

где:  $\gamma = \frac{l \cdot \psi}{b}$  ;

в.  $M_{H_{N_2 Z_1}}^{(1)} = k \cdot \frac{x}{b}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 1 при перемещении по оси  $X_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ,

г.  $M_{H_{R X_1}}^{(1)} = \frac{l \cdot \sin \theta}{b} \cdot k$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 1 при повороте платформы вокруг линии узлов  $N_{\text{узел}}$  под действием силы  $R$ , вектор момента направлен по оси  $X_1$ ;

д.  $M_{H_{P X_1}}^{(1)} = \frac{z}{b} \cdot k$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 1 при перемещении платформы вдоль оси  $Z_1$  под действием силы  $P$ , вектор момента направлен по оси  $X_1$ ;

Пружина 2.

а.  $F_{Y_1}^{(2)} = c \cdot y$  — сила, действующая на пружину при смещении платформы по оси  $Y_1$ , направлена в противоположную сторону от  $Y_1$ ;

б.  $M_{H_{N_1 Z_1}}^{(2)} = M_{H_{N_1 Z_1}}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 2 при повороте платформы вокруг оси  $Z_1$  под действием силы  $N_1$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ;

в.  $M_{H_{N_2 Z_1}}^{(2)} = M_{H_{N_2 Z_1}}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 2 при перемещении по оси  $X_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $Z_1$ ;

г.  $M_{H_{R X_1}}^{(2)} = M_{H_{R X_1}}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 2 при повороте платформы вокруг линии узлов  $N_{\text{узел}}$  под действием силы  $R$ , вектор момента направлен по оси  $X_1$ ;

д.  $M_{H_{P X_1}}^{(2)} = M_{H_{P X_1}}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 2 при перемещении платформы вдоль оси  $Z_1$  под действием силы  $P$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $X_1$ ;

Пружина 3.

а.  $F_{X_1}^{(3)} = c \cdot x$  — сила, действующая на пружину при смещении платформы по оси  $X_1$ , направлена в противоположную сторону от  $X_1$ ;

б.  $M_{H_{N_1 Z_1}}^{(3)} = M_{H_{N_1 Z_1}}^{(2)} = M_{H_{N_1 Z_1}}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 3 при повороте платформы вокруг оси  $Z_1$  под действием силы  $N_1$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ;

в.  $M_{N_2 Z_1}^{(3)} = k \cdot \frac{y}{b}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 3 при перемещении по оси  $X_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $Z_1$ ;

г.  $M_{R Y_1}^{(3)} = \frac{l \cdot \sin \psi \cdot \theta}{b} \cdot k$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 3 при повороте платформы вокруг линии узлов  $N_{узл}$  под действием силы  $R$ , вектор момента направлен по оси  $Y_1$ ;

д.  $M_{P X_1}^{(3)} = M_{P X_1}^{(2)} = M_{P X_1}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 3 при перемещении платформы вдоль оси  $Z_1$  под действием силы  $P$ , вектор момента направлен по оси  $Y_1$ ;

Пружина 4.

а.  $F_{X_1}^{(4)} = c \cdot x$  — сила, действующая на пружину при смещении платформы по оси  $X_1$ , направлена в противоположную сторону от  $X_1$ ;

б.  $M_{N_1 Z_1}^{(4)} = M_{N_1 Z_1}^{(3)} = M_{N_1 Z_1}^{(2)} = M_{N_1 Z_1}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 4 при повороте платформы вокруг оси  $Z_1$  под действием силы  $N_1$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ;

в.  $M_{N_2 Z_1}^{(4)} = M_{N_2 Z_1}^{(3)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 4 при перемещении по оси  $X_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен по оси  $Z_1$ ;

г.  $M_{R Y_1}^{(4)} = M_{R Y_1}^{(3)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 4 при повороте платформы вокруг линии узлов  $N_{узл}$  под действием силы  $R$ , вектор момента направлен по оси  $Y_1$ ;

д.  $M_{P X_1}^{(4)} = M_{P X_1}^{(3)} = M_{P X_1}^{(2)} = M_{P X_1}^{(1)}$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 4 при перемещении платформы вдоль оси  $Z_1$  под действием силы  $P$ , вектор момента направлен по оси  $Y_1$ ;

Пружина 5.

а.  $F_{Z_1}^{(5)} = c \cdot z$  — сила, действующая на пружину при смещении платформы по оси  $Z_1$ , направлена по оси  $Z_1$ ;

б.  $M_{H_{N_2 X_1}}^{(5)} = \frac{y}{b} \cdot k$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 5 при перемещении по оси  $X_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $Y_1$ ;

в.  $M_{H_{N_2 Y_1}}^{(5)} = \frac{x}{b} \cdot k$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 5 при перемещении по оси  $Y_1$  под действием силы  $N_2$ , вектор момента направлен по оси  $X_1$ ;

г.  $M_{H_R X_1}^{(5)} = \theta \cdot k \cdot \cos \psi$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 5 под действием силы  $R$  при перемещении платформы по оси  $Y_1$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $X_1$ ;

д.  $M_{H_R Y_1}^{(5)} = \theta \cdot k \cdot \sin \psi$  — изгибающий момент, создаваемый пружиной 5 под действием силы  $R$  при перемещении платформы по оси  $X_1$ , вектор момента направлен в противоположную сторону от  $Y_1$ ;

Моменты закручивания всех пружин не учитывались, поскольку пружины закреплены таким образом, что могут поворачиваться вокруг собственных осей.

Кинетическая энергия механической системы патрон — податливая платформа, оси которой являются главными осями инерции, запишется:

$$T = \frac{1}{2} (I_1 \omega_1^2 + I_2 \omega_2^2 + I_3 \omega_3^2) + \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} m \dot{z}^2,$$

где:  $I_1=I_2$  — моменты инерции платформы относительно  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$ ,

$$\left( I_1 = \frac{I_3}{2} \right);$$

$I_3$  — момент инерции платформы относительно оси  $O_1Z_1$ ;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  — соответственно проекции вектора абсолютной угловой скорости на оси  $X_1, Y_1, Z_1$ ;

$\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$  — соответственно проекции вектора абсолютной скорости на оси  $X_1, Y_1, Z_1$ ;

$m$  — масса платформы.

Используя кинематические уравнения Эйлера, с учетом малости угла нутации  $\theta$ , проекции  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  на неподвижные оси координат, запишутся:

$$\begin{cases} \omega_1 \approx \dot{\varphi}\theta \sin \psi + \dot{\theta} \cos \psi; \\ \omega_2 \approx \dot{\varphi}\theta \cos \psi - \dot{\theta} \sin \psi; \\ \omega_3 \approx \dot{\psi} + \dot{\varphi}. \end{cases}$$

Отсюда

$$\begin{cases} \omega_1^2 = \dot{\varphi}^2 \theta^2 \sin^2 \psi + \dot{\theta}^2 \cos^2 \psi + 2\dot{\varphi}\theta\dot{\theta} \sin \psi \cos \psi; \\ \omega_2^2 = \dot{\varphi}^2 \theta^2 \cos^2 \psi + \dot{\theta}^2 \sin^2 \psi - 2\dot{\varphi}\theta\dot{\theta} \sin \psi \cos \psi; \\ \omega_3^2 = (\dot{\psi} + \dot{\varphi})^2. \end{cases}$$

Кинетическая энергия системы запишется:

$$T = \frac{1}{2} \left[ I_1 (\dot{\psi}^2 \theta^2 + \dot{\theta}^2) + I_3 (\dot{\psi} + \dot{\varphi})^2 \right] + \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2).$$

Окончательно дифференциальные уравнения системы имеют вид:

$$\begin{cases} I_3 (\ddot{\varphi} + \ddot{\psi}) = M_{H_1 Z_1}^{(1)} + M_{H_1 Z_1}^{(2)} + M_{H_1 Z_1}^{(3)} + M_{H_1 Z_1}^{(4)} + M_{H_2 Z_1}^{(1)} - M_{H_2 Z_1}^{(2)} - M_{H_2 Z_1}^{(3)} + M_{H_2 Z_1}^{(4)} \\ I_1 (2\theta\dot{\theta}\dot{\psi} + \theta^2 \ddot{\psi}) + I_3 (\ddot{\psi} + \ddot{\varphi}) = \left( M_{H_1 Z_1}^{(1)} + M_{H_1 Z_1}^{(2)} + M_{H_1 Z_1}^{(3)} + M_{H_1 Z_1}^{(4)} + \right. \\ \left. + M_{H_2 Z_1}^{(1)} - M_{H_2 Z_1}^{(2)} - M_{H_2 Z_1}^{(3)} + M_{H_2 Z_1}^{(4)} \right) \cos \theta \\ I_1 \ddot{\theta} - I_1 \dot{\psi}^2 \theta = R \cdot r \cdot \sin \theta + M_{H_{N_2} X_1}^{(5)} - M_{H_R X_1}^{(5)} \\ m\ddot{z} = R \cos \theta + P - F_{Z_1}^{(5)} - \left( M_{H_P X_1}^{(1)} + M_{H_P X_1}^{(2)} + M_{H_P Y_1}^{(3)} + M_{H_P Y_1}^{(4)} \right) / b \end{cases}$$

Если во втором уравнении системы пренебречь первым слагаемым, ввиду малости угла  $\theta$  и сомножителей  $\theta\dot{\theta}$  и  $\theta^2$ , которые являются величинами второго порядка малости, левые части первого и второго уравнения будут одинаковы. Кроме того, при установившемся процессе вращения  $\dot{\varphi} = \omega = const$  активные моменты будут равны противодействующим

$$M_{C_1 Z_1}^{(1)} + M_{C_1 Z_1}^{(2)} + M_{C_1 Z_1}^{(3)} + M_{C_1 Z_1}^{(4)} + M_{C_2 Z_1}^{(1)} + M_{C_2 Z_1}^{(4)} = M_{C_2 Z_1}^{(2)} + M_{C_2 Z_1}^{(3)}$$

и правые части этих уравнений будут равны нулю.

Следовательно, прецессия платформы будет происходить с угловой скоростью  $\dot{\varphi} = -\dot{\psi}$ . Это указывает на то, что при скольжении конца цилиндрической детали во впадине, образованной фаской отверстия или заходными кромками резьбового отверстия на поверхности узла, прецессия платформы на податливом креплении будет происходить с угловой скоростью  $\omega$  в направлении противоположном вращению шпинделя и за счет наклона платформы будет происходить совмещение осей сопрягаемых деталей.

В третьем уравнении слагаемое  $r \cdot \sin \theta = z$ , значение  $z$  можно определить, решая четвертое уравнение. Решение третьего уравнения даст закон изменения угла нутации, т.е. углового совмещения осей соединяемых деталей. Решение этого уравнения можно получить, используя численные методы, с помощью ЭВМ.

При условии, если полученное  $\theta$  будет меньше предельно допустимого значения перекоса, определяемого условиями собираемости, автоматизированное совмещение обеспечено. Полученное выражение  $\theta$ , с учетом (1), даст условия собираемости соединяемых деталей в динамике.

Таким образом, получены дифференциальные уравнения, описывающие движение системы патрон — платформа с податливым креплением в процессе пассивной адаптации при сборке деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям с зазором или по резьбовым поверхностям. Решение уравнений позволяет определить возможность автоматизированного углового совмещения осей при сборке. Полученные выражения определяют условия собираемости соединяемых деталей в динамике.

### Список литературы:

1. Гусев А.А. Адаптивные устройства сборочных машин. М.: Энергия, 1971.
2. Житников Ю.З. Автоматизация сборки изделий с резьбовыми соединениями: Учебн. пособие. Ковров: КГТА, 1996. — 132 с.

## СЕКЦИЯ 4.

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

#### УПРАВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ

**Булат Павел Викторович**

*канд. физ.-мат. наук, руководитель лаборатории «НМНКБС»,  
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский национальный исследовательский  
университет информационных технологий, механики и оптики,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [pavelbulat@mail.ru](mailto:pavelbulat@mail.ru)*

**Продан Николай Васильевич**

*инженер лаборатории «НМНКБС», ФГБОУ ВПО  
Санкт-Петербургский национальный исследовательский  
университет информационных технологий, механики и оптики,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [kolinti@mail.ru](mailto:kolinti@mail.ru)*

### MANAGEMENT OF THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF JET STREAMS

**Pavel Bulat**

*candidate of Science, Head of laboratory «NMNKBS» ,  
Saint-Petersburg National Research University of Information  
Technologies, Mechanics and Optics,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Nikolay Prodan**

*engineer of laboratory «NMNKBS», Saint-Petersburg National Research  
University of Information Technologies, Mechanics and Optics,  
Russia, Saint-Petersburg*



## АННОТАЦИЯ

Объектом исследования являются устройства генерации и глушения колебаний давления. Цель работы — классификация устройств генерации колебаний, описание физических принципов генерации звуковых волн. Рассмотрены схемы наиболее распространенных генераторов звука. Результаты, изложенные в работе, могут быть рекомендованы разработчикам свистков, сирен, других акустических генераторов, установок для термоакустического упрочнения металлов, дутьевых металлургических устройств. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 14.575.21.0057).

## ABSTRACT

The objects of research are devices, which generate and suppress the acoustic and wave pressure oscillations. Purpose of the paper is the classification of oscillations generating devices, description of the physical principles of acoustic waves generation. The schemes of the most common sound generators. The results presented in the paper can be recommended by the developers of whistles, sirens, other acoustic generators, installations for thermoacoustic hardening metals, metallurgical blast devices. The researches are executed with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (the Agreement № 14.575.21.0057).

**Ключевые слова:** резонатор; акустические волны; акустический генератор; свисток; сирена; газоструйный акустический генератор.

**Keywords:** resonator; acoustic waves; acoustic generator; whistle; siren; gas-jet acoustic generator.

## Введение

Большая амплитуда низкочастотных колебаний давления может привести к нежелательным последствиям и быть опасным для элементов конструкций. Однако в ряде технических применений, наоборот, требуется умение создавать мощное акустическое излучение заданного спектра. Речь идет об акустических генераторах, свистках и сиренах. Весьма перспективным является использование пульсирующих потоков в термоакустической обработке металлов [2], порошковой металлургии [8], в диспергационных устройствах [7], газовой резке металла, а также в других отраслях науки и техники.

В металлургии имеется целый ряд процессов [9], связанных с применением сверхзвуковых газовых струй. В сталеплавильном

производстве [6] они используются в конверторном и мартеновском производствах.

Цель управления струями в металлургических установках заключается в формировании струйных течений с необходимыми характеристиками для интенсификации тепло- и массообменных процессов. Средства управления, управляющие воздействия должны быть по возможности простыми, а также малоэнергоёмкими. Для целей управления важно иметь процесс физически неустойчивый, с неединственным состоянием.

Перечисленным требованиям удовлетворяет процесс распространения сверхзвуковых струй в каналах с внезапным расширением поперечного сечения [1; 10], который в широком диапазоне изменения определяющих параметров имеет неустойчивый характер, сопровождается пульсациями давления и волновой структуры струй. Впервые задачу изучения колебаний в цилиндрическом канале поставил в 1967 г. Jungowski W.M. [11].

#### 1. **Классификация устройств возбуждения колебаний**

Все многообразие устройств возбуждения колебаний можно, условно, разделить на несколько типов:

По принципу действия:

- непрерывного и импульсного действия.

По типу рабочего тела:

- газодинамические;
- гидродинамические;
- электродинамические.

По принципу возбуждения звуковых волн:

- за счет пульсационных потоков (сирены, пульсаторы);
- за счет вихревых потоков (вихревые свистки);
- за счет наличия в системах резонаторов и обратной акустической связи (свистки);
- за счет гибких мембран;
- за счет нестационарных ударно-волновых структур, образовавшихся в потоке;
- за счет расходного механизма;
- за счет взаимодействия газожидкостных потоков с различными преградами;
- за счет резонансно-тепловых эффектов;
- за счет различных комбинаций этих принципов.

По виду среды:

- воздушные акустические поля;
- гидроакустические поля.

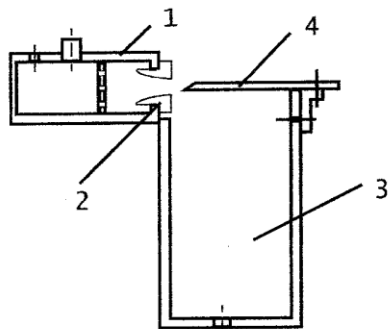
## 2. Свистки

Широкое применение получили свистки: свистки Гавро, свистки Гартмана, свистки Гальтона, вихревые свистки, свистки Левавассера. Свистки — это механические устройства для преобразования кинетической энергии струи в энергию акустических колебаний. Принцип их действия основан на возникновении автоколебательных процессов в струе и окружающем пространстве при взаимодействии струи с острыми кромками или резонирующей полостью. Механизм автоколебаний основан на сочетании эффектов неустойчивости струи и обратной связи через акустическое поле в резонаторе.

При очень малых скоростях истечения струи внутри неё в критическом слое возникают завихрения, ось струи остается прямолинейной. При некотором пороговом значении скорости струя теряет свою устойчивость и её ось искривляется, амплитуда по мере удаления от источника растёт, пока не образуется, так называемая, вихревая дорожка. Всё это объясняется потерей устойчивости системы под влиянием случайных малых возмущений. Возмущения завихренности, возникающие в струе в окрестности кромки сопла, переносятся в струе вниз по потоку и усиливаются, образуя локализованные вихри. Вихри, взаимодействуя с кромками резонатора и (или) клином, генерируют звуковые возмущения, которые усиливаются резонатором и взаимодействуют на струю. Таким образом, замыкается обратная связь. Рассмотрим некоторые виды газовых генераторов звука.

### 2.1. Свисток Гавро

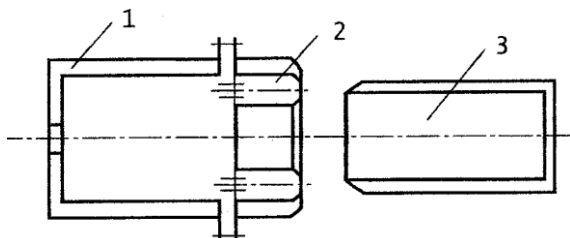
При обтекании плоским потоком горла резонатора (рис. 1) часть газа, в силу эжекционных и инерционных свойств, попадает в резонатор. Внутри резонатора образуются сложные вихревые течения. Возмущения от притока массы распространяются в резонаторе в виде волн сжатия. Отражаясь от стенок резонатора, волновые возмущения достигают его горла, вызывая отклонения потока от горла резонатора, тем самым, обеспечивая истечение некоторой массы воздуха из резонатора. Выброс массы из резонатора вызывает возмущения, и различными способами, отражаясь от стенок резонатора, в итоге воздействуют на поток в горле резонатора, отклоняя его вновь в полость резонатора. Цикл повторяется.



**Рисунок 1. Свисток Гавро. 1 — Ресивер, 2 — Сопловой блок, 3 — Прямоугольный резонатор, 4 — Подвижный клин**

### 2.2. Свисток Гальтона

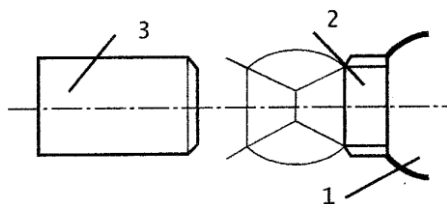
При взаимодействии кольцевой струи с кромками резонатора (рис. 2) возбуждаются автоколебания в системе струя — резонатор. При этом часть энергии стационарного потока газа преобразуется в акустическое излучение, а в полости резонатора возбуждаются интенсивные пульсации давления. Процесс генерации будет поддерживаться, если энергия в колебательной системе будет превышать потери на излучение и трение.



**Рисунок 2. Свисток Гальтона. 1 — Ресивер, 2 — Сопловой блок, 3 — Резонатор**

### 2.3. Свисток Гартмана

Свисток Гартмана (рис. 3) является источником звука со сверхзвуковой струей. При истечении сверхзвуковой струи возникает система скачков уплотнения, струя пульсирует, взаимодействуя с резонатором, в ней наблюдается пространственная осцилляция давления.



**Рисунок 3. Свисток Гартмана. 1 — Ресивер, 2 — Круглое сопло, 3 — Цилиндрический резонатор**

### 3. Газоструйные генераторы

Газоструйные генераторы пульсаций давления — это механические генераторы волн давления (ударных и акустических), не имеющие подвижных частей, источником энергии которых служит кинетическая энергия струи. Анализ процессов, сопровождающих распространение сверхзвуковых струй в каналах различной формы, особенностей волновой структуры потоков в каналах, выявленной связи характеристик акустического поля с режимами взаимодействия струй друг с другом и со стенками каналов позволяет сделать вывод о возможности управления геометрическими, газодинамическими и акустическими параметрами струй. Осуществляя дискретное или непрерывное геометрическое, расходное, акустическое, тепловое воздействие или их комбинацию в различных сочетаниях на газовый поток в трактах, можно изменить режим течения, волновую структуру струй, управлять распределением газодинамических параметров в струях. Под геометрическим воздействием будем понимать воздействие на поток конфигурацией канала, под расходным — вдув газа в канал или отсос газа из пограничного слоя на стенках канала, варьирование расходом газа через сопло.

При фиксированных параметрах струи на срезе сопла постановкой насадков различного диаметра можно получить следующие режимы течения [7]:

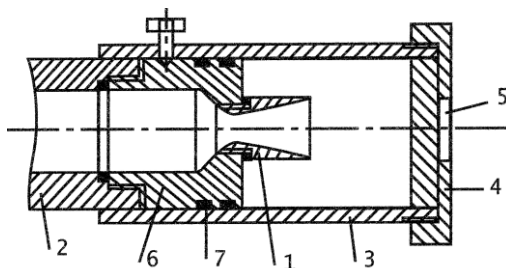
- высокочастотных изгибо - крутильных колебаний струи;
- низкочастотных автоколебаний волновой структуры струи;
- стационарный режим с образованием центрального скачка уплотнения, занимающего всё поперечное сечение струи, за которым скорость газа становится дозвуковой;
- стационарный режим с образованием периферийной кольцевой сверхзвуковой струи и осевого сверхзвукового потока;
- стационарный режим с образованием в струе системы косых скачков уплотнения.

С помощью высокочастотных колебаний можно увеличить угол раскрытия пограничного слоя. Низкочастотные колебания стабилизируют

сверхзвуковое ядро струи, увеличивают её дальнобойность. Организация высокочастотных колебаний, модулированных низкочастотными, позволяет одновременно увеличивать дальнобойность сверхзвукового ядра.

Обычно, струйный генератор пульсирующего давления состоит из рабочей камеры, связанной с источником сжатого газа, и устройства прерывания потока, выполненного в виде кинематически связанных пластин, закрывающих впускное отверстие в рабочую камеру, и клапана, закрывающего отверстие из камеры. Недостатком подобных устройств является ограниченность амплитудно-частотных параметров звуковых колебаний, определяемая прерывателем потока, ограничивающем эти параметры, а так же низкая интенсивность колебаний.

Можно сформулировать задачу создания генератора возбуждения колебаний, имеющего расширенный диапазон параметров звуковых колебаний. На рис. 4 показана возможная схема подобного устройства.

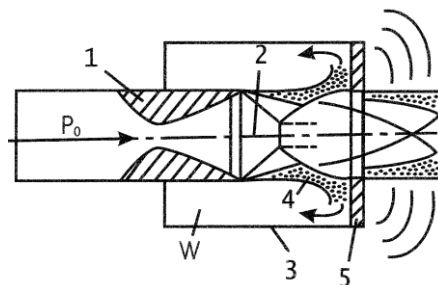


**Рисунок 4.** Схема устройства для возбуждения звуковых колебаний

Оно состоит из сопла Лавалья 1, связанного газопроводом 2 с источником сжатого газа. Сопло 1 соосно и герметично установлено в одном конце трубы 3, а на противоположном ее конце закреплена диафрагма 4 с центральным отверстием 5, диаметр которого больше диаметра критического сечения сопла Лавалья 1 и меньше диаметра его выходного сечения. Для герметизации на сопловом блоке 6 в канавке установлены уплотнительные кольца 7. Сопло установлено в трубе 3 с возможностью относительного перемещения для регулирования удаления его среза от диафрагмы.

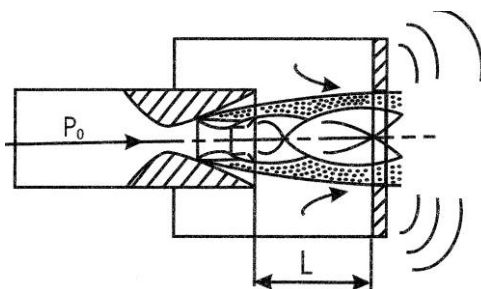
Расширение акустического диапазона достигается тем, что в устройство вводится диафрагма. Труба имеет возможность перемещения вместе с диафрагмой относительно среза сопла Лавалья. Устройство для возбуждения звуковых колебаний работает в автоколебательном режиме.

На рис. 5 показан момент, когда слой смешения струи взаимодействует с диафрагмой и разворачивается в донную область, вызывая увеличение донного давления. Обозначения те же, что и на рис. 4.



**Рисунок 5. Схема течения газа в генераторе на режиме наполнения донного объема**

Давление газа в полости трубы начинает повышаться, степень нерасчетности струи в донной области  $W$  уменьшается, увеличивается угол раскрытия слоя смешения струи. Увеличение угла раскрытия слоя смешения приводит к росту срезаемой диафрагмой массы газа, которая возвращается в полость. Струя отрывается от стенки сопла из-за повышенного давления в области  $W$ . Давление в полости трубы 3 продолжает расти, сечение отрыва струи от стенки сопла перемещается вверх по потоку ближе к критическому сечению сопла. И, хотя угол раскрытия струи увеличивается, уменьшается абсолютный размер струи, ее диаметр в сечении диафрагмы 4, т. е. диаметр струи со слоем смешения становится равным диаметру отверстия в диафрагме. Происходит раскупорка трубы 3 с образованием ударной волны в окружающем пространстве (рис. 6).



**Рисунок 6. Схема течения газа в объеме трубы в режиме истечения газа из объема трубы**

Описанная выше особенность слоя смешения струи, выполняющая роль положительной обратной связи, начинает играть роль отрицательной обратной связи. С раскупоркой полости трубы начи-

нается истечение газа, и давление в ней падает, что приводит к уменьшению угла раскрытия слоя смешения струи, перемещению сечения отрыва струи в сечении диафрагмы и запиранию слоем смешения струи отверстия в диафрагме 4. Начинается наполнение полости трубы газом.

Изменение полного давления газа перед соплом приводит к увеличению амплитуды колебаний давления на диафрагме, т. е. давлению раскупорки трубы и уровню звукового давления в окружающем пространстве. В то же время, частота колебаний изменяется не так существенно. С помощью привода, вызывающего перемещение диафрагмы 4 относительно среза сопла, производится управление частотными параметрами звуковых колебаний.

Рассмотренное устройство обеспечивает устойчивое возбуждение колебаний в окружающем пространстве, а также значительное повышение уровня звукового давления.

#### 4. Усиление и глушение шума сверхзвуковой струи цилиндрическим насадком

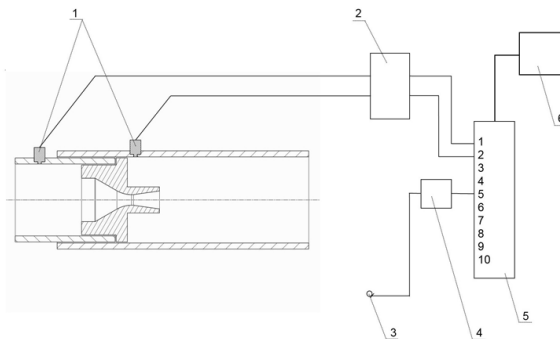
Истечение сжатого газа из сопла сопровождается излучением шума в окружающее пространство.

Изучение акустических свойств процессов производилось с помощью экспериментального стенда (схема изображена на рис. 5), состоящего из безинерционных датчиков давления 1, устройств обработки сигналов 2 и 4, микрофонов 3, систем визуализации 6 и сбора данных 5. Измерялись:

$P_0$  — полное давление в ресивере;

$P_d$  — давление в донной области;

$L$  — уровень шума.

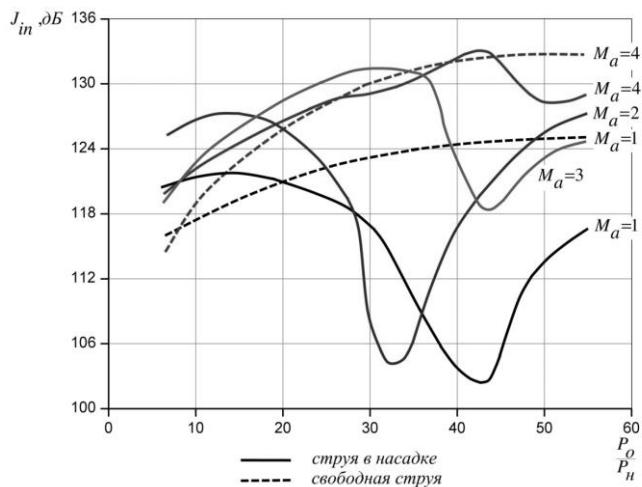


**Рисунок 7. Схема экспериментальной установки для изучения нестационарных процессов в канале с внезапным расширением**



В диапазоне больших нерасчетностей для недорасширенных свободных струй увеличение полного давления в ресивере связано с монотонным повышением уровня акустического излучения. Наличие за срезом сопла цилиндрического насадка с герметизированной донной областью при тех же значениях полного давления вызывает существенную трансформацию общей закономерности изменения интегрального уровня шума потока за срезом канала (рис. 6). Интегральный уровень акустического излучения со среза канала может быть как меньше такового у свободной затопленной сверхзвуковой струи, так и больше. Например, на режиме с открытой донной областью цилиндрический насадок усиливает акустическое поле струи за счет работы донной области в качестве резонатора. Рассматривая спектр частот пульсаций донного давления в сверхзвуковых отрывных течениях (с фиксированной точкой отрыва), можно отметить следующие характерные виды пульсаций:

- а. турбулентные и акустические пульсации;
- б. вихревые пульсации (большие вихри);
- в. квазистационарные расходные пульсации.

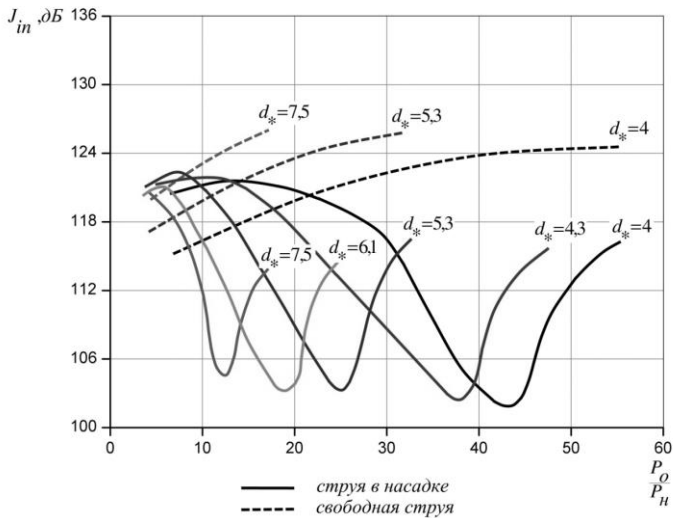


**Рисунок 8. Интегральный уровень акустического излучения свободной струи и струи с цилиндрическим насадком**

Интегральный уровень шума зависит не только от числа Маха (рис. 6), но и от диаметра критического сечения сопла (рис. 7). Чем больше сопло, тем выше уровень шума. Если в качестве

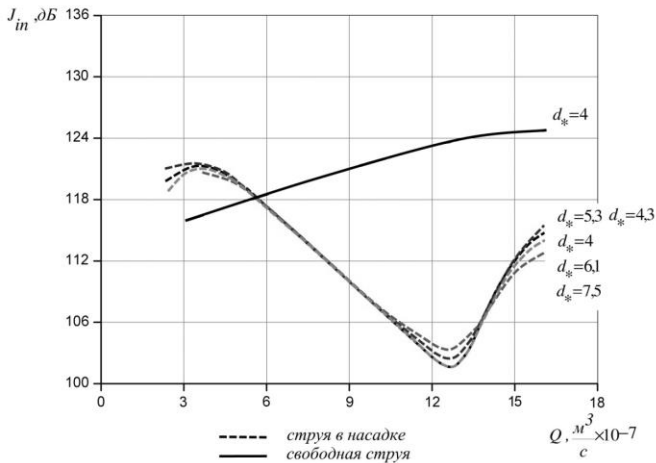
параметра использовать расход газа через сопло, то зависимости принимают универсальный характер (рис. 8).

Видно, что имеется минимум интегрального акустического излучения. Сравнение с экспериментальными графиками  $P_o(P_o)$  показали, что данный минимум соответствует режиму предельной нерасчетности, когда все сечение канала перекрыто мощным прямым скачком уплотнения, течение за которым полностью дозвуковое.



**Рисунок 9. Интегральный уровень акустического излучения свободной струи и струи с цилиндрическим насадком.  $M_a=3$ , угол полурасзора сопла  $15^\circ$**

На участке течения с открытой донной областью струя, не касающаяся стенок канала, генерирует акустическое излучение, которое усиливается кольцевой полостью. При истечении со среза канала сверхзвукового потока наблюдается монотонный рост уровня излучаемого шума с увеличением  $P_o$ . Акустическое излучение на автоколебательном режиме и режиме течения с открытой донной областью имеет частоты дискретного тона, многократно превосходящие по амплитуде широкополосную составляющую. Все это создает обширные возможности по практическому использованию феномена автоколебаний, управлению его характеристиками и акустическими характеристиками сверхзвуковых струй.



**Рисунок 10. Интегральный уровень акустического излучения свободной струи и струи с цилиндрическим насадком в зависимости от расхода через сопло.  $M_a=3$ , угол полураствора сопла  $15^\circ$**

Наличие квазистационарных пульсаций донного давления свидетельствует о двузначности стационарного течения, которая может проявляться либо в вязком потоке, либо в вязком слое. Различные виды такой двузначности и связанные с ней гистерезис и низкочастотные пульсации, обнаруженные при экспериментальных исследованиях плоских моделей кольцевых сопел [5], присущи и осесимметричным течениям в каналах. Результаты ряда работ, в которых исследовались пульсации в различного типа сопловых компоновках, подтверждают изложенное выше. Циклическая перестройка волновой структуры сопровождается генерацией внешнего акустического поля, управление частотой которого осуществляется изменением полного давления  $P_0$ , числа Маха на срезе сопла и длины канала  $l_{тр}$ .

В течении с открытой донной областью спектр отличается наличием 3—4 гармоник, существенно превышающих уровень фона.

На колебательных режимах изменения донного давления преобладает одна или две частоты, расположенные в низкочастотной части спектра, причем первой гармонике соответствует частота перестройки волновой структуры струи (диапазон частот 45-450 Гц) в донной области канала.

## **Заключение**

Рассмотрены основные виды генераторов звука: свистки, сирены, газоструйные генераторы. Представлены различные схемы насадок на круглые сопла Лавалья, которые в зависимости от геометрии и режима работы могут служить как генераторами, так и глушителями акустического излучения. Представлены экспериментальные данные о режиме, на котором отмечается существенное снижение уровня шума струи. Данный эффект ранее был использован в нескольких устройствах глушения шума [4]. Близкое по геометрии устройство на иных режимах может работать в режиме генератора акустического излучения [3].

## **Выводы**

Сверхзвуковая струя, истекающая из круглого сопла Лавалья, на которое установлен цилиндрический насадок, является удобным объектом управления. Различные режимы взаимодействия слоя смешения такой струи со стенками насадка, острыми кромками диафрагмы, если она установлена на срезе насадка, характеризуются различными углами раскрытия струи, уровнем акустического излучения, параметрами нестационарности, дальностью струи. Это делает привлекательным использование подобных устройств в различных технологических процессах. Действительно, одно и то же устройство при разных уровнях полного давления в ресивере перед соплом может служить и генератором, и глушителем шума, создавать на срезе насадка и дозвуковую струю и пульсирующую ударно-волновую структуру.

## **Список литературы:**

1. Булат П.В., Засухин О.Н., Усков В.Н. Анализ характера нестационарных процессов на режимах истечения в канал с открытой донной областью. Струйные, Отрывные И Нестационарные Течения: XXII Юбилейный Семинар С Международным Участием., 2010, — С. 114—117.
2. Воробьева Г.А., В.Н.У. (2012). Аэротермоакустическая обработка сталей и сплавов. Балт. Гос. Техн. Ун-Т. СПб., — С. 132.
3. Гинзбург И.П., Жигач С.И., Засухин О.Н. Способ возбуждения колебаний сверхзвуковой газовой струи и звуковых колебаний в окружающем пространстве. А.С. Л 708398. 1980. бюл. № 1.
4. Гинзбург И.П., Жигач С.И., Засухин О.Н. Способ глушения шума сверхзвуковой газовой струи и устройство для его осуществления. Заявка № 2503709 / 08. 1977.
5. Гогиш Л.В. Релаксационные колебания в турбулентном ближнем следе // Изв. АН СССР. МЖГ. 1969. № 6.

6. Сизов А.М. Газодинамика и теплообмен газовых струй в металлургических процессах. М.: Металлургия, 1987. — с. 256.
7. Сизов А.М. Диспергирование расплавов сверхзвуковыми газовыми струями. М.: Металлургия, 1991. — с. 184.
8. Усков В.Н., Засухин О.Н., Булат П.В., Продан Н.В. (2013). О низкочастотных колебаниях донного давления. Вестник БГТУ «ВОЕНМЕХ», № 2, — С. 40—45.
9. Явойский А.В., Явойский В.Л., Сизов А.М. Применение пульсирующего дутья при производстве стали. М.: Металлургия, 1985. — с. 176.
10. Bulat P.V., Zasukhin O.N., Uskov V.N. On classification of flow regimes in a channel with sudden expansion. Thermophysics and Aeromechanics., — 2012, — Vol. 19 (№ 2), — P. 233—246.
11. Jungowski W.M. On the pressure oscillating in a sudden enlargement of a duct section // Fluid Dynamics Transaction. — 1967. — № 1. — P. 735—741.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ**

***Волгина Наталья Ивановна***

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),  
РФ, г. Москва*

*E-mail: [nvolgina2008@rambler.ru](mailto:nvolgina2008@rambler.ru)*

***Хламкова Светлана Сергеевна***

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),  
РФ, г. Москва*

*E-mail: [svetlanaktn@yandex.ru](mailto:svetlanaktn@yandex.ru)*

***Шарипзянова Гюзель Харрисовна***

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),  
РФ, г. Москва*

*E-mail: [guzel@mtw.ru](mailto:guzel@mtw.ru)*

# INFLUENCE OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY ON DURATION OF OPERATION OF THE PIPELINE

*Volgina Natalya*

*candidate of Science, associate professor,  
Moscow state machine-building university (MAMI),  
Russia, Moscow*

*Chlankova Svetlana*

*candidate of Science, associate professor,  
Moscow state machine-building university (MAMI),  
Russia, Moscow*

*Sharipzyanova Guzel*

*candidate of Science, associate professor,  
Moscow state machine-building university (MAMI),  
Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследования влияния особенностей изготовления труб большого диаметра на их долговечность в процессе эксплуатации магистральных газопроводов.

## ABSTRACT

Results of research of communication of metallurgical features of production of pipes of big diameter with their durability in use main газопроводов are presented.

**Ключевые слова:** газопровод; коррозионное растрескивание под напряжением; структура, термическая обработка.

**Keywords:** gas pipeline; stress corrosion cracking; stress corrosion cracking; structure, heat treatment.

В настоящее время в системе магистральных газопроводов (МГ) эксплуатируются трубы большого диаметра, отличающиеся тем, что они были изготовлены в разное время на разных заводах и по различным технологиям. Основное различие в технологии — это способы упрочнения, доведения структуры до состояния, соответствующего заданным значениям прочности и пластичности. К ним относятся нормализация, улучшение (закалка с отпуском) и контролируемая прокатка.

Изменение способов упрочнения труб соответствует той тенденции, которая наметилась за последние 40 лет: повышению рабочего давления в газопроводах и прокладки их в регионах с пониженной температурой. Направления разработки новых композиций сталей повышенной прочности и хладостойкости — это применение контролируемой прокатки и термообработки — закалки с отпуском [1].

С увеличением диаметра и рабочего давления в трубопроводе, а также снижением запаса прочности по СНиП 2.05.06-85\* «Магистральные трубопроводы» возросла опасность отказа такой сложной конструкции [4; 5]. Поэтому возросли требования к уровню прочности, вязкости и хладостойкости. Выполнение этих требований на малоуглеродистых марках низколегированных сталей делает упрочняющую термическую обработку готовых изделий (труб) обязательной. Однако, поставка упрочненных труб не привела, на первых порах, к увеличению срока службы МГ: аварийные разрушения не сократились, а участились и стали происходить раньше (табл. 1).

С целью установления причин таких разрушений проведено исследование связи металлургических особенностей изготовления труб большого диаметра и их долговечности в составе магистральных газопроводов.

Результаты исследований показали, что по содержанию вредных примесей не все трубы соответствуют требованиям технических условий. Так, трубы из стали 17Г1С имели повышенное до 0,08% содержание серы, трубы из Франции — до 0,11 % фосфора, в то время как трубы из Японии содержали только 0,002 % серы.

*Таблица 1.*

### Характеристика аварийных труб

Год производства	1970	1970—1975	1975
Поколение	I	II	III
Марка стали	17Г1С	17Г2СФ, 17Г2САФ	X70
Изготовитель	ЧТПЗ	ЧТПЗ, ВТЗ	Япония, Франция, Италия
Диаметр и толщина стенки, мм	1220x12	1220x11,0 1220x10,5	1420x15,7
Способ упрочнения	Нормализация	Улучшение	Контролируемая прокатка
Класс прочности	K42	K55	X70
Число аварий	16	17	23
Время до разрушения, лет	25—30	16—24	11—19
Суммарная длина труб, км	3442	1434	3660

Механические свойства исследованных аварийных труб не соответствуют данным, указанным в сертификатах на них (табл. 2), что косвенно свидетельствует об изменении свойств в процессе эксплуатации. Пластические свойства (относительное удлинение, относительное сужение) исследованных труб в процессе эксплуатации снижаются, а прочностные (предел текучести, предел прочности), как правило, повышаются.

В очагах разрушения труб из стали 17Г1С наблюдается неравномерная структура: ферритная составляющая, наряду с мелким зерном, оцениваемым баллом 10—11, характеризуется и значительно более крупным зерном (балл 7—8). Улучшенные трубы из сталей 17Г2СФ и 14Г2САФ отличаются наличием в структуре отдельных участков сорбита, троостита и даже мартенсита.

В трубах контролируемой прокатки производства Франции имеются зоны с повышенным содержанием перлита и зоны чистого феррита.

**Таблица 2.**

**Механические свойства аварийных труб**

Поколение	Марка стали	Способ упрочнения	Предел текучести и $\sigma_{0,2}$ , МПа <sup>1</sup>	Относительное удлинение $\sigma$ , % <sup>1</sup>	Относительное сужение $\sigma$ , % <sup>1</sup>
I	17Г1С	Нормализация	380 (390) <sup>2</sup>	23 (25)	52 (51)
II	17Г2СФ 14Г2САФ	Улучшение	630 <sup>3</sup> (470) 570 <sup>3</sup> (430)	13 (23)	39 (56)
III	Х70	Контролируемая прокатка			
		Япония	600 (500)	10 (24)	58 (56)
		Франция	420 (470)	16,5 (22)	47 (56)
		Италия	450 (520)	22 (21)	22 (56)

*Примечания: 1. Средние значения по 10 образцам.*

*2. В скобках — средние значения сертификатных данных.*

*3. В очагах разрушения — повышенная твердость.*

Исследование характера трещин в трубах разных поколений позволило установить, что в очагах разрушения нормализованных труб, а также в трубах контролируемой прокатки имеются межкристаллитные трещины с затупленными вершинами, развившиеся по классическому механизму активного анодного растворения. На трубах второго поколения образовались ступенчатые узкие трещины



с острыми вершинами, характерные для механизма коррозионного растрескивания под напряжением с водородным охрупчиванием. Помимо таких хрупких поверхностных трещин в зонах закалочных структур обнаружены внутренние ступенчатые трещины, располагающиеся посередине толщины стенки трубы. В ряде случаев такие трещины наблюдались и в трубах, изготовленных методом контролируемой прокатки.

Анализ особенностей производства труб тех партий, среди которых находились аварийные трубы, показал, что причины образования дефектов в виде трещин закладываются на предприятиях-изготовителях [2, 3, 6].

Сталь труб первого поколения загрязнена серой и фосфором, не удаленными из нее в процессе выплавки и разливки. Это привело к повышенному содержанию в стали неметаллических включений — оксидов, сульфидов и силикатов, вплоть до 5-го балла по отдельным видам включений. В стали второго поколения размеры сульфидов доходят до 3—4-го балла. В наиболее чистой стали третьего поколения наличие неметаллических включений оценивается 1—2 баллом.

Локальная структурная неоднородность, отрицательно сказавшаяся на механических свойствах и долговечности труб, возникла в процессе отливки и термической обработки заготовок и самих труб. Надо полагать, с достаточной степенью вероятности, что в процессе непрерывной разливки и кристаллизации имело место недостаточное перемешивание жидкой ванны затвердевающей заготовки. Это привело к ликвации углерода и примесей по сечению. При прокатке листа ликвационная зона оказалась посередине толщины листа.

Неоднородность структуры нормализованной стали 17Г1С возникла вследствие определенного несогласования температуры конца прокатки и температуры нормализации. Окончание прокатки при завышенной температуре не обеспечило получения мелкого зерна из-за рекристаллизации, а пониженная температура нормализации не устранила этого дефекта структуры.

При термической обработке листа и труб второго поколения имело место неравномерное охлаждение труб со всех сторон, поэтому в структуре образовались участки мартенсита, троостита и сорбита закалки и не произошло выравнивания структуры при отпуске, возможно, вследствие недостаточной выдержки при этой операции. Особенно эти обстоятельства сказались на структуре концентрационно-неоднородной центральной зоны. Не подлежит сомнению, что именно участки мартенситоподобной структуры, тем более недостаточно

отпущенной, наиболее склонны к водородному охрупчиванию в процессе КРН. Превышение фактических значений прочности по сравнению с данными сертификатов объясняется большим разбросом показателей по длине и ширине исходного листа (рулона), не обнаруженного при выборочных испытаниях листа или трубы. Такое превышение прочности при падении пластичности объясняется только наличием в структуре участков мартенситоподобной структуры.

Сравнение данных, полученных в результате исследования труб различных поколений, приведено в табл. 3.

**Таблица 3.**

**Сравнительные данные по аварийным трубам <sup>1)</sup>**

<b>Поколение</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Содержание серы и фосфора	Повышенное	Повышено незначительно	Повышенное <sup>2)</sup>
Твердость, МПа	Порядка 1750 <sup>3)</sup>	Порядка 2800 <sup>4)</sup>	Порядка 2400 <sup>5)</sup>
Наибольший балл по неметаллическим включениям	4—5	3—4	1—2
Изменение механических свойств	Без изменений	Значительное повышение прочности при снижении пластичности	Пониженная пластичность
Виды дефектов	Внутреннее расслоение	Внутренние трещины	Расслоения и внутренние трещины
Характер трещин	Широкие, с тупой вершиной	Узкие, с острой вершиной, ступенчатые	Широкие и узкие

*Примечания: 1. Сравнение данных сертификатов и результатов исследований.*

- 2. Кроме труб поставки Японии.*
- 3. Разброс значений 1600—1900 МПа.*
- 4. Разброс значений 1600 4150 МПа.*
- 5. Разброс значений 1600 3200 МПа.*

**Заключение**

Приведенные выше данные, а также анализ результатов обследования дефектных труб позволяет утверждать, что концентраторы напряжений и другие аномалии, инициирующие рост стресс-коррозионных трещин, возникают, как правило, в трубах на стадии их производства.

Поэтому для снижения вероятности появления трещин в процессе эксплуатации необходимы:

- обработка процесса выплавки стали с целью снижения содержания кислорода, серы и фосфора и существенного снижения содержания неметаллических включений до уровня 1—2 баллов по всем видам;
- обработка режимов электромагнитного перемешивания и режимов охлаждения заготовок в процессе кристаллизации с целью уменьшения ликвационной зоны;
- обработка режимов закалки (в части равномерного охлаждения) и отпуска (в части температуры и необходимой выдержки) до получения равномерной однородной структуры сорбита, без участков троостита и, тем более, мартенсита, виновных в повышении прочности и падении пластичности.

### **Список литературы:**

1. Матросов Ю.И., Д.А. Литвиненко, С.А. Голованенко. Сталь для магистральных газопроводов. М.: «Металлургия», 1989, — с. 288.
2. Медведев В.Н., Тухбатуллин Ф.Г., Королев М.И., Волгина Н.И., Воробьев Я.В., Иванов В.С., Урусов В.С.. Влияние технологии производства труб на их предрасположенность к коррозионному растрескиванию под напряжением. М.: ИРЦ ГАЗПРОМ, 2007, — 99 с.
3. Потапов И.Н., Коликов А.П., Данченко В.Н. и др. Технология производства труб. М.: Metallurgia, 1994. — 528 с.
4. Ремизов В.В., Тухбатуллин Ф.Г., Королев М.И., Карпов С.В., Волгина Н.И., Салюков В.В. Коррозионное растрескивание труб под напряжением — основная причина аварий магистральных газопроводов. Газовая промышленность. Серия: Ремонт трубопроводов. Научно-технический сборник № 4. М.: ИРЦ Газпром, 2001, — с. 3—12.
5. Салюков В.В., Тухбатуллин Ф.Г., Колотовский А.Н., Митрохин М.Ю., Королев М.И., Волгина Н.И. Основные причины аварий магистральных газопроводов. //Ремонт, восстановление, модернизация. — 2002, — № 10, — с. 12—14.
6. Тухбатуллин Ф.Г., Волгина Н.И., Королев М.И., Теплинский Ю.А., Кузьбожев А.С., Бирилло И.Н. Исследование остаточных напряжений длительно эксплуатируемых трубопроводов методом разрезания. Газовая промышленность. Серия: «Транспорт и подземное хранение газа». Научно-технический сборник, — № 5, — 2002. — С. 3—9.

# РАСЧЕТ СКОРОСТИ ЧАСТИЦ В ХОЛОДНОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ

*Рябинин Анатолий Николаевич*

*д-р физ.-мат. наук, гл. научн. сотр.  
Санкт-Петербургского государственного университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [a\\_ryabinin@front.ru](mailto:a_ryabinin@front.ru)*

## PARTICLE VELOCITY CALCULATION IN COLD GAS DYNAMIC SPRAY

*Ryabinin Anatoly*

*D.Sc, Principal Researcher, St. Petersburg State University,  
Russia, St. Petersburg*

*Настоящая работа поддержана грантом СПбГУ 6.0.24.2010.  
Исследования были проведены с использованием вычислительных  
ресурсов Ресурсного Центра "Вычислительный центр СПбГУ"  
(<http://cc.spbu.ru>).*

### АННОТАЦИЯ

Проводится сравнение двух методов расчета скорости частиц, разгоняющихся сверхзвуковым потоком газа в процессе холодного газодинамического напыления.

### ABSTRACT

A comparison of two methods is performed for calculating the velocity of the particles that are accelerated by supersonic flow in the cold gas dynamic spraying.

**Ключевые слова:** численный расчет; сопло Лавалья; холодное газодинамическое напыление.

**Keywords:** numerical calculation; de Laval nozzle; cold gas dynamic spray.

В отличие от других видов термического напыления, в холодном газодинамическом напылении эффективность процесса преимущественно зависит от кинетической энергии напыляемых частиц. Эта

кинетическая энергия достигается за счет разгона частиц сверхзвуковым потоком газа [1; 4]. В установках холодного газодинамического напыления используются, как правило, сопла Лавалья с длинной расширяющейся частью круглого или прямоугольного сечения [4]. Для оценки скорости частиц получил распространение приближенный метод, в котором параметры газа в сопле и в струе, исходящей из сопла, рассчитываются на основе одномерной изэнтропической модели. В этой модели предполагается, что параметры газа зависят только от одной продольной координаты [5; 6; 7]. В настоящей работе результаты расчета скоростей частиц по приближенной модели сравниваются с результатами более полной модели, в которой параметры газа рассчитываются численно с использованием коммерческого пакета ANSYS [2].

Предполагаем, что частицы имеют круглую форму. Уравнения движения частиц вместе с уравнением для температуры, записаны ниже в следующем виде [6]:

$$\frac{dv_p}{dt} = \frac{3}{4} C_x \frac{\rho_g}{\rho_p} \frac{(v_g - v_p) |v_g - v_p|}{D}, \quad (1)$$

$$\frac{dx}{dt} = v_p, \quad (2)$$

$$\frac{dT_p}{dt} = \frac{6 \text{Nu} k}{D^2 \rho_p c_p} (T_g - T_p), \quad (3)$$

где:  $v_p$  и  $v_g$  — скорость частиц и газа,

$\rho_p$  и  $\rho_g$  — плотность частиц и газа,

$D$  — диаметр частиц,

$x$  — координата частицы,

$T_p$  и  $T_g$  температура частиц и газа,

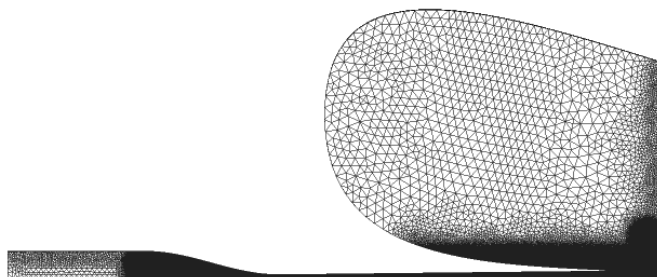
$k$  — коэффициент теплопроводности несущего газа,

$c_p$  — удельная теплоемкость частиц,

$C_x$  — коэффициент лобового сопротивления частиц, который является функцией чисел Рейнольдса и Маха. Формула для  $C_x$  взята из работы [3]. Число Нуссельта Nu, которое является функцией чисел Рейнольдса, Прандтля и Маха вычислялось по формулам из работы [5]. Температура и плотность газа могут быть приближенно вычислены на основе одномерной изэнтропической модели. Система обыкновенных уравнений (1), (2) и (3) решается методом Рунге-Кутты.

Однако применение изэнтропической одномерной модели требует обоснования, поскольку эта модель не учитывает существование пограничного слоя, толщина которого в длинной и узкой расширяющейся части сопла Лавала может быть сопоставима с поперечным размером сопла. Модель не учитывает также трехмерного характера течения между соплом и напыляемой поверхностью, в частности, не берется во внимание существование скачка уплотнения перед напыляемой поверхностью.

Для учета упомянутых факторов был предпринят численный расчет течения в сопле Лавала и в пространстве между соплом и напыляемым образцом. Методом конечных объемов решались уравнения Навье-Стокса, осредненные по Рейнольдсу. Принята модель турбулентности  $k-\omega$  SST. Расчеты проводились с помощью пакета ANSYS CFX [2]. Течение предполагалось осесимметричным. Расчетный объем включал в себя окрестности моделируемого течения. Гибридная расчетная сетка, измельченная вблизи поверхности сопла и напыляемой поверхности, представлена на рис. 1.

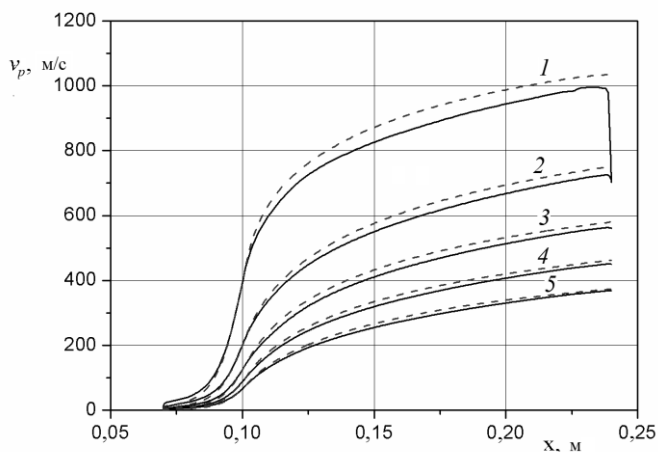


***Рисунок 1. Расчетная сетка, содержащая 851256 элементов***

На входе сопла задавалось постоянное давление, равное  $2,5 \cdot 10^6$  Па и температура  $600$  °С. В выходной части расчетного объема среднее давление принималось равным атмосферному давлению. В качестве рабочего газа был выбран воздух. Рассматривалось движение

круглых медных частиц. Численный расчет продемонстрировал существование толстого пограничного слоя в сопле и скачка уплотнения перед напыляемой поверхностью. В расчете движения частиц по более полной модели принималось, что частицы движутся вблизи оси симметрии сопла. Частицы вводились в поток в сходящейся части сопла. Их концентрация предполагалась настолько малой, что присутствие частиц не влияло на параметры газового потока.

Результаты расчета скоростей частиц разного диаметра представлены на рис. 2.



**Рисунок 2. Зависимость скорости частиц от продольной координаты. Сплошная линия — вычисления на основе численного расчета течения газа, пунктир — на основе изоэнтропической модели течения в сопле. 1 —  $D = 1$  мкм, 2 —  $D = 8$  мкм, 3 —  $D = 27$  мкм, 4 —  $D = 64$  мкм, 5 —  $D = 125$  мкм**

Все кривые на рис. 2, соответствующие одномерной изоэнтропической модели, лежат несколько выше кривых, относящихся к более полной модели. Завышение скорости наиболее велико для малых частиц. Малые частицы подвержены сильному торможению при попадании в зону повышенной плотности после скачка уплотнения перед напыляемой поверхностью. Для крупных частиц диаметром более 8 мкм эффект торможения незначителен. Применение оценочного расчета скорости для крупных частиц дает удовлетворительные результаты.

### **Список литературы:**

1. Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. М.: Физматлит. 2010. — 536 с.
2. ANSYS CFX-Solver Modeling Guide. Release 13.0. Canonsburg: ANSYS, Inc. 2010. — 604 p.
3. Henderson C.B., Drag coefficients of spheres in continuum and rarefied flows. AIAA Journal. — 1976. — Vol. 14 (6). — P. 707—708.
4. Irissou E., Legoux J.-G., Moreau C., Ryabinin A.N., Jodoin B. Review on cold spray process and technology: Part I Intellectual property // Journal of Thermal Spray Technology. — 2008. — Vol. 17. — № 4. — P. 495—516.
5. Stoltenhoff T., Kreye H., Richter H.J. An analysis of the cold spray process and its coatings. Journal of Thermal Spray Technology. — 2002. — Vol. 11. — № 4. — P. 542-50.
6. Wong W., Irissou E., Ryabinin A.N., Legoux J.-G., Yue S. Influence of helium and nitrogen gases on the properties of cold gas dynamic sprayed pure titanium coatings // Journal of Thermal Spray Technology — 2011. — Vol. 20. — № 1—2. — P. 213—226.
7. Wong W., Vo P., Irissou E., Ryabinin A.N., Legoux J.-G., Yue S. Effect of Particle Morphology and Size Distribution on Cold-Sprayed Pure Titanium Coatings // Journal of Thermal Spray Technology. — 2013. — Vol. 22. — № 7. — P. 1140—1153.



## СЕКЦИЯ 5.

### ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

#### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОНСТРУКЦИЙ СПУСКО-ПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

*Быканова Анна Юрьевна*

*канд. техн. наук,  
Дальневосточный федеральный университет,  
РФ, г. Владивосток  
E-mail: [Vladianna@mail.ru](mailto:Vladianna@mail.ru)*

#### CERTAIN QUESTIONS OF LAUNCHING AND RECOVERY APPLIANCE CONSTRUCTIONS FOR UNDERWATER VEHICLES

*Anna Bykanova*

*candidate of Technical Sciences, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

#### АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены особенности спуско-подъемных операций для различных типов подводных аппаратов. Приведены некоторые конструкции специализированных устройств. Предложены перспективные направления усовершенствования конструкций спуско-подъемных устройств.

#### ABSTRACT

In the article peculiarities of launching and recovery operations for various types of underwater vehicles are considered. Some constructions of special-purpose hardware are mentioned. Development promising directions of launching and recovery appliances are offered.

**Ключевые слова:** спуско-подъемное устройство (СПУ).

**Keywords:** launching and recovery appliance.

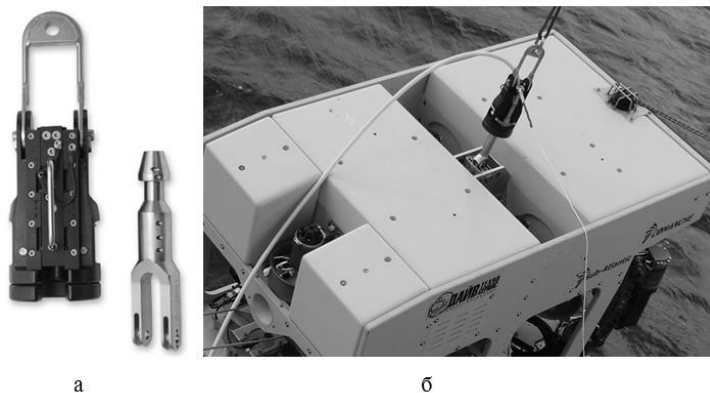
Многочисленные исследования океана с помощью специализированной подводной техники сопряжены с выполнением операций спуска и подъема вне зависимости от назначения и массогабаритных показателей используемых подводных аппаратов. Указанные операции являются сложными, дорогостоящими и очень ответственными, особенно при выполнении оперативных подводно-технических или поисково-спасательных работ. Срочные работы характерны тем, что на их выполнение не всегда достаточно времени для ожидания идеальных погодных условий и рабочие погружения не редко выполняют при ощутимом волнении моря, ночью, при отрицательных температурах воздуха и т. д. Стоит отметить, что плохие метеословия и темное время суток могут наступить и при выполнении плановых работ.

Если проектированию подводных аппаратов уделено достаточное внимание, то к спуско-подъемным устройствам (СПУ), как к вспомогательному оборудованию, необоснованно придадут меньшее значение. В мире существуют не один десяток фирм, основное направление которых являются создание СПУ, например, российская компания Обуховское [3]. Свою продукцию подобные компании чаще всего изготавливают в виде универсального устройства под определенный типоразмер аппаратов или под конкретный аппарат. Обзор конструктивных особенностей и условий эксплуатации спуско-подъемных устройств для подводных аппаратов (ПА) дает основание полагать, что задача создания эффективных СПУ для различного класса подводной техники является весьма актуальной.

Работа спускоподъемных устройств в любых режимах всегда ведет к опасности повреждений дорогого подводно-технического оборудования, например, при сильных волнениях возможны удары поднимаемого или опускаемого подводного аппарата об воду или борт судна. Практика показывает, что даже небольшое волнение моря вызывает ощутимую качку обеспечивающего судна, и управление находящимся на палубе спуско-подъемным устройством представляет собой непростую задачу. Достаточно часто возникают ситуации, в которых при спуске подводный аппарат сначала опускают на набежавшую волну, которая в своем максимуме приподымает его вверх, ослабляя при этом грузовой трос, но потом гребень волны сменяется впадиной, и аппарат, не поддерживаемый волной, падает вниз, вызывая при этом резкое натяжение грузового троса. В результате пиковых рывков возможно разрушение места крепления тросов, а также повреждение внутренних систем ПА.

В большинстве случаев при выполнении спуско-подъемных работ участие человека не ограничено функциями оператора механизмов

СПУ, достаточно часто операции стропления ПА выполняют в ручном режиме. В случаях, когда стыковку и расстыковку подводного аппарата с СПУ производится за бортом судна, значительные волнения (более 3 баллов) представляет не только неудобство, но и угрозу для работы операторов. Не редкостью в настоящее время является применение грузоподъемных лебедок, крюк которых вручную зацепляют за выступающие из корпуса аппарата рымы. В связи с тем, что все это напрямую сопряжено с опасностью для жизни оператора, очень желательно, чтобы в ПА было предусмотрено его полуавтоматическое стропление. В качестве примера полуавтоматического механизма крепления аппарата к стропам можно указать на расцепители норвежской компании Imenco [4]. На рис. 1а показан сам механизм, на рис. 1б - он же в рабочем состоянии на аппарате Comanche.



**Рисунок 1. Расцепитель: а — внешний вид;  
б — его рабочее положение на ПА**

В подводной робототехнике для операций спуска и подъема распространено применение штатного судового грузоподъемного оборудования. Как правило, это механизмы содержащие А- или П-образную раму и лебедку, а также палубный стреловой кран. Наряду с традиционным грузоподъемным оборудованием, существуют оригинальные технические решения. Например, на рис. 2 приведено устройство, применяемое для спуско-подъемных операций аппарата Nugin. Здесь конструкция представляет собой сочетание лебедки и направляющей рамы. Несмотря на очевидную привлекательность подобных конструкций, они имеют один существенный недостаток — малая эффективность в условиях качки, т. к. рама будет находиться

в непрерывном колебании по вертикали и может повредить аппарат. Для решения указанной проблемы необходимо применять дополнительные методы компенсации качки.

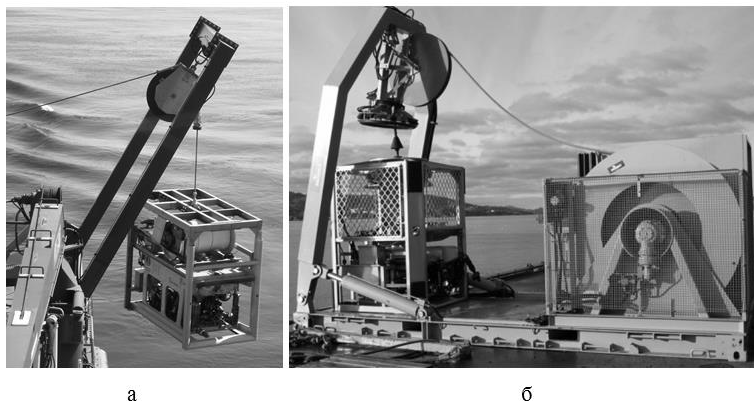


*Рисунок 2. СПУ для АНПА Hugin*

Стоит отметить тот факт, что относительная простота применения лебедки свойственна только для спусковых операций применительно к АНПА, но не для телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Для этого класса аппаратов, характерно наличие катушки с кабелем, соединяющим аппарат с постом оператора и снабжающий аппарат питанием. В связи с этим необходимо не только опустить аппарат под воду, но и произвести выпуск его кабеля согласно глубине погружения аппарата. При этом необходимо реализовать синхронность стравливания кабеля ТНПА, грузонесущего троса судовой лебедки и отдельного кабеля управления расцепителем (если он присутствует). Кроме того, в конструкции присутствует устройство контролирующее натяжение кабелей, т. к. если допустить сверхнормативное натяжение кабеля (например, если аппарат под водой движется быстрее, чем происходит выпуск его кабеля), то это может вызвать повреждение узла стыковки кабеля с аппаратом.

Выполнение работ под водой на больших глубинах сопряжено с тем, что аппарат должен погружаться сам и одновременно затягивать за собой на глубину кабель, при этом часть кабеля расходуется только на достижение заданной глубины. Протяженный кабель, попадая в течения, а также увлекаемый за собой подводным аппаратом создает дополнительное сопротивление движению ПА. Это снижает эффективность применения ТНПА на больших глубинах. Поэтому здесь очень перспективным техническим решением считают применение подводных гаражей. Вся суть конструкции состоит в том, что ТНПА с катушкой кабеля находятся в защитном водонепроницаемом корпусе (гараже). Гараж опускается с помощью грузоподъемной лебедки на заданную рабочую глубину, далее ТНПА выходит из подводного гаража

и производит свою миссию [2, с. 22]. На рис. 3а и 3б представлены робототехнические комплексы, содержащие подводные гаражи.



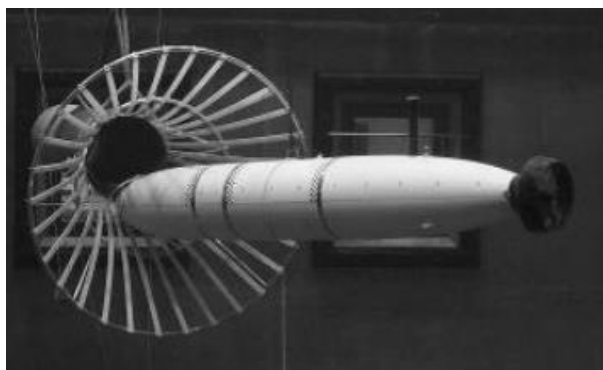
**Рисунок 3. Комплексы с подводным гаражом: а — погружение ТНПА Comanche; б — СПУ компании “Lawson Engineers Ltd”**

В рассмотренных примерах применения гаражей наряду с очевидными преимуществами заметен существенный недостаток — это значительное увеличение массогабаритных показателей погружаемого комплекса. В связи с этим необходимо применять более мощные лебедки, а размеры П- или А-рамы судна должны быть подходящими для столь габаритной конструкции, и, как следствие, приводные механизмы рам необходимо выполнять более грузоподъемными. Все это критично для судов небольшого размера, но на крупных исследовательских судах палубные лебедки и рамы рассчитаны на работу с крупногабаритными и тяжелыми грузами.

Приведенные ранее операции спуска аппаратов на воду являются технически непростыми, но реализация подъема ПА на палубу судна — задача намного сложнее. Особенно это сказывается при попытке исключить из операции подъема ручную стыковку аппарата к СПУ. Поэтому существуют технические решения, основанные на принципе стыковки аппаратов на специализированный подводный ложемент, связанный грузонесущим тросом с судном обеспечения. Наведение ТНПА на месторасположение подводного ложементов производят различными способами, например, по акустическому сигналу, а далее с помощью различных ловителей и прочих механизмов, расположенных на ТНПА, производят постановку аппарата на ложемент. Состыкованный с ложементом ТНПА поднимают из воды на судно-

носитель подобно поднятию подводного гаража. Также благодаря тому, что у телеуправляемых аппаратов в контуре управления всегда находится человек-оператор, а на аппарате расположены видеоустройства, процессом стыковки может управлять человек-оператор в режиме реального времени. А в случае применения подводных гаражей, где аппарат, и гараж связаны кабелем, возврат ТНПА и заход его в гараж возможно производить полностью в автоматическом режиме.

Для автономных аппаратов такой возможности нет. В связи с этим для АНПА разрабатывают отличные от указанных методы стыковки. В настоящее время множество работ производят в направлении дальнейшего развития систем технического зрения на ПА, позволяющего выполнять идентификацию подводных объектов и организовывать приведение аппарата к стыковочному модулю на основе обнаружения искусственных ориентиров расположенных на нем [1, с. 29]. В качестве ориентиров могут быть искусственные объекты правильной формы, например, светодиодный круг как ориентир для входа в зону стыковки и т. д. В любом случае задача подводной стыковки АНПА с СПУ является чрезвычайно сложной. Большую роль в эффективности работы стыковочного модуля здесь играет совокупность разработанной конструкции модуля и программного обеспечения управления ПА. Примером стыковочного модуля может быть механизм, так называемый «конус-ловитель», приведенный на рис. 4.



***Рисунок 4. Приведение ПА к подводному стыковочному модулю***

Указанные в работе способы и средства проведения спуско-подъемных операций для ПА являются незначительной частью из всего разнообразия технических решений в направлении СПУ для подводной робототехники, но наиболее распространенной.

Более широкий анализ спуско-подъемных операций показывает, что расстыковку ПА и СПУ в операциях спуска для любого типа подводной техники возможно производить как в ручном, так и в полуавтоматическом режимах. В операциях подъема стыковку находящегося в воде ТНПА к СПУ также можно выполнить вручную или автоматически, а стыковку АНПА к СПУ с воды в подавляющем большинстве случаев выполняют вручную.

Обобщая приведенные в работе замечания относительно конструкций, алгоритмов управления и требований максимальной безопасности при эксплуатации спуско-подъемных устройств можно сделать вывод, что особо значимые вопросы, решение которых позволит создать более эффективные СПУ в настоящее время следующие:

1. Автоматизация стыковки/расстыковки ПА и СПУ.
2. Усовершенствование алгоритмов наведения ПА к стыковочному модулю.
3. Создание надежного расцепителя.
4. Компенсация бортовой качки.

В заключении следует отметить, что необходим комплексный подход в решении задачи создания эффективных СПУ, заключающийся не только в применении оригинальных конструкций и алгоритмов управления сложными объектами, но и в расширении спектра применения накопленных знаний в области технического зрения, использовании современных технологий и материалов, а также интеграции научных знаний с практическим опытом.

### **Список литературы:**

1. Борейко А.А., Воронцов А.В., Кушнерик А.А., Щербатюк А.Ф./Алгоритмы обработки видеоизображений для решения некоторых задач управления и навигации автономных необитаемых подводных аппаратов//Подвод. исследования и робототехника. — 2010. — № 1(9). — С. 29—39.
2. Костенко В.В., Мокеева И.Г. Исследование влияния кабеля связи на маневренность телеуправляемого аппарата//Подвод. исследования и робототехника. — 2009. — № 1(7). — С. 22—27.
3. Обуховское//сайт компании [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.obuhovskoe.ru/katalog-oborudovaniya/kompleksy-sudovogo-oborudovaniya/spusko-podemnye-kompleksy.html> / (дата обращения 11.10.2014).
4. Imenco//сайт компании [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://imenco.no/products-services/subsea-lifting-handling/rov-lifting-products/rov-latches/> (дата обращения 20.10.2014).

## СЕКЦИЯ 6.

### АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, КОНТРОЛИРУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ВНЕШНИХ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР

***Савкин Леонид Васильевич***

*аспирант, Федеральное государственное унитарное предприятие  
«НПО им. С.А. Лавочкина»,  
РФ, г. Химки  
E-mail: [android4.1@mail.ru](mailto:android4.1@mail.ru)*

***Клочко Ольга Сергеевна***

*аспирант, Филиал Московского Государственного технического  
университета им. Н.Э. Баумана,  
РФ, г. Калуга  
E-mail: [klochkoolgakaluga@gmail.com](mailto:klochkoolgakaluga@gmail.com)*

***Макаров Антон Сергеевич***

*инженер-программист, Филиал Федерального государственного  
унитарного предприятия «НПО им. С.А. Лавочкина»,  
РФ, г. Калуга  
E-mail: [makarov.bas@gmail.com](mailto:makarov.bas@gmail.com)*



# ABOUT POSSIBILITY OF RESTORATION THE FAILED DISCRETE ELEMENTS OF ONBOARD CONTROL SYSTEMS OF THE SPACECRAFTS CONTROLLED BY MEANS OF EXTERNAL RECONFIGURABLE COMPUTING STRUCTURES

*Leonid Savkin*

*post-graduate student,  
Federal Enterprise "Lavochkin Association",  
Russia, Khimki*

*Olga Klochko*

*post-graduate student,  
Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Russia, Kaluga*

*Anton Makarov*

*software engineer, The Branch of Federal Enterprise "Lavochkin Association",  
Russia, Kaluga*

## АННОТАЦИЯ

Рассматривается возможность восстановления неисправных дискретных элементов бортовой системы управления (БСУ) космического аппарата (КА) за счет свойств системы контроля и диагностики, построенной на базе реконфигурируемых вычислительных структур. Приводится формальная модель процесса восстановления подсистемы БСУ КА. Предложен вариант распределения ресурсов реконфигурируемого вычислительного поля для решения задач контроля, диагностики и восстановления.

## ABSTRACT

Possibility of restoration the faulty discrete elements of the onboard control system for spacecraft due to properties of the monitoring system on the basis of reconfigurable computing structures is considered. The formal model of process restoration a subsystem is given. The option for distribution of resources a reconfigurable computing field for the solution tasks of monitoring, diagnostics and restoration is offered.

**Ключевые слова:** бортовая система управления; контроль; диагностика; реконфигурация; восстановление.

**Keywords:** onboard control system; monitoring; diagnostics; reconfiguration; restoration.

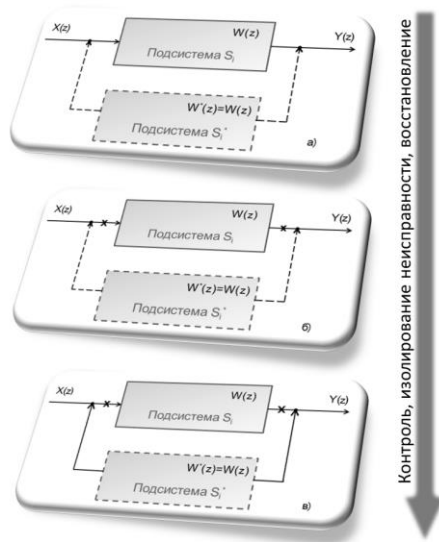
Неотъемлемой частью процесса проектирования бортовых систем управления (БСУ) современных космических аппаратов (КА) является реализация так называемых требований FDIR (*fault detection, isolation and recovery*, т. е. определение ошибки, ее изоляция и восстановление работоспособности), которые были сформулированы отечественными разработчиками космических систем совместно с НАСА и ЕКА в ходе проектирования систем управления МКС и предъявляются сегодня к любой аппаратной и программной составляющей бортовых систем.

В [5] было предложено использовать возможности реконфигурируемых вычислительных систем в задачах бортового диагностирования КА. В [6] приводилась структурная схема возможного варианта построения встроенной системы функционального контроля и диагностики бортового комплекса управления КА на базе реконфигурируемых вычислительных структур (РВС). Там же было отмечено, что способность системы контроля и диагностики (СКД), построенной на базе РВС, выполнять диагностику элементов БСУ методом дублирования можно использовать для восстановления контролируемых элементов.

Основным свойством СКД, построенных на базе РВС, которое предлагается использовать для реализации требований FDIR, является способность адаптации аппаратной архитектуры СКД под алгоритмическую структуру решаемых задач, т. е. задач контроля и диагностики.

Продолжая исследование функциональных возможностей реконфигурируемых СКД, в данной статье будет рассмотрена возможность восстановления вышедших из строя дискретных элементов цифровых устройств БСУ путем их эквивалентного замещения элементами, образованными с помощью необходимых конфигураций вычислительных структур в СКД.

Рассмотрим формальную модель операции восстановления дискретных элементов цифровых устройств БСУ КА, представленную на рисунке 1.



**Рисунок 1. Операция восстановления путем эквивалентного замещения**

Пусть дана некоторая контролируемая подсистема БСУ КА  $S_i$  (рисунок 1, а), где  $i$  — порядковый номер подсистемы. Подсистема  $S_i$  описывается передаточной функцией  $W(p)$ , вычисляемой по формуле

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}, \quad (1)$$

где  $X(p)$  и  $Y(p)$  — преобразования Лапласа для входного  $x(t)$  и выходного  $y(t)$  сигналов соответственно:

$$X(p) = \mathbf{L} \{x(t)\} = \int_0^{+\infty} x(t)e^{-pt} dt, \quad (2)$$

$$Y(p) = \mathbf{L} \{y(t)\} = \int_0^{+\infty} y(t)e^{-pt} dt. \quad (3)$$

В виду того, что БСУ современных КА строятся преимущественно на базе цифровых устройств, из-за дискретного характера процессов их функционирования, корректнее будет рассматривать подсистемы БСУ в виде дискретных и дискретно-непрерывных систем. Тогда подсистема  $S_i$  будет описываться дискретной передаточной функцией  $W(z)$ , для которой выражение (1) примет следующий вид:

$$W(z) = \frac{Y(z)}{X(z)},$$

где  $X(z)$  и  $Y(z)$ , в отличие от (2) и (3), являются  $z$  — преобразованиями для входного дискретного сигнала  $x(k)$  и выходного дискретного сигнала  $y(k)$ , при заданных дискретных моментах времени  $k \in [0, \infty)$ , и равны соответственно

$$X(z) = \mathbf{Z} \{x(k)\} = \sum_{k=0}^{\infty} x(k)z^{-k},$$

$$Y(z) = \mathbf{Z} \{y(k)\} = \sum_{k=0}^{\infty} y(k)z^{-k}.$$

Основной задачей СКД будет являться контроль значения  $W(z)$ .

При этом под возможностью восстановления подсистемы  $S_i$  в случае ее выхода из строя будет подразумеваться возможность конфигурации (функционального воспроизведения) контролируемого элемента (подсистемы)  $S_i^*$ , дискретная передаточная функция которого будет эквивалентна контролируемой, т. е.  $W^*(z) = W(z)$ . Таким образом, вычислительный ресурс реконфигурируемой СКД при необходимости должен позволять воспроизводить контролируемые элементы за счет свойств РВС.

Аппаратно-программными средствами БСУ должна быть предусмотрена возможность изолирования неисправного элемента  $S_i^*$

(рисунок 1, б), что может быть достигнуто с помощью коммутационных схем, заложенных предварительно в функциональном и контрольно-диагностическом обеспечении БСУ КА.

После изолирования (отключения) вышедшего из строя элемента, СКД посредством реконфигурации создает эквивалентный элемент  $S_i^*$  с требуемой передаточной функцией  $W^*(z) = W(z)$ , замещая при этом полностью вышедший из строя дискретный элемент БСУ, как это показано на рисунке 1, в.

Здесь следует отметить еще одно достоинство реконфигурируемых СКД перед СКД, реализованными программными средствами в БСУ КА. Вышеописанная возможность восстановления дискретных элементов БСУ при ее практической реализации позволит использовать резервные подсистемы БСУ более высокого аппаратного уровня лишь в крайних случаях, когда ресурсы реконфигурируемого вычислительного поля (РВП) СКД будут израсходованы практически полностью. Это означает, что при едином унифицированном подходе к аппаратно-программному построению БСУ можно будет отказаться от использования резервных подсистем высоких аппаратных уровней и применять для восстановления работоспособности БСУ только эффективным образом рассчитанный вычислительный ресурс РВП СКД на низких (или базовых) аппаратных уровнях.

Для рассматриваемого случая распределение ресурсов РВП СКД БСУ КА можно представить в виде, изображенном на рисунке 2.



**Рисунок 2. Распределение ресурсов реконфигурируемого вычислительного поля СКД БСУ КА**

Здесь показано, что все ресурсы РВП распределены на четыре основные части:

- каналы тестирования, представляющие собой  $n$  реконфигурируемых участков РВП, в каждом из которых могут формироваться независимые тестовые сигналы БСУ;
- каналы контроля, включающие в себя  $m$  реконфигурируемых участков РВП, каждый из которых независимо друг от друга может осуществлять аппаратное формирование систем оценок технического состояния БСУ с возможностью корректировки параметров в алгоритмах идентификации неисправностей и отказов;
- блок дублирования, предназначенный для проведения диагностики дискретных элементов БСУ методом дублирования;
- блок восстановления, отведенный в СКД для восстановления вышедших из строя дискретных элементов цифровых устройств БСУ путем их эквивалентного замещения воспроизведенными элементами (устройствами) в структуре РВП.

Таким образом, способность к адаптации аппаратной архитектуры реконфигурируемой СКД к контролируемым подсистемам может быть использована и для восстановления дискретных элементов, образующих данные подсистемы.

#### **Выводы:**

1. Рассмотрена возможность восстановления вышедших из строя дискретных элементов цифровых устройств БСУ КА путем их эквивалентного замещения элементами, образованными посредством реконфигурации РВП СКД.
2. Единый унифицированный подход в аппаратно-программном построении БСУ КА и использование реконфигурируемых СКД могут позволить снизить потребность в резервировании целых подсистем БСУ высокого аппаратного уровня.
3. Для обеспечения возможности восстановления элементов БСУ должна быть предусмотрена возможность их изолирования из состава функциональной аппаратуры, что не может быть реализовано посредством одной лишь СКД и должно предусматриваться в процессе разработки, как функциональной аппаратуры БСУ, так и контролирующей.
4. Вычислительный ресурс РВП реконфигурируемых СКД по восстановлению дискретных элементов БСУ должен учитывать как уровень сложности контролируемых элементов, так и уровень их контролепригодности.

### **Список литературы:**

1. Алексеев А.А., Кораблев Ю.А., Шестопалов М.Ю. Идентификация и диагностика систем. М.: Издательский центр «Академия», 2009. — 352 с.
2. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Бортовые системы управления космическими аппаратами. /Под ред. проф. А.С. Сырова М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. — 304 с.
3. Глушенко П.В. Техническая диагностика: Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов. М.: Вузовская книга, 2004. — 248 с.
4. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультитонвейерные вычислительные структуры /Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под общ. Ред. И.А. Каляева. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. — 344 с.
5. Савкин Л.В. О решении задач бортового диагностирования космических аппаратов с помощью реконфигурируемых вычислительных систем. Технические науки – от теории к практике / Сб. ст. по материалам XXXIX Междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — с. 79—87.
6. Савкин Л.В. Построение встроенной системы функционального контроля и диагностики бортового комплекса управления космического аппарата на базе реконфигурируемых вычислительных структур. Инновации в науке/ Сб. ст. по материалам XXXVIII междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — с. 83—89.
7. Wander A., Förstner R. Innovative fault detection, isolation and recovery strategies on-board spacecraft: state of the art and research challenges/Deutscher Luft-und Raumfahrtkongress, 2012.

## СЕКЦИЯ 7.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В Г. ЯКУТСКЕ

***Васильев Иннокентий Иннокентьевич***

*студент Северо-Восточного Федерального Университета,  
РФ, г. Якутск*

***Контуров Сергей Егорович***

*канд. техн. наук,  
доцент Северо-Восточного Федерального Университета,  
РФ, г. Якутск*

#### PROBLEMS AND MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF HOUSING CONSTRUCTION IN YAKUTSK

***Innokentiy Vasilev***

*student at North-Eastern Federal University,  
Russia, Yakutsk*

***Sergey Kontorsov***

*candidate of Science,  
assistant professor of Novosibirsk State Technical University,  
Russia, Yakutsk*

#### АННОТАЦИЯ

Изучены проблемы градостроительства г. Якутска и причины плохого состояния здоровья населения. Рассмотрен вариант того, что отсыпка Зеленого луга является причиной подтопления выше лежащих населенных пунктов вдоль реки Лена.



## ABSTRACT

Studied problems of urban development, Yakutsk and the causes of poor health. Considered, that the dumping Green meadows is the cause of flooding above lying settlements along the river Lena.

**Ключевые слова:** застройка зеленого луга; развитие транспортной схемы; проблемы градостроительства г. Якутска.

**Keywords:** building green meadows; the development of transport schemes; problems of urban development, Yakutsk.

За последнее десятилетие г. Якутск обновился и преобразился. Улицы и кварталы заметно изменились, похорошели, но хочется сказать, что строительство в целом по городу ведется бесконтрольно, хаотично и без учета перспектив, так как не выполняется и не соблюдается Генеральный план застройки города. Якутск стоит на пойме реки Лена, с юга и с севера, а также с востока город притесняется промышленными предприятиями и их производственными и складскими базами. Отсюда уже с конца 1970 года, возник вопрос застройки зеленого луга, который является единственной зоной отдыха горожан летом и зимой. Зеленый луг находится ниже уровня города примерно на 5—10 м. Поэтому при застройке зеленого луга была построена существующая дамба, для этого была произведена отсыпка укрепления насыпи, также озеленение и благоустройство, это потребовало дополнительные затраты и при этом была загублена существующая зеленая зона поймы реки. Нами еще рассмотрен вариант того, что дальнейшая отсыпка Зеленого луга является причиной затопления вышерасположенных населенных пунктов вдоль реки Лена. Ведь возведение дамбы является прямым вмешательством в естественном процессе оттока паводковых вод и прохождения воды при ледоходе. Из-за этого, критическая отметка уровня воды будет повышаться, что постоянно будет затоплять вышерасположенные населенные пункты и с построением моста через реку Лена, думаем, что проблема подтопления еще усугубится. Не надо слепо соглашаться на дальнейшую отсыпку дамбы и застройки Зеленого луга. Полагаю, что надо детально изучить дальнейшую застройку с учетом всех недочетов, на основе 202 и 203 кварталов и проблем градостроительства города Якутска. Так же есть вероятность того, что в будущем отсыпанную часть дамбы будет смывать. В связи с этим, стоит приостановить строительство на Зеленом лугу. Надо дать время ученым, проектировщикам, исследователям и экономистам. Необходимо теоретически, экономически и практически на экспери-

менте доказать целесообразность застройки или рассмотреть иные варианты дальнейшего развития города Якутска.

Грубое, неразумное вмешательство и изменение природного русла реки «Лена», без расчетов дает свои катастрофические последствия наводнения. О чем говорят следующие неопровержимые факты и цифры:

1. 29 мая 1969 года в 40 километрах западнее Олекминска в районе острова Кыллах в 20 часов 45 минут произошла катастрофа вертолёта Ми-2 Якутского УГА (Маганский авиаотряд). При этом погибли 25 человек. Из них 19 — дети. Спаслись только пилот, штурман и одна взрослая пассажирка. Почти сразу после взлета вертолет рухнул в реку. С 1969 г. до полного переноса поселка Кыллах Олекминского улуса, почти каждый год затоплялся в период наводнения. Все это как мы полагаем началось из-за застройки дамбы и 202 квартала г. Якутска.

2. Вследствие наводнения в зону ЧС попали г. Ленск, п.п. Батамай, Салдыкель, Южная Нюя, Натора, Турукта Ленского улуса. По предварительным данным численность населения, подвергнувшаяся затоплению — 30,8 тыс. человек. Число погибших составило 6 человек. Количество домов, разрушенных полностью, в том числе: одноэтажных — 3231; двухэтажных — 100. Требуют восстановления 75 котельных, 396 км линий электропередач, 164 трансформаторных подстанций, дорог 184 км (внутригородских — 64 км, районных — 120 км), мосты — 2 шт., 410 км линий связи (воздушные — 220 км, кабельные — 190 км), 5 радиотелепередающих станций, 7 объектов здравоохранения (городская больница 1/320, сельская больница — 1/40, ФАП — 5), 26 общеобразовательных учреждений (школы — 11, детские дошкольные учреждения — 10, внешкольные учреждения — 5).

3. Власти Якутии затратили 918 миллионов рублей на ликвидацию последствий весеннего паводка 2012 года — аварийно-восстановительные работы, выплату компенсаций.

Дабы не допустить ошибок при дальнейшей застройке города, пока имеются альтернативные территории, для застройки жилых массивов. К настоящему времени в центре города не полностью застроены жилые кварталы, много ветхих домов. В черте города надо строить индивидуальные дома, с решением инженерных коммуникаций, газоснабжения, канализации, электроснабжения, водоснабжения.

В целом по городу не решен вопрос по отводу талых и атмосферных вод. Весной затопляются целые кварталы. Не секрет, что у многих жителей квартиры затопляются и даже круглогодично

под полом держится вода, отсюда антисанитария и повышенная заболеваемость. Например, город Якутск по показателю заболеваемости туберкулезом на 1000 человек, в России занимает 1 место, это еще раз подтверждает пагубные последствия экологического и антисанитарного состояния города. Пока не решится вопрос организационного стока и не снесутся ветхие не отвечающие нормативам дома, улучшения в этом насущном деле не предвидится. Необходимо ликвидировать причину, а не следствие.

В данное время строительство ведется с первого взгляда поквартально, но ни один квартал до конца не достроен, так как заказчики и подрядчики обходят невыгодные районы, где предполагается большой снос. С таким подходом наболевший жилищный вопрос не решится.

В первую очередь надо поднять авторитет Администрации г. Якутска и Министерства строительства, так как планирование и строительство, в городе в целом, и по республике, зависит от работы руководителей, непосредственно курирующих вопросы градостроительства.

В развитии транспортной схемы города надо учесть перспективу развития речного порта, воздушных сообщений, а также железной дороги, которая уже пришла в Н. Бестях и проектирование моста через реку Лена.

В связи с этим в городе возрастет транспортная нагрузка. Центральные улицы города очень узкие, не до конца достроена кольцевая дорога для грузового автотранспорта, она также узкая, имеется в виду Хабаровова, Чернышевского, 50 лет Советской Армии. О многополосном движении и говорить не приходится, хотя Якутск — столица Республики. Численность города ежегодно растет и в перспективе автобусы не удовлетворят потребность жителей города, и сейчас это чувствуется в часы «пик». Данный вопрос также ждет безотлагательного рассмотрения и решения. Отсюда вытекает, что к планированию ответов на такие вопросы, надо отнестись со всей серьезностью.

Из вышеизложенного вытекают следующие предложения:

1. Довести до конца Генеральный план застройки города и пригородных районов и строго контролировать его реализацию в жизнь
2. Решить вопрос об организованном стоке воды в санитарных зонах города.
3. Дать задание НИИ, ЯкутТИЗИС, ЯкутПНИИС и Институту мерзлотоведения, по решению вопроса о целесообразности дальнейшей застройки Зеленого луга с учетом экологических, инженерно-геологических и экономических проблем.

4. Развить и улучшить эксплуатацию транспортной схемы в черте города и за городом: а) автомобильной; б) водной; в) железнодорожной; г) воздушной;

5. Решить вопрос централизованных инженерных коммуникаций: а) водоснабжения; б) теплогазоснабжения; в) электроснабжение; г) канализации и очистных сооружений. И на их основе создать Единую службу для контроля и регулирования развития инженерных коммуникаций.

6. Для улучшения эксплуатации существующих зданий и сооружений, инженерных коммуникаций и ведения плано-предупредительной работы создать службу контроля для раннего выявления аварийных зданий и сооружений при администрации города.

На основании вышесказанного отмечаем, что отсутствие благоустройства и комфортности проживания в условиях Крайнего Севера, пагубно отражается на здоровье всех возрастных групп населения, увеличивает заболеваемость и смертность, сокращает рождаемость и продолжительность жизни человека на севере. Поэтому наблюдается миграция населения. Молодежь и активное передовое население Крайнего Севера в последнее время устремились в центральные районы России, где цивилизованные и комфортные условия жизни.

Поэтому мы, ученые-исследователи, проектировщики, строители, обязаны создать комфортные условия жилья для населения.

### **Список литературы:**

1. Араб-Оглы Э.А. Человечество на рубеже XXI века. М.: Мысль, 1994. — С. 204.
2. Гаранин В.Н. Научно-технический прогресс в строительстве. Киев: Будивэльнык, 1988. — С. 221.
3. Истории в Якутии — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://nvpress.ru/society/5100>.
4. Корзун И.П. Изменение условий жизни населения при социализме. Минск. 1988. — С. 239.
5. РИА Новости — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ria.ru/eeco/20121102/908770076.html#ixzz2wV1N82Gg>.
6. Туралысов К.Г. Биосфера расселение-жилище севера Якутск: Кн. изд-во ЯГУ, 1996. — С. 104.
7. Ягья Н.С. Здоровье населения Севера. Л.: Медицина, Ленинград, 1980. — С. 255.

# **ЗАДАЧА УСТОЙЧИВОСТИ РАМЫ В РАМКАХ ТЕОРИИ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**

***Шляхов Станислав Михайлович***

*д-р физ.-мат. наук, профессор  
Саратовского государственного технического университета,  
РФ, г. Саратов*

***Кривулина Эльвира Федоровна***

*канд. техн. наук, доцент  
Саратовского государственного технического университета,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [orifelwi@mail.ru](mailto:orifelwi@mail.ru)*

## **PROBLEM TO STABILITY OF THE FRAME IN THE THEORY OF THE STATIONARY CASUAL PROCESSES**

***Shlyakhov Stanislav***

*dr. Sc., Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,  
Russia, Saratov*

***Krivulina Elvira***

*candidate of the technical sciences, Assistant professor,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,  
Russia, Saratov*

### **АННОТАЦИЯ**

Целью работы является получение размеров поперечного сечения рамы, работающей на устойчивость, находящейся под воздействием нагрузки, представляющей стационарный случайный процесс. В работе использован энергетический метод. Получено значение размеров круглого поперечного сечения вероятностным методом. Предлагаемая методика позволяет спроектировать раму при случайном ее нагружении при заданной надежности и сроке эксплуатации.

### **ABSTRACT**

The Purpose of the work is a reception of the sizes of the cross-section of the frame, working at stability, residing under influence of the load,

presenting stationary casual process. Energy method is used In the article. It Is Received importance of the sizes of the round cross-section by probabilistic method. Proposed methods allows to design frame under casual its load under given to reliability and period to usages.

**Ключевые слова:** вероятность; устойчивость; рама.  
**Keywords:** probability; stability; frame.

Пусть  $q$  — обобщенная нагрузка, являющая собой случайный нормальный стационарный процесс. В этом случае мерой надежности является вероятность того, что ни разу за срок службы  $T$  действующая нагрузка  $q$  не превысит критической, т. е. надежность по устойчивости будет равна [1, с. 58]

$$H = \exp \left[ - \int_0^T \int_0^\infty \dot{q} f \left( q_{kr}, \frac{\dot{q}}{t} \right) d\dot{q} dt \right], \quad (1)$$

Решая уравнение (1) при условии  $H = H_{зад}$ , находим  $q_{kr}$ , а через него размеры сечения, обеспечивающие заданную надежность. Для нормального стационарного процесса  $q(t)$  выражение (1) примет вид

$$H = \exp \left\{ - \frac{T\sigma_{\dot{q}}}{2\pi\sigma_q} \exp \left[ - \frac{(q_{kr} - m_q)^2}{2\sigma_q^2} \right] \right\}, \quad (2)$$

Зададим корреляционную функцию в виде

$$K_q(\tau) = \sigma_q^2 e^{-\alpha|\tau|} \left( \cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau| \right) \quad (3)$$

На основании (3) выражение (2) примет вид

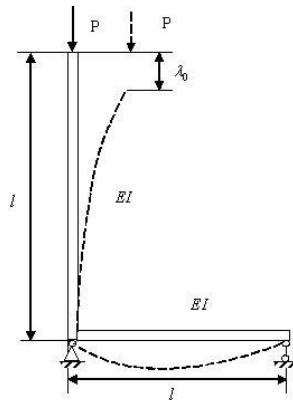
$$H = \exp \left\{ - \frac{T\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{2\pi} \exp \left[ - \frac{(q_{kr} - m_q)^2}{2\sigma_q^2} \right] \right\}, \quad (4)$$

Отсюда для  $q_{kr}$  имеем

$$q_{kr} = m_q + \sigma_q \sqrt{2\bar{A}}, \quad (5)$$

где 
$$\bar{A} = -\ln \frac{2\pi(-\ln H)}{T\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}.$$

Далее, решая задачу устойчивости, находят  $q_{kr} = f(h)$ , где  $h$  — искомый размер сечения, из которого и определяют  $h$  по значению  $q_{kr}$ , взятому по (5).



**Рисунок 1.**

Рассмотрим пример расчета. Рама составлена из двух одинаковых стальных стержней круглого профиля поперечного сечения и нагружена усилием  $P$  (рис. 1).

Нагрузка представляет собой случайный стационарный нормальный процесс. Корреляционная функция имеет вид

$$K_p(\tau) = \sigma_p^2 e^{-\alpha|\tau|} \left( \cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau| \right)$$

Исходные данные:  $l = 1$  м,  $m_p = 90$  кН,  $\sigma_p = 9$  кН,  $\alpha = 0,3 \frac{1}{c}$ ,  
 $\beta = 0,4 \frac{1}{c}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Срок службы рамы  $T = 10$  лет  
 $= 315 \cdot 10^6$  с.

Следует найти размеры поперечного сечения стержней, обеспечивающие надежность по устойчивости  $H = 0,99$ .

Решение:

1. Определяем параметр  $\bar{A}$  : 
$$\bar{A} = -\ln \frac{2\pi \cdot (-\ln H)}{T \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}$$

$$\bar{A} = -\ln \frac{2 \cdot 3,14(-\ln 0,99)}{315 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{0,3^2 + 0,4^2}} = 21,64$$

2. Находим критическую нагрузку  $P_{kr}$  :  $P_{kr} = m_p + \sigma_p \sqrt{2\bar{A}}$

$$P_{kr} = 90 + 9 \sqrt{2 \cdot 21,64} = 149,2 \text{ кН.}$$

3. Для связи критического усилия с геометрией рамы решаем задачу устойчивости рамы, предполагая деформации упругими.

Используем энергетический баланс  $A(P) = U$ , где  $A(P) = P_{k_0} \lambda_0$  — работа критической силы,  $U$  — потенциальная энергия деформации системы.

Из энергетического баланса получаем

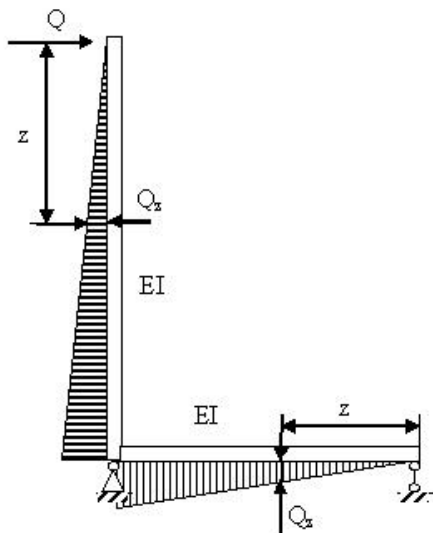
$$P_{kr} = \frac{A(P)}{\lambda_0} = \frac{U}{\lambda_0} \quad (6)$$

Здесь  $\lambda_0$  — смещение точки приложения силы  $P_{kr}$  вниз.

Для определения потенциальной энергии деформации полагаем форму изогнутой оси подобной от действия поперечной нагрузки  $Q$



(рис. 2.). Изгибающий момент в произвольном сечении рамы выразится формулой  $M_{изг} = Qz$ .



**Рисунок 2.**

Подсчитаем потенциальную энергию деформации рамы

$$U = \sum_i \int_{l_i} \frac{M_{изг}^2 dz}{2EI} = 2 \int_0^l \frac{(Qz)^2 dz}{2EI} = \frac{Q^2 l^3}{3EI} \quad (7)$$

Осадку (смещение)  $\lambda_0$  находим по условию

$$\lambda_0 = \frac{1}{2} \int_l (v')^2 dz \quad (8)$$

где  $v'$  — угол поворота сечения стержня ( $v$  — функция прогиба). Для поиска угла поворота в произвольном сечении  $z$  приложим в нем

единичный момент и перемножим полученные эпюры  $M_1$ ,  $M_{изг}$  по Верещагину (рис. 3):

$$EIv' = \frac{1}{2}Q \cdot l \cdot l \cdot \frac{2}{3} + (l-z) \cdot 1 \cdot Q \cdot \frac{z+l}{2} = \frac{5}{6}Ql^2 - \frac{1}{2}Qz^2$$

или для угла поворота

$$v' = \frac{1}{EI} \left\{ \frac{5}{6}Ql^2 - \frac{1}{2}Qz^2 \right\} \quad (9)$$

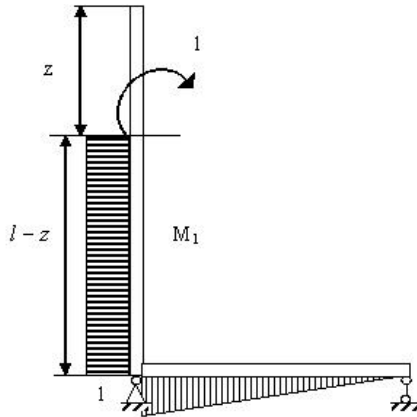


Рисунок 3.

Подставляя (9) в (8) и интегрируя, получаем

$$\lambda_0 = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{1 \cdot Q^2}{(EI)^2} \left[ \frac{5}{6}l^2 - \frac{1}{2}z^2 \right]^2 dz = \frac{7}{30} \cdot \frac{Q^2 l^5}{(EI)^2}, \quad (10)$$

На основании (7), (10) из формулы (6) получаем

$$P_{kr} = \frac{U}{\lambda_0} = \frac{1}{3} \frac{Q^2 l^3}{EI} \frac{30 (EI)^2}{7 Q^2 l^5} = \frac{10 EI}{7 l^2}. \text{ Итак:}$$

$$P_{kr} = \frac{10 EI}{7 l^2}, \quad (11)$$

Определим  $I$  из условия (11) для  $P_{kr}$

$$I = \frac{P_{kr} l^2 7}{10E} = \frac{149,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 \cdot 7}{10 \cdot 2 \cdot 10^5} = 52,22 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 = 52,22 \text{ см}^4.$$

4. Подбираем круглый профиль поперечного сечения

$$\text{из } I = \frac{\pi d^4}{64} = 0,05 d^4 :$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{I}{0,05}} = \sqrt[4]{\frac{52,22 \cdot 10^{-8}}{0,05}} = 5,685 \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 57 \text{ мм}.$$

5. Для проверки полученного решения найдем предварительно коэффициент приведения длины  $\mu$  по Эйлеру.

Заменим раму условной стойкой с равным для нее значением

$$\text{критической силы } P_{kr}, \text{ т. е. } P_{kr \text{ рама}} = P_{kr \text{ стойка}} = \frac{10 EI}{7 l^2} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}.$$

$$\mu = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 7}{10}} = 2,63$$

Отсюда находим

6. Проверяем гибкость эквивалентной стойки. Минимальный

$$\text{радиус инерции круглого сечения равен } i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{d}{4} = \frac{57}{4} = 14,25 \text{ мм}.$$

$$\text{Гибкость стойки } \lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{2,63 \cdot 1}{1,425 \cdot 10^{-2}} = 184,56$$

Получили, что  $\lambda > \lambda_{pred} = 100$ . Это означает, что найденное решение подчиняется решению Эйлера. Заметим, что в случае гибкости  $\lambda < \lambda_{pred}$  решение по Эйлеру не справедливо и следует искать решение задачи устойчивости при наличии неупругих деформаций.

**Список литературы:**

1. Арасланов А. М. Расчет элементов конструкций заданной надежности при случайных воздействиях. М.: Машиностроение, 1987, — 128 с.
2. © Э.Ф. Кривулина, 2014.
3. © С.М. Шляхов, 2014.

## **СЕКЦИЯ 8.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ НАССР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Варварина Наталья Михайловна*

*канд. техн. наук, доцент,  
Севастопольский национальный технический университет,  
РФ, г. Севастополь  
E-mail: [antreme@mail.ru](mailto:antreme@mail.ru)*

#### **THE APPLICATION OF HACCP PRINCIPLES IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS**

*Varvarina Natalya*

*PhD, Associate Professor,  
Sevastopol National Technical University,  
Russia, Sevastopol*

#### **АННОТАЦИЯ**

Целью проведённого исследования является определение оптимальных условий и параметров технологического процесса производства инновационной пищевой продукции на основе анализа опасных факторов и определения критических контрольных точек. Используя методы аналогии, анализа, эксперимента определены основные этапы управления качеством. Результаты внедрены в проект технической документации на новую продукцию на основе плодового сырья.

#### **ABSTRACT**

The purpose of the study is to determine the optimal conditions and parameters of technological process of production of innovative food

products on the basis of hazard analysis and determination of critical control points. Using the methods of analogy, analysis, experiment identifies the main stages of quality management. The results embedded in the project technical documentation for new products based on fruit and raw materials.

**Ключевые слова:** качество; безопасность продукции; критические контрольные точки; опасные факторы.

**Keywords:** quality; product safety; critical control points; dangerous factors.

Реализация Концепции национальной политики РФ в области качества продукции и услуг должна осуществляться с учетом состояния отечественного рынка, а также интеграции российской экономики в мировую [4, с. 77].

Одним из путей решения проблем, связанных с обеспечением качества и безопасности отечественной пищевой продукции, повышением конкурентоспособности деятельности российских предприятий является гармонизация показателей качества и безопасности производимой продукции с требованиями международных стандартов и правил, в частности внедрение эффективных систем управления качеством продукции, учитывающих отраслевые специфические требования на основе требований ГОСТ Р ИСО 9001-2008, ГОСТ Р 51705.1-2001 [2, с. 1—12] и принципов международной системы менеджмента качества НАССР [7].

Основные теоретические предпосылки и научные исследования в области управления качеством и проектирования новых видов пищевой продукции отражены в работах целого ряда учёных [1; 3; 5; 6]: В.Л. Аркашуни, А.С. Зеленской, Н.И. Дунченко, В.М. Кантере, В.А. Матисона, А.В. Поповой, И.А. Рязанцева, К.С. Сазонова, С.А. Хохлявина и др.

Определение основных показателей качества новой продукции и разработка требований к её качеству на стадии проектирования технологии её производства является начальной стадией на пути обеспечения качества и безопасности продукции.

Практическое применение принципов НАССР и ГОСТ Р 51705.1-2001 для формирования качества инновационной пищевой продукции на основе плодового сырья послужило предметом наших исследований. Цель исследования заключалась в определении оптимальных условий и параметров технологического процесса производства продукции на основе анализа опасных факторов и определения критических контрольных точек.

Продукты переработки плодово-ягодного сырья, предназначенные для длительного хранения несут потенциальную опасность потери качества на каждом этапе технологического цикла их производства от тщательного отбора и обработки исходного сырья, технологических параметров обработки до возможности возникновения порчи в процессе хранения.

Основные принципы международной системы качества HACCP, рекомендации отечественного стандарта использовались при проектировании новой технологии переработки плодов кизила крымского обыкновенного и при разработке ТУ на пластиковые полуфабрикаты на основе кизила.

В результате теоретического обобщения результатов исследований предложено в практической деятельности по обеспечению качества проектируемой пищевой продукции вести работу в несколько этапов (рис. 1).



***Рисунок 1. Основные стадии разработки ТУ для обеспечения качества продукции***

В ходе экспериментов устанавливались контрольные критические точки (ККТ), предельно допустимые технологические параметры, методы и пути реализации контроля, пошаговая корректировка

отклонений от требований. В результате анализа качества экспериментальных партий новой продукции составлялась опись точек риска с обоснованием их контроля и возможной коррекции.

Были отработаны предупреждающие действия по возникновению опасных факторов и устранению рисков потери качества продукции, снижению их до допустимого уровня: контроль параметров технологического процесса и, в особенности, строгое соблюдение рецептурного состава (применение натурального стабилизатора цвета), параметров термической обработки; санитарной обработки оборудования, инвентаря, рук и др. (пример в табл. 1).

*Таблица 1.*

**Предупреждающие действия по устранению рисков производства**

<b>Наименование операции</b>	<b>Учитываемый опасный фактор</b>	<b>Предупреждающие действия</b>
Приём сырья (свежие плоды кизила) ККТ-1	Физический (наличие посторонних примесей); биологический (микробиологическая обсеменённость); химический (загрязнение токсинами)	Строгое соблюдение нормативных требований, предъявляемых к качеству и безопасности сырья
....		

Для обеспечения качества пластованного полуфабриката на основе плодового пюре был проведён глубокий анализ каждого дефекта продукции для поиска и устранения причин его возникновения. Основными прогнозируемыми дефектами в процессе отработки технологии производства пластованных полуфабрикатов на основе пюре кизила установлены: нежелательное потемнение, недостаточная эластичность, подверженность быстрому плесневению в процессе хранения, потеря пищевой ценности по результатам лабораторных анализов изъятых проб (содержание витамина С, полифенолов).

Устанавливались причины возникновения дефектов, проводились корректирующие действия по устранению несоответствия требованиям к качеству, вносились изменения в рецептуру и ход технологического процесса до получения позитивных результатов испытаний и окончательный вариант проекта ТУ на полуфабрикат.

В результате проведённых исследований научно обоснован механизм управления качеством и безопасностью полуфабриката на основе требований стандарта ИСО 9001:2008, ГОСТ Р 51705.1.



Проведённые исследования открывают широкие перспективы для разработки рекомендаций, технической документации по производству инновационной пищевой продукции с установлением требований к её качеству и безопасности, базирующихся на основе принципов HACCP.

### **Список литературы:**

1. Аршакуни В.Л. От системы HACCP к системе менеджмента безопасности пищевой продукции по ИСО 22000 // Стандарты и качество. — 2008. — № 2. — С. 88—89.
2. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов HACCP. Общие требования» [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GOSTR5170512001Sistemykac.html> (дата обращения 13.11.2014).
3. Зеленская А.С. Управление качеством и безопасностью полуфабрикатов высокой степени готовности с учётом требований потребителей: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2011. — 23 с.
4. Концепция национальной политики России в области качества продукции и услуг// Вестник Госстандарта России. — № 6 — 2002. — С. 77.
5. Попова А.В. Обеспечение качества и безопасности пищевой продукции путем внедрения системы HACCP / А.В. Попова, Д.Ю. Адаменко // Пищевая промышленность. — 2009. — № 3. — С. 67—68.
6. Рязанцева И.А. Формирование системы управления качеством и безопасностью продукции предприятия общественного питания: Автореф. дисс. канд. экон. наук. СПб., 2011. — 19 с.
7. HACCP in Food Manufacturing, a Practical Guide – HACCP Europe: Posted on April 5, 2013 in News // 0 Comments [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.haccpeurope.com/> (дата обращения 03.11.2014).

**ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ  
ПОЛУФАБРИКАТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ**

***Сон Оксана Михайловна***

*канд. техн. наук, доцент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
РФ, г. Владивосток  
E-mail: [oksana\\_son@bk.ru](mailto:oksana_son@bk.ru)*

***Голотин Василий Александрович***

*мл. науч. сотр., Тихоокеанский институт  
биоорганической химии им. Г.Б. Елякова,  
РФ, г. Владивосток  
E-mail: [golotin@bk.ru](mailto:golotin@bk.ru)*

***Салюк Елена Сергеевна***

*студент, Дальневосточный федеральный университет,  
РФ, г. Владивосток  
E-mail: [lenu4ka\\_salyuk92@mail.ru](mailto:lenu4ka_salyuk92@mail.ru)*

**ON IMPROVING THE QUALITY OF MEAT SEMIFINISHED  
ITEMS ON INDICATORS OF MICROBIOLOGICAL PURITY**

***Son Oksana***

*PhD, Associate Professor,  
Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

***Golotin Vasily***

*junior Researcher,  
G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry,  
Russia, Vladivostok*

***Salyuk Elena***

*student, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

*Исследование выполнено при поддержке ДВФУ, проект № 14-08-01-11\_и.*

## **АННОТАЦИЯ**

На сегодняшний день известно, что большинство бактерий существуют в природе не в виде свободно плавающих клеток, а в виде специфически организованных биопленок (Biofilms). Надежные способы борьбы с биопленками, особенно зрелыми, отсутствуют. Эта проблема требует дальнейших разработок. Именно поэтому возникает сложность в процессе технологии производства мясных полуфабрикатов в борьбе с патогенными микроорганизмами, которые способны нанести вред здоровью человека.

## **ABSTRACT**

Today it is known that most bacteria in nature do not exist as free-floating cells but as specific organized biofilms (Biofilms). The reliable ways to deal with biofilms, especially mature, are absent. This issue requires further development. That is why there is a complexity in the process of technology of semifinished meat products production in the fight against pathogens that can harm human health.

**Ключевые слова:** мясные полуфабрикаты; микробиологическая безопасность; биопленки; патогенные микроорганизмы.

**Keywords:** semifinished meat products; microbiological safety; biofilm; pathogens.

Мясо обладает высокими пищевыми достоинствами, которые определяются содержанием белков, жиров, углеводов, экстрактивных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, необходимых для нормального течения жизненных процессов в организме. Питательная ценность мяса зависит в первую очередь от наличия биологически полноценных и легкоусвояемых белков, микроэлементов. В то же время мясо и продукты его переработки являются серьезным фактором риска распространения инфекционных заболеваний и токсикозов различной этиологии, таких как: листериоз, сальмонеллез, эшерихиоз, кампилобактериоз, ботулизм, отравление стафилококковым энтеротоксином, протозоозы (паразитарные инвазии). Малейшие нарушения ветеринарно-санитарных и санитарно-гигиенических норм и правил на любом этапе цикла «от стойла до тарелки потребителя» в условиях глобализации, может привести к массовым заболеваниям людей, широкому распространению инфекционных агентов. Примером этому

служит вспышка листериоза в Дании в 2014 году и вспышка кишечной инфекции, вызванной токсигенным антибиотикорезистентным штаммом *E.coli* в странах ЕС в 2011 году.

Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов — это совокупность свойств продовольственного сырья и пищевых продуктов, при которых они не являются вредными и не представляют опасности для жизни и здоровья нынешнего и будущих поколений при обычных условиях их использования.

В Российской Федерации качество и безопасность мяса и продуктов его переработки контролируется органами Роспотребнадзора, Россельхознадзора. Безопасность пищевых продуктов должна соответствовать гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, отраженных в ТР ТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции, а так же отраженных в санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах СанПиН 2.3.2.1078-01.

К показателям безопасности относят микробиологические показатели.

Мясо является очень благоприятной средой для развития многих микроорганизмов. Качество и эпидемиологическая безопасность мяса зависят от многих факторов: здоровья животного и условий его содержания, транспортировки, технологии первичной переработки, а также последующих процессов холодильной обработки и хранения мяса [1].

У больного животного мясо может инфицироваться прижизненно. Прижизненное обсеменение микробами органов и тканей происходит у животных, больных инфекционными заболеваниями, или при снижении сопротивляемости организма в результате утомления, голодания, травмы и т. п. Обсеменение мяса здоровых животных может происходить в результате нарушения санитарных правил во время убоя, последующей переработки, транспортировки и хранения. Бактериальная обсемененность мяса особенно быстро возрастает при плохом обескровливании туши [2].

На поверхности мяса обычно содержатся гнилостные, молочно-кислые, маслянокислые и другие бактерии, микрококки, плесневые грибы, дрожжи и др. При нарушении условий хранения мясо и мясные продукты быстро подвергаются микробиальной порче, могут развиваться различные пороки: гниение, ослизнение, плесневение, пигментация и др. Мясо и мясные продукты часто становятся причиной микробных пищевых отравлений.

Мясо и мясные продукты, полученные от больных животных и не прошедшие обезвреживания, могут стать причиной заболевания

людей сальмонеллезом и зоонозными инфекциями — сибирской язвой, бруцеллезом, ящуром и др.

Свежее парное мясо здоровых животных обсеменено незначительно. В охлажденном мясе число микробов возрастает. При замораживании мяса происходит отмирание микрофлоры поверхностных слоев, но в глубине этот процесс идет замедленно. Известно, что многие микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, сохраняют жизнеспособность в мороженом мясе. При размораживании мяса микроорганизмы начинают интенсивно размножаться.

При изготовлении мясных полуфабрикатов количество микроорганизмов в мясе увеличивается. Степень обсеменения и условия для развития микроорганизмов прямо пропорциональны степени измельчения мяса.

Фарш представляет собой очень благоприятную среду для размножения микроорганизмов. Микрофлора с поверхности, из лимфоузлов, а также из добавляемых компонентов при перемешивании распространяется по всей массе фарша. Обсемененность фарша может быть в десятки-сотни раз выше, чем у исходного продукта. Использование дополнительных ингредиентов (хлеба, сухого молока, яиц или меланжа, панировки и др.) также является источником инфицирования рубленых и других мясных полуфабрикатов.

Так же обсеменение полуфабрикатов может произойти из внешней среды, такой как вода для обмывания туш, не отвечающая качеству питьевой воде, особенно при переработке животных на мясо в условиях мелких убойных пунктов. Инфицирование через инвентарь, оборудование, руки работников мясоперерабатывающих предприятий, являющихся носителями патогенной микрофлоры, через насекомых.

В настоящее время идет интенсивное изучение микроорганизмов не как отдельных чистых культур, а как хорошо организованных взаимодействующих сообществ микроорганизмов, покрывающих поверхности [5].

На сегодняшний день известно, что большинство бактерий существуют в природе не в виде свободно плавающих клеток, а в виде специфически организованных биопленок (Biofilms). Микрофлора биопленки более устойчива к воздействию неблагоприятных факторов физической, химической и биологической природы по сравнению со свободно плавающими бактериями — они оказались очень устойчивы к воздействию ультрафиолетового излучения, дегидратации и вирусам, антибиотикам и факторам иммунной защиты.

Биопленка — сообщество микробов, которые прикреплены к поверхности или друг к другу, заключены в матрикс синтезиро-

ванных ими внеклеточных полимерных веществ, имеют измененный фенотип, проявляющийся другими параметрами роста и экспрессии специфических генов

Считается доказанным, что биопленка повышает вирулентность и патогенность всех возбудителей. Подсчитано, что частота инфекций, обусловленных биопленкой, особенно в развитых странах мира, составляет 65%-80%. Многие патогены, такие как *E. coli*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria*, *Campylobacter* существуют в форме биопленки на поверхности пищевых продуктов или на поверхности оборудования для их хранения.

На сегодняшний день существуют разработки в борьбе с микробными биопленками. На данный момент наиболее перспективными являются:

1. Предотвращение первичного инфицирования сырья и объектов окружающей среды, снижение микробной нагрузки на производственную среду.
2. Минимизация начальной адгезии микробных клеток.
3. Разработка методов проникновения через матрикс биопленки различных биоцидов с целью подавления активности клеток внутри биопленки.
4. Блокировка синтеза или разрушение матрикса.
5. Нарушение межклеточного обмена информацией (ингибирование КС регуляции) [3; 4; 5; 6].

Следует отметить, что, несмотря на широкий фронт работ в этом направлении и важность проблемы, до сих пор не найдено препаратов, которые могли бы специфически и полностью подавлять образование биопленок и убивать бактерии внутри биопленок, вызывая при этом деградацию биопленки, разрушая ее матрикс. Надежные способы борьбы с биопленками, особенно зрелыми, отсутствуют. Эта проблема требует дальнейших разработок.

Именно поэтому возникает сложность в процессе технологии производства мясных полуфабрикатов в борьбе с патогенными микроорганизмами, которые способны нанести вред здоровью человека.

В связи со специфичностью сырья в мясной промышленности одной из главных задач является создание производственных условий, исключающих загрязнение мяса микрофлорой. Для этого необходимо внедрять такую технику и технологию, которые удовлетворяли бы современным требованиям гигиены и санитарии и максимально снижали бы загрязнение продукции, а также улучшать личную гигиену

работников, состояние воздушной среды помещений цехов, оборудования, инструментов и др.

### **Список литературы:**

1. Елисеева Л.Г. Товароведение однородных групп продовольственных товаров. / А.Г. Елисеева, Т.Г. Рыжакова; под ред. докт. техн. наук, проф. Л. Г. Елисеевой. М.: Дашков и К°, 2013. — 930 с.
2. Корнелаева Р.П., Степаненко П.П., Павлова Е.В., «Санитарная микробиология сырья и продуктов животного происхождения», М.: 2006.
3. Что такое биопленка? // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://mfvt.ru/chto-takoe-biopenka/>.
4. Chambless J.D., Hunt S.M., Philip S.S. A three-dimensional computer model of four hypothetical mechanisms protecting biofilms from antimicrobials *Appl. and Environmental Microbiology*, 2006; 72: 2005-13.
5. Biofilms: Discovery of a New Mechanism of Virus Propagation, *ScienceDaily*, 2010, Feb., 8.
6. Joan A. Geoghegan et al. Role of Surface Protein SasG in Biofilm Formation by *Staphylococcus aureus*. *Journal of Bacteriology*, Nov., — 2010, — V. 192, — № 21, — P. 5663—5673.

## СЕКЦИЯ 9.

### ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕКСТИЛЬНОМ ДИЗАЙНЕ. НУНОВОЙЛОК

**Фот Жанна Андреевна**

*канд. техн. наук, доцент  
Омского государственного института сервиса,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [zhanna\\_fot@mail.ru](mailto:zhanna_fot@mail.ru)*

**Фишер Катарина Александровна**

*студент 5 курса Омского государственного института сервиса,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [fisher\\_katarinka@mail.ru](mailto:fisher_katarinka@mail.ru)*

#### CURRENTLY CENTRAL DIRECTIONS IN THE TEXTILE DESIGN. NUNO FELTING

**Janna Fot**

*candidate of Technical Sciences, Associate professor,  
Omsk State Service Institute,  
Russia, Omsk*

**Katarina Fisher**

*5-year student, Omsk State Service Institute,  
Russia, Omsk*

#### АННОТАЦИЯ

Цель исследования — изучение способов и техник создания авторских материалов методом валяния. Применялись методы литературного поиска и эксперимента. Определены основные способы создания материала. Необходимо экспериментально определить



изменение размеров полотна в зависимости от способа изготовления, применяемых материалов. Это позволит использовать технику валяния в серийном производстве одежды.

#### ABSTRACT

The aim of research is to study methods and techniques of copyrighted materials by means of milling process. Methods of literary search and experiment are used. Basic methods of materials generation are distinguished. It is necessary to define experimentally cloth re-sizing depending on manufacturing process of applied materials. It will allow using a milling process technique in clothes production chains.

**Ключевые слова:** войлок; нуновойлок; шерсть.

**Keywords:** felting; nuno felting; wool.

Модные направления в дизайне одежды последних лет характеризуются преобладанием этнических направлений в форме и ассортименте, декоре, способе изготовления костюма. В текстильном дизайне отмечаются две основные тенденции — развитие новых технологий фотопечати рисунка на ткани и возврат к народным техникам создания полотен. Отсюда интерес к декоративному народному творчеству, получившему новое развитие в связи с появлением современных материалов, технологий и условий эксплуатации изделий.

Одним из основных направлений текстильного дизайна является создание многослойных полотен, которое имеет большие перспективы развития не только в эксклюзивных моделях, но и в изделиях массового производства. Это стёганые материалы; «пророщенные» — представляющие собой соединения слоёв материалов и отдельных волокон, которые принизывая слои скрепляют их между собой. Большое разнообразие представляют фактурные материалы, полученные путем послыонного соединения нескольких видов материалов и последующей термической обработкой, что дает неравномерную усадку каждого слоя и создает интересную фактуру поверхности. Вязанные полотна сегодня производят не только из традиционных ниток и пряжи, но используют для этих целей нарезанные полосы тканей, меха, кожи, полиэтилена и других материалов. Большой интерес представляют современные валяные полотна, их получают с использованием традиционных и новых техник, что даёт большие перспективы развития этому древнейшему способу получения полотен.

Цель данного исследования заключается в изучении способов и техник создания авторских материалов методом валяния и возможностей применения их при серийном производстве одежды.

Для реализации поставленной цели использовался метод литературного поиска и эксперимента.

Войлоковаление, т. е. создание полотен из волокон шерсти — одно из активно развивающихся направлений в текстильном дизайне. Помимо традиционного, развивается новое направления — нуновойлок, характеризующееся введением в структуру полотна волокон вискозы, натурального шелка и целых кусков текстильных материалов, кружева, отдельных объёмных элементов (шнуров, искусственных цветов и листьев, воланов и т. д.).

Валяние — процесс изготовления шерстяных изделий путём сцепления и переплетения волокон шерсти за счет их чешуйчатого строения, способствующего направленному перемещению волокон и сокращению под воздействием влажности, температуры, кислой или щелочной среды.

Выделяют сухое и мокрое валяние, в результате получаются полотна с различными свойствами. В процессе валяния полотно даёт усадку от 30 % до 80 %. Степень усадки зависит от плотности полотна, температуры и вида шерсти.

Войлок сохраняет все гигиенические свойства исходного сырья — низкую теплопроводность, гигроскопичность, паро- и воздухопроницаемость. Это обуславливает высокие показатели качества изделий из войлока [1].

Развитие этого направления декоративного творчества и формирование научных основ, позволяющих использовать эту технику для серийного производства одежды очень актуально, т. к. территория Российской Федерации, большей частью расположена в северной части материка, с резкой сменой климата, холодными зимами и затяжными осенью и весной. Поэтому наиболее актуальным материалом для одежды является шерсть, которая может быть представлена в виде тканей, трикотажных и валяных полотен.

Войлоковаление позволяет создавать полотна различной толщины и плотности, использование волокон разного цвета делает их неповторимыми, в результате изделия, полученные из таких полотен, несмотря на их относительную дороговизну, получают экологически чистыми и эксклюзивными.

Традиционно войлок ассоциируется с валенками, юртами и предметами быта кочевников, призванными защищать человека от холода. Однако новые технологии окрашивания шерсти, создание

более тонких полотен и возможности приваливания различных материалов и полотен к основному, позволяют говорить о новом витке развития этого направления не только как декоративного творчества или кустарного ремесла, но и разработки научных основ войлоковаления и возможности серийного производства полотен и готовых изделий.

Несмотря на то, что о войлоковалении известно очень давно, как ремесло, оно появилось намного позже прядения и ткачества. Начало истории войлоковаления можно отнести к VI—V векам до нашей эры. В этот период произошло одомашнивание овец, что позволило получать достаточно шерсти, чтобы использовать её для изготовления предметов одежды и домашней утвари. Ремесло войлоковаления нашло широкое распространение на территориях массового разведения овец — это горные территории Памира, Тибета, Кавказа, Алтая, Карпат и средней Азии. Из войлока делали кошмы, которыми покрывали переносные юрты, нетканые ковры, основания для постели, доспехи воинов, одежда, обувь и головные уборы, сумки, предметы ухода за животными и многое другое. Войлок, согласно традиции защищал не только от природных факторов — холода, жары, ветра, дождя, но и по народным поверьям оберегал от злых духов [3].

В России войлок традиционно ассоциируется с валенками, однако новые тенденции в войлоковалении встречены с большим интересом и по опросам потребителей около 40% женщин хотели бы иметь в своём гардеробе валяную вещь.

Новое направление в войлоковалении — нунофелтинг или нуновойлок, представляет собой приваливание ткани к шерсти. Авторами этого метода считают австралийского дизайнера Полли Стирлинг и японского дизайнера Сачико Котако, которые впервые представили изделия в технике нуноваления в 1994 году. Сегодня это один из активно развивающихся трендов. Для работы в этой технике используют преимущественно ткани их натурального шелка — шифон, туаль, крепдешин, деворе и другие. Эти ткани, благодаря своей структуре и малому весу не утяжеляют полотно. Создавая при этом неповторимые декоративные эффекты. Более грубая фактура полотна получается при использовании туалая и органзы. При приваливании деворе — шифона с атласным или бархатным рисунком, создаётся впечатление аппликации. В зависимости от вида используемых материалов и техники их соединения с войлоком выделяют следующие виды нуновойлока [3].

*Шибори* — в переводе с японского означает «узел». При использовании этой техники ткань предварительно скручивается

и завязывается нитками в объёмные узелки, создающие на поверхности полотна объёмные шарики [3; 4].

*Ламинирование* — размещение декоративных элементов из плоских синтетических тканей, флиса, трикотажа, шнуров, лент и т. д. между основными слоями: шерстью и тканью. Синтетические ткани из-за своей структуры не способны приваливаться к шерсти, поэтому создают пустоту, которая в процессе носки изделия выглядит как свободно формирующаяся выпуклость. Объёмные элементы, такие как шнуры и ленты, располагаясь между слоями, создают сложные фактурные поверхности, в некоторых случаях выступая как каркас, создающий и поддерживающий форму изделия [3; 4].

*Складчатые фактуры* на поверхности полотна создаются путём приваливания заранее заготовленных полос ткани, собранных с помощью ниток в складки. Глубина, ритм и места расположение складок позволяют создавать неповторимые фактуры, основанные на контрасте плотности основного полотна и декоративного элемента [3; 4].

Очень популярны *аппликации* из шерстяных материалов. Аппликация может располагаться как с одной стороны полотна, так и иметь вид вставки, т. е. видимой с обеих сторон. Соединение аппликации с основой происходит в момент валяния полотна [3; 4].

*Витражная техника* заключается в соединении кусков ткани при помощи шерсти. Ткань может «зажиматься» шерстью или накладываться на неё [3; 4].

Изготавливать изделия из нуновойлока можно двумя способами. Первый заключается в выкраивании деталей из заранее заготовленного полотна. В этом случае фактурные элементы располагаются случайно, иногда это даёт дополнительный эффект, однако, в некоторых случаях наиболее интересные места полотна оказываются расположенными вне зоны видимости. При этом возможен большой процент выпадов, что приводит к удорожанию изделия. Наиболее экономичным является второй способ, когда для каждой детали заготавливается отдельный кусок нужного размера и конфигурации. При этом декоративные элементы заранее располагаются в соответствии с авторской идеей [3].

Войлоковалание — одно из знаковых явлений мировой культуры, совмещающее в себе устоявшиеся веками традиции и огромный потенциал развития за счет новых материалов и технологий.

Анализ специфики свойств войлока даёт уникальную возможность использовать его как материал и как способ создания произведений искусства, потому что каждое изделие, выполненное в технике валяния, по своему уникально и неповторимо.

На данный момент войлоковаление находится в категории декоративного творчества, кустарного ремесла. Войлоковаление нуждается в формировании точной терминологии, в подробном описании и систематизации технологий и приёмов. Важное значение имеет экспериментальное определение изменений продольных размеров полотна в зависимости от способа изготовления, применяемых материалов; толщины и плотности готового полотна. Решение этих актуальных задач позволит создавать полотна с заранее заданными свойствами.

### **Список литературы:**

1. Савостицкий Н.А. Материаловедение швейного производства: учебное пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / Н.А. Савостицкий, Э.К. Амирова. 5-е изд., стер. М.: Академия, 2008. — 239 с.
2. Шинковская К.А. Войлок. Все способы валяния. С-пб.: АСТ-Пресс Книга, 2012. – 176 с.
3. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://vidy-tkanej.ru/material/28-voilok-fetr.html> (дата обращения 10.10.2014).
4. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.livemaster.ru/klub-valyalschikov/groupforums> (дата обращения 10.10.2014).

## **МЕТОД БУФОВ В СОЗДАНИИ ФАКТУРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ**

***Фот Жанна Андреевна***

*канд. техн. наук, доцент*

*Омского государственного института сервиса,*

*РФ, г. Омск*

*E-mail: [zhanna\\_fot@mail.ru](mailto:zhanna_fot@mail.ru)*

## **THE PUFF METHOD IN CREATION OF TEXTURED SURFACES**

***Janna Fot***

*candidate of Technical Sciences, Associate professor,*

*Omsk State Service Institute,*

*Russia, Omsk*

## АННОТАЦИЯ

Цель исследования — сбор, изучение и анализ информации о различных видах сборки буфов. Применялись методы литературного поиска, эксперимента и геометрического моделирования. Определены наиболее оптимальные модули буфов. Рассчитан коэффициент сокращения материала по длине и ширине для различных видов сборки буфов.

## ABSTRACT

The research aim is to collect, study and analyze information about various types of puff gathering. Methods of literary search, experiment and geometric modeling are used. Optimum puff modules are distinguished. Coefficient of fabric retraction in length and width for various types of puff gathering is calculated.

**Ключевые слова:** буфы; фактура; коэффициент сокращения материала.

**Keywords:** puff; structure; coefficient of fabric retraction.

Одежда в жизни современного человека играет роль не столько материальной категории, сколько эстетической и коммуникативной, демонстрируя статус человека, его отношение к той или иной социальной и культурной группе. Одежда в том случае приобретает потребительскую ценность, когда ее форма, покрой, материалы, цвет, отделка, конструкция соответствуют условиям современного мира, а человека делают более коммуникабельным и привлекательным. Таким образом, можно сформулировать основные требования к современной одежде: это должно быть «свежо», модно, удобно, практично, доступно и индивидуально.

Конкуренция в современной индустрии моды велика, поэтому дизайнеры ведут поиск новых способов формообразования, отделки и декора костюма и материалов, все чаще обращаясь к истокам народного творчества, изобретая новые способы создания фактур поверхностей и т. д. В последние годы наблюдается прорыв в производстве текстиля: новые технологии изготовления и обработки, нанесения рисунка и создания сложных поверхностей и фактур, использование различных добавок, «пророщенные» материалы, разнообразные виды стежки и многое другое.

Несмотря на развитие технологий, дизайнеры часто обращаются к забытым традициям, ручным методам декорирования и создания фактуры. Модные коллекции 2014—15 годов в полной мере отражают

эту тенденцию, выводя на передний план ручные технологии или их имитацию [2].

Одной из наиболее эффектных фактур являются буфы, выполненные различными способами на модульных сетках. Оформление деталей одежды буфами, на сегодняшний день, может быть выполнено только в условиях индивидуального пошива одежды. Основная сложность заключается в расчете величины сокращения (уработки) материала по длине и ширине при сборке буфов различными способами. Решение этой проблемы позволит выпускать эксклюзивные модели одежды серийно.

Цель исследования — сбор, изучение и анализ информации о различных видах сборки буфов. Определение наиболее оптимальных модулей и расчет коэффициентов сокращения материала по длине и ширине для различных видов сборки.

Для проведения исследований использовались метод эксперимента, и геометрических построений.

Буфы — метод создания фактуры поверхности одежды, выполненной при помощи строчек, закрепляющих ткань в виде объемныхборок. Как правило, буфами украшают различные участки одежды, аксессуары и элементы текстильного интерьера (подушки, шторы, покрывала и т. п.) (рис. 1) [1, с. 108].

Появившись еще в эпоху Возрождения, буфы почти потеряли популярность к концу двадцатого века. Но несколько лет назад они вновь стали востребованы. Разнообразие фактур, которые дают различные способы сборки буфов и их комбинирование, возможность подчеркнуть красоту и скрыть недостатки фигуры, создать женственный и романтичный образ, роскошь и нарядность, придаваемые буфами любой вещи были по достоинству оценены дизайнерами всего мира [3].



*Рисунок 1. Буф «Плетенка»*

В процессе эксперимента удалось установить наиболее удачное сочетание таких составляющих как схема сборки, величина модуля и материал. Их комбинации дают различные результаты. Как наиболее удачные и часто используемые величины модуля приняты размеры 2 см и 3 см. Модульные сетки с единицей модуля 1x1 см нецелесообразно использовать из-за большой потери времени на сборку, а единица модуля 4x4 см даёт рыхлую фактуру поверхности на мягких, пластичных материалах.

При выборе материалов на изделие учитывают эстетические, эксплуатационные, технологические свойства материалов. Установлено, что использование метода буфов предполагает подбор материалов с определенными свойствами:

- несминаемость,
- износостойкость,
- полное отсутствие усадки после стирки или равномерное усаживание в продольном и поперечном направлении,
- толщина материала не менее 25 г/м<sup>2</sup> и не более 400 г/м<sup>2</sup>.

По способу выполнения различают буфы обыкновенные, со шнуром и вафельные. Обыкновенные буфы выполняют по намеченным линиям с лицевой стороны детали с помощью специальной лапки. Ткань присборивают, равномерно распределяя сборки по всему участку детали. Такие буфы можно выполнять как на швейной машине, так и вручную [3].

Для «вафельных» буф на лицевой стороне детали наносят прямоугольную сетку, на которой намечают точки и направление линий соединения.



Чаще всего буфы не утюжат, но в зависимости от выбранных материалов можно поэкспериментировать и получить своеобразную фактурную поверхность.

Схемы сборок буфов представляют собой стандартные прямоугольные сетки, в которых последовательное соединение определенных точек и их многократный повтор влечет за собой появление фактурной поверхности. Разнообразие форм достигается величиной и формой модуля, последовательностью соединения точек, свойствами материалов.

Используя технику буфов для декорирования одежды и выбирая их местоположение необходимо учитывать следующие факторы:

- телосложение человека, так как буфы придают дополнительный объем;
- участки изделия, оформленные буфами должны иметь опорную поверхность, для того чтобы сохранялась и не искажалась полученная фактура;
- точно закреплять большие участки изделия с буфами к подкладу для предотвращения нежелательного провисания и растяжения материала.

Для применения метода буфов в серийном производстве, необходимо вычислить коэффициент сокращения материала в продольном и поперечном направлениях.

В процессе эксперимента удалось установить наиболее удачное сочетание таких составляющих как схема сборки, величина модуля и материал. Наиболее удачными и часто используемыми величинами модуля приняты размеры 2x2 см и 3x3 см. Модульные сетки с единицей модуля 1x1 см нецелесообразно использовать из-за большой потери времени на сборку, а единица модуля 4x4 см не создает четкой фактурной поверхности и может быть рекомендована только для «сухих» тканей или толстых материалов.

Коэффициент сокращения можно вычислить по формуле:

$$K=B/A,$$

где: K — коэффициент сокращения,

B — размер образца после сборки в поперечном/продольном направлении,

A — начальный размер образца в поперечном/продольном направлении.

Таким образом, зная коэффициент сокращения можно рассчитать необходимые величины материала для получения определенных размеров фактурной поверхности.

Коэффициенты сокращения материала по длине (Кд) и ширине (Кш) для различных видов буфов представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Значение коэффициентов сокращения материала по длине и ширине для различных видов буфов**

Вид буфов	Коэффициент сокращения материала по ширине, Кш		Коэффициент сокращения материала по длине, Кд	
	модуль сборки 2x2 см	модуль сборки 3x3 см	модуль сборки 2x2 см	Модуль сборки 3x3 см
Чешуя	0,35	0,35	0,75	0,75
Двойная волна	0,65	0,65	0,5	0,5
Стебель	0,5	0,6	0,7	0,7
Косточка	0,55	0,65	0,75	0,75
Волна	0,5	0,6	0,8	0,9
Оригами	0,4	0,45	0,45	0,55
Цветочек	0,35	0,45	0,35	0,55
Соты	0,45	0,5	0,9	0,65
Песочные часы	0,55	0,5	0,55	0,65
Колос	0,55	0,4	0,65	0,5
Плетёнка	0,45	0,5	0,65	0,35

Поскольку грань между нарядной и повседневной одеждой становится все менее заметной, с легкостью можно создавать эклектичные решения костюма, применяя ручные методы декорирования, в том числе метод буфов.

**Список литературы:**

1. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. М.: ОНИКС. Мир Образования / под редакцией проф. Л.И. Скворцова. 2009, — 1360 с.
2. Тридцать тенденций сезона осень-зима 2014 / 15. VOGUE Россия. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.vogue.ru/fashion/trends/fall\\_14\\_trend\\_report/](http://www.vogue.ru/fashion/trends/fall_14_trend_report/) (дата обращения 10.10.2014).
3. Хайбуллина Е. Одежда с отделкой буфами от разных модельеров. Ярмарка мастеров. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.livemaster.ru/topic/652859-odezhda-s-otdelkoj-bufami-ot-raznyh-modelerov> (дата обращения 10.10.2014).

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ОБЪЕМНЫМИ УТЕПЛЯЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

*Шевелёва Инна Александровна*

*аспирант, Омский государственный институт сервиса,  
РФ, Омск*

*E-mail: [inna.sheveleva.72@mail.ru](mailto:inna.sheveleva.72@mail.ru)*

## OPTIMIZATION OF DESIGNING OF CLOTHES WITH VOLUMINOUS FILLING MATERIALS

*Sheveleva Inna*

*postgraduate student  
of Omsk State Institute of Service,  
Russia, Omsk*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы совершенствования проектирования одежды с пухоперовым утеплителем. В частности, проектирование технологических припусков на уработку при наполнении пакета пухоперовой смесью.

### ABSTRACT

The article deals with problems of optimization of designing clothing with feather-down filling, particularly, with the methods of projecting technological shrinkage allowance of the feather-down bag at being filled.

**Ключевые слова:** теплозащитный пакет; пухоперовой наполнитель; уработка; технологические припуски.

**Keywords:** feather-down bag; shrinkage; technological allowance.

Одним из важнейших направлений удовлетворения потребительского спроса на высококачественную теплозащитную одежду является производство изделий с объемными утеплителями, такими как синтепон, хллофайбер, «Тинсулейт», пухоперовая масса водоплавающих птиц. Сравнительный комплексный анализ различных утепляющих материалов, а также условий эксплуатации и требований, предъявляемых к одежде для защиты от холода, показал,

что пухопервая масса по совокупности свойств является одним из наиболее предпочтительных материалов.

Если ранее область применения пуховых изделий была связана прежде всего со спортом, активным отдыхом или специальными видами деятельности, то сегодня это комфортная одежда для города: легкая, теплая, недорогая, удобная в эксплуатации и уходе.

В последние несколько лет пуховики стали очень востребованы и популярны, впервые превратились в предмет интереса производителей люксового сегмента. Благодаря особой конструкции пухоперевые пакеты образуют в изделии объемную формоустойчивую структуру, что позволяет проектировать одежду самых разнообразных силуэтов. Использование тканей, различных по волокнистому составу, фактуре и цвету, а также декорирование вышивкой, печатью, мехом и пр. дает возможность создания многообразных стилистических решений. Всё это позволяет постоянно расширять ассортимент и часто предлагать потребителям новинки.

На рынке Сибирского региона одежда с пухоперевым утеплителем представлена российскими и зарубежными производителями. Основная часть ассортимента это плечевые изделия: куртки, пальто, полупальто, жилеты, жакеты. Выбор достаточно широк.

Однако, опрос респондентов-покупателей показал, что очень часто степень теплозащитных свойств пуховиков не соответствует низким температурам, характерным для Сибирского региона. По мнению экспертов это связано с тем, что ряд наиболее важных для пухоперевого пакета характеристик не соответствуют необходимым показателям.

При проектировании пуховых изделий главной задачей является выбор оптимального пакета, формирование которого оказывает значительное влияние на качество готового изделия.

Обеспечение заданных характеристик пухового пакета зависит от ряда факторов, определяющих теплозащитные свойства пакета. К таким факторам относятся свойства материалов пакета и его конструкция, сложность и многослойность которой обусловлена необходимостью фиксации утеплителя на участках изделия [3, с. 34]. Фиксация производится либо путём простёгивания утеплителя между двумя слоями материала, либо путём соединения слоёв материала дополнительными элементами — переборками с последующим заполнением пакета пухоперевой смесью.

При изготовлении теплозащитной одежды бытового назначения производители наиболее часто используют двухслойные стёганые пакеты. Однако наиболее целесообразной при проектировании одежды

для Сибирского региона нужно считать конструкцию пакета с переборкой. Так как в данном случае увеличивается объём прослойки воздуха, обладающего, как известно, наименьшей степенью теплопроводности, а также уменьшается воздухопроницаемость и миграция пуха.

При проектировании теплозащитных пухоперевых пакетов с переборками необходимо одновременно решать целый комплекс задач, одной из которых является расчет технологической припусков на уработку (сокращение линейных размеров). В ходе анализа существующих пакетов пуховой одежды установлено, что в процессе их изготовления, в частности при заполнении пакетов утеплителем и монтажа одежды, меняется объёмно-пространственная форма отсеков и, естественно, размеры деталей одежды [2, с. 19].

Существующие методики построения конструкций не учитывают особенностей данного вида изделий. Однако степень изменения деталей одежды является различной и обусловлена конструктивным решением пакета. Вопросы влияния уработки на размеры отсеков теплозащитных пакетов с переборками рассмотрены недостаточно и требуют дальнейшего исследования.

Для изучения изменения формы отсека при наполнении и величины уработки был выбран пакет с пухоперевым наполнителем и рассмотрена взаимосвязь таких параметров как толщина пакета и ширина переборки.

Для проведения исследования было изготовлено 18 образцов пакетов с переборками и без переборок, наполненных пухоперевой смесью (85 % пуха и 15 % пера). Размеры пакетов стандартные, соответствующие габаритам пуховой одежды. Использованы четыре варианта ширины переборок: 0,5 см., 1 см., 1,5 см., 2 см. и четыре варианта толщины пакета: 1 см., 1,4 см, 1,8 см., 2 см.

Расчет уработки произведен по формуле представленной в работе [1, с. 72]:

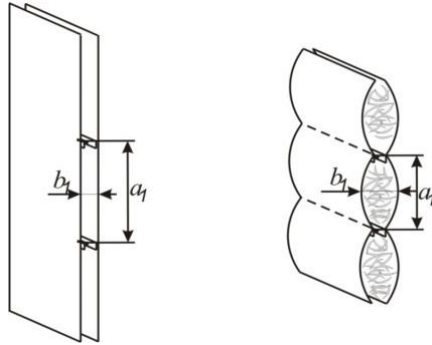
$$U_p = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \%,$$

где:  $L_0$  — первоначальные размеры образца, см,

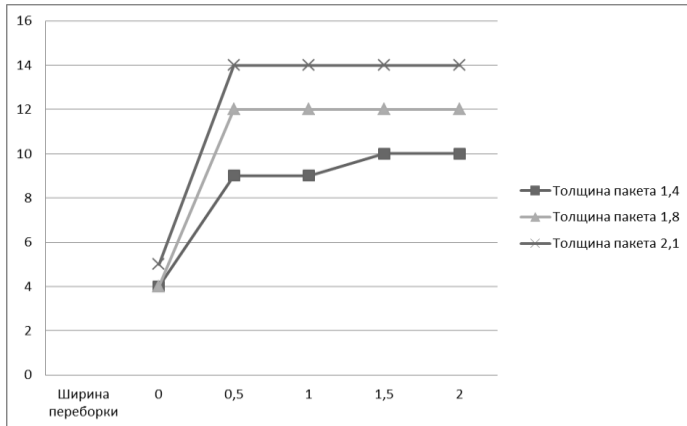
$L_1$  — параметры отсека после стачивания и набивания пухом, см.

При заполнении образцов отсеков толщиной 1 см. значимых изменений не происходило. Поэтому в графиках данная величина не отображена.

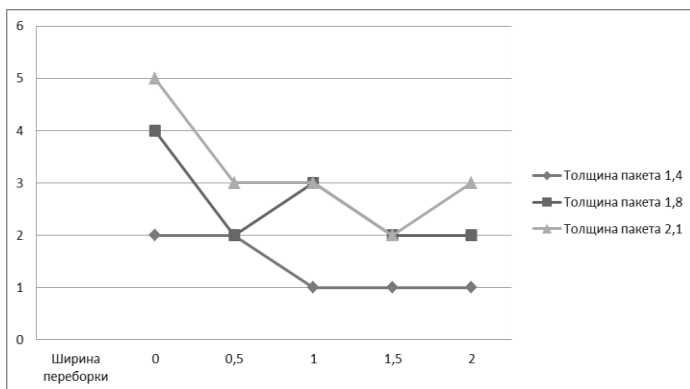
Результаты влияния параметров отсеков на уработку (в процентах) представлены на рисунках 2—5.



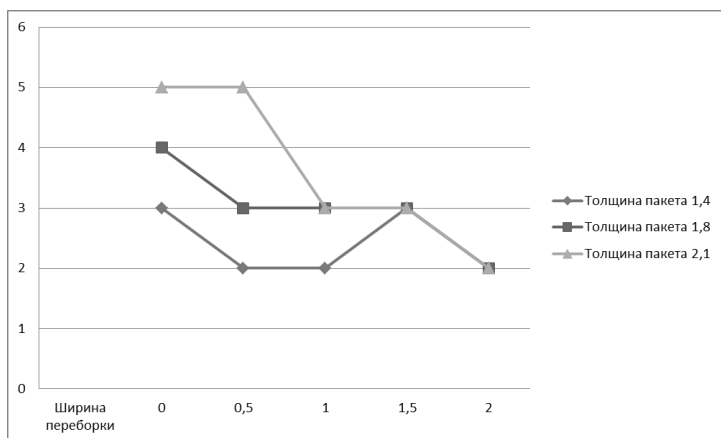
**Рисунок 1. Форма и размеры отсеков пухового пакета до заполнения утеплителем и после**



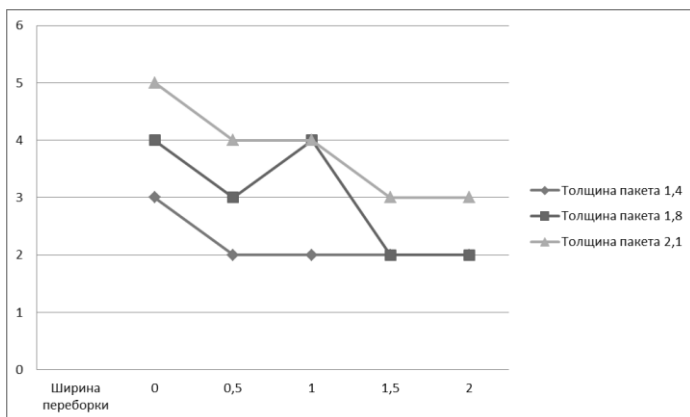
**Рисунок 2. Зависимость величины уработки материалов внешнего слоя пакета в горизонтальном направлении от толщины пакета и ширины переборки**



**Рисунок 3. Зависимость величины уработки материалов внутреннего слоя пакета в горизонтальном направлении от толщины пакета и ширины переборки**



**Рисунок 4. Зависимость величины уработки материалов внешнего слоя пакета в вертикальном направлении от толщины пакета и ширины переборки**



**Рисунок 5. Зависимость величины уработки материалов внутреннего слоя пакета в вертикальном направлении от толщины пакета и ширины переборки**

Из проведенных исследований установлено, что в пакете без переборки объёмно-пространственная форма отсека после заполнения пухоперовой смесью менялась значительно, чем в пакете с переборкой. Величина уработки возрастает с увеличением толщины пакета. Наличие переборки и её ширина значительно влияют на изменение размеров отсека. При увеличении ширины переборки уработка пакета уменьшается.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при расчете конструкции для теплозащитной одежды с объёмными утеплителями на начальном этапе проектирования необходимо закладывать технологические припуски на уработку. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

### **Список литературы:**

1. Бекмурзаев Л.А. Научные основы проектирования швейных изделий с объёмными материалами: Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. — С. 72.
2. Тунгусова Н.А. Автоматизация проектирования пуховой одежды с использованием математических моделей теплозащитного пакета: Дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2009. — С. 19.
3. Чижик М.А., Тунгусова Н.А. Автоматизация процесса проектирования изделий с объёмными наполнителями. // Современные тенденции и перспективы развития образования в высшей школе: сборник статей V Международной научно-практической конференции / ОГИС, г. Омск, 2007, — С. 34.



## СЕКЦИЯ 10.

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЫПУЧИХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ОТ КРУГЛОПИЛЬНОГО СТАНКА

*Галашев Александр Николаевич*

*канд. тех. наук, доцент, заведующий кафедрой  
технологии и безопасности жизнедеятельности  
Северного (Арктического) федерального университета,  
РФ, г. Архангельск  
E-mail: [galashev@list.ru](mailto:galashev@list.ru)*

## TO THE QUESTION OF DETERMINING THE NUMBER OF BULK WASTE WOOD FROM SLIDING TABLE SAW MACHINE

*Alexander Galashev*

*candidate of Technical Sciences, associate Professor,  
Head of the Department of technology and life safety,  
Northern (Arctic) Federal University,  
Russia, Arkhangelsk*

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается вопрос определения сыпучих древесных отходов, образующихся при работе круглопильных деревообрабатывающих станков, по фактическому времени пиления.

### ABSTRACT

Discusses the definition of bulk wood waste generated by sliding table saw woodworking machines, at the actual time of sawing.

**Ключевые слова:** древесные отходы; ширина пропила; параметры круглой пилы; круглопильный станок.

**Keywords:** wood waste; width of cut; the parameters of the circular saw; sliding table saw.

Вопросами определения объемов промышленных отходов, в т. ч. и деревообработки, на предприятиях занимаются экологи и производственники. Первые занимаются этим для обеспечения соблюдения природоохранного законодательства, вторые — для проведения определенных действий по обращению с отходами (сбор, транспортировка, утилизация и др.) Объективно все заинтересованы в максимально достоверной информации о количестве образующихся отходов. Но, к сожалению, далеко не всегда с существующих инструктивно-методических документах можно найти расчеты и параметры к ним, которые в полной мере соответствовали специфике конкретного станка, что естественно вызывает определенные трудности в работе.

Одним из таких случаев оказалась попытка определить количество сыпучих отходов при обработке древесных материалов на круглопильных станках.

В методических рекомендациях ГУ НИЦПУРО 2003 года [1] (расчетно-параметрический метод) и во временной методике МРО-5-99 [2] масса древесных отходов определяется исходя из объемов перерабатываемых материалов за установленный период с использованием удельных показателей образования отходов. Не подвергая сомнению и анализу расчетные формулы и доли отходов в обеих методиках, все же отметим, что расчетам предшествует трудоемкая работа по установлению видов и размеров распиливаемого сырья, а вот параметры самого оборудования практически не учитываются.

В связи с этим была предпринята попытка разработать такой порядок расчета, в основе которого бы минимальное количество переменных параметров, но при этом учитывались факторы, влияющие на процессы распиловки и образования отходов круглопильных станков.

Выход кусковых древесных отходов из рассмотрения был исключен, т. к. на него в большей степени влияют схемы раскроя, размеры исходного сырья и получаемых изделий. А вот сыпучие отходы, представляющие собой смесь опилка и древесной пыли, вполне можно рассчитать по ограниченному перечню некоторых характеристик станка и круглой пилы.

Процесс пиления круглопильного станка представляет собой разделение материала воздействием зубчатого венца пилы с образо-

ванием пропила, содержимое которого и превращается в отходы. Размеры и форма пропила зависят от параметров зубчатого венца, а скорость образования — от окружной скорости. Так как каждый резец пилы отделяет и транспортирует элементарный объем древесины в подножевой впадине определим его объем.

Площадь подножевой впадины [3]:

$$F_{\theta} = \theta_{\theta} t^2, \quad (1)$$

где:  $\theta_{\theta}$  — коэффициент площади впадины, в расчетах принимается от 0,229 до 0,25;

$t^2$  — шаг зуба, мм.

$$t = D \sin \frac{180^{\circ}}{Z}, \quad (2)$$

где:  $D$  — диаметр пильного диска, мм;

$Z$  — число зубьев пилы, шт.

Эффективная площадь впадины (занятая элементарным количеством):

$$F_{\beta} = \beta_{\beta an} F_{\theta}, \quad (3)$$

где:  $\beta_{\beta an}$  — коэффициент заполнения впадины, на практике равен 0,5.

Элементарный объем:

$$V_{\theta} = b F_{\beta}, \quad (4)$$

где:  $b$  — ширина зубчатого венца (формируемого пропила), мм.

$$V_{om} = k Z V_{\theta}, \quad (5)$$

где:  $k$  — коэффициент, учитывающий количество одновременно находящихся в пропилах зубьев  $Z_n$ , определяется:

$$k = \frac{Z_n}{Z}; \quad (6)$$

$$Z_n = \frac{l_k}{t}, \quad (7)$$

где:  $l_k$  — длина дуги контакта зубьев в пропилах [4], мм;

$$l_k = (45 \dots 51^\circ) \frac{\pi D}{360}. \quad (8)$$

После преобразования, с учетом значений коэффициентов, объем сыпучих отходов, м<sup>3</sup>/мин:

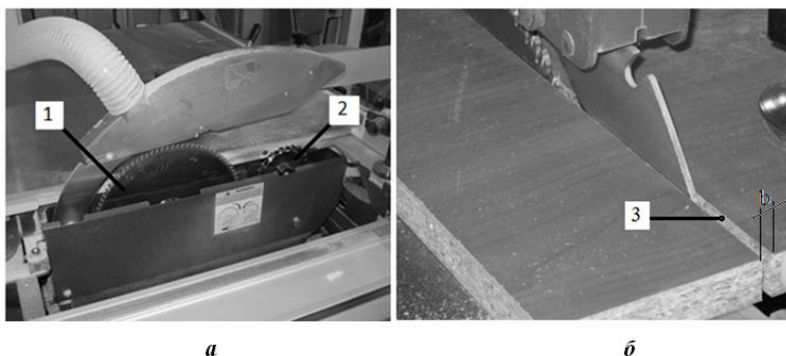
$$V_{c.om} = (0,15 \dots 0,16)bn^D/Z 10^{-4}, \quad (9)$$

где:  $n$  — частота вращения пильного диска, мин<sup>-1</sup>.

Объем отходов за фактическое время пиления станка, м<sup>3</sup>/час:

$$V_\phi = 60T_\phi V_{c.om}. \quad (10)$$

Экспериментальная апробация данной разработки осуществлялась для форматно-раскроенного станка SS3000. Такие станки «легкого» класса широко применяются в мелкосерийном мебельном производстве малого бизнеса, а так же во вспомогательных цехах промышленных предприятий для производства изделий из ЛДСП, фанеры и древесных массивов. На данных станках используются две пилы (**Рисунок 1, а**), параметры малой подрезной (2) не учитывались, т. к. пропил формируется основной (1) марки Freud LU 3D 0600, без образования «ступеньки».



**Рисунок 1.**

Необходимые значения параметров: частота вращения основной пилы (3000 мин<sup>-1</sup>) была принята из технического паспорта станка, диаметр (300 мм), число зубьев (96), ширина зубчатого венца (3,2 мм) — с информационного клейма пилы (**Рисунок 2**).



*Рисунок 2. Информационное клеймо дисковой пилы*

Расчетный секундный объем сыпучих отходов составил 24000 мм<sup>3</sup>/с. Распиловке подвергались: ЛДСП (толщинами 16 и 38 мм), фанера (15 мм) и массив сосны (32 мм). Фактический объем отходов определялся по величине пропила (*Рисунок 1, б*). Отклонения расчетного от фактического составили от 4,5 до 7 %, что посчиталось приемлемым. Так же в опытах, сортированием с последующим взвешиванием, определялось содержание пыли. В отходах распиловки ЛДСП ее доля составила 42 %, фанеры — 39 %, соснового массива — 31 %.

Предложенный метод расчета объема сыпучих отходов лесопиления достаточно прост, может быть компьютеризирован, а сложность может возникнуть при установлении фактического времени пиления.

### **Список литературы:**

1. Методические рекомендации по оценке объемов образования отходов производства и потребления. ГУ НИЦПУРО, М., 2003.
2. Методика расчета объемов образования отходов. Отходы деревообработки (МРО 5-99). СПб.: ИТЦ "КЭС", 1999.
3. Стахийев Ю.М. Работоспособность круглых пил. М.: Лесная промышленность, 1989. — 384 с.
4. Стахийев Ю.М., Пашков В.К. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами. Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. — 74 с.

## СЕКЦИЯ 11.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

#### АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКИ В ФАРМАЦИИ

***Жакипбеков Кайрат Сапарханович***

*PhD докторант по специальности: 6D074800 — «Технология фармацевтического производства» Казахского Национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова, Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [kairat\\_phd@mail.ru](mailto:kairat_phd@mail.ru)*

***Тулемисов Сакен Кутимханович***

*PhD докторант по специальности: 6D074800 — «Технология фармацевтического производства» Казахского Национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова, Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [saken83@mail.ru](mailto:saken83@mail.ru)*

***Датхаев Убайдилла Махамбетович***

*декан Фармацевтического факультета, док. фарм. наук, профессор  
Казахского Национального медицинского университета  
им. С.Д. Асфендиярова,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [u.datxaev@mail.ru](mailto:u.datxaev@mail.ru)*

## TOPICAL USE IN ENGINEERING PRACTICE PHARMACY

***Kairat Zhakipbekov***

*PhD doctoral candidate,  
Asfendiyarov's Kazakh National Medical University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Saken Tulemissov***

*PhD doctoral candidate,  
Asfendiyarov's Kazakh National Medical University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Ubaidilla Datkhayev***

*doctor of Pharmacy, Dean of Pharmacy Pharmacy, professor  
of the Asfendiyarov's Kazakh National Medical University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье определены основные понятия и принципы Надлежащей инженерной практики (англ. — Good Engineering Practice GEP), его основные этапы реализации, основная деятельность инжиниринговых компаний при использовании GEP, методы и системы документации в общей практике GEP, системы управления изменениями в проектной документации, а также экспертиза проекта.

### ABSTRACT

In this article the basic concepts and principles of good engineering practice (eng. — Good Engineering Practice (GEP), its main stages of implementation, the main activity of engineering companies using GEP, methods and documentation systems in general practice GEP, change management system in the project documentation, as well as the expertise of the project.

**Ключевые слова:** фармация; GEP; инжиниринговые компаний; документация.

**Keywords:** pharmacy; GEP; engineering companies; documentation.

В последнее десятилетие инженерное проектирование стало набирать быстрые темпы. Если рассматривать вместе проектирование, оснащение и использование системы производственных помещений, и технологическую среду для разных сфер промышленности, то можно констатировать рост знаний и повышений квалификации, рост

функциональных возможностей производственной системы. Однако по проблемам создания, поддержки и управление системой инженерного менеджмента в научно-практических изданиях не проводится никаких обсуждений. На сегодняшний день невозможно организовать высокое технологическое производство без использования системы инженерного менеджмента. Поэтому необходимо обсуждение основных проблем разных инженерных решений, связанных со способами организации управления и контроля производственной среды [3. с. 4—9].

Надлежащая инженерная практика (англ. — Good Engineering Practice GEP) определяется как совокупность инженерных методов и стандартов, используемых в период жизнеспособности проекта в целях предложения эффективного решения с точки зрения соответствия требованиям заказчика. GEP сопровождает действия по современной деятельности фармацевтического бизнеса и перспективным планом. Вместе с тем документация GEP может использоваться для проведения верификации производственных систем [6. с. 115—132].

Понятие GEP гораздо шире понятие «инжиниринг». Инжиниринг — это сфера деятельности по созданию промышленных объектов на основе предложения услуг по использованию, управлению и продаже различных услуг в коммерческих целях перед проектированием, в проекте и после проектирования.

Объемные инвестиции, направленные на создание новой продукции, не дают возможность реализации проекта на каждом отдельном этапе. Другими словами, каждый период должен быть надёжным и управляемым [1, с. 108—115, 2, с. 122—131].

GEP — это ориентир, направленный на стандартизирование инженерных методов на этапе реализации проектов предприятиями. В рекомендации ISPE дано следующее понятие надлежащей инженерной практике (GEP): «Инженерные методы и стандарты, проверенные и используемые постоянно в проекте в целях вариативных и эффективных решений из следующих по цене.»

GEP состоит из следующих этапов:

- профессиональные и квалифицированные управление проектом (процессами, методами и специалистами);
- координированный и структурированный проект, проведенный торговли с надёжными снабженцами, реализация – проекта и проведение без затруднения работ по сдаче и приемке;
- реагирование с понятиями и уместное:
  - необходимость дальнейшего использования в производстве производственных систем.



- законодательные требования для сохранения безопасности окружающей среды и здоровья специалистов, продукции;
- принятые большинством отраслевые и общесистемные международные стандарты и производственные практики.
- доказательство соответствия необходимым документам по оказанию услуг в осуществляемом производстве и технических услуг.

Во время работы с иностранными инвесторами использование принципов GEP, усвоение употребляемой терминологии и изменение сформировавшихся стереотипов считается очень важным. В период создания нового производства только хорошая продукция имеет возможность выхода на иностранные рынки.

Понятие GxP (GMP, GDP и другие) Good Engineering Practice (GEP) стало использоваться как продолжение концепции надлежащей практики только в фармацевтической отрасли с 2000 года. В других отраслях широко распространено понятие “Engineering Quality System”. Однако оно не может полностью отразить современного темпа развития [4, с. 7—14.].

В каких бы ни было системных подходах средство GEP должно быть систематизировано и сообщено, в каком ни было документе не в качестве свободной совокупности мер и способов. Как и другие похожие системы менеджмента, оно должно быть основным внутренним документом, например, надлежащим стандартом предприятия. Такой документ предприятия может дать рекомендации по тому, из какой общей характеристики состоят инженерные подходы и по созданию, согласованию, укреплению, изменению, и контролю GEP средств. В нём необходимо обозначить сферу использования GEP, отношение к проектам по отраслевым нормам и внутренние и внешние стандарты предприятия.

Основная деятельность инжиниринговых, так и производственных компаний заключается в реализации проектного подхода, соответственно, структура проекта может создаваться за счёт принципов проектного менеджмента, с точки зрения понятия GEP проект в широком смысле рассматривается в качестве общего плана сбыта продукции на рынок. Компонентам проекта считаются стратегия маркетинга исследование возможности продажи продукции, определение потребности потребителей, проектирование (Design) сдача-проведение, пуск производственных систем, квалификация и валидация, ориентированные на торговлю, производство, продажа плана и его компенсации.

Для эффективной реализации проекта по финансам и времени необходим интегральный подход и правильно поставленная связь между всеми участниками проекта, ответственными за обеспечение инжиниринга, строительства, приёма и оценивания качества, производства и качества. Вместе с тем для каждого проекта должна быть создана проектная группа по принятию решений, наделённая чётко финансовыми полномочиями, координационная. А также должны быть определены имеющие право частной собственности главные за заинтересованные лица и стороны, ответственные за отчеты и результаты проекта.

Другим значимым средством является регламентирование мер, созданных на основе GEP средств и показывающих его использование. Такие меры должны охватывать соответствующие механизмы управления на основе проектов, вместе с этим ожидаемой объём проектов и отдельные проекты. Также они состоят из структуры проектных групп, структуры отчёта и стратегии документации. В них показано следующее:

- порядок архивирования и хранения;
- планирование проекта, реализации и отчёты по расходам;
- экспертиза проектной документации;
- анализ проекта.

Методам и системам документации придают большое значение. Эти методы входят в ряд общей практики GEP, также используется в других системах менеджмента. В этих правилах находят выражения следующие установки:

- должно быть чёткое и ясное внедрение сведений, чтобы они далее не стёрлись;
- необходимо для основного оборудования сделать валидацию, калибровку, записи по услугам, чистоте или ремонту;
- запись сведений проводится в заранее учётных и контролируемых журналах, книгах или выполняемые в электронном виде работы записывается тот час же или после окончания с указанием времени, лица и подписи;
- содержащиеся в ненадёжных носителях (например, на бумаге, flesh-карте или в жёстком диске) сведения обязательно нужно переписать;
- внесение изменений в надлежащую практику документации, порядок действий по отрицанию потери документов или их частей; архивирование и хранение, правила работы с электронными документами и другие подобные принципы находят своё выражение.

Во время реализации проекта было предложено разрабатывать необходимые временные ограничения собирать ответственных лиц, разрабатывать порядок согласования и утверждения документов, предварительно разрабатывать гнездо форму документов.

В первую очередь необходимо составить образ (форму) продукции или возможно сделать список потребителей, оценить требования, предъявляемые степени ремонта, оказания технической услуги, разработать требования к снабжению и доставке и т. д. [5, с. 50—53.].

Разрабатывается рабочий план проекта по результатам оценивания предложений заинтересованных лиц. Этот документ состоит из необходимых этапов, документов, закупок и аутсорсинговых работ, методик и сроков выполнения.

В основном рабочий план проекта далее конкретизируется в отдельных и индивидуальных планах приглашенных сотрудников.

Наряду с этим на последних этапах проекта возможно изменения запланированных работ или возможно возникновение нового плана. Поэтому необходимо использование мер по управлению изменениями.

Система управления изменениями состоит из следующих действий:

- классификация всех изменений;
- регистрация каждого изменения;
- оценивание появившихся в связи с изменениями рисков;
- принятие решения о внесении изменений или об отказе от него;
- разработка плана внесения изменения;
- закрытие в документальном виде изменения.

Нельзя забывать, что цена внесения изменений напрямую связана с текущим этапом проекта. То есть насколько проект приближается к концу, настолько уменьшаются расходы на его изменения.

GEP предлагает на всех этапах реализации проекта использование методик оценивая рисков. Стандарты ИСО 31000 и ИСО 31010 считаются неотъемлемой частью управлению рисками.

Экспертиза проекта проводится на этапе его реализации, и вместе с тем на этапе его окончания.

Экспертиза проекта даёт возможность проведения своевременно корректирующих работ, контроля за неизменностью поставленных перед собой задач и условий, оценивания необходимости совершенствовании качества работы и координированности стандартизации сроков выполнения и ресурсов, изменения, необходимости совершенствования методики, конфликтов и тому подобного.

Экспертиза проекта может проводиться внутренними аудитами, в виде консультаций или с помощью аудита третьего лица.

Между GEP и ИСО 9001 много взаимных связей. Некоторые компании используют в разработке системы своего инженерного менеджмента принципы международного стандарта ИСО 9001. Например, раздел 7,3 «Проектирование и разработка» ИСО 9001 соответствует принципам GEP.

Принципы GEP должны использоваться на всех жизненных этапах проекта или производственной системы.

Таким образом, в компаниях любой отрасли принятие подходов GEP даёт возможность уменьшить расходы и совершенствовать действия в достижении поставленных целей. В решении этих задач методы GEP дают возможность, с одной стороны, на этапе реализации проекта соответствовать упорядочивающим требованиям и высокому качеству, а с другой стороны, получить количественную прибыль путём принятия приемлемых и эффективных решений.

### **Список литературы:**

1. Жакипбеков К.С., Датхаев У.М., Жумабаев Н.Ж., Сакипова З.Б. Современное состояние привлечения инвестиций в фармацевтическую промышленность Республики Казахстан. Современная медицина: актуальные вопросы. / Сб. Ст. по материалам XXVIII междунар. науч.-практ. конф. № 2(28). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — С. 108—115.
2. Жакипбеков К.С., Тулемисов С.К., Датхаев У.М., Сакипова З.Б., Гладох Е.В., Немченко А.С. Перспективы развития фармацевтического рынка Республики Казахстан / Сб. ст. по материалам XXXVIII междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — С. 122—131.
3. Осознание GEP: отчёт о первой конференции “GEP-Russia-2012 г.”. Надлежащая инженерная практика. Чистые помещения и технологические среды. — № 1. — 2012. — С. 4—9.
4. Спицкий О.Р., Александров О.В. GEP — Надлежащая инженерная практика. Рецепт. — № 2 (88). — 2013. — С. 7—14.
5. Спицкий О.Р. Надлежащая инженерная практика (GEP) как система инженерного менеджмента. Фармацевтическая отрасль. — № 6(29). — 2011. — С. 50—53.
6. Технические и социально-экономические проблемы: эффективные пути их решения.: научная монография [под ред. С.М. Ахметова]. Новосибирск: Изд. «СибАК». — 198 с.

**1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ХИМИИ  
И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. СООБЩЕНИЕ 2.  
ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ  
СТРОЕНИЯ 1,6-ДИАЛКИЛПРОИЗВОДНЫХ 1,3,4,6-  
ТЕТРАОКСОГЕКСАНА**

***Козьминых Елена Николаевна***

*д-р фарм. наук, профессор кафедры химии  
Пермского государственного  
гуманитарно-педагогического университета,  
РФ, г. Пермь  
E-mail: [lena.kozminih@yandex.ru](mailto:lena.kozminih@yandex.ru)*

***Муковоз Пётр Петрович***

*канд. хим. наук, старший научный сотрудник  
Института клеточного и внутриклеточного симбиоза  
Оренбургского отделения УрО РАН,  
РФ, г. Оренбург  
E-mail: [mpp27@mail.ru](mailto:mpp27@mail.ru)*

***Козьминых Владислав Олегович***

*д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии  
Пермского государственного  
гуманитарно-педагогического университета,  
РФ, г. Пермь  
E-mail: [kyoncstu@yahoo.com](mailto:kyoncstu@yahoo.com)*

# **1,3,4,6-TETRACARBONYL SYSTEMS IN CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY. PART 2. PREPARATION AND FINE STRUCTURE INVESTIGATION OF 1,3,4,6-TETRAOXOHEXANE 1,6-DIALKYL DERIVATIVES**

*Elena Kozminykh*

*doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Chemical Section  
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,  
Russia, Perm*

*Peter Mukovoz*

*candidate of Chemical Sciences, Senior Scientific Collaborator  
of Institute for Cellular and Intracellular Symbiosis  
of Orenburg Section of the Urals Division of Russian Academy of Sciences,  
Russia, Orenburg*

*Vladislav Kozminykh*

*doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Chemical Section  
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,  
Russia, Perm*

*Исследование выполнено в рамках проектов РФФИ № 15-03-05492 и № 15-03-08038.*

## **АННОТАЦИЯ**

1,6-Диалкилпроизводные 1,3,4,6-тетраоксогексана (3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы) получены конденсацией Клайзена алкилметилкетонов с диэтилоксалатом в присутствии метилата натрия. С помощью спектральных методов исследования выявлены семь таутомерных форм, обсуждаются кольчато-цепные и кольчато-кольчатые интерконверсии в растворах синтезированных тетракетонов.

## **ABSTRACT**

1,3,4,6-Tetraoxohexane 1,6-dialkyl derivatives (3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones) are prepared by the Claisen condensation of alkyl methyl ketones with diethyl oxalate in presence of sodium methylate. Seven tautomers are found out by spectral investigation, and ring-chain or ring-ring interconversions in solutions of synthesized tetraketones are discussed.

**Ключевые слова:** Конденсация Клайзена; алкилметилкетоны; диэтилоксалат; 1,6-диалкилпроизводные 1,3,4,6-тетраоксогексана (3,4-

дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы); таутомерные формы; цепные и кольчатые интерконверсии.

**Keywords:** Claisen condensation; alkyl methyl ketones; diethyl oxalate; 1,3,4,6-tetraoxohexane 1,6-dialkyl derivatives (3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones); tautomeric forms; chain and ring interconversions.

1,3,4,6-Тетракарбонильные системы (ТКС) успешно используются в синтетической органической химии и химической технологии [2—10]. В первом сообщении серии «1,3,4,6-Тетракарбонильные системы в химии и химической технологии» нами были представлены результаты квантово-химических расчётов двух линейных и одной кольчатой таутомерных форм начального представителя 1,3,4,6-тетракарбонильных систем — октан-2,4,5,7-тетраона [6].

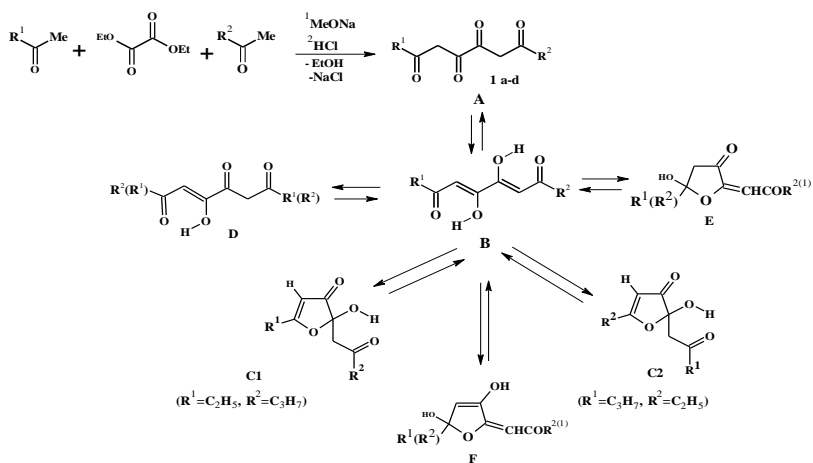
В настоящей работе описана технология получения 1,6-диалкилпроизводных 1,3,4,6-тетраоксогексана (3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов) конденсацией Клайзена алкилметилкетонов с диэтилоксалатом в присутствии метилата натрия и обсуждаются особенности строения тетракетонов в твёрдом состоянии и растворах.

Сложноэфирная конденсация Клайзена арилметилкетонов с диэтилоксалатом в присутствии оснований приводит к образованию 1,6-диарилпроизводных 1,3,4,6-тетраоксогексанов [2; 3; 10]. Среди известных ТКС до наших исследований наименее изученными оставались 1,6-диалкилпроизводные, особенности строения которых ранее не обсуждались. Сведения о 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексанах ограничивались краткими данными по синтезу соединений, имеющих в своём составе одинаковые алкильные заместители [5].

С целью получения и исследования строения алкилпроизводных ТКС нами проведена реакция алкилметилкетонов с диэтилоксалатом и метилатом натрия при соотношении реагентов 2:1:2 с последующим подкислением реакционной смеси, в результате чего с удовлетворительными выходами получены 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексаны **1a-d** (рис. 1, табл. 1). С помощью спектральных методов у соединений **1a-d** обнаружено несколько таутомерных форм **A-F** (рис. 1, табл. 2).

1,6-Диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексаны **1a-d** в твёрдом состоянии и неполярных растворах (например, хлороформе) находятся полностью (твёрдая фаза) или преимущественно (раствор) в линейной диоксодиенольной форме **B**. Это хорошо согласуется с имеющимися литературными данными по 1,6-диарилпроизводным 1,3,4,6-тетракетонам [2; 10]. Так, в ИК спектрах кристаллов соединений **1** широкая полоса карбонильных групп, связанных в два сопряжённых

*OH*-хелатных кольца, наблюдается в низкочастотной области — не более 1600 см<sup>-1</sup>.



R<sup>1</sup>=R<sup>2</sup>=CH<sub>3</sub> (**1a**); R<sup>1</sup>=R<sup>2</sup>=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> (**1b**); R<sup>1</sup>=R<sup>2</sup>=C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> (**1c**); R<sup>1</sup>=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>2</sup>=C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> (**1d**)

**Рисунок 1.** Получение, структурное разнообразие и таутомерия 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексанов (1a-d)

Характеристическим маркерным сигналом в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H соединений **1a-d**, снятых в дейтерохлороформе, является синглет метинового протона C(2,5)H преобладающей формы **B**, находящийся в узком интервале значений химических сдвигов — 6,33—6,34 м.д. (табл. 2).

В полярных растворах (ацетоне, диметилсульфоксиде — ДМСО) у соединений **1a-d**, судя по данным спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H, присутствует или количественно преобладает (ДМСО) кольчатая оксофурановая форма **C**, находящаяся в подвижном кольчато-цепном таутомерном равновесии с линейной формой **B**. В случае 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексанов с различающимися алкильными заместителями (соединение **1d**) в растворе ДМСО-*d*<sub>6</sub> имеются обе возможные кольчатые формы **C1** и **C2** (рис. 1). Кольчато-кольчатая интерконверсия между формами **C1** и **C2** осуществляется через линейную форму **B** (**C1** ⇌ **B** ⇌ **C2**). Наличие этой интерконверсии согласуется с литературными данными [1; 11].



Таблица 1.

Характеристики 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексанов (1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов) (1a-d)

Соединение	Заместители		Т. пл., °С	Выход, %	Брутто-формула (мол. масса)
	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>			
<b>1a</b>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	118—120 (лит.: 122—123 [5])	34	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub> (170,16)
<b>1b</b>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	76—78 (лит.: 75—76 [5])	33	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> (198,22)
<b>1c</b>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	58—60	43	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub> (226,27)
<b>1d</b>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	103—105	37	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub> (212,24)

Таблица 2.

Сигналы маркерных протонсодержащих групп в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H (δ, м.д., ТМС) соединений 1a-d

Соединения (формы)	Растворитель	Химический сдвиг, δ, м.д. ТМС (формы)									
		CH <sub>2</sub> с (A)	C(2,5)-Hс (B)	CH <sub>2</sub> два д (C)	C(4)Hс (C)	CH <sub>2</sub> с (D)	C(2)-Hс (D)	CH <sub>2</sub> два д (E)	CH-CO-R <sup>1(2)</sup> с (E)	C(4)-Hс (F)	CH-CO-R <sup>1(2)</sup> с (F)
<b>1a-d (A)</b>	CDCl <sub>3</sub>	3,90									
	DMCO-d <sub>6</sub>	4,02									
<b>1a-d (B, D)</b>	CDCl <sub>3</sub>		6,33-6,34								
	DMCO-d <sub>6</sub>		6,43-6,44			4,02-4,07	6,28-6,30				
<b>1a-d (A, C)</b>	DMCO-d <sub>6</sub>			2,93-2,94	5,52-5,53						
	(CD <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	4,01		2,97	5,41						
<b>1a, b, d (E)</b>	CDCl <sub>3</sub>							3,74	5,38		
	DMCO-d <sub>6</sub>							3,94-4,05	5,21-5,22		
<b>1c, d (F)</b>	CDCl <sub>3</sub>									5,17-5,18	6,22-6,24

Таким образом, соединения **1a-d** представлены двумя отличающимися друг от друга классами структур — линейной **B** и кольчатой **C**. Кроме преобладающих форм **B** и **C** в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H

тетракетонов **1a-d** также обнаружены минорные таутомерные формы **A, D, E, F** в количестве не более 3%, причём форма **F** обнаружена в дейтерохлороформе (табл. 2).

Сигналы одноименных протоносодержащих групп (парных этильных, пропильных, метиновых, метиленовых) в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  соединения **1d**, записанного в  $\text{DMSO-}d_6$  (два региоизомера **C1** и **C2**), являются магнитно эквивалентными и не отличаются по химическому сдвигу. Этот факт является неожиданным, но сравнительно незначительные отличия в значениях индуктивных эффектов этильной (+I, 6,30) и пропильной (+I, 6,68) групп позволяют судить об отсутствии существенного влияния на положение основных маркерных протонов в структурах **C1** и **C2** (табл. 2).

### Экспериментальная химическая часть

ИК спектры тетракетонов **1** записаны на спектрофотометре "Инфралюм ФТ-02" в пасте твёрдого вещества в вазелиновом масле. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  соединений **1** получены на приборе "MERCURYplus-300" (300,05 МГц) в  $\text{DMSO-}d_6$  и  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт — тетраметилсилан (ТМС). Протекание реакций контролировалось, а индивидуальность полученных веществ подтверждена методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254 в системе гексан–ацетон, 3:1, хроматограммы проявлены парами йода. Константы и выходы соединений **1a-d** приведены в табл. 1, а спектральные характеристики — в табл. 2.

### Общая методика получения 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (**1a-d**).

К 100 мл метанола, предварительно перегнанного над натрием, добавляют порциями 1,15 г (50 ммоль) натрия, метанол отгоняют, к сухому метилату натрия добавляют 150 мл абсолютного диэтилового эфира, при охлаждении и перемешивании прибавляют по каплям смесь 3,7 мл (50 ммоль) ацетона (для синтеза соединения **1a**), 4,4 мл (50 ммоль) бутанона (для синтеза соединения **1b**), 5,3 мл (50 ммоль) 2-пентанона (для синтеза соединения **1c**) или 2,2 мл (25 ммоль) бутанона и 2,7 мл (25 ммоль) 2-пентанона (для синтеза соединения **1d**), 3,4 мл (25 ммоль) диэтилоксалата и нагревают 0,5—2 часа. Осадок отфильтровывают, добавляют при перешивании и охлаждении 15 мл 15% соляной кислоты, продукт кристаллизуют из этилацетата. Получают бесцветные кристаллы соединений **1a-d**.

**(3Z,5Z)-4,5-Дигидроксиокта-3,5-диен-2,7-дион (1a)**. Выход 2,35 г (34%), т. пл. 118–120 °С (лит.: 122—123 °С [5]). Найдено, %: С 56,72; Н 6,24.  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_4$ . Вычислено, %: С 56,47; Н 5,92.

**(4Z,6Z)-5,6-Дигидроксидека-4,6-диен-3,8-дион (1b).** Выход 1,90 г (33 %), т. пл. 76—78 °С (лит.: 75—76 °С [5]). Найдено, %: С 60,87; Н 7,45. С<sub>10</sub>Н<sub>14</sub>О<sub>4</sub>. Вычислено, %: С 60,59; Н 7,11.

**(5Z,7Z)-6,7-Дигидроксидека-5,7-диен-4,9-дион (1c).** Выход 4,0 г (43 %), т. пл. 58—60 °С. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup> (форма **B**): 3253 (ОН хелат), 3097 (СН), 2962 ν<sub>ас</sub> (СН<sub>3</sub>), 2932 ν<sub>ас</sub> (СН<sub>2</sub>), 2896 ν<sub>с</sub> (СН<sub>3</sub>), 2872 ν<sub>с</sub> (СН<sub>2</sub>), 1556 шир. (C(1,6)=О хелат), 1460 δ<sub>ас</sub> (СН<sub>3</sub>), 1397 δ<sub>крутильные</sub> (СН<sub>2</sub>), 1353 δ<sub>с</sub> (СН<sub>3</sub>), 1285 δ<sub>всерные</sub> (СН<sub>2</sub>), 1142, 1094, 1070, 1036, 942, 903, 873 ν<sub>скелетные</sub> (С-С), 793 δ<sub>маятниковые</sub> (СН<sub>3</sub>), 579 ν<sub>скелетные</sub> (С-С). Найдено, %: С 63,92; Н 8,33. С<sub>12</sub>Н<sub>18</sub>О<sub>4</sub>. Вычислено, %: С 63,69; Н 8,02.

**(4Z,6Z)-5,6-Дигидроксиундека-4,6-диен-3,8-дион (1d).** Выход 1,70 г (37 %), т. пл. 103—105 °С. Найдено, %: С 62,44; Н 7,71. С<sub>11</sub>Н<sub>16</sub>О<sub>4</sub>. Вычислено, %: С 62,25; Н 7,59. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup> (форма **B**): 3250 (ОН хелат), 3098 (СН), 2963 ν<sub>ас</sub> (СН<sub>3</sub>), 2924 ν<sub>ас</sub> (СН<sub>2</sub>), 2873 ν<sub>с</sub> (СН<sub>3</sub>), 2853 ν<sub>с</sub> (СН<sub>2</sub>), 1556 шир. (C(1,6)=О хелат), 1461 δ<sub>ас</sub> (СН<sub>3</sub>), 1399 δ<sub>крутильные</sub> (СН<sub>2</sub>), 1375 δ<sub>с</sub> (СН<sub>3</sub>), 1288 δ<sub>всерные</sub> (СН<sub>2</sub>), 1137, 1092, 1047, 1000, 875, 801 ν<sub>скелетные</sub> (С-С), 783 δ<sub>маятниковые</sub> (СН<sub>3</sub>), 573 ν<sub>скелетные</sub> (С-С).

### Список литературы:

1. Зеленин К.Н., Алексеев В.В., Пихлайя К., Овчаренко В.В. Молекулярный дизайн таутомерных интерконверсий гетероциклов // Известия Академии Наук. Серия химическая. — 2002. — № 2. — С. 197—212.
2. Игидов Н.М., Козьминых Е.Н., Софьина О.А., Широлина Т.М., Козьминых В.О. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. Синтез, особенности строения и противомикробная активность 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон // Химия гетероциклических соединений. — 1999. — № 11. — С. 1466—1475.
3. Кириллова Е.А., Муковоз П.П., Виноградов А.Н., Козьминых В.О., Дворская О.Н. Синтез, особенности строения и таутомерия 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, — 2011. — Т. 54. — № 4. — С. 18—22.
4. Козьминых В.О. Современные достижения в химии и химической технологии активированных O,N-гетеро-1,3-диеновых систем: синтез, строение 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений и их производных // Технические науки — от теории к практике. Материалы XIX международной заочной науч.-практ. конф., Новосибирск, 20 марта 2013 г. Новосибирск: изд-во "СибАК", — 2013. — № 19. — С. 96—108.
5. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонс с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, — 2007. — Вып. 5 (69). — С. 138—148.

6. Козьминых В.О., Круглова А.А., Голуб Е.Е. 1,3,4,6-Тетракарбонильные системы в химии и химической технологии. Сообщение 1. Квантово-химические расчёты молекулы октан-2,4,5,7-тетраона // Технические науки — от теории к практике. Сборник статей по материалам XXXIX международной науч.-практ. конф., Новосибирск, 22 октября 2014 г. Новосибирск: изд-во "СибАК", — 2014. — № 10 (35). — С. 134—145.
7. Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Современное состояние и перспективы исследования O,N-гетеро-1,3-диеновых систем, сопряжённых с карбонильными акцепторами, их линейных и кольчатых производных: диенолов 1,3,4,6-тетраоксосистем, оксалильных аналогов поликетидов, оксоилиденпроизводных пятичленных оксогетероциклов // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. Электронный научный журнал. Пермь: изд-во ПГГПУ, — 2013. — Вып. 1. — С. 90—103 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://vestnik2.pspu.ru/Series2\\_2014\\_1.pdf](http://vestnik2.pspu.ru/Series2_2014_1.pdf) (дата обращения 19.10.2014).
8. Муковоз П.П., Тарасова В.А., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения метиловых эфиров 3,4,6-триоксоалкановых кислот // Журнал органической химии. — 2014. — Т. 50. — № 11. — С. 1698—1700.
9. Andreeva V.A., Gorbunova A.V., Mukovoz P.P., Ganebnykh I.N., Kruglova A.A., Kozminykh V.O. Synthesis of ligands based on 1,3,4,6-tetraoxo systems for the three nuclear metal-chelate coordination // Chemical Physics of Molecules and Polyfunctional Materials. Russian-Japanese Conference. Proceedings. Orenburg, 29—31 October 2014. Orenburg: ООО ИПК "Universitet", 2014. — P. 92.
10. Poje M., Balenović K. 3(2H)-Furanone derivatives. Ring-chain tautomerism in the 1,3,4,6-tetraketone series // Journal of Heterocyclic Chemistry. — 1979. — Vol. 16. — № 3. — P. 417—420.
11. Zelenin K.N., Alekseyev V.V. Tautomeric interconversions of heterocyclic derivatives // Targets in Heterocyclic Systems. — 1997. — Vol. 1. — P. 83—116.

## СЕКЦИЯ 12.

### МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

#### ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

*Латышев Виктор Александрович*

*канд. тех. наук,  
доцент кафедры ЕНОТД филиала  
Тюменского государственного нефтегазового университета,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой  
E-mail: [yiklat@yandex.ru](mailto:yiklat@yandex.ru)*

*Ратникова Инна Эдуардовна*

*учитель русского языка, школа № 6,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой  
E-mail: [yiklat@yandex.ru](mailto:yiklat@yandex.ru)*

#### THE USE OF LINGUISTIC APPROACH IN STUDIES OF ELECTROTECHNICAL DISCIPLINES BY STUDENTS OF TECHNOLOGICAL INSTITUTIONS

*Viktor Latyshev*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of Natural Science and Technical Disciplines Chair,  
Branch of Tyumen State Oil and Gas University,  
Russia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Novy Urengoy*

*Inna Ratnikova*

*teacher of the Russian Language, School № 6,  
Russia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Novy Urengoy*

## АННОТАЦИЯ

Важнейшей областью образовательной сферы страны является инженерное образование. Эффективность подготовки специалистов повышается за счет использования современного оборудования, методов и технологий. Рассмотрены вопросы применения лингвистического подхода при изучении материала электротехнических и специальных дисциплин в техническом вузе.

## ABSTRACT

Engineering education is the important field of educational sphere of the country. Specialists training effectiveness increases by the use of modern equipment, methods and technologies. Questions about the use of linguistic approach in studies of electrotechnical and special disciplines in the technological institution are considered.

**Ключевые слова:** обучение; метод; язык; грамматика; система управления.

**Keywords:** education; method; language; grammar; control system.

Проблемы инженерного образования — его качество, содержание, структура — весьма актуальны, так как инженерное образование — важнейшая область всей образовательной сферы нашей страны. От состава, квалификации инженерного корпуса такой страны, как Россия, самым непосредственным образом зависят её экономическое положение, безопасность, наконец, авторитет на международной арене. Одним из критериев качества инженерного образования является практическая подготовка выпускников с учетом современных требований производства, которое определяется уровнем автоматизации с использованием систем автоматического управления на основе средств вычислительной техники. Компьютерные системы управления играют ключевую роль в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, системах связи и в быту. Применение компьютерных систем управления приводит к повышению производительности труда, сокращению количество обслуживающего персонала и улучшению качества выпускаемой продукции, обеспечивая высокую точность ведения технологических процессов. Овладение современными методами профессиональной деятельности, информационными технологиями обеспечивает профессиональный рост специалиста и его конкурентоспособность на рынке труда. При этом эффективность подготовки повышается при использовании современного оборудования, методов и технологий в процессе обучения. Под обучением понимается целенаправленный, организованный

процесс взаимодействия преподавателя и обучаемого, в ходе которого происходит усвоение знаний, умений и навыков. В обучении реализуются, на наш взгляд, важнейшие и основные функции процесса обучения:

- образовательная;
- развивающая;
- воспитывающая.

Решение задач первой группы (образовательная функция) необходимо для развития интеллектуальной, волевой и эмоциональной сфер деятельности человека в плоскости формирования навыков учебной и познавательной деятельности и в области развития его разного рода способностей и продуманно взвешенных потребностей.

В центре группы задач второй функции — развитие личности в процессе обучения — необходимость обеспечения развития у обучаемых необходимых качеств экономического, технического и нравственного мышления, действенных методов и приемов самообразования, т. е. умения рационально учиться и образовываться в течение срока трудовой деятельности.

Реализация задач самого высокого социального звучания (воспитывающая функция) направлена на формирование зрелого мировоззрения и важнейших личностных качеств, образующихся в процессе нравственного и эстетического воздействия, трудового, правового, физического воспитания и т. д.

Необходимо отметить, что перечисленные функции обучения не имеют между собой строгих границ. Они взаимосвязаны и реализуются в органическом единстве при помощи педагогических технологий. Педагогическая технология — это строго научное проектирование и точное воспроизведение педагогических действий, гарантирующих успех. Более точно, по нашему мнению, понятие «педагогическая технология» определили авторы учебного пособия «Педагогика» В.А. Сластенин, И.Ф. Исаков и другие [4], которые рассматривают ее как последовательную взаимосвязанную систему действий педагога, направленную на решение педагогических задач, или как планомерное и последовательное воплощение на практике заранее спроектированного педагогического процесса.

Основными критериями технологичности учебного процесса можно считать:

- закономерность (опора на определенную научную концепцию, лежащую в основе проектирования данной технологии);
- целесообразность (логическая взаимосвязь структурных частей педагогической системы, придающая ей заданные качества);

- управляемость (диагностическое целеполагание, осуществление мониторинга учебного процесса, его необходимая коррекция);
- эффективность (соответствие образовательным стандартам, возможность достижения поставленных целей обучения, минимальные временные и экономические затраты);
- воспроизводимость (возможность применения другими преподавателями).

При обучении студентов направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» по профилю « Автоматизация технологических процессов и производств в нефтяной и газовой промышленности» в Ямальском нефтегазовом институте (филиале) ТюмГНГУ используются формы учебных занятий: лекция; лабораторные и практические занятия; консультация и самостоятельная работа студентов, учебные и производственные практики и курсовое проектирование.

Курсовое проектирование как организационная форма обучения применяется на заключительном этапе изучения электротехнических дисциплин. Она позволяет осуществить обучение применению полученных знаний при решении комплексных производственно-технических или других задач, связанных со сферой действия будущих специалистов. В процессе курсового проектирования студенты решают проектные и технические задачи - разработку системы управления и (или) элементов системы управления механизмами, узлами и агрегатами машин; разработку программного обеспечения и программ управления для процессорных систем управления и программируемых контроллеров с учетом особенностей маршрутного и операционного технологических процессов. Курсовое проектирование завершается публичной защитой курсовых работ и проектов, анализ которых позволяет внести коррективы в последующий учебный процесс.

Суть лингвистического подхода в курсовом проектировании по дисциплинам: «Электроника», «Технические измерения и приборы» и «Проектирование микропроцессорных систем автоматизации» заключается в следующем. Система автоматизированного управления, структура, элементы, функционирование, внешние и внутренние связи, взаимодействия описываются, в том числе, и с использованием лингвистических средств (на соответствующем языке). Создаются средства автоматизации языкового описания и средства реализации языковых моделей. Применение методов теории синтаксического анализа, перевода и компиляции имеет следующие преимущества



перед обычно принятым методом алгоритмического представления программно-математического обеспечения [1]:

- языковые преобразования на уровне трансляции в достаточной мере формализованы и содержат в себе мощные средства отбора недопустимых ситуаций на уровне лексики, синтаксиса и семантики,

- словарь входного языка является средством отображения функциональных возможностей системы управления, поэтому может быть положен в основу задания на проектирование, определяя вид контура управления, количества аналоговых и дискретных датчиков информационных сигналов,

- формальные грамматики являются языками более высокого уровня по отношению к обычным языкам программирования, поэтому составление грамматик во много раз проще и быстрее в отладке, чем написание и отладка программ на этих языках.

Для задания грамматик требуется задать алфавиты терминалов и нетерминалов, набор правил вывода, а также выделить в множестве нетерминальных символов начальный. Итак, грамматика определяется следующими характеристиками:

- $\Sigma$  — набор (алфавит) терминальных символов,
- $N$  — набор (алфавит) нетерминальных символов,
- $P$  — набор правил вида: «левая часть»  $\rightarrow$  «правая часть»,

где:

- \* «левая часть» — непустая последовательность терминалов и нетерминалов, содержащая хотя бы один нетерминал,

- \* «правая часть» — любая последовательность терминалов и нетерминалов,

- \*  $\rightarrow$  символ порождения.

- $S$  — стартовый (начальный) символ грамматики.

По иерархии Хомского [1] грамматики делятся на четыре класса, каждый последующий является более ограниченным подмножеством предыдущего:

- тип 0, неограниченные грамматики — возможны любые правила,

- тип 1, контекстно-зависимые грамматики — левая часть может содержать только один нетерминал, окруженный контекстом; сам нетерминал заменяется непустой последовательностью символов в правой части,

- тип 2, контекстно-свободные грамматики — левая часть состоит из одного нетерминала,

- тип 3, регулярные грамматики — более простые, эквивалентные конечным автоматам.

В процессорных системах управления наиболее плодотворно применение автоматных грамматик. Рассмотрим грамматику языка, определяющего подмножество битовых операций в инструкциях управления работой программируемого контроллера ПЛК 256. Контроллер предназначен для управления исполнительными органами объекта по определенным алгоритмам путем обработки данных о состоянии технических параметров, полученных посредством измерительных приборов в реальном масштабе времени [2; 3].

Терминальный алфавит:

$\Sigma = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, *, /, =, \neq, R, S\}$

Нетерминальный алфавит:

{инструкция, оператор, операнд, число, цифра}

Правила:

1. Инструкция  $\rightarrow$  операнд оператор
2. Операнд  $\rightarrow * | / | = | \neq | R | S$
3. Оператор  $\rightarrow$  число
4. Число  $\rightarrow$  цифра
5. Число  $\rightarrow$  цифра число
6. Цифра  $\rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |$

Начальный нетерминал:

Инструкция

Рассмотрим пример вывода инструкции битовой обработки «Проверка состояния нормально открытого контакта датчика, подключенного к вводу 10001 программируемого контроллера». Существование вывода для некоторого слова является критерием его принадлежности к языку, определяемому данной грамматикой. Конечная строка, в этом случае, полностью состоит из терминалов.

1. Инструкция  $\rightarrow$  операнд оператор (Правило 1)
2. Операнд  $\rightarrow *$  (Правило 2)
3. Оператор  $\rightarrow$  число (Правило 3)
4. Число  $\rightarrow$  цифра число (Правило 5)
5. Число  $\rightarrow 1$  число (Правило 6)
6. Число  $\rightarrow 0$  число (Правило 6)
7. Число  $\rightarrow 0$  число (Правило 6)
8. Число  $\rightarrow 0$  число (Правило 6)
9. Цифра  $\rightarrow 1$  (Правило 6)

Результат вывода грамматики это инструкция \* 10001.

На последующих этапах проектирования процессорной системы управления разрабатываются трансляторы автоматных грамматик.

Моделирование и тестирование программ управления контроллером на реальном оборудовании в лабораторных и производственных условиях показало работоспособность предложенного лингвистического подхода. Использование формальных методов проектирования программно-математического обеспечения, по нашему мнению, обеспечивает высокую степень надежность проектируемых систем управления.

### **Список литературы:**

1. Ахо А., Ульман Д. Теория синтаксического анализа и перевода (пер. с англ.) / Под ред. Курочкина. М.: Мир, 1978. — 612 с.
2. Латышев В.А. Расширение функциональных возможностей токарных станков с ЧПУ использованием принципов оперативного управления. Автореф. дис. канд. техн. наук. М, 1981. — 21 с.
3. Петров И.С. Программируемые контроллеры. М.: Солон Пресс, 2012. — 256 с.
4. Слостенин В.А., Исаев И.Ф., Шиянов Е.Н. Педагогика. М.: 2002. — 324 с.

**Научное издание**

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам  
XL международной научно-практической конференции

№ 11 (36)

Ноябрь 2014 г.

Подписано в печать 27.11.14. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 10,75. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 9  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3