

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# **ВЕСТНИК**

**ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТЫЙ ВЫПУСК**

**ВИТЕБСК 2015**

**Редакционная коллегия:**

Главный редактор – д.т.н., профессор Башметов В.С.

Зам. главного редактора – д.э.н., профессор Ванкевич Е.В.

Ответственный секретарь – д.т.н., профессор Рыклин Д.Б.

**Члены ред. коллегии**

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Редактор – д.т.н. Рубаник В.В. (ВГТУ)

- к.т.н., доц. Бондарева Т.П. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Буркин А.Н. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Гарская Н.П. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Горбачик В.Е. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Загайгора К.А. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Казарновская Г.В. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Клименков С.С. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Коган А.Г. (ВГТУ)
- д.т.н., доц. Кузнецов А.А. (ВГТУ)
- д.ф.-м.н., проф. Корниенко А.А. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Локтионов А.В. (ВГТУ)
- к.т.н. Муха П.И. (РУП «Центр научных исследований легкой промышленности»)
- д.т.н., проф. Николаев С.Д. (МГУДТ)
- к.т.н., проф. Ольшанский В.И. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Пятов В.В. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Садовский В.В. (БГЭУ)
- д.т.н., доц. Сакевич В.Н. (ВГТУ)
- д.т.н., проф. Сторожев В.В. (МГУДТ)
- д.т.н., проф. Сункуев Б.С. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Трутченко Л.И. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Шеваринова Л.Н. (ВГТУ)

Химическая технология и экология

Редактор – д.т.н., проф. Ковчур С.Г. (ВГТУ)

- д.т.н., проф. Жарский И.М. (БГЭУ)
- академик НАН РБ Лиштван И.И.
- д.т.н., член-кор. НАНБ Пантелеенко Ф.И. (БНТУ)
- к.х.н., доц. Платонов А.П. (ВГТУ)
- к.х.н., доц. Стёпин С.Г. (ВГТУ)
- к.т.н., доц. Ясинская Н.Н. (ВГТУ)

Экономика

Редактор – к.т.н., доц. Касаева Т.В. (ВГТУ)

- д.э.н., проф. Богдан Н.И. (БГЭУ)
- д.э.н., проф. Быков А.А. (БГЭУ)
- д.э.н., проф. Коседовский В.  
(Университет им. Н. Коперника, Республика Польша)
- д.с.н., проф. Меньшиков В.В. (Даугавпилсский университет, Латвия)
- д.э.н., проф. Нехорошева Л.Н. (БГЭУ)
- д.э.н., проф. Панков Д.А. (БГЭУ)
- к.э.н., доц. Прокофьева Н.Л. (ВГТУ)
- д.э.н., доц. Яшева Г.А. (ВГТУ)

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования» и базу Index Copernicus International.

Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72,  
тел.: 8-0212-47-90-40

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Тексты набраны с авторских оригиналов

© УО «Витебский государственный  
технологический университет», 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

## Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

<b>Березин Л.Н.</b> Анализ влияния динамических нагрузок на долговечность вязальных игл чулочно-носочных автоматов.....	7
<b>Деркаченко П.Г., Буркин А.Н.</b> Исследование физико-механических свойств современных термопластичных материалов для задников обуви .....	13
<b>Дробот Е.В., Загора О.В., Рязанова Е.Ю.</b> Анализ изменения параметров строения ткани на этапах её изготовления .....	21
<b>Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г</b> Исследование цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания .....	31
<b>Захаркевич О.В.</b> Имитационная модель процесса конструкторской проработки цепи преобразования женской верхней одежды .....	43
<b>Кошель С.А., Кошель А.В.</b> Определение ускорений точек сложных плоских механизмов графоаналитическим способом....	55
<b>Серенков П.С.</b> Анализ направлений совершенствования экспертных систем, применяемых в системах менеджмента качества.....	63
<b>Сторожев В.В., Крашенинников А.В.</b> Анализ геометрических особенностей сопрягаемых деталей при сборке заготовки обуви....	71
<b>Угольников А.А., Парманчук В.В., Ольшанский В.И.</b> Системное обеспечение концептуального проектирования металлорежущих станков.....	76

## Химическая технология и экология

<b>Алексеев И.С., Степин С.Г., Дорошенко И.А., Миклис Н.И.</b> Влияние технологических параметров процесса электроформования полимера и характеристик раствора на структуру и свойства нетканых материалов.....	84
<b>Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Садовский В.В.</b> Контроль показателей качества искусственных почвогрунтов .....	92

<b>Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Садовский В.В.</b> Содержание тяжелых металлов в твердом туалетном мыле.....	101
<b>Савенок В.Е., Ковалевская Н.А., Марущак А.С.</b> Технологии улавливания и сбора нефтенасыщенных сорбентов с очищаемых поверхностей .....	108
<b>Шелег В.К., Ковчур А.С., Москалец Р.А.</b> Теоретический анализ диффузии при спекании порошковых материалов.....	114

## Экономика

<b>Жук И.Н., Белковец А.М.</b> Место развивающихся стран и стран с формирующимися рынками на рынке еврооблигаций.....	121
<b>Маковская Н.В.</b> Инвестирование человеческого капитала через внутрифирменное обучение в организациях Беларуси.....	134
<b>Рябиков В.С., Андриянова О.М.</b> Параметры функционирования организации как факторы формирования сбалансированной системы показателей .....	141
<b>Ванкевич Е.В., Шарапова А.В.</b> Организационно-экономические инструменты повышения социальной эффективности занятости на микроуровне.....	153
<b>Яшева Г.А.</b> Государственно-частное партнерство: институциональные предпосылки и направления развития в Республике Беларусь .....	164

<b>Сведения об авторах.....</b>	181
<b>Памятка авторам научно-технического журнала «Вестник Витебского государственного технологического университета».....</b>	185

# CONTENT

## Technology and machinery of light industry and machine building

### **Berezin Leonid**

Analysis of influence of dynamic loadings on longevity of knittings needles of automatic half-hose machine..... 7

### **Derkachenko Pavel, Burkin Alexander**

Investigation of physical and mechanical properties of advanced thermoplastic materials for the footwear counters ..... 13

### **Drobot Elena, Zakora Oksana, Riazanova Elena**

Analysis of changes of parameters of fabric structure during its manufacturing stages ..... 21

### **Dyagilev Andrey, Biziuk Andrey, Kogan Alexander**

Investigation of changes in color characteristics of flax fiber in the carding process ..... 31

### **Zakharkevich Oksana**

Simulation model of the design of transformation chain of women's outerwear ..... 43

### **Koshel Serhei, Koshel Anna**

Determination of acceleration of points of complex planar mechanisms by graphic-analytical method ..... 55

### **Serenkov Pavel**

Direction analysis of improvement of expert systems used in the quality management system..... 63

### **Storozhev Vladimir, Krasheninnikov Alexander**

Analysis of geometric features of mating parts during shoes assembling..... 71

### **Uholnikau Aliaksandr, Parmanchuk Vera, Ol'shanskii Valeri**

Systems support of conceptual design of metal cutting machine tools ..... 76

## Chemical technology and ecology

### **Aliakseyeu Ihar, Stjopin Svjatoslav, Doroshenko Il'ja, Miklis Natal'ja**

Effect of process technological parameters of polymer electrospinning and solution properties on the structure and properties of nonwovens..... 84

### **Matveiko Nikolay, Braikova Alla, Sadovsky Viktor**

Control of quality indicators of artificial soils ..... 92

### **Matveiko Nikolay, Braikova Alla, Sadovsky Viktor**

The content of heavy metals in the solid toilet soap..... 101

**Savenok Vladimir, Kovalevskaya Natalya, Marushhak Aleksej**  
Technologies for capturing and collecting of oil sorbent from the cleaned surfaces..... 108

**Sheleg Valerij, Kovchur Andrey, Maskalets Ruslan**  
Theoretical analysis of diffusion of the sintered powder materials..... 114

## **Economics**

**Zhuk Iryna, Belkovets Andrei**  
The position of developing countries and emerging markets in the Eurobond market..... 121

**Makovskaya Natalia**  
Investing human capital through in-house training in organizations of Belarus ..... 134

**Ryabikov Vitaly, Andriyanova Olga**  
The parameters of the organization functioning as factors of the Balanced Scorecard development ..... 141

**Vankevich Alena, Sharapkova Alesya**  
Organizational and economic instruments of improving the social efficiency of employment on a micro level ..... 153

**Yasheva Galina**  
Public-private partnership: institutional background and trends in the Republic of Belarus .. 164

**Information about authors**..... 181

**Reference guide for authors of scientific-technical journal «Vestnik of Vitebsk State Technological University»** ..... 185

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВЯЗАЛЬНЫХ ИГЛ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Л.Н. Березин

УДК 677.055.548-192

### РЕФЕРАТ

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ, НАГРУЗКА, ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, ВЯЗАЛЬНАЯ ИГЛА*

*Цель статьи – представить положения расчетно-экспериментального метода для определения на этапе проектирования долговечности деталей по критерию усталостной прочности. Расчет выполняется в вероятностной постановке на основе сведений о спектре нагрузок и данных эксплуатационных наблюдений применительно к вязальным иглам чулочно-носочных автоматов. Предложены рекомендации для вычисления нагруженности игл, обеспечивающие целостность расчета от динамической модели ударного взаимодействия игл к определению долговечности. Используется численно-аналитический метод для определения нагрузки в виде полиномиальной зависимости как функции случайных аргументов. Рекомендуется нетривиальный подход для получения гистограммы относительных частот появления значений нагрузок, которые не подчиняются нормальному закону распределения. Получена зависимость предела ограниченной усталости игл от их циклической долговечности в вероятностной форме.*

*Результаты расчета позволяют на стадии проектирования анализировать эффективность конструктивных решений вязальных механизмов автоматов по уровню усталостной долговечности игл при заданном числе циклов нагрузок.*

### ABSTRACT

*DESIGN, FATIGUE STRENGTH, LOADING, DYNAMIC MODEL, LONGEVITY, KNITTING NEEDLES*

*Purpose of the article is to present the positions of calculation-experimental method for determination of longevity of details on the stage of planning on the criterion of fatigue strength. A calculation is executed in the probabilistic raising on the basis of information about the spectrum of loadings and these operating supervisions as it applies to the knitting needles of automatic half-hose machine. Recommendation for the calculation of cycles and sizes of loadings for needles, providing integrity of calculation from the dynamic model of shock co-operation of needles for determination of longevity are offered. Numeral – analytical method for determination of loading as polynomial dependence as function of casual arguments is used. Non-trivial approach is recommended for getting the histogram of relative frequencies of appearance of values of loadings which do not correspond to the normal law of distribution. Dependence of limit of the limited fatigue of needles is got on their cyclic longevity in a probabilistic form.*

*The results of calculation allow to analyze the efficiency of structural decisions of knitting mechanisms of automats on the level of tireless longevity of needles to the set number of cycles of loadings on the stage of planning.*

По результатам эксплуатационных наблюдений за чулочно-носочными автоматами в процессе эксплуатации на производстве установлено, что определяющим фактором для оценки надежности автоматов является долговечность вязальных игл, определяемая преимущественно

усталостным разрушением их крючков. Эти детали относятся к критериальным по размерам, поскольку обеспечение необходимых запасов прочности увеличением размеров опасного сечения невозможно из-за технологических требований переработки пряжи определенного

текса. Поэтому при проектировании перво-степенное значение имеет установление влияния нагрузок на усталостную долговечность игл, что позволяет обоснованно выбирать лучшие конструкторские решения вязальных систем и рациональные режимы нагрузок. С позиций конструктора не возникает сомнений в целесообразности комплексного подхода к анализу динамики и характеристик нагруженности с дальнейшим определением показателей надежности. Однако отсутствие звена на стыке результатов динамического анализа и исходных данных для расчетов на прочность в вероятностной постановке приводит к обесцениванию динамических расчетов и снижению достоверности конечных результатов.

Определение ударных нагрузок игл при взаимодействии с клиньями замковой системы, как составляющей расчетов на долговечность, наиболее полно и системно представлено в ретроспективной библиографии монографии [1]. Анализ работ по надежности [2...4] позволяет сделать вывод о наличии методов расчета усталостной долговечности деталей, однако в большинстве случаев характеристики нагруженности считаются заданными или определяются экспериментально, то есть отсутствует алгоритм их вычисления.

Цель статьи – донести основные положения метода расчета долговечности деталей по критерию усталостной прочности в вероятностном аспекте на основе сведений о спектре нагрузок и данных эксплуатационных наблюдений применительно к вязальным иглам автоматов.

Для определения величины максимальных ударных нагрузок при взаимодействии иглы с наклонными клиньями замковой системы автоматов использовали зависимость вида [5]:

$$F_{max} = e^{-h \cdot t_{max}} - V_x \cdot tg\alpha \times \sqrt{\frac{m \cdot C_{np}}{(1 - \frac{\delta^2}{4\pi^2}) \cdot (1 + K_c)}} + \frac{1}{1 + K_c} \times (F_o + 2h \cdot V_x - tg\alpha \cdot m), \quad (1)$$

где  $m, C_{np}$  – масса (кг) и приведенная жесткость иглы (Н/м) при боковом взаимодействии с клином (в расчетах целесообразно приведенную массу  $m_{np}$  приравнять к массе иглы  $m$ , а  $C_{np}$  вычислять по частотным характеристикам осциллограммы);  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности клина к горизонтали, град;  $V_x$  – горизонтальная составляющая скорости пятки иглы (м/с), которая равна окружной скорости точек на поверхности игольного цилиндра с диаметром  $D$  (м) при частоте вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>);  $K_c$  – коэффициент, учитывающий дополнительную изгибную деформацию стержня иглы в момент удара;  $h = b / 2m$  – коэффициент демпфирования (с<sup>-1</sup>);  $\delta$  – логарифмический декремент колебаний (вычисляется по формуле  $\delta = \ln(F_i / F_{i+1})$  при смежных амплитудах  $F_i$  и  $F_{i+1}$  (Н) осциллограммы затухающих колебаний, соответствующих ударному процессу);  $F_o$  – сила сопротивления движению игл в пазу цилиндра (создают специально для предотвращения самовольного опускания игл), Н.

При установлении закона распределения нагрузок прежде всего учитывали возможность дальнейшего ведения расчетов на усталость в вероятностном аспекте. Для этого зависимость (1) представляли в замкнутой унифицированной форме полинома, который получали численно-аналитическим методом с использованием вычислительного эксперимента со случайной величиной  $F_o$ :

$$F = a_1 \cdot F_o + a_2 \cdot F_o^2 + a_3, \quad (2)$$

где  $a_1 = 0,149 - 2,119K_c$ ;  $a_2 = 0,055$ ;  $a_3 = 12,55 - 5,164V_x - 0,460 \alpha + 4,984 \times 10^{-3} m + 20,829K_c^2 - 1,142 \cdot 10^{-4} C_{np} + 4,395 \times 10^{-3} \alpha^2 + 53,288K_c^2 + 0,182V_x \cdot \alpha + 6,892 \times 10^{-5} V_x \cdot C_{np} + 2,521 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha \cdot C_{np}$ .

Величина  $F_o$  изменяется в широких пределах, что обусловлено разным подгибом стержней игл, их приработкой, износом игольных пазов цилиндра и рабочих поверхностей клиньев, интенсивностью смазки и др.

Полученная модель (2) позволяет не только определять ударные нагрузки в системе клин – игла – паз, но и рассматривать нагрузку как функцию случайных аргументов, анализировать по величине и знаку коэффициентов степень

влияния факторов на величину нагрузки  $F$ .

После подстановки в (2) параметров замковой системы имеем:

а) для замыкающих клиньев, которые поднимают иглы ( $\alpha_{но} = 38^\circ$ )

$$F = 0,382F_0 + 0,055F_0^2 + 3,062 + 4,166V_x, \quad (3 \text{ а})$$

б) для кулирных клиньев, которые опускают иглы ( $\alpha_{кл} = 47,5^\circ$ )

$$F = 0,509F_0 + 5,47 \cdot 10^{-2} F_0^2 + 3,29 + 5,891V_x. \quad (3 \text{ б})$$

Уравнения (3) представлены в удобной форме  $F = f(F_0, V_x)$  и обеспечивают комплексный подход к анализу динамики и нагруженности игл в дальнейших расчетах на долговечность и надежность.

При вычислении циклов нагрузок игл от клиньев для операций заключения и кулирования проверяли возможность отскока игл от поверхности клиньев, то есть на разрыв кинематической пары. В [6] представлено условие отскока игл вида

$$V_x \geq P_0 / \operatorname{tg} \alpha \times \left( \sqrt{m \cdot C_{np} \cdot K_C / (1 - \delta^2 / 4\pi^2)} - 2h \cdot m \right), \quad (4)$$

которое используется для корректировки общего числа циклов нагрузок на повышенных скоростях.

Нагруженность представляем парой параметров [3], которые заменяют широкий спектр нагрузок игл при взаимодействии с различными клиньями на различных скоростных режимах с учетом их рассеяния: расчетного напряжения  $\delta_p$  и эквивалентного числа циклов нагрузок  $N_{экс}$  – при предварительных расчетах долговечности или эквивалентного напряжения  $\delta_{экс}$  и заданного числа циклов нагрузок  $N_p$  – в проверочных расчетах. Вычисления нагруженности деталей

стандартизированы, но в большинстве случаев системно не связаны с динамическим анализом и базируются на комбинациях общепризнанных законов распределения случайных величин.

Очевидно, что в уравнениях (3) случайные значения ударной нагрузки описываются нелинейными уравнениями и не подчиняются нормальному закону распределения. Это требует особого подхода при установлении плотности распределения вероятностей нагрузок вязальных игл. В соответствии с положениями теории вероятностей [6] имеем:

$$p(F) = p[q(F)] \cdot |q'(F)|, \quad (5)$$

где  $q(F), q'(F)$  – функция, обратная функции  $F = f(F_0)$  и ее производная.

Учитывая уравнение (2), получаем

$$\begin{cases} q(F) = -0,5a_1a_2^{-1} \pm a_2^{-0,5} \cdot A; \\ q'(F) = (2a_2^{0,5} \cdot A)^{-1}, \end{cases} \quad (6)$$

где  $A = (0,25a_1^2a_2^{-1} - (a_3 - F))^{0,5}$ .

Используя (6) в выражении (5), имеем:

$$p(F) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{F_0}} (2a_2^{0,5} \cdot A)^{-1} \times \exp\left\{ -\frac{(-0,5a_1a_2^{-1} + a_2^{-0,5} \cdot A - m_{F_0})^2}{2\sigma_{F_0}^2} \right\}, \quad (7)$$

где  $\sigma_{F_0}, m_{F_0}$  – среднее квадратичное отклонение и математическое ожидание случайной величины  $F_0$ .

Представляем последовательность построения гистограмм  $p(F)$  относительных частот появления значений нагрузок для всех возможных  $j$  режимов нагрузок, которые задаются комбинациями проектных значений  $V_x$  и  $\alpha$ . Для получения циклограммы нагрузок игл до разрушения по заданной долговечности в часах  $T$  (график при  $j \times i$  ступенях изменения  $F$ ) число циклов нагрузок  $N_{ji}$  с амплитудами  $F_p$ , которые попадают в  $i$ -ый интервал на  $j$ -ом режиме, определяем по формуле

$$N_{ji} = \frac{P_i \cdot N_j}{\sum_{i=1}^s P_i} \text{ или, учитывая, что}$$

$$\sum_{i=1}^s P_i = 1, N_{ji} = P_i \cdot N_j, \quad (8)$$

где  $N_j$  – циклическая долговечность (число циклов нагрузок, которые выдерживают крючки игл до усталостного разрушения) на  $j$ -ом режиме эксплуатации. С учетом цикличности изготовления изделий проектную долговечность  $N_j$  вычисляем по формуле

$$N_j = n_j \frac{T}{t_6} 60, \quad (9)$$

где  $T$  – проектная долговечность, час.;  $t_6$  – время изготовления одного типового изделия (длительность цикла), в мин.;  $n_j$  – количество циклов нагрузок иглы на  $j$ -ом режиме при выработке одного типового изделия. Детализация расчета  $n_j$  представлена в [7]. Очевидно, что суммарное количество циклов нагрузок иглы до разрушения при проектной долговечности  $T$  определяется как  $N_{\Sigma} = \sum N_{ji}$ .

При переходе к расчетным напряжениям в опасном сечении крючка иглы на различных режимах использовали формулу

$$\sigma_{ji} = K_0 \cdot F_{ji}, \quad (10)$$

где  $K = f(l_q) / A_{сеч}$  – коэффициент перехода от усилий к напряжениям;  $f(l_q)$  – выражение, учитывающее изменение площади сечений по длине стержня иглы от пятки к крючку, а также отражение волн в местах резкой смены формы иглы [8];  $A_{сеч}$  – площадь поперечного сечения стержня иглы в области пятки. Зависимость (10) позволяет выполнять переход к циклограмме вида  $\{\sigma_{ji}; N_{ji}\}$ .

Среднее эквивалентное напряжение для числа циклов, которое отвечает заданной проектной долговечности  $T$ , определяли по формуле

$$\sigma_{эв} = \sigma_{max} \sqrt[m]{\sum \frac{N_{ji}}{\sum N_{ji}} \frac{\sigma_{ji}^m}{\sigma_{max}^m}}, \quad (11)$$

где  $\sigma_{max}$  – максимальное значение в спектре действующих напряжений, МПа;  $m$  – параметр, который характеризует наклон участка кривой усталости крючка иглы.

Принятая к проектированию долговечность игл по усталостной прочности  $N_{pi}$  достигается в случаях обеспечения эквивалентных напряжений в опасном сечении крючка ниже предела его ограниченной усталости  $\bar{\sigma}_{-1DN_i}$ .

Известно, что пределы усталости деталей  $\sigma_{-1Д}$  обычно в 2...6 раз меньше пределов усталости их материалов  $\sigma_{-1}$ . Использование типовых методик по определению  $\bar{\sigma}_{-1DN_i}$  для деталей общего машиностроения применительно к иглам ограничено из-за сложности учета конструктивных и технологических особенностей игл как деталей сложной конфигурации. Экспериментальное получение для игл зависимости  $\bar{\sigma}_{-1DN_i} = f(N_{pi})$  по результатам натуральных испытаний на стадии проектирования неприемлемо из-за их значительной продолжительности. Предлагается решение с использованием статистических данных о наработках на отказ игл по критерию усталости крючка [9], которые получают при эксплуатационных наблюдениях автоматов в реальных условиях производства. Характеристики нагруженности определяли для игл автомата нескольких позиций, условия нагружения которых отличаются. В результате получено уравнение эмпирической линии вероятностных значений ограниченной долговечности вида

$$\lg \bar{N}_{pi} = -0,0534\sigma_{-1DN_i} + 10,577 + 0,141U. \quad (12)$$

Очевидно, что для средних значений ограниченной долговечности  $\bar{N}_{pi}$  при вероятности  $P = 0,5$  имеем  $U = 0$ . Решая уравнение (12) относительно  $\sigma_{-1DN_i}$ , получаем

$$\sigma_{-1DN_i} = -18,727 \lg \bar{N}_{pi} + 198,017 + 2,641U. \quad (13)$$

Условие усталостной прочности крючков игл для общего числа циклов нагружения  $N_{\Sigma}$ , что со-

ответствует заданной долговечности  $T$ , считается выполненным, если

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1, DN_i}}{\sigma_{экв}} \geq [K_{\sigma}]. \quad (14)$$

Для вычисления квантиля распределения

$$u_p = \frac{\lg(\sigma_{-1, DN_i} / \sigma_{экв})}{\sigma_{lgN}}$$

учитываем (14) и выражение для вероятностного вычисления коэффициента запаса  $K_{\sigma} = 10^{U_p \cdot \sigma_{lgN}}$ , где  $\sigma_{lgN}$  – среднее квадратичное отклонение долговечности в циклах нагрузок. Далее по специальным таблицам [10] в зависимости от  $u_p$  определяем вероятность неразрушения  $P$  крючков игл при заданном режиме нагружения и проектной долговечности.

Результаты расчета позволяют на стадии проектирования анализировать эффективность конструктивных решений вязальных механизмов автоматов по уровню усталостной долговечности игл при заданном числе циклов нагрузок.

## ВЫВОДЫ

1. Представлен комплексный подход к анализу динамики, нагруженности, долговечности и надежности по критерию усталостной прочности применительно к вязальным иглам чулочно-носочных автоматов.

2. Предложены основные положения определения ударных нагрузок игл в виде полиномиальной модели, что позволяет рассматривать их как функции случайных аргументов при любых значениях факторов в пределах, заданных условиями. Разработан общий подход к построению гистограммы относительных частот появления значений нагрузок, которые не подчиняются нормальному закону распределения.

3. Зависимость (13) предела ограниченной усталости крючков игл  $\sigma_{-1, DN_i}$  от их циклической долговечности  $N_{pi}$ , при получении которой рекомендуется использовать результаты расчета нагрузок и данные эксплуатационных наблюдений, позволяет на стадии проектирования анализировать эффективность конструктивных изменений вязальных систем по обеспечению заданной долговечности игл.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Піпа, Б.Ф., Плешко, С.А. (2012), *Удосконалення робочих органів механізмів в'язання кругло-в'язальних машин*, Київ, 471 с.
2. Когаев, В.П., Махутов, Н.А., Гусенков, А.П. (1985), *Расчеты деталей и конструкций на прочность и долговечность*, Москва, Машиностроение, 224 с.
3. Коновалов, Л.В. (1981), *Нагруженность, усталость, надежность деталей металлургических машин*, Москва, Metallurgy, 280 с.
4. Хазов, Б.Ф., Дидусев, Б.А. (1986), *Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования*, Москва, Машиностроение, 224 с.
5. Березін, Л.М. (2013), Особливості визначення

## REFERENCES

1. Pipa, B.F., Pleshko, S.A. (2012), *Udoskonalennja robochikh organiv mekhanizmv v'jazannja kruglo-v'jazal'nykh mashin* [Improvement of working bodies of knitting machinery of circular knitting machines], Kiev, 471 p.
2. Kogaev, V.P., Machutov, N.A., Gusenkov, A.P. (1985), *Raschety detalej i konstrukcij na prochnost' i dolgovechnost'* [Calculations of details and constructions on the strength and longevity], Moscow, Engineering, 224 p.
3. Konovalov, L.V. (1981), *Nagruzhennost', ustalost' i nadezhnost' detalej metalurgicheskix mashin* [Loading, fatigue and reliability of details of metallurgical machines], Moscow, Metallurgy, 280 p.
4. Hazov, B.F., Didusev, B.A. (1986). *Spravochnik po*

- закону розподілу ударних навантажень в в'язальних механізмах панчішно-шкарпеткових автоматів, *Вісник КНУТД*, 2013, № 5, С. 16-20
6. Вентцель, Е.С. (1962), *Теория вероятностей*, Москва, Физматгиз, 564 с.
  7. Березін, Л.М., Барілко, С.В. (2007), До розрахунку довговічності селекторів панчішно-шкарпеткових автоматів за критерієм втомленісної міцності, *Вісник КНУТД*, 2007, № 5, С. 32-35.
  8. Пипа, Б.Ф., Головчан, В.Т., Гайдайчук, И.П. (1975), О распространении волн напряжений в штампованной игле трикотажной машины, *Изв. вузов. Технология легкой промышленности*, 1975, № 2, С. 147-153.
  9. Березін, Л.М. (2009), До розрахунку довговічності голок за критерієм втомленісної міцності панчішно-шкарпеткових автоматів, *Вісник КНУТД*, 2009, № 2, С. 77-81.
  10. Шор, Я.Б., Кузьмин, Ф.И. (1968), *Таблицы для анализа и контроля надежности*, Москва, Советское радио, 288 с.
  5. Berezin, L.M. (2013), The features of determination of distribution function of impact loading in the knittings systems of automatic hosiery machine [Osoblyvosti vyznachennya zakonu rozpodilu udarnykh navantazhen' v v'yazal'nykh mekhanizmakh panchishno-shkarpetkovykh avtomativ], *Visnyk KNUTD – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, № 5, pp. 16-20.
  6. Wentzel, E.S. (1962), *Teoriya veroyatnostej* [Probability theory], Moscow, Fizmatgiz, 564 p.
  7. Berezin, L.M., Barilko S.V. (2007). To calculation of longevity of selectors of the knitting needles of automatic half-hose machine on the criterion of fatigue strength [Do rozrakhunku dovhovichnosti selektoriv panchishno-shkarpetkovykh avtomativ za kryteriyem vtomlenisnoyi mitsnosti], *Visnyk KNUTD – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, № 5, pp. 32-35.
  8. Pipa, B.F., Golovchan, V.T., Gaydaychuk, I.P. (1975), On the propagation of stress waves in the pressed needle knitting machine [O rasprostraneni voln napryazhenij v shtampovanoj igle trikotazhnoj mashiny'], *Izv. Vuzov. Tekhnologiya legkoj promy'shlyennosti – Math. universities. Technology of Light Industry*. № 2, pp. 147-153.
  9. Berezin, L.M. (2009). To calculation of longevity of needles on the criterion of fatigue strength of automatic half-hose machine [Do rozrakhunku dovhovichnosti holok za kryteriyem vtomlenisnoyi mitsnosti panchishno-shkarpetkovykh avtomativ], *Visnyk KNUTD – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, № 2, pp. 77-81.
  10. Shor, Ya.B., Kuzmin, F.I. (1968), *Tabliczy' dlya analiza i kontrolya nadezhnosti* [Tables for the analysis and control of reliability], Moscow, Soviet radio, 288 p.

Статья поступила в редакцию 27. 07. 2015 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАДНИКОВ ОБУВИ

П.Г. Деркаченко, А.Н. Буркин

УДК 685.34.03:685.34.073.42

### РЕФЕРАТ

*ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ТПМ), ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ, СВОЙСТВА, ИССЛЕДОВАНИЕ*

Объектом исследования являются зарубежные термопластичные материалы (ТПМ) для задников обуви, используемые в настоящее время на обувных предприятиях Республики Беларусь. Целью исследования является определение значений показателей, влияющих на формоустойчивость данных материалов, а также выработка рекомендаций по выбору оптимальных с точки зрения формоустойчивости ТПМ для их применения в производстве. Актуальность исследования связана с тем, что на производстве при выборе ТПМ от зарубежного поставщика часто руководствуются лишь предложениями изготовителя, которые носят рекомендательный характер. Поэтому в последнее время возникает вопрос применения ТПМ, об эксплуатационных характеристиках которых практически ничего не известно. Авторами проведено исследование предметной области, для чего предложены показатели для оценки свойств ТПМ для задников. По результатам исследования определены ТПМ, которые могут быть рекомендованы для более широкого применения в производстве обуви строчечно-литьевого метода крепления низа.

### ABSTRACT

*THERMOPLASTIC MATERIALS, STABILITY OF SHAPE, PROPERTIES, RESEARCH*

The object of the study is foreign thermoplastic materials for a shoe counter widely used, in the shoe industry of the Republic of Belarus. The aim of the study is to determine the values of the parameters affecting the stability of shape of these materials and to make recommendations on how to choose thermoplastic materials for their use in manufacturing. Since the production of thermoplastic materials in the CIS does not cover in full the increased demand for this material, the enterprises of the Republic of Belarus are increasingly using thermoplastic materials from different foreign suppliers. It should be noted that their use is often guided by the suggestions of the manufacturer, who are only advisory in nature. Therefore, in recent years the application of thermoplastic materials has become a topical issue as their performance characteristics are not well known as yet. Thus, there is a problem definition and study of the properties of advanced thermoplastic materials for footwear counters in order to compare them and to determine the most appropriate for use in production.

Формоустойчивость обуви в значительной степени определяется качеством ее каркасных деталей, в частности, задников. Основное назначение задников заключается в том, что они удерживают стопу в правильном положении и защищают ее от механических воздействий внешней среды. В настоящее время наряду с картонными задниками широкое применение получили термопластичные материалы (ТПМ) для задников обуви строчечно-литьевого метода крепления. Это объясняется рядом преимуществ ТПМ по сравнению с кожкартоном: способность легко формироваться при нагревании до (60–90) °С и

фиксировать приданную форму после охлаждения; способность приклеиваться к верху и подкладке без применения клеев и растворителей; высокая стойкость в процессе эксплуатации. К недостаткам же можно отнести: расход тепловой и электрической энергии на разогрев материала; отсутствие гигиенических свойств; дефицитность покрытия. Результаты опытной носки обуви с задниками из ТПМ показывают, что по «носкости» они в отдельных случаях превосходят кожаные [1].

В настоящее время производство обуви строчечно-литьевого метода крепления растёт,

а следовательно, растет заказ и поставка на белорусские предприятия ТПМ для задников. Поскольку производство ТПМ на территории СНГ не покрывает в полном объеме увеличившиеся потребности в данном материале, на предприятиях Республики Беларусь все более широкое применение находят ТПМ от различных зарубежных поставщиков.

За рубежом ТПМ для задников обуви, как правило, выпускаются многослойными, с использованием тканей или нетканых волокнистых основ. Как исключение встречаются отдельные материалы в виде жестких полимерных пленок. Наиболее распространенными являются ТПМ, которые обычно производятся в трех вариантах:

- термопластичная смола, нанесенная в расплавленном состоянии на детали верха или подкладки обуви;
- термопластичная пленка, склеенная с деталью обуви;
- термопластичная пленка на текстильной основе, покрытая с одной или с двух сторон термоактивируемой клеевой пленкой [1].

Среди материалов первой группы следует отметить «Трулайп» фирмы «Бостик» (Англия) или бране-95 (Чехия). В зависимости от толщины наносимого слоя полимера жесткость и упругость задника меняются. Ко второй группе можно отнести материалы типа термопластик (Франция) и петекс (Чехия). Термопластик представляет собой полимерную пленку, петекс – материал из термопластичных волокон. Материалы третьей группы нашли наибольшее распространение и применение в производстве как обладающие хорошими технологическими, а также эксплуатационными свойствами. Они имеют тканевую или нетканую основу, которую покрывают с одной или двух сторон пластиком ПВО или перхлорвинила.

В качестве ТПМ для задников обуви широкое применение получают нетканые материалы и ткани, пропитанные термопластичными веществами. На эти материалы наносят покрытия с одной или с двух сторон.

Изготавливают ТПМ на прошитой нетканой хлопковой основе. На нетканую основу накладываются с одной или с двух сторон сначала пленки поливинилхлорида с пластификаторами или смеси поливинилхлорида с каучуком СКН-

40, затем – пленки на основе перхлорвинила с пластификатором. Полученная пластина пресуется в гидравлическом прессе при 150 °С и определенном давлении.

В последнее время выпускаются ТПМ для задников обуви на различных текстильных основах с нанесением покрытий из различных полимеров: транс-1,4-полиизопрена, латекса СКС-65ГП, на основе метило- и полиамидного клея ПФЭ 2/10П, пластифицированной целлюлозы и др. Свойства этой группы материалов в основном зависят от их строения. Жесткость и формоустойчивость их связаны с полимером, который, расплавляясь при прессовании, проникает в волокнистую основу и цементирует её. Если необходимо сделать материал менее упругим, полимер смешивают с каучуком [1].

Надо отметить, что при использовании зарубежных ТПМ на обувных предприятиях Республики Беларусь часто руководствуются предложениями изготовителя, которые носят лишь рекомендательный характер. Поэтому в последнее время стал актуальным вопрос применения ТПМ, об эксплуатационных характеристиках которых почти ничего не известно. В литературных источниках содержатся сведения о ТПМ для задников обуви, которые либо вообще не применяются в производстве, либо используются в небольшом количестве. Таким образом, возникает проблема определения и исследования свойств современных ТПМ для изготовления задников обуви строчечно-литьевого метода крепления с целью их сравнения.

Для оценки свойств ТПМ для задников авторы предлагают следующие показатели:

- толщина;
- твердость;
- плотность;
- относительное удлинение при растяжении;
- предел прочности при растяжении;
- разрушающее усилие;
- жесткость 2-опорная;
- остающийся угол после изгиба материала на 90°;
- жесткость по изгибу;
- коэффициент формоустойчивости;
- прочность термосклеивания материала.

Данные показатели были выбраны на основании показателей оценки физико-механиче-

ских свойств картонов для задников, описанных в ГОСТ 9542–89 «Картон обувной и детали из него. Общие технические условия», с учетом особенностей применения ТПМ.

Толщина определялась по методике, приведенной в ГОСТ 17073–71 [2]. Твердость определялась согласно ГОСТ 263–53 [3] с помощью игольчатого твердомера ТМ-2 (метод вдавливания). Плотность ТПМ ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> была определена согласно ГОСТ 9186–76 [4]. Предел прочности при растяжении, относительное удлинение и разрушающее усилие определялись по ГОСТ 13525.1–79 [5]. Исследование данных показателей производилось на образцах ТПМ, выкроенных в продольном направлении на разрывной машине РТ-250. Задники из ТПМ испытывают нагрузки, аналогичные картонным задникам, поэтому для них определялся такой показатель, как жесткость 2-опорная. Похожую нагрузку задник, как правило, испытывает в готовой обуви при ударах. Данный показатель определялся в соответствии с ГОСТ 9187–74 [6]. Чтобы судить о формоустойчивости ТПМ, определялся оставшийся угол после изгиба на 90°. Метод его определения описан в ГОСТ 9542–89 [7]. Данным методом оценивали способность материалов к формообразованию (формованию), а также способность материалов жестко фиксировать затяжную кромку. Способность материала формоваться определялась величиной угла: чем больше остающийся угол после изгиба, тем лучше формовочные свойства материалов. Изменение остающегося угла должно стремиться к нулю. Образцы материала каждого вида испытывались как в холодном состоянии, при комнатной температуре, так и в разогретом до температуры 140 °С в течение одной минуты. На основании обзора методик испытаний материалов на жесткость была выбрана методика определения жесткости по изгибу [8], которая может быть использована для определения жесткости как отдельных материалов, так и систем материалов, имитирующих пяточную часть обуви. Данная методика базируется на определении нагрузки, необходимой для сообщения определенной стрелы прогиба полоске материала, закрепленной одним концом. Одним из важнейших показателей при исследовании ТПМ для каркасных деталей обуви является их формоустойчивость.

Можно иметь прочный и достаточно деформируемый материал, но не формоустойчивый, и наоборот. В связи с этим у исследуемых ТПМ определялся коэффициент формоустойчивости по методике, описанной в [9]. Испытания проводились на круглой пресс-форме, образцы разогревались до  $T = 140$  °С, выдерживались под давлением = 4 МПа 25 секунд. Прочность термосклеивания ТПМ с контрольным материалом определялась в соответствии с ГОСТ 27319–87 [10].

По вышеперечисленным показателям авторы провели оценку свойств следующих ТПМ для задников обуви производства фирмы «TECNO-GI» (Италия): TADAS 558/46, TADAS 560/46, TADAS 589/36, MAXIM 613/771, MAXIM 614/503, MAXIM 614/771, MAXIM 615, MAXIM 624, MAXIM 873/771, TALYN 412, Sintex и Biterm номеров 316 и 336. Данные артикулы широко применяются на отечественных предприятиях для изготовления задников обуви строчечно-литьевого метода крепления. Результаты исследований приведены в таблицах 1–6.

Анализ экспериментальных данных таблицы 1 свидетельствует о том, что все ТПМ для задников обуви имеют примерно одинаковую твердость при толщинах 1,5–1,8 мм, которая в среднем составляет 68,2 условные единицы. Наименьшее значение твердости – 45,9 условных единиц – у артикула TALYN 412. Значения твердости ТПМ марок Sintex 316 и Biterm 336, имеющих толщину 2,2 мм, существенно выше остальных. Следует отметить, что толщина у исследованных ТПМ существенно не влияет на их плотность. Наименьшая плотность у материалов артикулов MAXIM 614/503 (0,37 г/см<sup>3</sup>) и MAXIM 614/771 (0,32 г/см<sup>3</sup>), в среднем же плотность ТПМ составляет 0,62 г/см<sup>3</sup>, что ниже величины этого показателя у обувных картонов. Наибольшей плотностью обладает ТПМ артикула TALYN 412 – 0,74 г/см<sup>3</sup>.

Анализируя данные таблицы 2, можно отметить, что ТПМ марок Sintex 316 и Biterm 336 имеют наибольшее разрушающее усилие (451,25 и 490,5) Н, это объясняется наличием большого количества волокон, тесно связанных между собой проклеивающей массой. У остальных материалов значение разрушающего усилия колеблется от 97 Н до 192 Н. В целом

Таблица 1 – Показатели толщины, твердости и плотности ТПМ для задников обуви

Наименование материала	Толщина, мм	Твердость, усл. ед.	Плотность, г/см <sup>3</sup>
TADAS 558/46	1,6	68,3	0,61
TADAS 560/46	1,8	63,7	0,65
TADAS 589/36	1,6	70,1	0,55
MAXIM 613/771	1,5	66,8	0,51
MAXIM 614/503	1,7	66,1	0,37
MAXIM 614/771	1,7	65,9	0,32
MAXIM 615	1,6	79,8	0,54
MAXIM 624	1,6	66,6	0,60
MAXIM 873/771	1,6	67,3	0,51
TALYN 412	1,6	45,9	0,74
Sintex 316	2,1	90,7	0,64
Biterm 336	2,2	93,9	0,64

Таблица 2 – Показатели деформационных и прочностных свойств ТПМ для задников обуви

Наименование материала	Разрушающие усилие, Н	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %
TADAS 558/46	112	7	29
TADAS 560/46	182,5	10,14	32
TADAS 589/36	142	8,88	57
MAXIM 613/771	106	7,06	17
MAXIM 614/503	123	7,24	14
MAXIM 614/771	126	7,41	17
MAXIM 615	165,5	10,34	22
MAXIM 624	171	10,69	34
MAXIM 873/771	132,5	8,28	19
TALYN 412	178	11,13	263
Sintex 316	451,25	21,49	17
Biterm 336	490,5	20,11	12

значения предела прочности при растяжении и относительного удлинения ТПМ выше, чем у обувных картонов, что говорит о лучших пластических и прочностных свойствах. Наибольший предел прочности у материалов Sintex 316 и Biterm 336: 20,11–21,49 МПа, однако значения относительного удлинения у них самые низкие.

Наименьший показатель прочности у ТПМ марки TADAS 558/46: 7 МПа. Почти все исследуемые ТПМ имеют относительное удлинение разрыва в пределах 12–57 %, что намного ниже, чем у материала TALYN 412. Относительное удлинение данного ТПМ почти в 4,5 раза превышает значения других материалов. Это объясняется тем, что

материал TALYN 412 примерно на 80 % состоит из клеевого покрытия, а только 20 % составляет нетканая основа.

Анализ экспериментальных данных показывает, что у исследованных ТПМ для задников величина формоустойчивости лежит в пределах 38–44 мм, что указывает на хорошие формовочные свойства. Также после изгиба на поверхности материалов не осталось видимых трещин, они не сломались и не потеряли форму после удаления из матрицы, что делает их формовоч-

ные свойства еще лучше. Можно отметить, что величина формоустойчивости у исследуемых ТПМ больше, чем у обувных картонов, что обусловлено более низкой прочностью и пластичностью последних.

Как видно, в целом жесткость ТПМ несколько выше, чем жесткость обувных картонов. Это обуславливается наличием у ТПМ клеевого покрытия. Анализ экспериментальных данных таблицы 4 показал, что высокими показателями жесткости 2-опорной обладают ТПМ марки Sintex 316

Таблица 3 – Значения формоустойчивости ТПМ

Наименование материала	Изменения остающегося угла, мм	Примечания
TADAS 558/46	40	без видимых трещин
TADAS 560/46	38	без видимых трещин
TADAS 589/36	41	без видимых трещин
MAXIM 613/771	43	без видимых трещин
MAXIM 614/503	42	без видимых трещин
MAXIM 614/771	40	без видимых трещин
MAXIM 615	40	без видимых трещин
MAXIM 624	44	без видимых трещин
MAXIM 873/771	39	без видимых трещин
TALYN 412	42	без видимых трещин
Sintex 316	42	без видимых трещин
Biterm 336	42	без видимых трещин

Таблица 4 – Показатели двухопорной жесткости ТПМ

Наименование материала	Жесткость 2-опорная, Н
TADAS 558/46	7,7
TADAS 560/46	12,5
TADAS 589/36	6,7
MAXIM 613/771	2,0
MAXIM 614/503	6,5
MAXIM 614/771	6,5
MAXIM 615	9,2
MAXIM 624	5,3
MAXIM 873/771	3,1
TALYN 412	14,5
Sintex 316	16,3
Biterm 336	22,2

и Biterm 336, а наименьшее значение имеют ТПМ марки MAXIM 613/771 и MAXIM 873/771. Такой результат можно объяснить тем, что Sintex 316 и Biterm 336 обладают большей толщиной и двухсторонним клеевым покрытием, что придает данным материалам высокую стойкость к подаваемой нагрузке. Можно отметить, что для ТПМ, так же, как и для обувных картонов, при увеличении жесткости 2-опорной значение относительного удлинения при растяжении уменьшается.

Анализ данных таблицы 5 показал, что материалы Sintex 316 и Biterm 336 имеют самые высокие показатели жесткости по консоли. Это объясняется их наибольшей толщиной и плотным слоем клеевого покрытия. Показатель жесткости по консоли ТПМ марки MAXIM 873/771 оказался самым низким, так как данный материал состоит примерно на 98 % из трикотажной основы.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что самый низкий показатель прочности склеивания имеет материал TADAS 589/36, а наилучшим показателем обладает материал TADAS 558/46. Прочность склеивания остальных ТПМ лежит в пределах (4,8 – 10) Н. Можно сказать, что для второстепенного склеивания все исследуемые ТПМ имеют достаточную клеящую способность.

Из данных таблиц 1–6 можно сделать вывод, что материал MAXIM 624 обладает небольшой толщиной и жесткостью, высокой прочностью,

эластичностью, достаточными прочностью склеивания и нагрузкой при расслаивании, а также наибольшим (44 мм) значением формоустойчивости. Все это говорит о его хороших эксплуатационных свойствах.

Также хорошей формоустойчивостью (43 мм) обладает ТПМ артикула MAXIM 613/771. Данный материал обладает наименьшим среди исследуемых ТПМ значением предела прочности – 7,06 МПа, что, тем не менее, соответствует требованиям ГОСТ 9542–89. Малая толщина, жесткость, достаточная эластичность (относительное удлинение равно 17 %, что выше, чем относительное удлинение картонов для задников), высокая прочность склеивания и нагрузка при расслаивании определяют хорошие эксплуатационные свойства указанного ТПМ.

Таким образом, ТПМ артикулов MAXIM 624 и MAXIM 613/771 могут быть рекомендованы для более широкого применения в производстве обуви строчечно-литьевого метода крепления низа.

В заключение необходимо отметить, что ТПМ для задников обуви обладают хорошей формоустойчивостью, пластичностью, а также высокой прочностью. Однако большая жесткость, толщина, неспособность впитывать влагу ухудшают их эксплуатационные и гигиенические свойства, поэтому в производстве они применяются не так широко, как обувные картоны.

Таблица 5 – Показатели жесткости по консоли ТПМ

Наименование материала	Жесткость, кг·см <sup>2</sup>
TADAS 558/46	2,63
TADAS 560/46	3,41
TADAS 589/36	2,84
MAXIM 613/771	1,64
MAXIM 614/503	1,25
MAXIM 614/771	1,01
MAXIM 615	1,04
MAXIM 624	2,42
MAXIM 873/771	0,38
TALYN 412	1,58
Sintex 316	4,46
Biterm 336	3,24

Таблица 6 – Показатели клеящей способности ТПМ

Наименование ТПМ, входящего в систему пяточной части обуви	Нагрузка при расслаивании, Н	Прочность склеивания, Н/см	Примечание
TADAS 558/46	31	12,4	Расслаивание по межподкладке
TADAS 560/46	12	4,8	
TADAS 589/36	7	2,8	
MAXIM 613/771	25	10	Порыв по ТПМ
MAXIM 614/503	22	8,8	Расслаивание по межподкладке
MAXIM 614/771	13	5,2	
MAXIM 615	23	9,2	
MAXIM 624	18	7,2	
MAXIM 873/771	17	6,8	Расслаивание по межподкладке
TALYN 412	12	4,8	
Sintex 316	13	5,2	
Biterm 336	14	5,6	

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зурабян, К. М. (2004), *Справочник по материалам, применяемым в производстве обуви и кожгалантереи*, Москва, Shoe-Icons, 2004, 210 с.
2. ГОСТ 17073–71. *Кожа искусственная. Методы определения толщины и массы на 1м<sup>2</sup>*. Введ. 1972-07-01. Москва, Издательство стандартов, 1975, 6 с.
3. ГОСТ 263-75. *Резина. Методы определения твердости по Шору А*. Введ. 1977-01-01. Москва, Государственный Комитет СССР по стандартам, 1977, 6 с.
4. ГОСТ 9186-76. *Картон обувной и детали из него. Правила приемки и методы испытаний*. Введ. 1977-01-01. Москва, ИПК издательство стандартов, 1986, 8 с.

## REFERENCES

1. Zurabyan, K. M. (2004), *Spravochnik po materialam, primenyayemym v proizvodstve obuvi i kozhgalanterei* [Reference materials used in the manufacture of footwear and leather goods], Moscow, Shoe-Icons, 2004, 210 p.
2. GOST 17073-71. *Kozha iskusstvennaya. Metody opredeleniya tolshchiny i massy na 1m<sup>2</sup>* [Artificial leather. Method for the determination of thickness and mass of 1m<sup>2</sup>], Moscow, 1975, 6 p.
3. GOST 263-75. *Rezina. Metody opredeleniya tverdosti po Shoru A*. [Rubber. Method for determination of Shore A hardness.], Vved. 1977-01-01, Moscow, 1977, 6 p.
4. GOST 9186-76. *Karton obuvnoj i detali iz nego. Pravila priemki i metody ispytaniy* [Cardboard for footwear and details made of the same. Rules

5. ГОСТ 13525.1-79. *Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении*. Взамен ГОСТ 13525.1-68. Введ. 1980-07-01, Москва, Стандартинформ, 2007, 4 с.
6. ГОСТ 9187-74. *Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе*, Москва, Издательство стандартов, 1976, 6 с.
7. ГОСТ 9542-89. *Картон обувной и детали из него. Общие технические условия*. Введ. 1991-01-01, Москва, Государственный Комитет СССР по стандартам, 1989, 16 с.
8. *Методы испытаний обувных материалов и обуви* (1954), Ч.1. Физические и механические испытания основных обувных материалов и обуви, Москва, Государственное научно-техническое издательство Министерства промышленных товаров широкого потребления СССР, 492 с.
9. Матвеев, В. Л. (1986), *Деформационные свойства стелечных материалов при сжатии*, автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.01, Каунасский политехнический институт имени Антанаса Снечкуса, Каунас, 24 с.
10. ГОСТ 27319 – 87. *Материалы термопластичные. Методы определения прочности термосклеивания*. Введ. 1988-07-01, Москва, Государственный Комитет СССР по стандартам, 1987, 6 с.
- of acceptance and test methods.], Vved.1977-01-01, Moscow, 1986, 8 p.
5. GOST 13525.1-79. *Polufabrikaty voloknistye, bumaga i karton. Metody opredeleniya prochnosti na razryv i udlineniya pri rastyazhenii* [Fibre semimanufactures, paper and board. Tensile strength and elongation tests.], Vzamen GOST 13525.1-68, vved. 1980-07-01, Moscow, 2007, 4 p.
6. GOST 9187-74. *Karton obuvnoj. Metod opredeleniya zhestkosti i izgibostojkosti pri staticheskom izgibe* [Cardboard. Method of measuring of stiffness and tensile strength under static bending.], Moscow, 1976, 6 p.
7. GOST 9542-89. *Karton obuvnoj i detali iz nego. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Cardboard for footwear and detailes made of the same. General specifications], Vved. 1991-01-01, Moscow, 1989, 16 p.
8. *Metody ispytaniy obuvnyh materialov i obuvi* (1954), ch.1. *Fizicheskie i mekhanicheskie ispytaniya osnovnyh obuvnyh materialov i obuvi* [Methods of test for footwear and footwear materials, Part 1: Physical and mechanical tests of basic shoe materials and shoe], Moscow, 492 p.
9. Matveev, V. L. (1986), *Deformacionnye svoystva stelechnyh materialov pri szhatii* [Deformation properties of materials under compression insole], avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk po special'nosti 05.19.01, Kaunasskij politekhnicheskij institut imeni Antanasa Snechkusa, Kaunas, 24 p.
10. GOST 27319–87. *Materialy termoplastichnye. Metody opredeleniya prochnosti termoskleivaniya* [Thermoplastic materials. Method of determination of thermal bonding strength.], Vved. 1988-07-01, Moscow, 1987, 6 p.

Статья поступила в редакцию 28. 05. 2015 г.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ ТКАНИ НА ЭТАПАХ ЕЁ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Е.В. Дробот, О.В. Загора, Е.Ю. Рязанова

УДК 677.024.001.5

### РЕФЕРАТ

#### КОМБИНИРОВАННЫЕ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ, ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ НИТЕЙ В ТКАНИ, ПОРЯДОК ФАЗЫ СТРОЕНИЯ ТКАНИ

Статья посвящена исследованию характера изменения структуры тканей комбинированных переплетений в процессе всего цикла их формирования: в условиях заправки и изготовления на ткацком станке и после снятия со станка и стабилизации структуры.

В процессе проведения экспериментальных исследований изучено взаимное расположение нитей основы и утка в ткани. С этой целью применялась методика получения поперечных срезов тканей, которые обрабатывались с помощью компьютерной программы для работы с микроизображениями. Анализ полученных изображений показал, что в условиях заправки на ткацком станке ткань имеет выраженную однослойность, нити основы и утка располагаются на своих уровнях относительно средней линии ткани, их форма соответствует выработанному раппорту переплетения. После снятия со станка взаимное расположение нитей в ткани меняется. Нити приобретают большую величину волны изгиба, под действием релаксационных процессов сокращается длина основных и уточных прокидок, что приводит к группированию нитей противоположной системы под длинными прокидками и их выдавливанию из рельефа ткани. Таким образом, нити одной системы располагаются не на одном уровне, образуя так называемую «многослойность» ткани. Для оценки характера и величины взаимного размещения нитей в ткани комбинированного переплетения рассчитывался порядок фазового строения ткани. В результате определено, что фаза строения ткани после снятия ее со станка увеличивается. На изменение порядка фазового строения ткани влияет ряд факторов (технологические и заправочные параметры работы ткацкого станка, параметры раппорта ткани, релаксационные процессы в ткани), которые необходимо учитывать для сохранения заданной при проектировании структуры ткани.

### ABSTRACT

#### COMBINED WEAVES, ORDER PHASE STRUCTURE OF THE MACHINE, THE ORDER OF THE PHASE STRUCTURE IN THE FREE STATE FABRIC

The article investigates the nature of changes in fabric structure of combined weaves during the entire cycle of their formation: in a gas station and workmanship on the loom and after removal from the machine and stabilization of the structure.

In the course of experimental studies the relative position of the warp and weft of the fabric was investigated. For this purpose the method for preparing cross-embedded fabric sections were processed by a computer program to work with the microimages. Analysis of the images showed that under the conditions of filling on the loom fabric has a distinct single layer warp and weft threads are on their levels relative to the midline of the fabric, they form corresponds worked out rapport weave. After removing from the machine the mutual arrangement of threads in the tissue changes. Filaments acquire a large amount of bending waves under the action of the relaxation processes and reduced length of the main picks, which leads to clustering of the opposite strand by the pick and long the extrusion of relief fabric. Thus, the threads of a system are not located at the same level, forming a so-called «multi-layered» fabric. To assess the nature and magnitude of the mutual placement of threads in the fabric weave combined calculated order of the phase structure of the fabric. As a result, it is determined that the phase structure of the fabric after its removal from the machine increases. To change the order of the phase structure of the fabric affected by a number of factors (technological and fueling parameters of the loom parameters rapport tissue relaxation processes in the tissue) to be considered for conservation given in the design of fabric structure.

В процессе производства ткани задействовано множество специалистов, каждый из которых отвечает за определенный этап формирования тканых изделий. Так, первым этапом в производстве ткани является выбор ассортимента выпускаемой продукции и определение необходимых физико-механических свойств, а также будущий внешний вид ткани. Что касается внешнего вида, то на него влияет как выбор цветовой гаммы декоративного узора на поверхности ткани, так и рельеф ткани, который определяется расположением двух систем нитей основы и утка между собой. Все факторы, описывающие будущую ткань, прогнозируются и рассчитываются в процессе проектирования.

Известно, что физико-механические параметры ткани задаются в процессе проектирования ее на производстве путём комбинации различных структурных параметров. От правильности подборки структурных показателей зависит соответствие выработанной ткани заранее заданным потребительским свойствам [1]. В таком случае предприятие, изготовившее данный текстильный продукт, сможет успешно реализовать выработанную им продукцию, а само предприятие на рынке сбыта будет, соответственно, считаться конкурентоспособным. Таким образом, при разработке нового ассортимента необходимо правильно подобрать и рассчитать структурные показатели, а также немаловажно знать и быть уверенным, что они не изменятся после изготовления ткани.

Многие научные труды ученых-текстильщиков посвящены исследованию параметров структуры ткани, которые задаются в процессе изготовления, формируются под влиянием особенностей ее строения или же приобретаются в процессе эксплуатации ткани. Показатели параметров строения ткани, в конечном счете, дополняют или уточняют характер изменения линейных размеров готовых тканей. Такие изменения в текстильной промышленности принято называть усадкой или уработкой [2–4]. Во всех работах указывается на необходимость уточнения расчетов проектирования тканей по заданным свойствам, так как даже незначительное изменение процента уработки ткани, а как следствие и изменение ее строения, влечет за собой непредвиденные затраты по использованию сы-

рья, а также изменения в физико-механических свойствах будущей ткани.

Известно, что в процессе тканеформирования на ткацком станке нити и ткань подвергаются влиянию многих механических воздействий, которые не проходят бесследно, вызывая изменения их структуры. Во время зарботки нити в ткань на ткацком станке происходит накопление напряжений и деформации. Рабочие органы станка подвергают нити сгибанию, сжиманию, растяжению, ткань всегда находится в зафиксированном состоянии вдоль нитей утка с помощью шпаруток, а вдоль нитей основы – товарным и основным регулятором. При этом система нитей основы находится под постоянным натяжением, которое обеспечивается конструктивно-заправочной линией станка [5–6]. В результате влияния всех этих факторов ткань находится в напряженном состоянии, которое вызвано действиями упругой, эластической и пластической деформациями. В момент съема ткани со станка в ней исчезает состояние напряжения и в последующем происходят релаксационные процессы, которые изменяют состояние нитей в ткани. Нити пытаются занять равновесное положение в ткани, происходит изменение изгибов систем нитей основы и утка, в конечном счете расположение систем нитей происходит на двух уровнях, что приводит к изменению структуры ткани.

Таким образом, полный цикл формирования структуры ткани состоит из трех основных этапов: проектирование параметров структуры ткани в соответствии с заданными свойствами с использованием различных методов проектирования, выработка ткани заданной структуры на ткацком станке и стабилизация структуры ткани после снятия ее со станка в результате прохождения релаксационных процессов в нитях.

Для определения закономерности изменения взаимного расположения нитей в ткани на этапах ее проектирования, формирования на ткацком станке и после снятия со станка проведен ряд экспериментов в условиях лаборатории технологии ткачества кафедры экспертизы, технологии и дизайна текстиля Херсонского национального технического университета. В качестве предмета исследования взяты ткани комбинированных переплетений, раппорт переплетения которых представляет собой несимметричный

рисунок, то есть имеет основные перекрытия разной длины и формы. Такие особенности рисунка переплетения оказывают существенное влияние на процесс прогнозирования структуры будущей ткани. Так, многие исследователи отмечают, что неравномерность и разнообразность перекрытий затрудняет разработку формул и методов исследования структурных показателей ткани [7–9]. Некоторые ученые в своих трудах приходят к решению не использовать данный вид переплетений при выводе основных закономерностей [10] либо, если в начале исследования они были приняты за объект, то на конечном этапе эти переплетения становятся исключением из достигнутых результатов [11–12]. В своих трудах Толубеева Г.И. и Склянников В.П. приводят методики проектирования структурных показателей комбинированных переплетений, в основе которых лежит классификация полей элементов переплетений, предложенная Г.И. Селивановым [13]. Данные методики формируются на основе рассмотрения комбинированного переплетения как совокупности различных комбинаций основных и уточных перекрытий в виде небольших матриц (2×3 или 3×2) [8, 14, 15]. То есть на сегодня предложено довольно много методик расчета и прогнозирования заданной структуры тканей комбинированных переплетений, в том числе и с несимметричным раппортом, однако все они требуют дальнейших разработок и усовершенствования. Это вызвано необходимостью быстрого обновления ассортимента текстильных изделий в мире современных и модных технологий.

Поэтому целью данной работы является определение экспериментальным путем характера и величины изменения взаимного размещения нитей в тканях комбинированных переплетений в процессе всего цикла их формирования: в условиях заправки и изготовления на станке и после снятия со станка и стабилизации структуры. Исследование изменения параметров строения ткани на этапах ее изготовления проводится

на образцах различных комбинированных переплетений, изготовленных в лабораторных условиях. Показатели строения одного из образцов ткани представлены в таблице 1, а рисунок переплетения ткани показан на рисунке 1.

12					x	x	x	x						
11	x	x			x	x	x	x				x	x	
10					x	x	x	x						
9					x	x	x	x						
8	x	x	x	x										
7	x	x	x	x				x	x	x	x			
6	x	x	x	x										
5	x	x	x	x										
4											x	x	x	x
3			x	x	x	x				x	x	x	x	
2											x	x	x	x
1											x	x	x	x
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Рисунок 1 – Раппорт комбинированного переплетения

В таблице  $T_o, T_y$  – линейная плотность нитей основы и утка, текс;  $P_o, P_y$  – количество нитей основы и утка на 10 см соответственно, нит/10 см;  $R_o, R_y$  – раппорт по основе и утку фона;  $t_o, t_y$  – число связей соответственно основы с утком и утка с основой в границах одного раппорта;  $F_\phi$  – коэффициент переплетения нитей фона;  $C_\phi$  – коэффициент связности нитей фона, рассчитанный по формуле Ереминой П.С. [8];  $i$  – коэффициент уравновешенности ткани по переплетению;  $H_o, H_y$  – линейное наполнение ткани по основе и утку;  $H_v$  – коэффициент объемного наполнения, который характеризует напряженность процесса формирования ткани.

В качестве критерия изменения структуры избран порядок фазового строения ткани (ПФС), который является показателем, объединяющим все признаки взаимного размещения нитей основы и утка в ткани с учетом их толщины, ко-

Таблица 1 – Показатели строения ткани

Сырье	$T_o$	$T_y$	$P_o$	$P_y$	$R_o$	$R_y$	$t_o$	$t_y$	$F_\phi$	$C_\phi$	$i$	$H_o$	$H_y$	$H_v$
х/б	34x2	29x2	158	200	12	12	25	15	7,3	2,7	0,78	0,54	1,09	0,66

личества на 10 см и вида переплетения. ПФС ткани определялся как среднее значение из двух показателей: фаза строения ткани, определенная по основе, и фаза строения ткани, определенная по утку.

Исследования проводились с помощью методики получения поперечных срезов ткани вдоль нитей основы и утка [16]. В результате получены микросрезы ткани двух видов. Первый вид микросрезов получен из образцов ткани, заправленной на станке. Образцы были зафиксированы специальным раствором в зоне между опушкой ткани и грудницей. В данных образцах отображается действительное расположение двух систем нитей в напряженно-деформированном состоянии ткани. Второй вид микросрезов получен из образцов этой же ткани, снятой со станка. В данных образцах зафиксировано взаимное расположение нитей основы и утка после прохождения релаксационных процессов и стабилизации структуры ткани. Полученные препараты исследованы под микроскопом с применением цифрового объектива SIGETA UC MOS 3100. Обработка результатов эксперимента проведена с помощью компьютерной программы для работы с микроизображениями Tour View фирмы Hangzhou TourTek Photonics Co. Все замеры произведены в реальных числовых значениях с учетом масштаба. Фотографии реального расположения нитей в ткани представлены на рисун-

ках 2–5, на которых цветная нить – это основа, а уток – белого цвета.

Пояснения к рисункам и последующим формулам:

- штрихпунктирной линией обозначена средняя линия ткани по толщине;
- обозначения без штриха относятся к разрезам ткани, полученным в условиях заправки ткани на станке;
- обозначения со штрихом относятся к разрезам ткани, полученным после снятия ткани со станка;
- $d_o, d_y$  – диаметры нитей основы и утка;
- $f_o, (f_y), f'_o, (f'_y)$  – длина основного (уточного) перекрытия;
- треугольники  $\Delta ABC$  и  $\Delta abc, \Delta DEF$  и  $\Delta def, \Delta A'B'C'$  и  $\Delta a'b'c', \Delta D'E'F'$  и  $\Delta d'e'f'$  приняты как шаблоны для определения структурных параметров согласно теории строения ткани Новикова Н.Г. [17–20], из которых определяется:
  - катеты  $BC$  и  $B'C', bc$  и  $b'c'$  – высоты волн изгибов нитей утка ( $h_y$  и  $h'_y$ ) и основы ( $h_o$  и  $h'_o$ ), полученные при исследовании разрезов ткани вдоль основных нитей;
  - катеты  $EF$  и  $E'F', ef$  и  $e'f'$  – высота волны изгиба нити основы ( $h_o$  и  $h'_o$ ), утка ( $h_y$  и  $h'_y$ ), полученные при исследовании разрезов ткани вдоль уточных нитей;
  - катеты  $AC$  и  $A'C'$  характеризуют геометрическую плотность ткани по утку ( $l_y$  и  $l'_y$ );

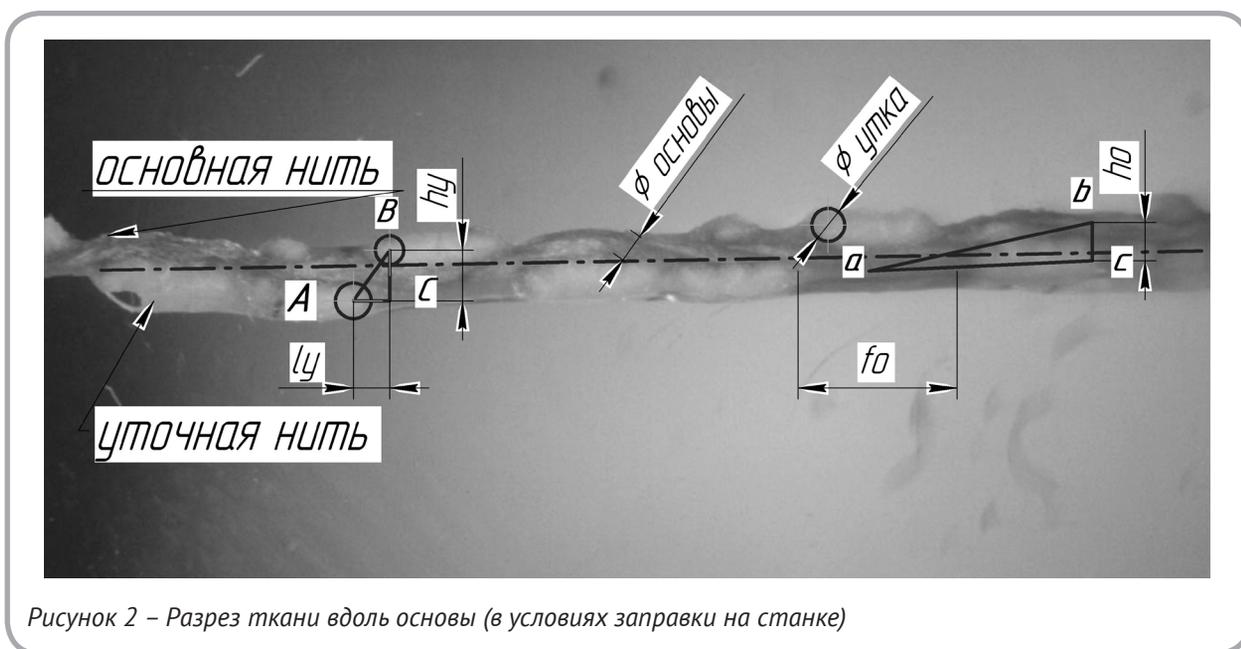


Рисунок 2 – Разрез ткани вдоль основы (в условиях заправки на станке)

• катеты  $ED$  и  $E'D'$  характеризуют геометрическую плотность ткани по основе ( $l_o$  и  $l'_o$ ).

При анализе данных изображений были сделаны следующие выводы:

1. В условиях заправки на ткацком станке ткань имеет более упорядоченную структуру (рис. 2, 4). Соблюдается четкая однослойность ткани, при этом нити обеих систем располагаются на своих уровнях относительно средней линии ткани.

2. На разрезе ткани вдоль основы (рис. 2) вид-

но, что основная нить имеет изгиб, соответствующий выработанному раппорту переплетения по утку. В данном случае такой микросрез имеют 3, 4, 7 и 8 нити основы. При этом уточные нити располагаются на двух уровнях.

3. На разрезе ткани вдоль утка (рис. 4) видно, что в условиях заправки на станке нити основы группируются в соответствии с раппортом проборки в зуб берда (в данном случае по 2 нити), при этом нити основы располагаются четко на одном уровне.

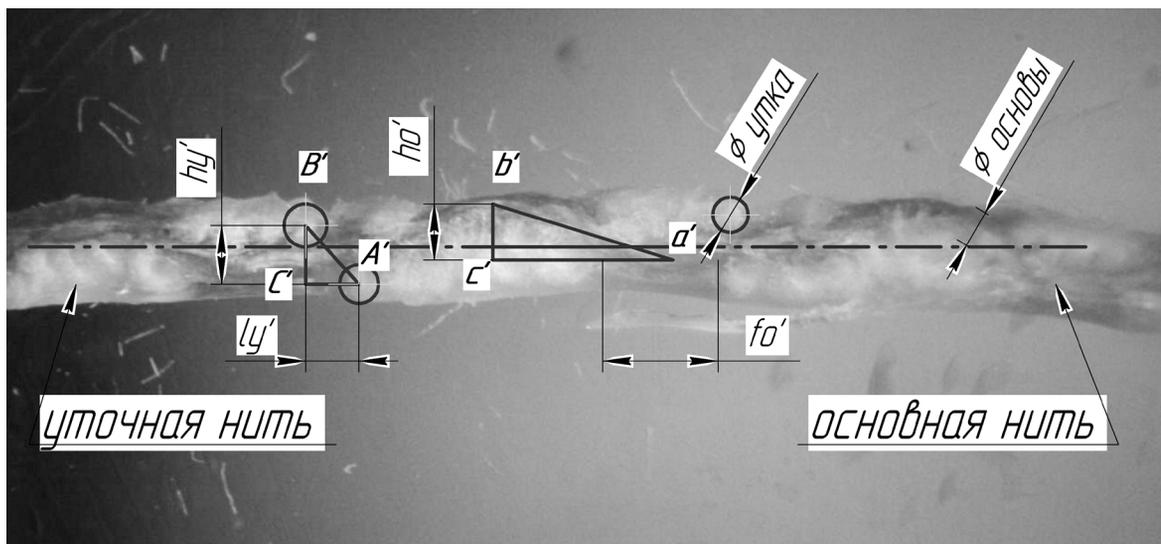


Рисунок 3 – Разрез ткани вдоль основы (после снятия со станка)

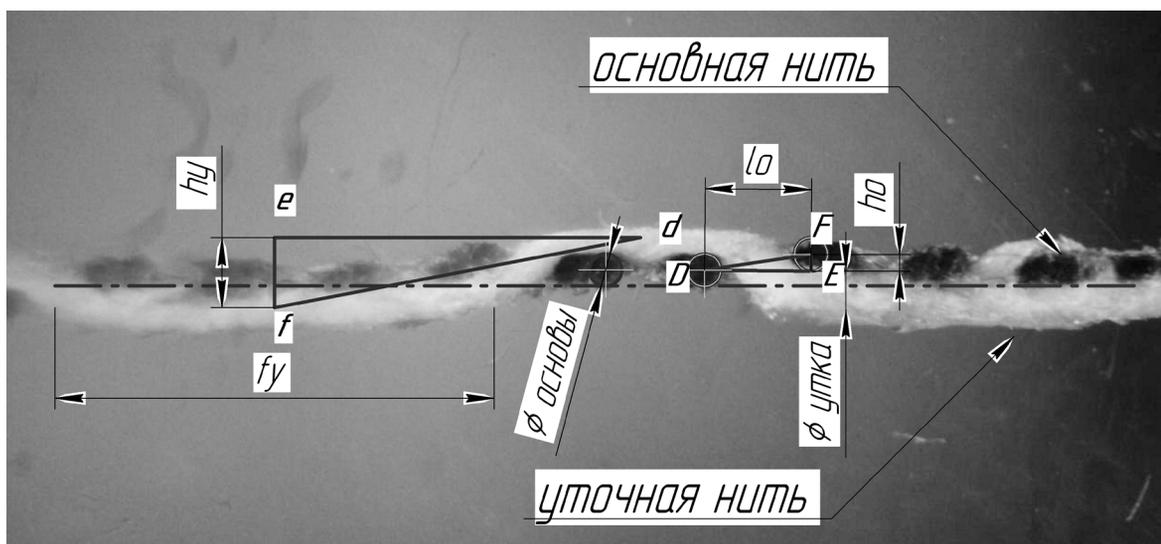


Рисунок 4 – Разрез ткани вдоль утка (в условиях заправки на станке)

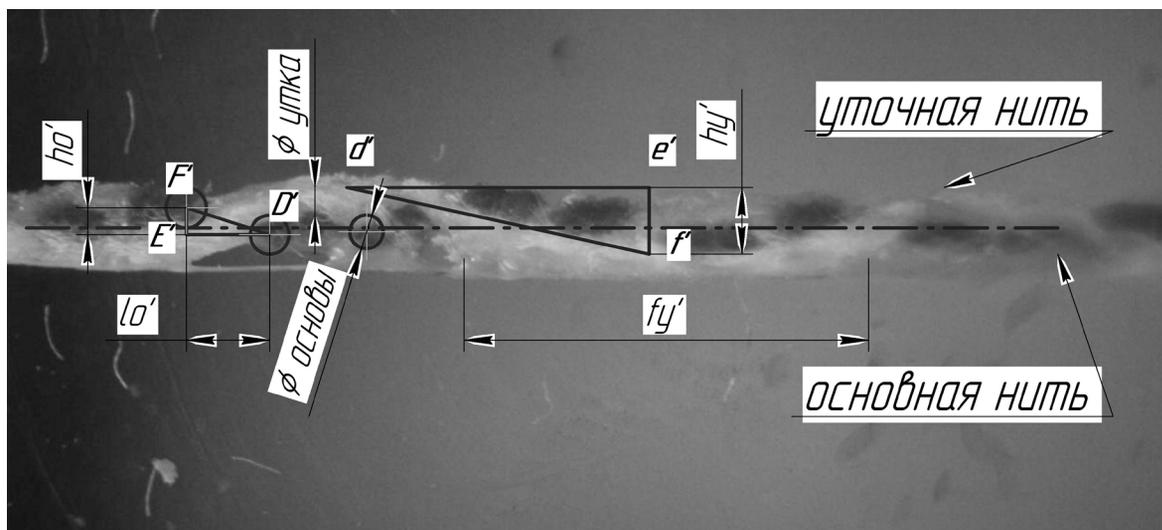


Рисунок 5 – Разрез ткани вдоль утка (после снятия со станка)

4. После снятия ткани со станка взаимное расположение нитей в ткани меняется. На микросрезках ткани видно (рис. 3, 5), что нити основы и утка имеют большую величину угла изгиба ( $bc < b'c', ef < e'f'$ ), что подтверждается реальными замерами высоты волны изгиба нитей основы и утка на всех образцах микросрезков ( $h_o < h_o', h_y < h_y'$ ).

5. Геометрическая плотность ткани по основе  $l_o$ , заправленной на станке (катет  $ED$  на рис. 4), больше, чем геометрическая плотность основы в ткани  $l_o'$ , снятой со станка (катет  $E'D'$  на рис. 5). Данное неравенство объясняется сокращением длины уточных прокидок под основными перекрытиями, что является следствием релаксационных процессов в нитях после снятия нагрузки и приводит к образованию «многослойности» ткани.

6. Длина основных и уточных перекрытий  $f_o$ , ( $f_y$ ) сокращается после снятия ткани со станка и становится равной  $f_o'$ , ( $f_y'$ ). Это явление особенно ярко выражено на участках раппорта, которые имеют длинные основные и уточные перекрытия.

7. Высота волны изгиба нитей основы (утка) ( $bc$  и  $b'c'$ ), определенная от середины первого перекрытия, под которым находится половина нитей противоположной системы, и до середины второго перекрытия ( $ac$  и  $a'c'$ ), имеет более реальные значения, чем высота волны изгиба

нитей, определенная по методике [18–21] на участке пересечки (то есть на участке перехода нити с лица на изнанку ткани).

Анализ представленных наблюдений показывает, что наиболее удобными критериями оценки взаимного расположения нитей в ткани являются форма и высота волны изгиба нитей основы и утка. Высота волны изгиба, в свою очередь, является параметром для определения фазы строения ткани [8]. Поэтому для оценки характера и величины взаимного размещения нитей в ткани комбинированного переплетения определялся порядок фазового строения (ПФС) ткани в условиях заправки и изготовления на ткацком станке и после снятия со станка и стабилизации структуры. Для этого по методике [16] рассчитывались коэффициенты волн изгибов нитей основы  $K_{h_o}$  и утка  $K_{h_y}$  для двух состояний ткани:

$$K_{h_o} = h_o / d_o, \quad (1)$$

$$K_{h_y} = h_y / d_y, \quad (2)$$

$$\Phi = 9 - 4K_{h_y}, \quad (3)$$

$$\Phi = 4K_{h_o} + 1. \quad (4)$$

Также в соответствии с принятой методикой проектирования тканей [17] был теоретически рассчитан порядок фазового строения ткани. Ре-

зультаты расчетов представлены в таблице 2.

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что порядок фазового строения ткани после стабилизации ее структуры больше, чем порядок фазового строения ткани в условиях заправки на ткацком станке. Это объясняется тем, что в условиях заправки на станке положение сильно натянутых нитей фиксируется рабочими органами ткацкого станка. После снятия со станка и прекращения действия нагрузки нити в ткани пытаются вернуться в равновесное состояние за счет упругих сил. В результате нити основы и утка получают более сильный изгиб и, как следствие, увеличивается порядок фазового строения ткани. Такая же тенденция наблюдалась при исследовании образцов тканей других комбинированных переплетений.

При этом надо отметить еще одно явление, которое наблюдалось при проведении данного эксперимента. Для всех образцов тканей после снятия со станка порядок фазы строения стре-

мился к среднему значению, то есть к 5 фазе строения как наиболее равновесному состоянию. Однако интенсивность приближения к среднему значению зависит от особенностей переплетения ткани.

### ВЫВОД

При проектировании и формировании ткани комбинированного переплетения необходимо учитывать факторы, которые влияют на изменение порядка фазового строения ткани в процессе всего цикла ее формирования. К ним относятся технологические параметры заправки ткацкого станка, плотность ткани, толщина нитей, наличие в рапорте переплетения ткани участков с длинными основными и уточными перекрытиями, с большими настилами, симметричность раппорта переплетения, релаксационные процессы после снятия нагрузки. Взаимодействие этих факторов позволит сохранить заданную при проектировании структуру ткани, которая обеспечит ее необходимые свойства и внешний вид.

Таблица 2 – Порядок фазового строения ткани

Параметры нитей и ткани	$d_o$	$d_y$	$h_o$	$h_y$	$\frac{h_o}{h_y}$	$K_{h_o}$	$K_{h_y}$	ПФС по основе	ПФС по утку	ПФС ткани	ПФС ткани (теоретическое значение)
В условиях заправки на станке	0,384	0,352	0,395	0,419	0,943	1,029	1,19	5,116	4,24	4,678	4,208
После снятия со станка	0,393	0,348	0,588	0,451	1,304	1,496	1,296	6,984	3,82	5,402	
Разница	0,009	0,004	0,193	0,032	0,361	0,467	0,106	1,868	0,42	0,754	

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Склянников, В.П. (1984), *Строение и качество тканей*, Москва, Легкая и пищевая промышленность, 166 с.
2. Васильченкова, Н.В. (1983), *Исследование влияния структуры тканей на усадку от стирки*,

### REFERENCES

1. Skljannikov, V.P. (1984), *Stroenie i kachestvo tkanej* [Structure and quality of the fabrics], Moscow, 166 p.
2. Vasil'chenkova, N.V. (1983), *Investigation of the effect of tissue structure shrinkage from washing* [Issledovanie vlijaniya struktury tkanej

- Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 1974, № 3, С. 14 – 18.
3. Васильченкова, Н.В. (1983), Расчет усадки тканей полотняного переплетения, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 1983, № 6, С. 20 – 24.
  4. Шустов, Ю.С., Курденкова, А.В. (2006), Прогнозирование усадки хлопчатобумажных тканей в зависимости от характеристик их строения, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2006, № 2, С. 23 – 25.
  5. Чугин, В.В. (2003), *Технология ткацкого производства*, Херсон, 317 с.
  6. Гордеев, В.А., Волков, П.В. (1984), *Ткачество*, Москва, Легкая и пищевая промышленность, 484 с.
  7. Селиванов, Г.И. (1963), Строение элементов ткани, *Текстильная промышленность*, 1963, № 3, С. 45.
  8. Скляниников, В.П. (1974), *Оптимизация строения и механических свойств тканей из химических волокон*, Москва, Легкая индустрия, 168 с.
  9. Николаев, С.Д., Михаева, Н.А., Парфенов, О.В. (2008), Влияние вида переплетения на параметры строения тканей, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2008, № 2, С. 59.
  10. Егоров, Н.В., Щербаков, В.П. (2009), Определение параметров строения арамидных огнезащитных тканей, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2009, № 6, С. 33.
  11. Степанов, О.С., Грачев, В.Н. (2010), Некоторые геометрические соотношения теории строения ткани, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2010, № 3, С. 45.
- na usadku ot stirkij], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 1974, № 3, pp. 14 – 18.
  3. Vasil'chenkova, N.V. (1983), Calculation of shrinkage fabric of plain weave [Raschet usadki tkanej polotnjanogo perepletenija], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 1983, № 6, pp. 20–24.
  4. Shustov, Ju.S., Kurdenkova, A.V. (2006), Prediction of shrinkage of cotton fabrics depending on the characteristics of their structure [Prognozirovanie usadki hlochatobumazhnyh tkanej v zavisimosti ot harakteristik ih stroenija], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2006, № 2, pp. 23–25.
  5. Chugin, V.V. (2003), *Tehnologija tkackogo proizvodstva*, [Weaving technology], Kherson, 317 p.
  6. Gordeev, V.A., Volkov, P.V. (1984), *Tkachestvo* [Weaving], Moscow, 484 p.
  7. Selivanov, G.I. (1963), The structure of the tissue elements [Stroenie jelementov tkani], *Tekstil'naja promyshlennost' – The textile industry*, 1963, № 3, p. 45.
  8. Skljannikov, V.P. (1974), *Optimizacija stroenija i mehanicheskikh svojstv tkanej iz himicheskikh volokon* [Optimization of the structure and mechanical properties of the tissues of man-made fibers], Moscow, 168 p.
  9. Nikolaev, S.D., Mihaeva, N.A., Parfenov, O.V. (2008), Influence on the type of weave fabric structure parameters [Vlijanie vida perepletenija na parametry stroenija tkanej], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2008, № 2, p. 59.

12. Королева, М.Л., Мининкова, И.В., Танкина, Е.В.(2010), Исследование зависимости усадки льносодержащих тканей от вида и параметров переплетения, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2010, № 3, С. 45.
13. Селиванов, Г.И. (2007), Строение однослойных элементов тканей, *Научно-исследовательские труды Московского текстильного института*, 1954, № 12, С. 15.
14. Толубеева, Г.И. (2007), Разработка нового метода количественной оценки переплетений однослойных тканей, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2007, № 1, С. 55-60.
15. Толубеева, Г.И., Любимцева, С.А. (2008), Проектирование новых переплетений на базе репсов, *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*, 2008, № 6, С. 38-41.
16. Дробот, О.В. Загора, О.В. (2012), Аналіз залежності фази будови тканин від виду переплетення, *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины*, 2012, № 1(19), С. 80 – 84.
17. Сурнина, Н.Ф. (1973), *Проектирование ткани по заданным параметрам*, Москва, Легкая индустрия, 141 с.
18. Новиков, Н.Г. (1946), О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода, *Текстильная промышленность*, 1946, № 2, С. 9–17.
19. Новиков, Н.Г. (1946), О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода, *Текстильная промышленность*, 1946, № 4–5, С. 18–24.
20. Новиков, Н.Г. (1946), О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода, *Текстильная промышленность*, 1946, № 6, С. 24–28.
10. Egorov, N.V., Shherbakov, V.P. (2009), Defining the parameters of the structure of aramid fire retardant fabrics [Opredelenie parametrov stroenija aramidnyh ognезashitnyh tkanej], *Izv.vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2009, № 6, p. 33.
11. Stepanov, O.S., Grachev, V.N. (2010), Some geometrical relations theory of the structure of tissue [Nekotorye geometricheskie sootnoshenija teorii stroenija tkani], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2010, № 3, p. 45.
12. Koroleva, M.L., Mininkova, I.V., Tankina, E.V. (2010), Study of the dependence of shrinkage linen fabrics on the type and parameters of weave [Issledovanie zavisimosti usadki l'nosoderzhashih tkanej ot vida i parametrov perepletенija], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2010, № 3, p. 45.
13. Selivanov, G.I. (1954), The structure of single-walled elements of fabrics [Stroenie odnoslojnyh jelementov tkanej], *Nauchno-issledovatel'skie trudy Moskovskogo tekstil'nogo instituta – Research works of the Moscow Textile Institute*, 1954, № 12, p.15.
14. Tolubeeva, G.I. (2007), Development of a new method of quantitative evaluation of single-layer weaves fabrics [Razrabotka novogo metoda kolichestvennoj ocenki perepletенij odnoslojnyh tkanej], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2007, № 1, pp. 55-60.
15. Tolubeeva, G.I., Ljubimceva, S.A. (2008), Designing new stitches on the basis of reps [Proektirovanie novyh perepletенij na baze repsov], *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj*

21. Новиков, Н.Г. (1946), О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода, *Текстильная промышленность*, 1946, № 11–12, С. 17–25.
- promyshlennosti – Proceedings of the universities. Technology of Textile Industry*, 2008, № 6, pp. 38–41.
16. Drobot, O.V. Zakora, O.V. (2012), The analysis phase structure depending on the type of fabric weave [Analiz zalezhnosti fazi budovi tkanin vid vidu perepletennja], *Problemy legkoj i tekstil'noj promyshlennosti Ukrainy – Problems of Light and Textile Industry of Ukraine*, 2012, № 1(19), pp. 80–84.
17. Surnina, N.F. (1973), *Proektirovanie tkani po zadannym parametram* [Designing fabrics for the given parameters], Moscow, 141 p.
18. Novikov, N.G. (1946), On the structure and design of a fabric with a geometric method [O stroenii i proektirovanii tkani s pomoshh'ju geometricheskogo metoda], *Tekstil'naja promyshlennost' – The textile industry*, 1946, № 2, pp. 9–17.
19. Novikov, N.G. (1946), On the structure and design of a fabric with a geometric method [O stroenii i proektirovanii tkani s pomoshh'ju geometricheskogo metoda], *Tekstil'naja promyshlennost' – The textile industry*, 1946, № 4 – 5, pp. 18–24.
20. Novikov, N.G. (1946), On the structure and design of a fabric with a geometric method [O stroenii i proektirovanii tkani s pomoshh'ju geometricheskogo metoda], *Tekstil'naja promyshlennost' – The textile industry*, 1946, № 6, pp. 24–28.
21. Novikov, N.G. (1946), On the structure and design of a fabric with a geometric method [O stroenii i proektirovanii tkani s pomoshh'ju geometricheskogo metoda], *Tekstil'naja promyshlennost' – The textile industry*, 1946, № 11–12, pp. 17–25.

Статья поступила в редакцию 08. 10. 2014 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЬНОВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ЧЕСАНИЯ

А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган

УДК 677.11.017.2/.7

### РЕФЕРАТ

*ДЛИННОЕ ТРЕПАНОЕ ЛЬНОВОЛОКНО, ЧЕСАНОЕ ЛЬНОВОЛОКНО, ЛЬНЯНОЙ ОЧЕС, ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЬНОВОЛОКНА, ПРЯДИЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛЬНОВОЛОКНА*

*В статье приведены результаты экспериментального исследования изменения цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания, проведенного в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Проведен анализ влияния цветовых характеристик на прядильную способность. Приведены статистические модели, позволяющие прогнозировать прядильную способность длинного трепаного, чесаного льноволокна и льняного очеса на основе их цветовых характеристик. Приведены модели, описывающие взаимосвязь между цветовыми характеристиками длинного трепаного, чесаного льноволокна и льняного очеса.*

### ABSTRACT

*LONG SCUTCHED FLAX, HACKLED FLAX, FLAX TOW, COLOR CHARACTERISTICS OF FLAX FIBER, SPINNING ABILITY OF FLAX FIBER*

*The article contains results of an experimental study of changes in color characteristics of flax fiber in the carding process, conducted under production conditions of the RUPTE «Orsha Linen Mill». Analysis of the color characteristics influence on the spinning ability was conducted. The statistical models for predicting spinning ability of long scutched flax, hackled flax and flax tow based on their color characteristics were developed. The models which describe relationship between the color characteristics of a long scutched, hackled flax and flax tow were developed.*

Цветовые характеристики льноволокна, согласно действующим нормативным документам [1, 2, 3], используются при оценке его прядильной способности, поскольку они тесно связаны с содержанием в волокне инкрустов: лигнина и других нецеллюлозных примесей. Процентное содержание лигнина может быть определено химическим анализом, что трудновыполнимо в производственных условиях, или с помощью косвенной оценки методом сравнения цвета льноволокна со стандартными образцами. Цвет льноволокна зависит также от степени его зрелости и условий предварительной обработки. Кроме того, при нарушении технологии стланцевания льноволокна может иметь неоднородный цвет. Таким образом, большое количество техногенных факторов, влияющих на прядильную способность льноволокна, также оказывают влияние и на его цвет, что обуславливает интерес к исследованию взаимосвязи между ними.

Числовой характеристикой, отражающей

оценку прядильной способности льноволокна согласно действующим нормативным документам, является показатель под названием «номер» (N). В производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» были проведены экспериментальные исследования прядильной способности длинного трепаного льноволокна [4, 5, 6]. Для этого была проведена серия контрольных прочесов, в результате которых фиксировался комплекс физико-механических свойств как длинного трепаного льноволокна, поступающего на вход процесса чесания, так и чесаного льноволокна и льняного очеса, получаемых на выходе. Контрольные прочёсы позволяют проследить связь между физико-механическими свойствами продуктов на входе и на выходе процесса чесания и проводить его статистические исследования. Результаты экспериментальных исследований были подвергнуты статистическому анализу с использованием языка **R** [7]. В настоящем исследовании для выявления взаимосвязей меж-

ду цветовыми характеристиками льноволокна, имеющими дискретный характер, использовался статический аппарат регрессионного анализа, который позволил выявить наличие статистических взаимосвязей и количественно оценить их величину. Дискретный характер цветовых характеристик связан с ограниченным количеством эталонов, используемых для сравнения, а получаемые с помощью регрессионного анализа промежуточные (не целые) значения группы цвета соответствуют промежуточным значениям массовой доли инкрустирующих веществ.

Согласно действующим нормативным документам для длинного трепаного льноволокна, чесаного льноволокна и льняного очеса производится определение их цветовых характеристик путем визуального сравнения фиксированного количества проб со стандартными эталонами. Для определения цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна [1] отбирается 30 проб, которые сравниваются с цветовыми эталонами, относящимися к 6 различным группам цвета. Результаты сравнения усредняются и округляются до целого числа. Каждая группа цвета соответствует определенному процентному содержанию лигнина (табл. 1).

На рисунке 1 а приведено распределение номеров длинного трепаного льноволокна, поступавшего на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» в 2014–2015 годах (урожая 2013–2014 годов). Как видно из рисунка, распределение номеров неравномерно и наблюдается значительное преобладание 11 и 12 номеров. На рисунке 1 б приведено распределение групп цвета, к которым относились отдельные пробы длинного трепаного льноволокна.

На рисунке 1 в приведено совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна и групп цвета отдельных проб волокна. Для нивелирования влияния разного количества протоколов лабораторного исследования различных номеров трепаного льноволокна случай-

ным образом было отобрано одинаковое количество протоколов номеров с 9 по 13.

По данным, приведенным на рисунке 1 в, был проведен регрессионный анализ, на рисунке приведена линия регрессии и 95 % доверительные области для линии регрессии и для отдельных значений. Диаметры окружностей на рисунке 1 в пропорциональны количеству экспериментальных значений, попадающих в ее центр. Регрессионная модель зависимости номера длинного трепаного льноволокна от значения группы цвета следующая:

$$N_{ТЛ} = 7,759 + 1,099 \cdot C_{ТЛ} \quad (1)$$

где  $N_{ТЛ}$  – номер длинного трепаного льноволокна;  $C_{ТЛ}$  – группа цвета длинного трепаного льноволокна.

Коэффициент детерминации регрессионной модели (1) составляет  $R^2 = 0,625$  ( $p$ -value <  $2 \times 10^{-16}$ ), что говорит о том, что отдельные значения группы цвета оказывают статистически значимое влияние на значение номера длинного трепаного льноволокна. При этом в среднем 62,5 % изменений номера волокна объясняется изменением значений группы цвета отдельных проб. При увеличении значения группы цвета на 1 среднее значение номера длинного трепаного льноволокна увеличивается на 1,099.

В таблице 2 приведены численные значения для прогноза среднего значения номера длинного трепаного льноволокна и 95 % доверительные интервалы для отдельных значений. Так, согласно таблице 2, если отдельные пробы длинного трепаного льноволокна отнесены к 3 группе цвета, то с вероятностью 95 % номер волокна будет находиться в интервале от 9,35 до 12,76.

Цветовые характеристики чесаного льноволокна [2] определяются по результатам исследования 30 проб, которые сравниваются с цветовыми эталонами, относящимися к 13 различным

Таблица 1 – Соответствие группы цвета трепаного льноволокна содержанию лигнина

Группа цвета	1	2	3	4	5	6
Лигнин, %	от 3,75 до 4,50	от 3,25 до 3,75	от 2,50 до 3,25	от 2,00 до 2,50	от 1,50 до 2,00	до 1,50

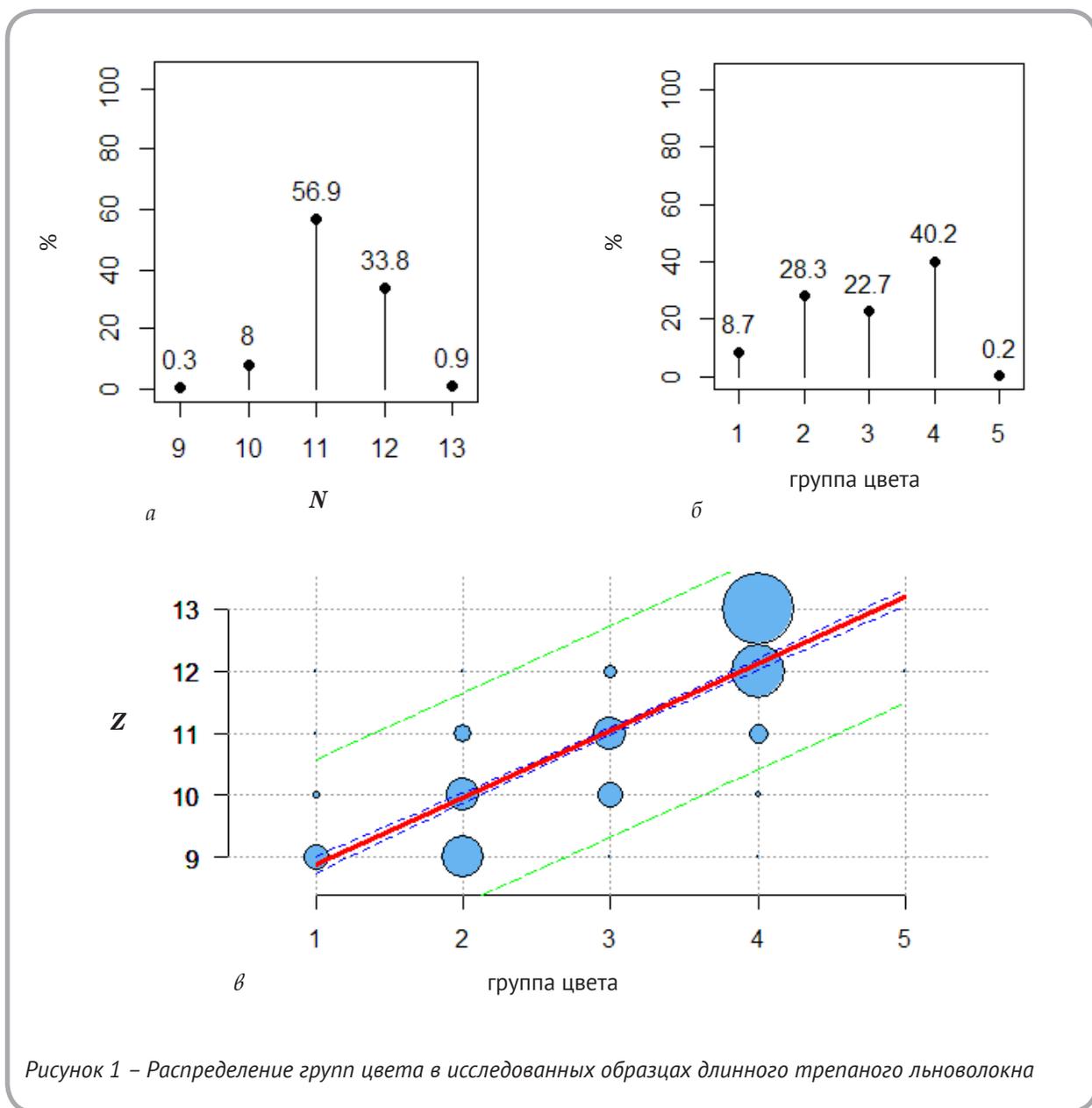


Таблица 2 – Прогноз номера трепаного льноволокна согласно модели (1)

Группа цвета	Прогнозное значение номера	95 % Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
1	8,86	7,15	10,57
2	9,96	8,25	11,66
3	11,06	9,35	12,76
4	12,16	10,45	13,86
5	13,26	11,55	14,96

группам цвета. Результаты сравнения усредняются и округляются до целого числа. Каждая группа цвета соответствует определенному процентному содержанию массовой доли инкрустирующих веществ (табл. 3).

В таблице 3 приведены значения только для тех групп цвета чесаного льноволокна, которые были зафиксированы при проведении настоящего исследования.

Таблица 3 – Соответствие группы цвета чесаного льноволокна массовой доли инкрустирующих веществ

Группа цвета	5	6	7	8	9
Массовая доля инкрустирующих веществ, %	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50

На рисунке 2 а приведено распределение номеров чесаного льноволокна, исследованного в результате текущего производственного контроля в 2014–2015 годах в технологической лаборатории РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Как видно из рисунка, распределение номеров неравномерно. Так, например, доля протоколов лабораторного исследования чесаного льноволокна с номером 14,8 составляет 42,9 % от всех протоколов. На рисунке 2 б приведено распределение групп цвета, к которым относились отдельные пробы чесаного льноволокна.

На рисунке 2 в приведено совместное распределение номеров чесаного льноволокна и групп цвета отдельных проб волокна. Для нивелирования влияния на результаты статистического анализа разного количества протоколов лабораторного исследования различных номеров чесаного льноволокна случайным образом было отобрано одинаковое количество протоколов номеров с 14,2 по 18,8.

По данным, приведенным на рисунке 2 в, был проведен регрессионный анализ, на рисунке приведены линия регрессии и 95 % доверительные области для линии регрессии и для отдельных значений. Регрессионная модель зависимости номера чесаного льноволокна от значения его группы цвета:

$$N_{чл} = 3.291 + 1.844 \cdot C_{чл}, \quad (2)$$

где  $N_{чл}$  – номер чесаного льноволокна;  $C_{чл}$  –

группа цвета чесаного льноволокна.

Коэффициент детерминации регрессионной модели (2) составляет  $R^2 = 0,708$  ( $p\text{-value} < 2 \times 10^{-16}$ ), что говорит о том, что отдельные значения группы цвета оказывают статистически значимое влияние на значение номера чесаного льноволокна. При этом в среднем 70,8 % изменений номера волокна объясняется изменением значений группы цвета отдельных проб. При

увеличении значения группы цвета на 1 среднее значение номера чесаного льноволокна увеличивается на 1,844.

В таблице 4 приведены численные значения для прогноза среднего значения номера чесаного льноволокна и 95 % доверительные интервалы для отдельных значений. Так, согласно таблице 4, если отдельные пробы чесаного льноволокна отнесены к 7 группе цвета, то с вероятностью 95 % номер волокна будет находиться в интервале от 14,53 до 17,87.

Цветовые характеристики льняного очеса [3] определяются по результатам исследования 10 проб, которые сравниваются с цветовыми эталонами, относящимися к одной из 12 различных цветовых групп, градуированных непосредственно в процентном содержании массовой доли инкрустирующих примесей, от 1,5 до 4 с шагом 0,25. Результаты сравнения усредняются и округляются до ближайшего эталонного значения.

На рисунке 3 а приведено распределение номеров льняного очеса, исследованного в результате текущего производственного контроля в 2014–2015 годах, в технологической лаборатории РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Как видно из рисунка, распределение номеров неравномерно. Так, например, доля протоколов лабораторного исследования льняного очеса с номером 4 составляет 48,8 % от всех протоколов, при этом доля 10 номера составляет 0,5 %. Так как цветовые эталоны для льняного очеса градуированы непосредственно в значении

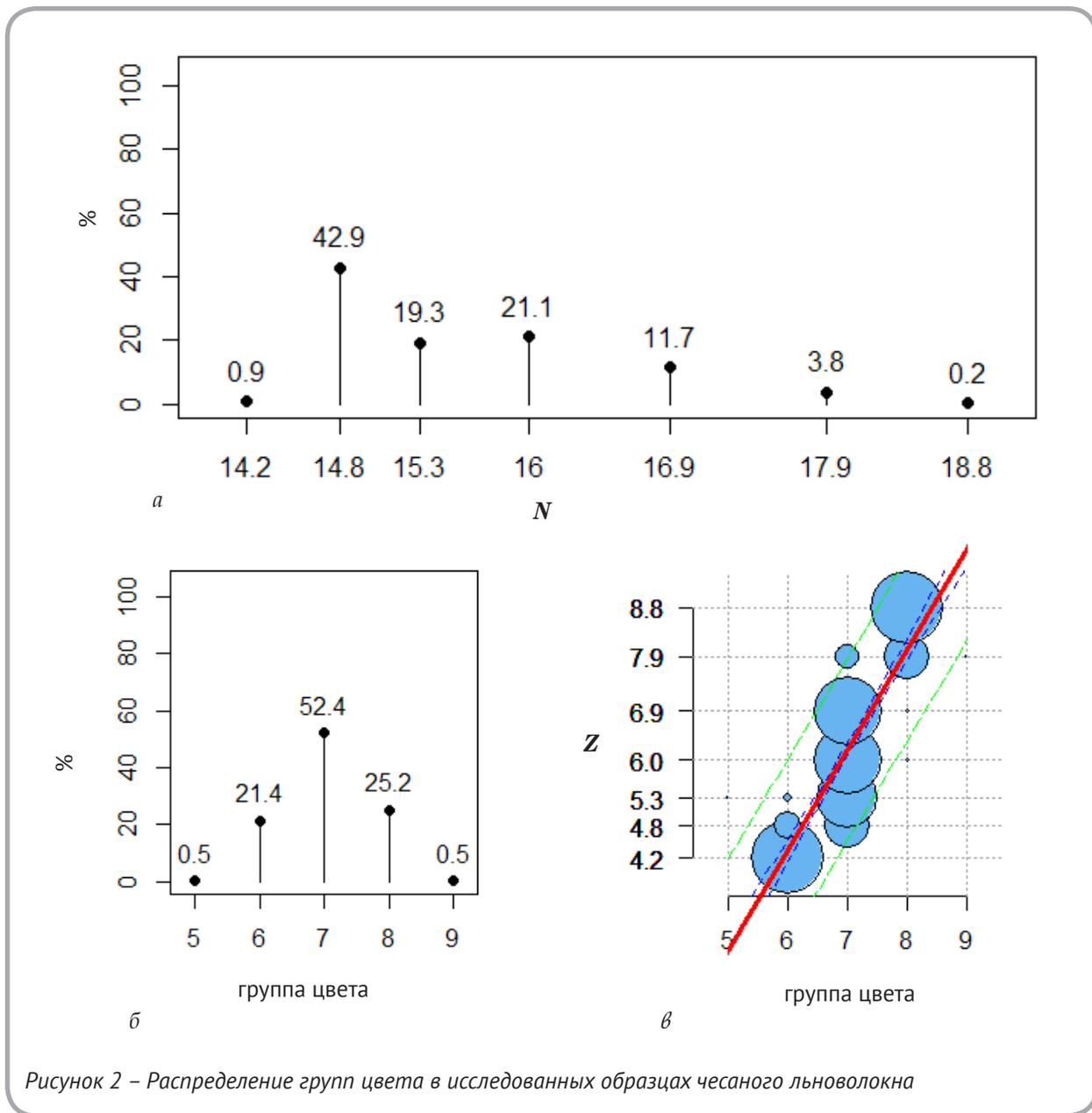


Рисунок 2 – Распределение групп цвета в исследованных образцах чесаного льноволокна

Таблица 4 – Прогноз номера чесаного льноволокна согласно модели (2)

Группа цвета	Прогнозное значение номера	95 % Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
5	12,51	10,81	14,21
6	14,36	12,68	16,03
7	16,20	14,53	17,87
8	18,05	16,37	19,72
9	19,89	18,19	21,59

ях массовой доли инкрустирующих веществ, то значения группы цвета для льняного очеса не используются. На рисунке 3 б приведено распределение массовых долей инкрустирующих веществ в отдельных пробах льняного очеса.

На рисунке 3 в приведено совместное распределение номеров льняного очеса и массовых долей инкрустирующих веществ отдельных проб волокна. Для нивелирования влияния разного количества протоколов лабораторного исследования различных номеров льняного очеса случайным образом было отобрано одинаковое количество протоколов номеров с 4 по 10.

По данным, приведенным на рисунке 3 в, был проведен регрессионный анализ, на рисунке приведены линия регрессии и 95 % доверительные области для линии регрессии и для отдельных значений. Регрессионная модель зависимости номера льняного очеса от массовой доли инкрустирующих веществ:

$$N_{оч} = 15.942 - 2.884 \cdot C_{оч}, \quad (3)$$

где  $N_{оч}$  – номер льняного очеса;  $C_{оч}$  – массовая доля инкрустирующих веществ в льняном очесе, %.

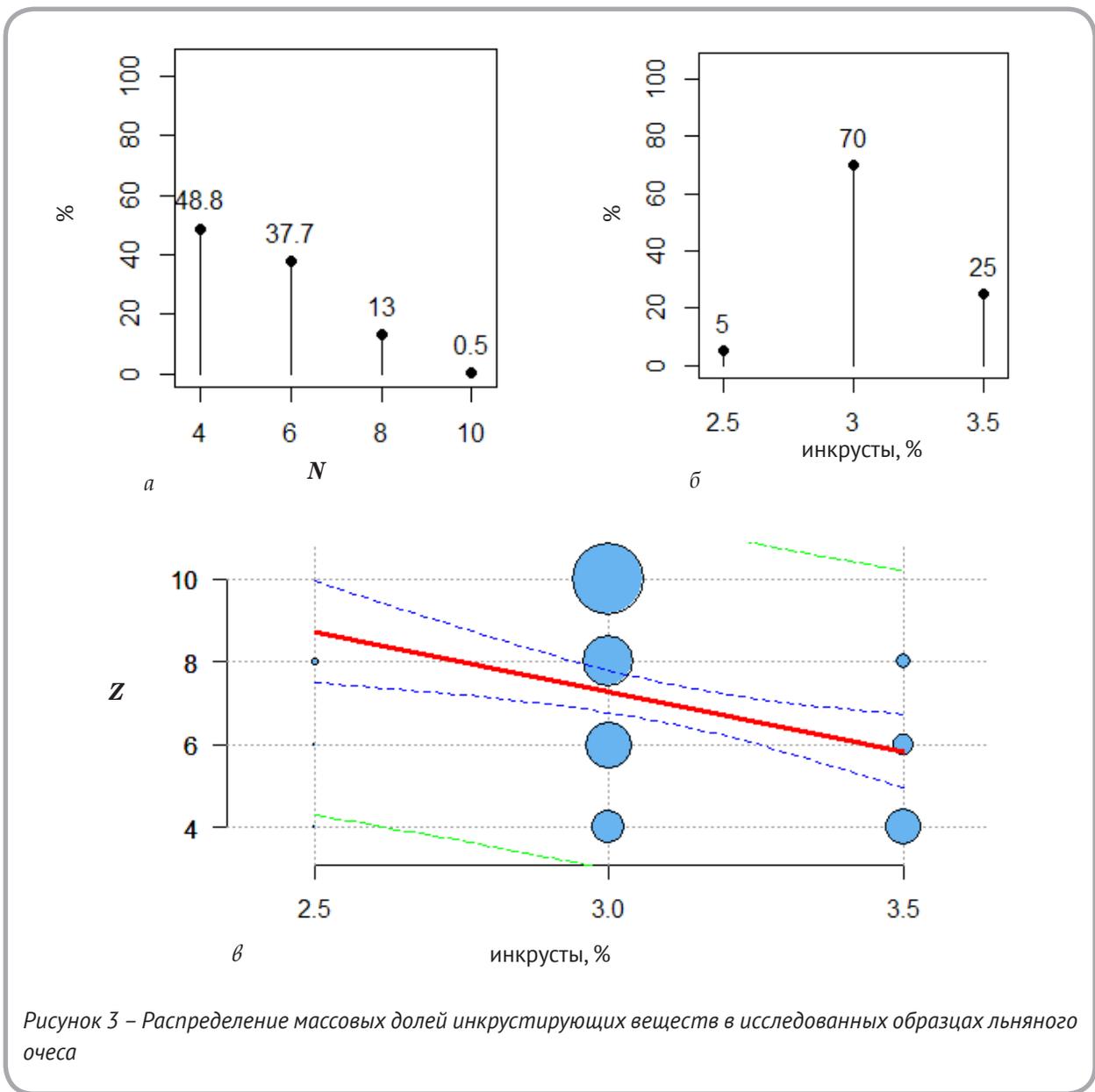


Рисунок 3 – Распределение массовых долей инкрустирующих веществ в исследованных образцах льняного очеса

Коэффициент детерминации регрессионной модели (3) составляет  $R^2 = 0,108$  ( $p\text{-value} < 2.894 \cdot 10^{-16}$ ), что говорит о том, что значения массовой доли инкрустирующих веществ в отдельных пробах оказывают слабое, но статистически значимое влияние на значение номера чесаного льноволокна. При этом в среднем только 10,8 % изменения номера волокна объясняется изменением значений массовой доли инкрустирующих веществ в отдельных пробах, что увеличивает доверительные интервалы прогнозирования модели (3). При увеличении массовой доли инкрустирующих веществ на 1 % среднее значение номера льняного очеса уменьшается на 2,884.

В таблице 5 приведены численные значения для прогноза среднего значения номера льняного очеса и 95 % доверительные интервалы для отдельных значений. Так, согласно таблице 5, если отдельные пробы чесаного льноволокна отнесены к массовой доле инкрустирующих веществ, равной 3,0 %, то с вероятностью 95 % номер волокна будет находиться в интервале от 3,00 до 11,58.

На рисунке 4 приведены совместные распределения отдельных и средних значений цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна (а), чесаного льноволокна (б) и льняного очеса (в).

Для каждого типа волокна на рисунке 4 приведены линии регрессии и 95 % доверительные области для линий регрессии и для отдельных значений. Регрессионная зависимость среднего значения группы цвета длинного трепаного льноволокна от значений группы цвета отдельных проб:

$$C_{ТЛ}^{avg} = 1,248 + 0,582 \cdot C_{ТЛ}^{unit} \quad (4)$$

где  $C_{ТЛ}^{avg}$  – среднее значение группы цвета длинного трепаного льноволокна;  $C_{ТЛ}^{unit}$  – значение группы цвета длинного трепаного льноволокна для отдельной пробы.

Как видно из модели (4), при увеличении значения группы цвета для отдельной пробы на 1 среднее значение группы цвета длинного трепаного льноволокна увеличивается на 0,582. Коэффициент детерминации регрессионной модели (4) составляет:  $R^2 = 0,459$  ( $p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$ ).

Регрессионная зависимость среднего значения группы цвета чесаного льноволокна от отдельных значений группы цвета:

$$C_{ЧЛ}^{avg} = 0,073 + 0,992 \cdot C_{ЧЛ}^{unit} \quad (5)$$

где  $C_{ЧЛ}^{avg}$  – среднее значение группы цвета чесаного льноволокна;  $C_{ЧЛ}^{unit}$  – значение группы цвета чесаного льноволокна для отдельной пробы.

Как видно из модели (5), при увеличении значения группы цвета для отдельной пробы на 1 среднее значение группы цвета чесаного льноволокна увеличивается на 0,992, что говорит о большей равномерности цветовых характеристик чесаного льноволокна по сравнению с длинным трепаным льноволокном. Коэффициент детерминации регрессионной модели (5)  $R^2 = 0,938$  ( $p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$ ).

Регрессионная зависимость среднего значения массовой доли инкрустирующих примесей в льняном очесе от отдельных значений массовой доли инкрустирующих примесей:

$$C_{ОЛ}^{avg} = C_{ОЛ}^{unit} \quad (6)$$

Таблица 5 – Прогноз номера согласно модели (3)

Доля инкрустирующих веществ в льняном очесе, %	Прогнозное значение номера	95 % Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2,5	8,73	4,30	13,16
3,0	7,29	3,00	11,58
3,5	5,85	1,50	10,19

где  $C_{ол}^{avg}$  – среднее значение массовой доли инкрустирующих примесей в льняном очесе;  $C_{ол}^{unit}$  – значение массовой доли инкрустирующих примесей в льняном очесе для отдельной пробы.

Как видно из модели (6), при увеличении значения массовой доли инкрустирующих примесей для отдельной пробы на 1 среднее значение массовой доли инкрустирующих примесей льняного очеса увеличивается на 1, что объясняется отсутствием вариативности среди проб льняного очеса. Коэффициент детерминации регрессионной модели (6)  $R^2 = 1$  ( $p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$ ).

Анализируя коэффициенты детерминации регрессионных моделей с (4)–(6) и их 95 % до-

верительные области для линий регрессии и для отдельных значений (рис. 4), можно сделать следующие выводы:

- в длинном трепаном льноволокне присутствует высокая вариативность цветовых характеристик отдельных проб волокна одного и того же номера;
- в процессе чесания цветовые характеристики льноволокна становятся более равномерными;
- цветовые характеристики льняного очеса в пробах одного и того же прочеса неразличимы.

Для исследования изменения цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания в

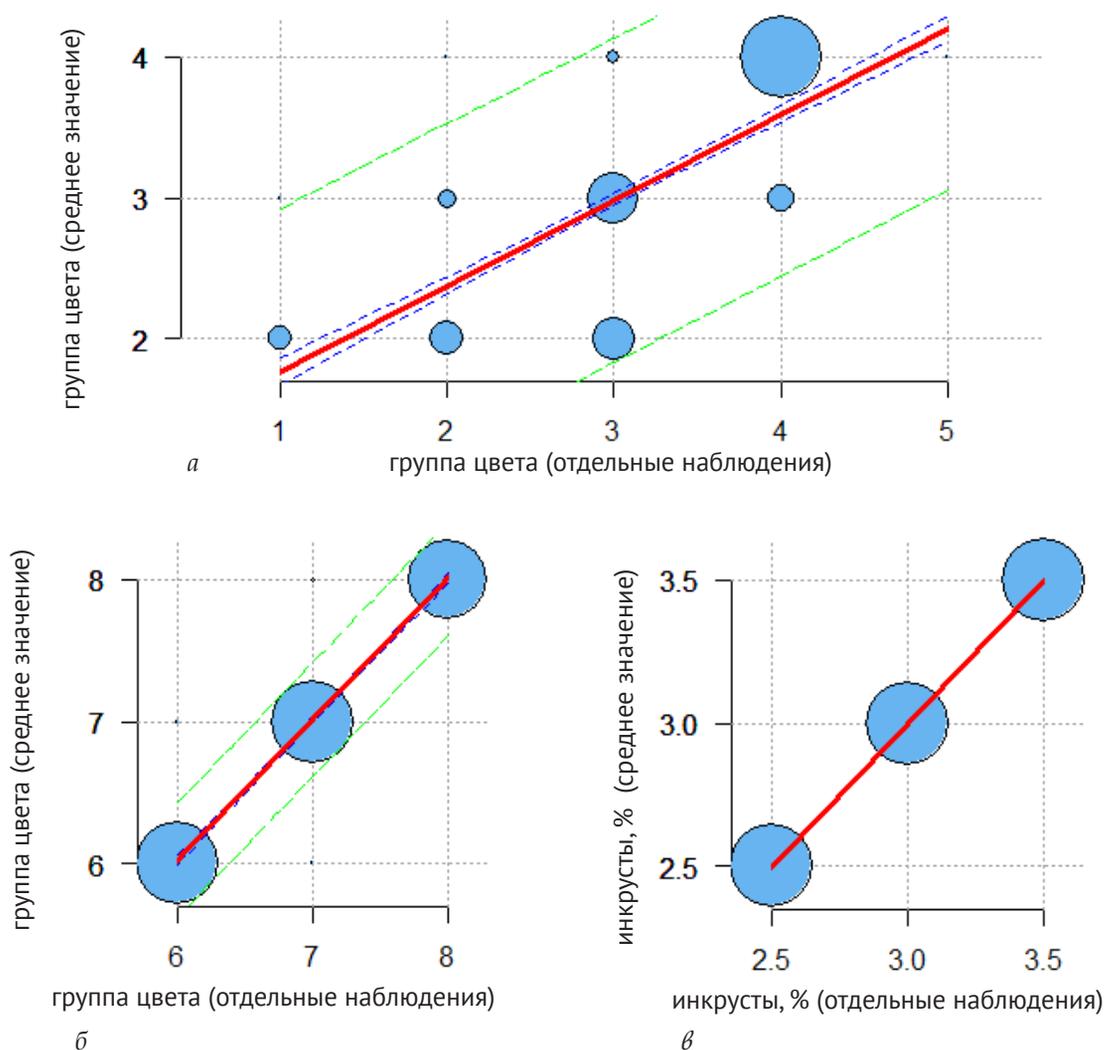


Рисунок 4 – Совместные распределения отдельных и средних значений цветовых характеристик: а – длинного трепаного льноволокна; б – чесаного льноволокна; в – льняного очеса

производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» была проведена серия контрольных прочесов (рисунок 5).

На рисунке 5 а представлено совместное распределение цветовых характеристик длинного трепаного и чесаного льноволокна. Регрессионная модель зависимости среднего значения группы цвета чесаного льноволокна от среднего значения группы цвета длинного трепаного льноволокна.

$$C_{чл} = 6,574 + 0,067 \cdot C_{тл} \quad (7)$$

Как видно из модели (7), при увеличении среднего значения группы цвета длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение группы цвета чесаного льноволокна увеличивается на 0,067. Коэффициент детерминации регрессионной модели (8) составляет  $R^2 = 0,0141$  ( $p\text{-value} < 3,85 \cdot 10^{-6}$ ), то есть только 1,41 % изменения цветовых характеристик чесаного льноволокна объясняется изменением цветовых характеристик трепаного льноволокна. Результаты прогнозирования цвета чесаного льноволокна с помощью модели (7) представлены в таблице 6.

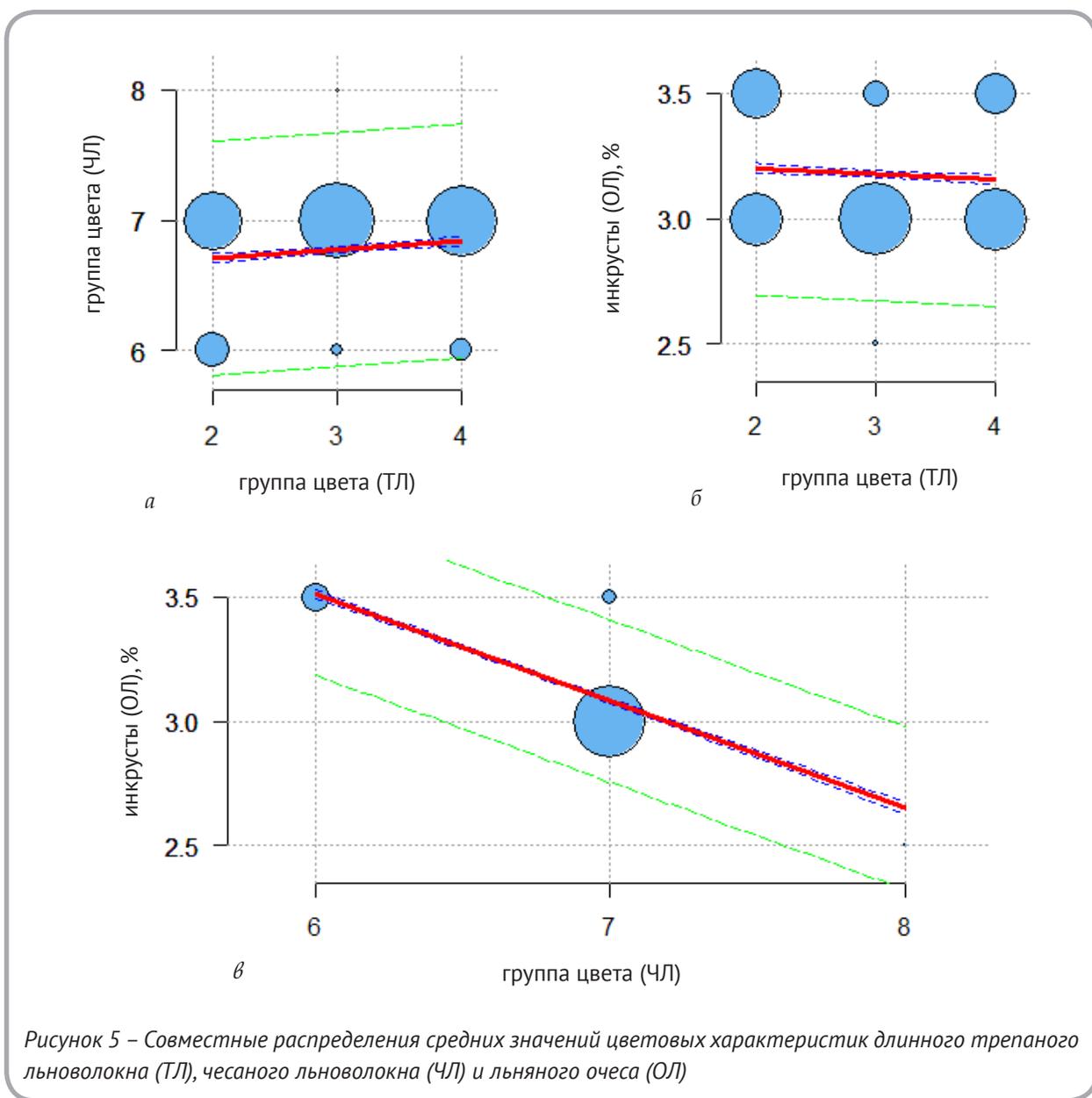


Рисунок 5 – Совместные распределения средних значений цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна (ТЛ), чесаного льноволокна (ЧЛ) и льняного очеса (ОЛ)

На рисунке 5 б представлено совместное распределение цветовых характеристик длинного трепаного льноволокна и льняного очеса. Регрессионная модель зависимости среднего значения массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе от среднего значения группы цвета длинного трепаного льноволокна.

$$L_{ол} = 3,245 - 0,023 \cdot C_{тл}. \quad (8)$$

Как видно из модели (8), при увеличении среднего значения группы цвета длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе уменьшается на 0,023 %. Коэффициент детерминации регрессионной модели (8) составляет:  $R^2 = 0,00506$  ( $p\text{-value} < 5,847 \cdot 10^{-3}$ ), то есть только 0,506 % изменения цветовых характеристик льняного очеса объясняется изменением цветовых характеристик трепаного льноволокна. Результаты прогнозирования массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе с помощью модели (8) представлены в таблице 7.

На рисунке 5 в представлено совместное распределение цветовых характеристик чесаного льноволокна и льняного очеса. Регрессионная модель зависимости среднего значения массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе от среднего значения группы цвета чесаного льноволокна.

$$L_{ол} = 6,091 + 0,429 \cdot C_{чл}. \quad (9)$$

Как видно из модели (9), при увеличении среднего значения группы цвета чесаного льноволокна на 1 среднее значение массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе уменьшается на 0,429. Коэффициент детерминации регрессионной модели (9) составляет:  $R^2 = 0,586$  ( $p\text{-value} < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), то есть 58,6 % изменения цветовых характеристик льняного очеса объясняется изменением цветовых характеристик чесаного льноволокна. Между цветовыми характеристиками льняного очеса и чесаного льноволокна существует сильная, статистически значимая, отрицательная корреляционная связь,  $r = -0,765$  ( $p\text{-value} < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ). Результаты

прогнозирования массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе с помощью модели (9) представлены в таблице 8.

Анализируя рисунок 5, модели (7)–(9), таблицы 6–8, можно сделать вывод, что цвет длинного трепаного льноволокна оказывает слабое влияние на цветовые характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса. Это может объясняться тем, что на цветовые характеристики трепаного льноволокна сильное влияние оказывают инкрустирующие вещества, которые удаляются в процессе чесания льноволокна. При этом цветовые характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса, полученные в результате чесания одного и того же длинного трепаного льноволокна, имеют тесную взаимосвязь. Также в результате чесания повышается равномерность цветовых характеристик льноволокна (рисунок 4, модели (4)–(6)).

#### ВЫВОДЫ

1. В рамках проведенного исследования было изучено изменение цветовых характеристик льноволокна урожая 2013–2014 годов в процессе чесания и их влияние на прядильную способность.
2. По результатам исследования льноволокна получены статистические модели, позволяющие прогнозировать прядильную способность длинного трепаного, чесаного льноволокна и льняного очеса на основе их цветовых характеристик.
3. Разработаны статистически значимые модели, описывающие взаимосвязь между цветовыми характеристиками длинного трепаного, чесаного льноволокна и льняного очеса.
4. Разработанные статистические модели могут быть использованы при анализе свойств льняного волокна.

Таблица 6 – Прогноз среднего значения группы цвета чесаного льноволокна согласно модели (7)

Группа цвета трепаного льноволокна	Прогнозное значение группы цвета чесаного льноволокна	95 % доверительный интервал прогноза	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2	6,71	5,81	7,61
3	6,78	5,88	7,67
4	6,84	5,95	7,74

Таблица 7 – Прогноз массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе согласно модели (8)

Группа цвета трепаного льноволокна	Прогнозное значение массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе	95 % доверительный интервал прогноза	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2	3,20	2,69	3,71
3	3,18	2,67	3,68
4	3,16	2,65	3,66

Таблица 8 – Прогноз среднего значения группы цвета чесаного льноволокна согласно модели (9)

Группа цвета чесаного льноволокна	Прогнозное значение массовой доли инкрустирующих веществ в льняном очесе	95 % доверительный интервал прогноза	
		Нижняя граница	Верхняя граница
6	3,51	3,19	3,84
7	3,08	2,76	3,41
8	2,65	2,32	2,98

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТБ 1195–2008. *Волокно льняное трепаное длинное*, Введ. 2008-04-30, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2008, 30 с.
2. СТБ 2064–2010. *Лен чесаный. Технические условия*, Введ. 2010-05-20, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2010, 20 с.

REFERENCES

1. STB 1195–2008. *Flax fiber scotched long*. Introduced 2008-04-30, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2008, 30 p.
2. STB 2064–2010. *Combed flax. Technical conditions*. Introduced. 2010-05-20, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2010, 20 p.

3. ТУ РБ 00311852.067–97. *Очес льняной*, Введ. 2013-02-22, Минск, Госстандарт Республики Беларусь 2012, 29 с.
4. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2015), Производственный контроль качества длинного трепаного льноволокна, *Известия вузов. Технология легкой промышленности*, 2015, № 2, С. 59.
5. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2014), Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2014, № 27, С. 31.
6. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2015), Оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2015, № 28, С. 61.
7. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
3. TU RB 00311852.067-97. *Linen waste*. Introduced. 02.22.2013, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2012, 29 p.
4. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2015), Production quality control of long scutched flax [Proizvodstvennyj kontrol' kachestva dlinnogo trepanogo l'novolokna], *The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry*, 2015, № 2, p. 59.
5. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2014), Investigation of belarussian long scutched flax fiber quality characteristics of 2013-th year crop [Issledovanie kachestvennyh arakteristik belorusskogo dlinnogo trepanogo l'novolokna urozhaja 2013 goda], *Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2014, № 27, p. 31.
6. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2015), Evaluation of long scutched flax spinning ability [Ocenka prjadil'noj sposobnosti dlinnogo trepanogo l'novolokna], *Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2015, № 28, p. 61.
7. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Статья поступила в редакцию 31. 08. 2015 г.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА КОНСТРУКТОРСКОЙ ПРОРАБОТКИ ЦЕПИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЫ

О.В. Захаркевич

УДК 687.016.5: 004.942

### РЕФЕРАТ

*ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, ЦЕПЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, МОДУЛЬ, СУЩНОСТЬ, АТТРИБУТ*

*В статье разработана имитационная модель процесса конструкторской проработки женской верхней одежды, которую можно использовать для прогноза работы предприятия в условиях гибкой переориентации производства на выпуск новых видов изделий.*

*При этом решены задачи представления графической модели процесса конструкторской проработки изделий, определения стабильных и мобильных характеристик процесса, а также осуществлено имитационное моделирование в пакете Arena (Rockwell Automation) на примере предприятий массового производства женской верхней одежды.*

*В качестве информации об объекте моделирования использованы результаты анализа особенностей работы швейных предприятий, а также каталоги модельных решений изделий.*

*Верификация имитационной модели выполнена путем расчета критерия Фишера. В результате доказано, что имитационную модель можно использовать для последующих исследований цепей преобразования модельных решений женской верхней одежды и формирования рекомендаций по их использованию для оптимизации работы конструктора в условиях быстрого изменения проектных ситуаций. Разработанная имитационная модель позволяет провести исследования зависимостей между количеством конструкторов, временем разработки конструкторской документации на одну модель изделия и коэффициентом загруженности конструкторов.*

### ABSTRACT

*SIMULATION MODEL, TRANSFORMATION CHAIN, MODULE, ENTITY, ATTRIBUTE*

*This research is devoted to developing of the simulation model of the design process in sewing industry. Such model could be used for predicting the results of the rapid change in production of women's outerwear.*

*The entity-relationship model of the design process was formed. All of entities in this model were represented as particular modules in simulation package Arena (Rockwell Automation). Each module was described with some attributes, which could be changed for different sewing companies.*

*Analysis of the design process in sewing industry and data base of transformation elements were used as original information for simulating.*

*Fisher-test was used for verification of the simulation model. So simulation model of the design process in sewing industry is the base for research of the transformation chains and relationship between parameters of the design process in sewing industry.*

Современные методы типового проектирования одежды сориентированы на разработку систем моделей определенного вида одежды. При этом не рассматривается возможность перехода от одного вида изделия к другому, тогда как

каждое предприятие постоянно изменяет ассортимент одежды, с которым работает (в связи с сезонными изменениями).

Вопросы регулирования гибкости конструкторско-технологической подготовки, обновление

ассортимента в условиях предприятия рассмотрены в работе [1]. Автором предложена концепция регулирования ассортимента на основе сочетания аксиологических и морфологических взаимосвязей для ситуационных преобразований ассортимента на примере женского жакета.

Особенности преобразований разновидностей женской верхней одежды, которые в совокупности составляют пальтово-костюмный ассортимент (в соответствии с ГОСТ 25295–2003 [2]), рассмотрены в работах [3–4]. Автором [3] введено понятие типологического ряда видов одежды, который содержит совокупность изделий с общим признаком и предусматривает возможность преобразований от исходной модели до последней модели такого ряда. Внутри типологического ряда женской верхней одежды выделены цепи преобразований.

Цепи преобразований женской верхней одежды – это простые последовательности разновидностей изделий, которые позволяют задавать вектор действий в конкретной проектной ситуации, обеспечивая видоизменяемую трансформацию женской верхней одежды [3].

Соответственно, для того, чтобы предприятие в любой момент времени могло быстро перенастроить производство на другие виды изделий, нужно иметь готовую групповую конструкторскую документацию на разновидности одежды, которые входят в наиболее часто встречаемые цепи преобразований.

Условия, которые определяют количество видов изделий в цепи преобразований, до сих пор неизвестны. Кроме того, при выборе цепей преобразований следует учитывать ряд внешних факторов: мода, возможности и мощности предприятия, спрос и т. д. Такие факторы не всегда можно прогнозировать на длительный период времени, а тем более со значительной долей уверенности. Именно поэтому сложно построить точную аналитическую модель процесса конструкторской проработки цепей преобразований женской верхней одежды.

Когда явления в системе настолько сложны и многообразны, что аналитическая модель становится слишком грубым приближением к действительности, исследователь вынужден использовать имитационное моделирование [5].

Такое моделирование используется в разных

сферах экономики и промышленности: имитационная модель процесса гребнечесания [6], моделирование гибких швейных потоков [7], моделирование процессов монтажа изделий [8–9].

Имитационная модель процесса конструкторской проработки цепей преобразований могла бы решить задачу анализа производственной системы, отображая особенности разработки швейного изделия от момента получения заказа (задания на разработку модели) до формирования пакета конструкторской документации на модель изделия.

Цель работы – разработка имитационной модели процесса конструкторской проработки цепи преобразования женской верхней одежды для прогноза работы предприятия в условиях гибкой переориентации производства на выпуск новых видов изделий.

При этом предстоит решить следующие задачи:

- представить графическую модель процесса конструкторской проработки;
- определить стабильные и мобильные характеристики процесса;
- осуществить имитационное моделирование на примере предприятия массового производства женской верхней одежды.

Имитационная модель должна обеспечить возможность исследования характеристик процесса конструкторской проработки и сопоставления их с предложенной длиной цепи.

В качестве информации об объекте моделирования использованы результаты анализа особенностей работы швейных предприятий, а также каталоги модельных решений изделий.

В результате анкетирования представителей предприятий получены цифровые характеристики процесса разработки изделия: затраты времени на конструкторскую разработку изделия, мощность предприятия, время между отдельными разработками моделей (заказами), принцип построения расписания работы конструкторов на предприятии, количество конструкторов, стоимость разработки конструкторской документации на одну модель (табл. 1).

Цепи преобразований могут иметь различную длину, то есть могут состоять из разного количества разновидностей изделий: от двух до десяти. Минимальное количество разновид-

Таблица 1 – Результаты анкетирования представителей предприятий швейной отрасли

Характеристика работы предприятия	Варианты ответов	Частота встречаемости		Характеристика работы предприятия	Варианты ответов	Частота встречаемости	
		ед.	%			ед.	%
Стоимость разработки конструкторской документации на одну модель, грн	100	1	16,7	Количество конструкторов на предприятии	1	2	20
	100–170	1	16,7		2	4	40
	150–200	2	33,2		3	2	20
	200–250	1	16,7		4	1	10
	350–400	1	16,7		5	1	10
Затраты времени на конструкторскую проработку одной модели изделия	1–2 ч	1	11,10	Расписание заказов	Есть	6	60
	3 ч	1	11,10		Отсутствует	4	40
	4–5 ч	1	11,10	Период между заказами	1-2 недели	4	40
	8–9 ч	2	22,25		2-3 недели	1	10
	1–3 дня	2	22,25		3-4 недели	1	10
	3 дня	1	11,10	Количество моделей в одном заказе	1-5	2	20
	1 неделя	1	11,10		2-6	1	10
Использование САПР	да	7	70		4-8	1	10
	нет	3	30		10	1	10
Мощность предприятия	большая	1	10	Больше 10	1	10	
	средняя	4	40	Принцип составления графика заказов	понедельно	4	50
	малая	5	50		помесячно	4	50

ностей изделий, входящих в цепь, – две. Цепь преобразования, состоящая из минимального количества разновидностей изделий, является элементарной. Из элементарных цепей может быть составлена цепь какой угодно длины.

Количественный анализ цепей преобразований показывает, что среди них чаще всего встречаются следующие элементарные цепи: «Куртка – Анорак», «Анорак – Полупальто», «Полупальто – Жакет», «Жакет – Труакар» и «Макинтош – Редингтон», «Редингтон – Жакет-спенсер». Соответственно, в процессе конструкторской подготовки производства можно использовать пакеты конструкторской документации, обеспечивающие производство разновидностей изделий, входящих в названные элементарные цепи.

Разработка имитационной модели процесса конструкторской проработки цепи преобразования выполнена на примере двух элементарных цепей «Куртка – Анорак» и «Анорак – Полупальто», которые объединяются в цепь преобразования: «Куртка – Анорак – Полупальто».

Для выполнения исследований использована информация о цепях преобразований модельных решений из базы данных трансформирующих элементов [3], в частности листы: «Цепи преобразований модельных решений 10-1-28» и «Соединение цепей преобразований 10-1-28», «10-1(13)-28», «10-1(31)-28», «10-1(103)-28», «10-1(104)-28», «10-1(105)-28», «10-1(106)-28». Номенклатура цепей преобразований представлена цифровыми обозначениями (соединение порядковых номеров разновидностей женской верхней одежды в списке). Цепи преобразований модельных решений с одинаковым решением анорака (порядковый номер 1) и разными модельными решениями куртки (порядковый номер 10) и полупальто (порядковый номер 28), обозначены как «10-1(N<sup>o</sup>A)-28», где «10» – обозначение множества модельных решений курток; «1» – обозначение множества модельных решений анораков; N<sup>o</sup> A – номер общего модельного решения анорака; «28» – обозначение множества модельных решений полупальто.

В таблице 2 показано соотношение видов изделий в цепях преобразований модельных решений «10-1-28». Количество моделей курток определяет множество их моделей, которое может быть преобразовано в одну и ту же модель анорака. Соответственно, модели полупальто составляют множество, в которое может быть преобразована модель анорака.

Для отображения семантических отношений элементов изучаемого процесса в виде концептуальной модели выбраны графические средства ER-модели (entity-relationship model) – модели «сущность–связь».

В данном случае это подразумевает представление графическими объектами всех элементов, которые в совокупности обеспечивают процесс конструкторской проработки цепи преобразования в различных возможных ее вариантах. Информация об этих элементах и имеющихся взаимосвязях между ними может быть получена из таблицы 1.

Процесс разработки новых моделей изделий на основе цепей преобразований зависит от особенностей выбранной цепи, так как цепь отображает заданное направление разработки. Например, цепь «Куртка–Анорак–Полупальто» может быть изображена в трех вариантах (рис. 1). Орграфы цепи преобразования составляют основу для ER-модели (рис. 2).

В качестве элементов системы приняты: цепь преобразования, состоящая из видов изделий (анорак, куртка, полупальто), непосредственный исполнитель работ (конструктор) и момент начала разработки конструкторской документации



Рисунок 1 – Варианты орграфов цепи преобразования «Куртка–Анорак–Полупальто»

на модель или модели изделия (заказ).

Свойства элементов системы (видов изделий) представлены атрибутами: количеством моделей определенного вида изделия, приоритетом разработки (высокий, средний, низкий – в зависимости от срочности выполнения заказа), затратами времени на конструкторскую подготовку одной модели определенного вида изделия, коэффициентами унификации элементарных цепей преобразования. Количество конструкторов, время работы и заработная плата выступают атрибутами исполнителя работ (конструктора).

Необходимость начала процесса разработки конструкторской документации на модель изделия характеризуется атрибутами: расписание

Таблица 2 – Распределение видов изделий в цепях преобразований «10-1-28»

Условное обозначение цепи преобразования	Количество моделей, ед			Распределение, %	
	курток	полупальто	всего	курток	полупальто
«10-1(13)-28»	12	8	20	60	40
«10-1(31)-28»	2	2	4	50	50
«10-1(103)-28»	14	14	28	50	50
«10-1(104)-28»	6	12	18	33	67
«10-1(105)-28»	6	12	18	33	67
«10-1(106)-28»	2	1	3	66	34

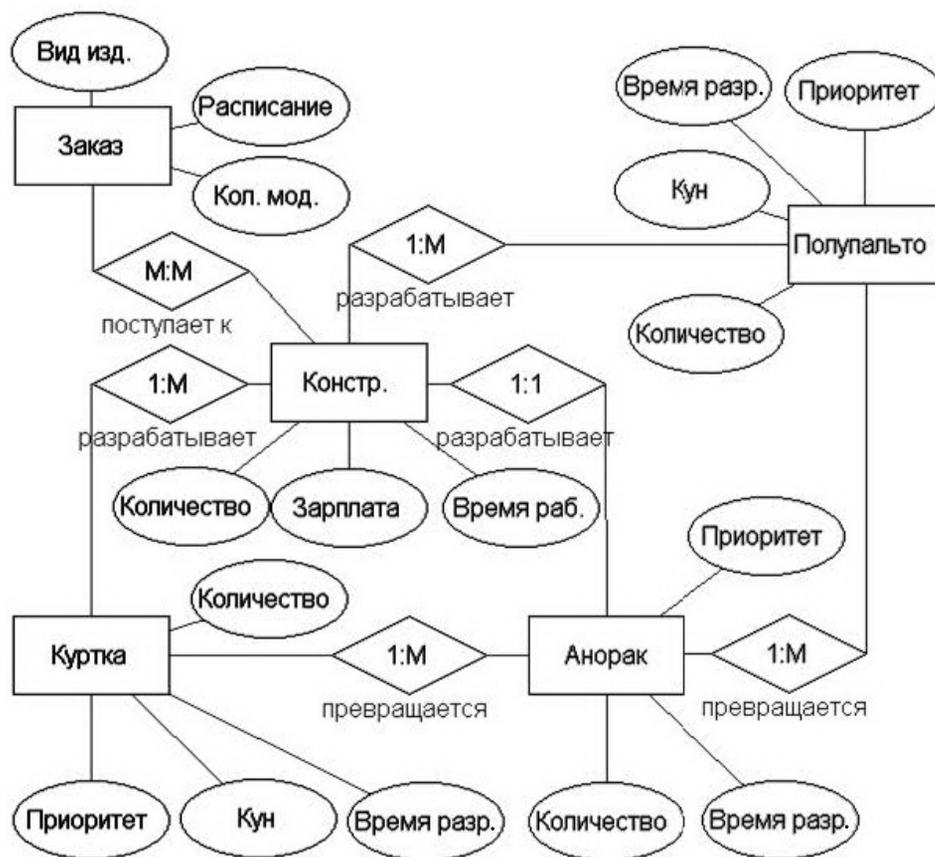


Рисунок 2 – ER-модель процесса конструкторской проработки цепи преобразования «Куртка–Анорак–Полупальто» на основе III варианта орграфа

заказов, вид изделия, срок выполнения заказа и количество моделей, которые надо разработать.

Модели изделий – это индивидуальные элементы, которые обрабатываются в системе, следовательно, они являются сущностями для моделирования процесса конструкторской проработки цепей преобразований разновидностей одежды.

Критериями выбора программного пакета моделирования являются достаточность и полнота средств реализации концептуальной модели, доступность, простота и легкость освоения, скорость и корректность создания программной модели. Для разработки имитационной модели процесса конструкторской проработки целесообразно использовать пакет Arena (Rockwell Automation), который соответствует названным критериям.

Создание модели с помощью пакета Arena

начинают с анализа доступных модулей программы и их возможного функционального использования для имитации известных этапов конструкторской проработки изделия на предприятии.

В результате сформирован следующий перечень модулей:

- Create (точка создания сущностей) – соответствует этапу технического задания на разработку модели определенного вида изделия, в данном случае – анорака;
- Process – имитация процесса разработки конструкторской документации на каждую отдельную модель изделия;
- Decide – задание соотношения количества моделей различных видов изделий в одной цепи преобразования модельных решений;
- Resource используется для каждого свойства как самостоятельный модуль, определяет

количество и особенности работы конструкторов;

- Schedule – распорядок поступления заказов, план их выполнения;
- Separate создает копии ранее созданных моделей, имитируя процесс копирования разработанного проекта (конструкции, лекал или всего комплекта конструкторской документации), например: с помощью команды «Сохранить как» – AutoCAD, «Сохранить предмет как ...» – САПР «Julivi», «Создать новый алгоритм на базе старого» – САПР «Грация».

Фрагмент блок-схемы имитационной модели процесса конструкторской проработки с использованием цепи преобразования (на примере цепи 10-1(13)-28 (вариант III)) отображён на рисунке 3. Назначение свойств модулям модели представлено в виде таблиц 3 и 4.

Для разработанной модели выбран механизм продвижения модельного времени «от события к событию».

Параметры модулей Process, характеризующие время разработки модели, приведены в таблице 5. Значения рассчитаны на основании результатов опроса представителей предприятий швейной промышленности (табл. 1) и данных о коэффициентах конструктивной однородности моделей изделий в цепях преобразования (из «Базы данных трансформирующих элементов»).

В окне рабочего поля модели представлены: структура (блок-схема) модели, часы, календарь, счетчик количества разработанных анораксов и две диаграммы, отображающие количество разработанных полу пальто и курток (рис. 4).

Верификация имитационной модели выполнена путем сравнения полученных количественных характеристик с данными официальных сайтов предприятий [10–12], данными методических указаний по планированию экспериментальных цехов швейных предприятий [13], результатами опроса представителей швейной отрасли (табл. 6).

В результате сравнения критерия Фишера расчетного ( $F_p$ ) и табличного ( $F_T$ ) можно утверждать, что имитационная модель адекватно отображает процесс конструкторской проработки на швейных предприятиях Украины ( $F_p = 2,81 < F_T = 4,28$ ). Таким образом, имитационную модель можно использовать для последующих исследований цепей преобразования модельных решений женской верхней одежды и формирования рекомендаций по их использованию для оптимизации работы конструктора в условиях быстрого изменения проектных ситуаций. Модель позволяет провести исследования зависимостей между количеством конструкторов, временем разработки конструкторской документации на одну модель изделия и коэффициентом загруженности конструкторов. Полученные результаты могут быть использованы в экспертной системе для выбора длины цепи [14].

После апробации обобщенной модели каждый модуль Process можно представить как отдельную подсистему (Submodel). Такая модель будет отображать этапы подготовки конструкторской документации и создавать условия для их исследования.

### Анорак 13

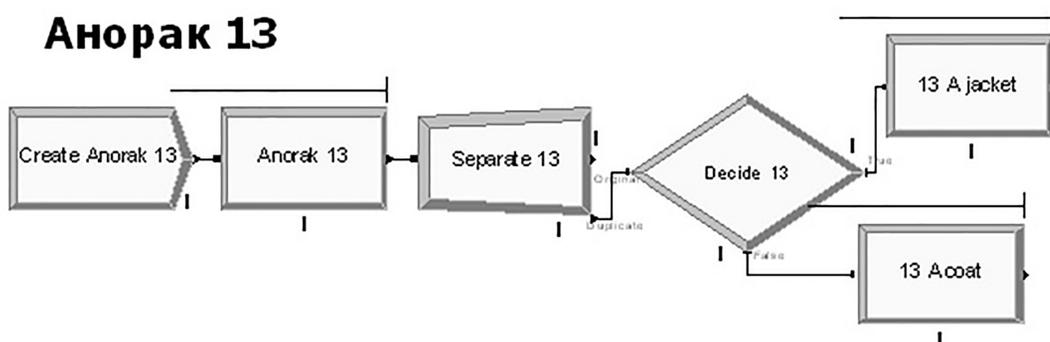


Рисунок 3 – Блок-схема имитационной модели процесса конструкторской проработки в среде моделирования Arena: цепь преобразования, в основе которой лежит модель аноракса 13

Таблица 3 – Изменяемые характеристики модулей имитационной модели процесса конструкторской проработки в среде моделирования Arena

Модуль	Назначение модуля	Описание модуля	Параметр	Назначение параметра	Описание	Значения параметров
Create	Исходная точка для сущностей	Необходимость разработки модели	Type	Способ формирования потока прибытия	Способ определения количества заказов на разработку модели	Constant (среднее значение)
			Value	Среднее значение времени между прибытиями сущностей	Время между заказами на разработку модели	Schedule (по расписанию)
			Schedule Name	Название расписания, определяющего характер прибытия сущностей в систему	Расписание, определяющее характер и частоту поступления заказов на разработку модели	Constant (среднее значение для каждого предприятия отдельно)
			Units	Единицы измерения времени между прибытиями сущностей	Единицы измерения времени между поступлениями заказов на разработку модели изделия	Schedule 1
Process Anorak №А (Process Jacket №А; Process Coat №А)	Основной модуль процесса обработки сущностей	Разработка конструкторской документации на модель изделия	Priority	Приоритет модулей, которые используют один и тот же ресурс	Срочность выполнения заказа (поочередность разработки моделей)	High, Medium, Low
			Resources	Ресурсы, которые будут обрабатывать сущности в модуле	Количество конструкторов на предприятии, чел.	1 ÷ 5 (определяется для каждого предприятия)
			Units	Единицы измерения времени пребывания сущности в модуле	Единицы измерения времени разработки конструкторской документации на модель изделия	День, час
			Allocation	Определяет необходимость учета стоимостных характеристик	Определяет необходимость учета стоимости разработки конструкторской документации на модель изделия	Value Added (Учитывать стоимость разработки конструкторской документации)
			Delay Type	Тип распределения или процедура, определяющая параметры задержки сущности в модуле	Тип распределения, соответствующий особенностям работы человека	Triangular
Separate №А	Модуль создания копий раньше созданных сущностей	Копирование файлов проектов и/или конструкторской документации ранее разработанных моделей	# of Duplic	Количество создаваемых копий входящей сущности	Количество моделей, которые могут быть созданы на основе данной модели анорака (сумма моделей курток и полупальто для конкретной цепи преобразования)	Таблица 2

Окончание таблицы 3

Decide	Описание логики модели с учетом принятия решения	Описание логики модели с учетом принятия решения	Percent True	Значение, определяющее процент сущностей, который пойдет по направлению True	Процент, определяющий количество моделей курток в цепи преобразований	Таблица 2
Resource	Определение ресурсов и их свойств	Особенности работы конструкторов	Capacity	Количество ресурсов, находящихся в системе	Количество конструкторов	Определяется для каждого предприятия (прогона модели)
			Busy	Почасовая стоимость обработки сущности ресурсом	Почасовая стоимость разработки модели конструктором	12 грн
			Idle	Стоимость ресурса, когда он свободен	Почасовая оплата работы конструктора, когда он свободен	12 грн
Schedule	Расписание	Частота прибытия сущностей	Type	Тип расписания	Расписание получения заказов на разработку моделей	Arrival (расписание для модуля Create)

Таблица 4 – Распределение видов изделий в цепях преобразований «10-1-28»

Модуль	Параметр			Значения параметров
	Название	Описание	Физическое содержание	
Create	Name	Имя модуля	Условный номер модели анорака	Create №A
	Entity Type	Название типа сущности	Условный номер модели анорака	Entity №A
	Entities per arrival	Количество сущностей, входящих в систему за 1 прибытие	Количество моделей, составляющих один заказ	5 шт
	Max arrivals	Максимальное число сущностей, формируемое модулем (ресурс генератора)	Максимальное количество моделей, которые могут быть заказаны для разработки	Infinite
	First Creation	Время, через какое приходит первая сущность в модель, от начала моделирования	Время, через какое приходит первый заказ на разработку модели	0,0
Process	Name	Имя модуля	Название модели изделия	Anorak №A (Jacket №A, Coat №A)
	Type	Логическая схема модуля	Детализация процесса конструкторской проработки модели анорака	Standard (модуль не содержит субмоделей)
	Action	Тип обработки, происходящей внутри модуля	Порядок работы конструктора при разработке моделей анораков	Seize Delay Release (конструктор занят разработкой модели определенное время, после которого освобождается)

Окончание таблицы 4				
Separate	Name	Имя модуля	Условный номер исходной модели анорака	Separate №А
	Type	Способ распределения входящих в модуль сущностей	Способ распределения конструкторской документации исходной модели анорака	Duplicate Original (дублирование конструкторской документации исходной модели анорака)
	Percent Cost to Duplicates	Процент исходных сущностей, которые нужно скопировать	Процент моделей анораков, конструкторскую документацию которых нужно скопировать	100 %
Decide	Name	Имя модуля	Условный номер анорака	Decide №А
	Type	Тип принятия решений	Определение количества моделей полупальто и моделей курток в каждой цепи	2-way by Chance (выбор решения основывается на вероятности заданной процентом моделей курток в цепи, табл. 1)
Resource	Name	Имя ресурсов	Конструктор	Konstrыktor
	Type	Метод, определяющий вместимость ресурса	Метод, определяющий количество конструкторов	Fixed Capacity (фиксированное количество)
	Schedule Name	Название расписания	Название расписания	Schedule 1
Schedule	Name	Название расписания	Название расписания	Schedule 1
	Time Units	Масштаб оси времени в графике расписания	Масштаб оси времени в графике расписания	Дни

Таблица 5 – Параметры модулей Process

Process	№А	Minimum, час	Maximum, час	Value, час	Std Dev, час
Anorak	13, 31, 103, 104, 105, 106	1	40	11,8	11,06
Jacket	13	0,3	12	3,54	3,32
Coat	13	0,4	16	4,72	4,42
Jacket	31				
Coat	31	0,3	12	3,54	3,32
Jacket	103				
Coat	103	0,2	8	2,36	2,21
Jacket, Coat	104, 105, 106	0,3	12	3,54	3,32

06:49:29

а

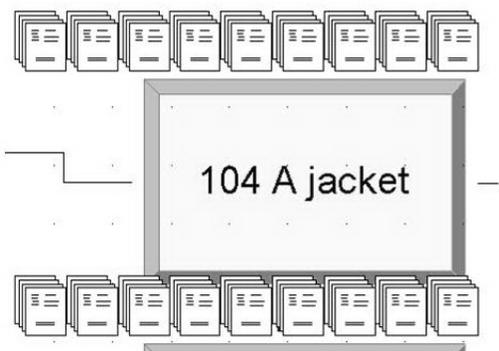
May 21, 2014

б

Количество разработанных моделей анораков

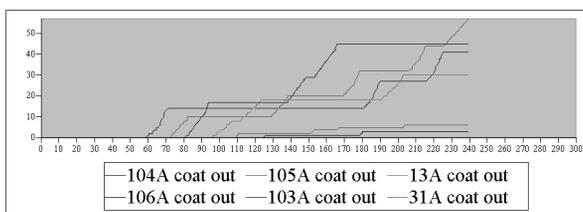
Анорак 13	6	Анорак 104	6
Анорак 31	6	Анорак 105	6
Анорак 103	5	Анорак 106	5

в

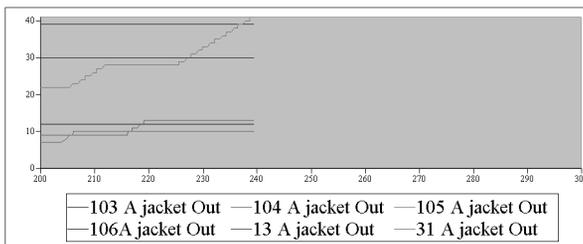


г

Количество разработанных моделей полупальто



Количество разработанных моделей курток



д

Рисунок 4 – Фрагменты рабочего окна во время прогона имитационной модели: а – часы; б – календарь; в – счетчик количества разработанных моделей анораков; г – результат прогона модели; д – диаграммы, отображающие процесс разработки моделей полупальто и курток

Таблица 6 – Экспериментальная проверка результатов работы имитационной модели

Название предприятия	Количество конструкторов	Количество разработанных моделей, ед.			
		Эмпирические данные			В имитационной модели
		min	max	Среднее значение	
«Володарка» [10]	5	360	450	405	478
«Галичина» [11]	4	260	340	300	361
«ГАЯН» [12]	4	320	350	335	361
«Опанасенко»	3	110	130	120	114
[13]	3	105	110	107,5	114

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Славінська, А.Л., Штомпіль, О.М. (2012), Концепція регулювання гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки оновлення асортименту в умовах підприємства, *Вісник Хмельницького національного університету*, 2012, № 4, С. 173–178.
2. ГОСТ 25295-2003. *Одежда верхняя пальтово-костюмного ассортимента. Общие технические условия*, Москва, Стандартинформ, 2006, 11 с.
3. Захаркевич, О.В. (2012), Формування раціональних ланцюгів перетворення жіночого плечового одягу, *Вісник Хмельницького національного університету*, 2012, № 2, С. 73–76.
4. Захаркевич, О. В. (2013), Основні підходи до формування концептуальної моделі експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу, *Вісник Хмельницького національного університету*, 2013, № 1, С. 207–211.
5. Замятина, О.М. (2009), *Моделирование систем*, Томск, 186 с.
6. Рыклин, Д.Б., Катович, О.М. (2013), Разработка имитационной модели процесса гребнечесания, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2013, № 25, С. 50-58.
7. Мокеева, Н.С., Профорок, Е.В., Заев, В.А., Зыбарева, А.А. (2002), Методология имитационного моделирования гибких швейных потоков модульного типа. Сообщение 1, *Известия вузов. Технология текстильной и легкой промышленности*, 2002, № 2, С. 120-123.
8. Waldemar, Grzechca (2011), *Assembly Line Balancing in Garment Production by Simulation, Assembly Line – Theory and Practice*, Available from: [http://www.intechopen.com/books/assembly-line-theory-and-practice/model-sequencing-and-assembly-line-balancing-in-](http://www.intechopen.com/books/assembly-line-theory-and-practice/model-sequencing-and-assembly-line-balancing-in)

## REFERENCES

1. Slavinskaya, A.L., Shtompil, A.M. (2012). The concept of regulation flexibility of design and technological preparation of updated product range in terms of enterprise [Konseptsiia rehuliuвання hnuchkosti konstruktorsko-tekhnologichnoi pidgotovky onovlennia asortymentu v umovakh pidpriemstva], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Herald of Khmelnytskyi national university. Technical science*, 2012, № 4, pp. 173-178.
2. GOST 25295-2003. (2006), *Odezhda verhnyaya paltovo-kostyumnogo assortimenta. Obschie tehnycheskie usloviya* [Outerwear of coat-suit assortment. General specifications], Moscow, 11 p.
3. Zakharkevich, O.V. (2012), Developing of rational transformations chains of the women's shoulder clothing [Formuvannia ratsionalnykh lantsiuhiv peretvorennya zhinochoho plechovoho odiahu], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Herald of Khmelnytskyi national university. Technical science*, 2012, № 2, pp. 73–76.
4. Zakharkevich, O.V. (2013), Main approaches to developing of conceptual model of the expert system for rapid change in production of women's outerwear [Osnovni pidkhody do formuvannia kontseptualnoi modeli ekspertnoi systemy hnuchkoi pereoriantatsii vyrobnytstva zhinochoho verkhnogo odiahu], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Herald of Khmelnytskyi national university. Technical science*, 2013, № 1, pp. 207–211.
5. Zamyatina, O.M. (2009), *Modelirovanie sistem* [Modeling systems], Tomsk, 186 p.
6. Ryklin, D.B., Katovich, O.M. (2013), Development of the simulation model of the combing process [Razrobotka imitatsionnoy modeli protsessa grebnechesaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2013, № 25, pp. 50–58.
7. Mokeeva, N.S., Proforuk, E.V., Zaev, V.A., Zybareva, A.A.

- garment-production-by-simulation-worker-transfer-syst (accesed 15 August 2014).
9. Daniel, Kitaw, Amare, Matebu, Solomon, Tadesse, (2010), Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in a Garment Manufacturing Firm, Journal of EEA, 2010, Vol. 27, pp. 69-80.
  10. Офіційний сайт «Володарка». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.volodarka.com/>. – Дата доступу: 25.05.2014.
  11. Виробничо-торгове швейне підприємство «Галичина». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://galychyna.biz/contacts>. – Дата доступу: 25.05.2014.
  12. ШВЕЙНА ФАБРИКА «ГАЯН», ПП. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://shveyuna-fabrika-gayan.business-guide.com.ua/> – Дата доступу: 25.05.2014.
  13. ХНУ – Проектування швейних підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://dn.tup.km.ua/dn/k\\_default.aspx?M=k0335&T=12&lng=1&st=0000](http://dn.tup.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0335&T=12&lng=1&st=0000). – Дата доступу: 23.05.2014.
  14. Захаркевич, О.В., Почупрін, А.В. (2014), Розробка прототипу експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу, *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 2014, № 2/2 (68), С. 50-55.
  - (2002), Methodology for the simulative modelling of flexible module-type sewing lines [Metodologiya imitatsionnogo modelirovaniya gibkih shveynykh potokov modulnogo tipa], *Izvestiya vuzov. Tehnologiya tekstilnoy i legkoy promyshlennosti – Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*, 2002, № 2, pp. 120-123.
  8. Waldemar, Grzechca (2011), Assembly Line Balancing in Garment Production by Simulation, Assembly Line – Theory and Practice, Available from: <http://www.intechopen.com/books/assembly-line-theory-and-practice/model-sequencing-and-assembly-line-balancing-in-garment-production-by-simulation-worker-transfer-syst> (accesed 15 August 2014).
  9. Daniel, Kitaw, Amare, Matebu, Solomon, Tadesse, (2010), Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in a Garment Manufacturing Firm, Journal of EEA, 2010, Vol. 27, pp. 69-80.
  10. Ofitsiyni sait «Volodarka». [Official site «Volodarka»], (2014), available at: <http://www.volodarka.com/> (accessed 25 May 2014).
  11. Vyrobnycho-torhove shveine pidpriemstvo «Halychyna». [Industrial and commercial sewing company «Halychyna»], (2014), available at: <http://galychyna.biz/contacts> (accessed 25 May 2014).
  12. Shveina fabryka «Haian», PP. [Sewing factory «Haian»], (2014), available at: <http://shveyuna-fabrika-gayan.business-guide.com.ua/> (accessed 25 May 2014).
  13. KhNU – Proektuvannia shveinykh pidpriemstv [KhNU – Designing of sewing enterprises], (2014), available at: [http://dn.tup.km.ua/dn/k\\_default.aspx?M=k0335&T=12&lng=1&st=0000](http://dn.tup.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0335&T=12&lng=1&st=0000) (accessed 23 May 2014).
  14. Zakharkevich, O.V., Pochuprin, A.V. (2014), Development of prototype of expert system for rapid change in production of women's outerwear [Rozrobka prototypu ekspertnoi systemy hnuchkoi pereoriientsatsii vyrobnytstva zhinochoho verkhnoho odiahu], *Easter-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, № 2/2 (68), pp. 50-55.

Статья поступила в редакцию 02. 03. 2015 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЙ ТОЧЕК СЛОЖНЫХ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

С.А. Кошель, А.В. Кошель

УДК 621.01

### РЕФЕРАТ

*СЛОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ, КЛАСС МЕХАНИЗМА, ЗВЕНО, ГРУППА АССУРА, УСКОРЕНИЕ ТОЧЕК, ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ, КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ*

*В работе рассматриваются вопросы кинематического анализа сложных плоских механизмов, которые в последнее время в силу своих преимуществ все чаще используются в оборудовании легкой промышленности. Целью работы является разработка последовательности действий для кинематического исследования ускорений точек базисного звена сложного плоского механизма графоаналитическим способом. Выполнена сравнительная характеристика основных известных способов графоаналитического кинематического исследования точек механизма, высказано предположение об актуальности исследований в области разработки новых оригинальных способов кинематического анализа, которое подтверждается отсутствием универсального способа, приемлемого для аналогичных исследований существующего многообразия механизмов четвертого и выше классов.*

*На примере сложного механизма третьего класса разработана оригинальная последовательность кинематического анализа графоаналитическим методом, базирующаяся на положениях про особую точку Ассура теории анализа механизмов курса теории механизмов и машин и теореме о мгновенном центре ускорений твердых тел, совершающих плоскопараллельное движение курса теоретической механики. Результатом применения последовательности действий анализа является определение по величине и направлению векторов линейных ускорений точек сложного звена механизма высшего класса.*

*Результаты работы могут быть полезными при выполнении аналогичных исследований сложных механизмов высших классов, используемых в оборудовании легкой промышленности.*

### ABSTRACT

*COMPLEX MECHANISM, CLASS OF MECHANISMS, LINK GROUP ASSUR, ACCELERATION OF POINTS, GRAPHOANALITICAL METHOD, KINEMATIC ANALYSIS*

*Purpose of the article is to develop a sequence of actions to determine the accelerations of points of complex mechanisms by the graphic-analytical method. The aim is to develop a workflow for kinematic studies accelerations of points of a flat base member of complex mechanism by the graphoanalytical method which is based on the laws of the course of theoretical mechanics of the instantaneous center of acceleration of bodies engaged on plane-parallel motion. The calculation is performed on the example of the complex mechanism of the third class, which makes it possible to control the sequence of actions performed due to the fact that there is such a mechanism for development of the kinematic analysis methods.*

*The present research is relevant because it expands Implementation of similar problems for which there is no universal method. Using of the original sequence of kinematic analysis is based on the provisions of the kinematic analysis of complex mechanisms about a singular point of Assur and the concept of instant center acceleration of solids committing plane-parallel motion a course of theoretical mechanics.*

*The results of calculation possible to recommend the proposed sequence of acceleration detection mechanism points of the third class used for similar research the complex mechanisms of the fourth and higher classes of equipment for light industry.*

Сложные механизмы, в состав которых входят группы Ассура высших классов, все чаще используются в современных технологических машинах легкой промышленности. Связано это со сложностью движений рабочих звеньев, которые осуществляются такими механизмами с целью получения необходимых траекторий рабочих органов машины для обеспечения выполнения технологического процесса. Для проведения необходимых динамических исследований сложных механизмов предварительно выполняются структурный и кинематический анализы.

Кинематический анализ механизмов третьего класса графоаналитическими методами можно выполнять разными способами.

Известен способ ложных планов ускорений [1], который требует предварительного построения двух ложных планов ускорений. Эти планы позволяют определить действительное положение одной точки сложного звена механизма, а впоследствии и всех других точек, совпадающих с центрами внутренних кинематических пар группы Ассура третьего класса.

Другой способ планов [2] основывается на построении плана ускорений в определенном масштабе и необходимости определения положения особой точки Ассура, которая условно принадлежит базисному звену механизма третьего класса. В первую очередь составляется система векторных уравнений, которые позволяют графически определить вектор линейного ускорения точки Ассура. Система векторных уравнений, составленных по отношению к другой точке сложного звена, позволяет определить вектор линейного ускорения этой точки на плане и, как следствие, осуществить построение плана ускорений всего механизма.

Заслуживает внимания способ кинематического анализа механизма третьего класса [3], который основывается на присоединении дополнительного условного звена к шатунной точке базисного звена. Другую точку этого звена присоединяют к стояку. Положение точки определяют как центр кривизны шатунной кривой, которую описывает точка присоединения условного и базисного звеньев. Кинематический анализ механизма третьего класса приводится к последовательному кинематическому исследованию двух шарнирных четырехзвенников – ме-

ханизмов второго класса: начинают с шарнирного четырехзвенника, в состав которого входят звенья условно новое и ведущее, затем рассматривают звенья другого четырехзвенника.

Анализ вышеизложенных способов определения ускорений точек механизма третьего класса позволяет увидеть условие, которое их объединяет: последовательность выполнения исследования совпадает с последовательностью присоединения групп Ассура к начальному механизму, то есть кинематический анализ механизма выполняется классически: начинают с ведущего звена, а заканчивают звеньями последней группы Ассура в соответствии с формулой строения механизма. В работе [4] предлагается графоаналитический способ определения ускорений точек механизма третьего класса, который учитывает способность механизмов высших классов изменять (уменьшать) класс за счет выбора условно другого возможного начального механизма. Для условно другого ведущего звена механизм третьего класса в соответствии с формулой строения условно преобразуется в механизм второго класса, в состав которого входят только группы Ассура второго класса. Определение ускорений точек механизма третьего класса в последовательности, которая обусловлена не действительным начальным механизмом механизма высшего класса, а условно другим начальным механизмом кинематически-эквивалентного механизма, который образован ведомым звеном, стояком и кинематической парой, соединяющей их, позволяет в некоторых случаях упростить, а для других сложных механизмов сделать возможным выполнение кинематического анализа.

Например, для механизмов, структурные схемы которых представлены на рисунке 1 *а, б, в*, выполнить кинематический анализ способом, изложенным в работах [1–3], не представляется возможным. Вызвано это тем, что к шатуну 2, который непосредственно присоединен к ведущему звену 1, с другой стороны также присоединяется шатун (шатуны), кинематические параметры точек которого (которых), как и их траектории (рисунок 1, варианты *а, в*), являются неизвестными.

С помощью способа [4] кинематический анализ механизма приводится к исследова-

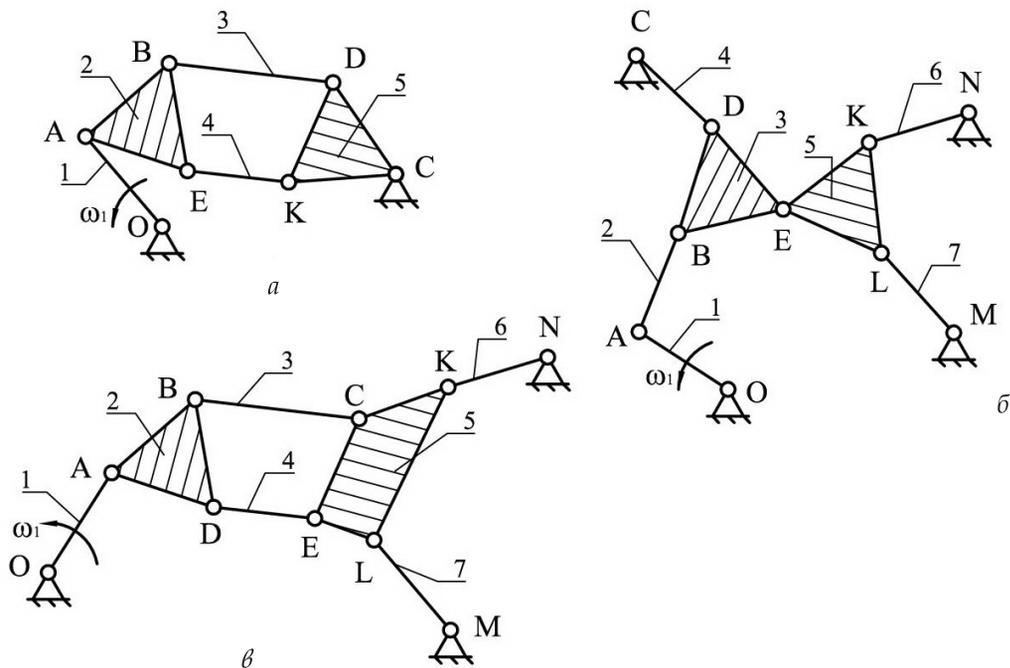


Рисунок 1 – Варианты структурных схем механизмов высших классов: а – механизм четвертого класса с группой Ассура 4 класса 2 порядка ( $n = 4, p_5 = 6$ ); б – механизм третьего класса с группой Ассура 3 класса 4 порядка ( $n = 6, p_5 = 9$ ); в – механизм четвертого класса с группой Ассура 4 класса 3 порядка ( $n = 6, p_5 = 9$ ), где  $n$  – количество подвижных звеньев группы,  $p_5$  – количество кинематических пар пятого класса в группе

нию кинематически-эквивалентного механизма третьего класса (варианты а, в), а в варианте б механизма второго класса с последовательным присоединением групп Ассура второго класса второго порядка. С учетом того, что способ основан на неоднократном повторении графических построений, которые вызваны необходимостью подбора величины углового ускорения одного из звеньев кинематически-эквивалентного механизма, которая бы удовлетворяла задаваемым исходным параметрам ведущего звена, становится понятным громоздкость графических построений такого кинематического анализа графоаналитическим способом для механизмов четвертого и выше классов.

Задачи разработки новых способов кинематического исследования сложных плоских механизмов являются, по нашему мнению, актуальными потому, что для исследования многообразия механизмов высшего класса определиться с универсальным способом кинематического ана-

лиза (особенно для определения ускорений) невозможно. В каждом конкретном случае исследования сложного механизма высшего класса необходимо подбирать и выполнять последовательность действий, вызванных использованием нескольких способов кинематического анализа одновременно.

Новый способ кинематического анализа сложного плоского механизма графоаналитическим способом рассмотрим на примере механизма третьего класса (рисунок 2), для которого выполнить аналогичное исследование другим известным способом не составляет сложности. Выполняется это с целью подтверждения правильности решения задачи путем выполнения перепроверки другим способом.

Исследования ускорений точек механизма третьего класса графоаналитическим способом предлагаем выполнять, взяв за основу способ, который базируется на определении величины и направления вектора ускорения особой точки

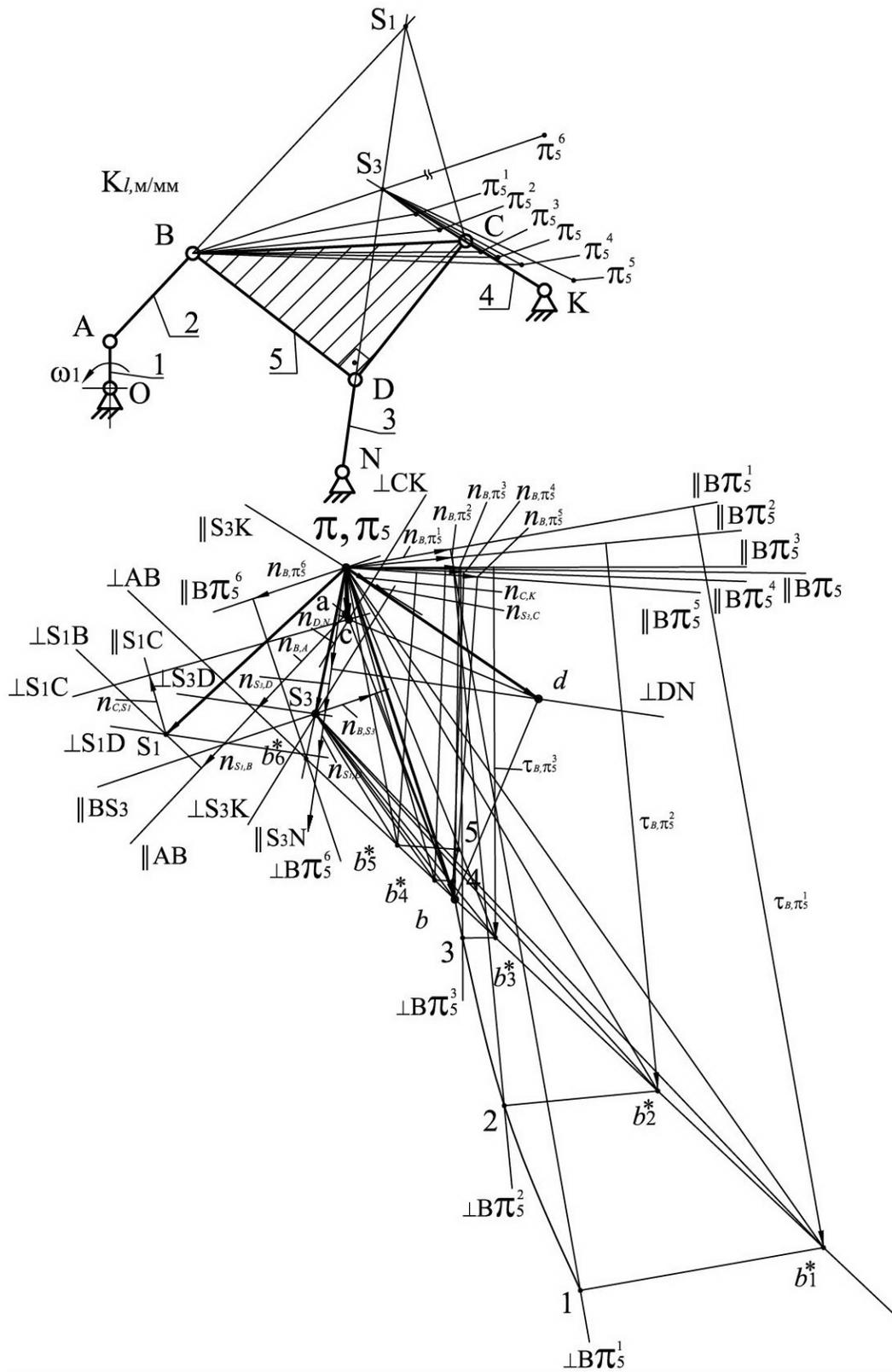


Рисунок 2 – Кинематическая схема и план ускорений механизма третьего класса

Ассура. Кинематический анализ выполняем с помощью положений курса теоретической механики о расчете ускорений точек твердого тела, которое совершает плоскопараллельное движение с использованием понятия о мгновенном центре ускорений (МЦУ).

Рассмотрим механизм третьего класса третьего порядка, состоящего из ведущего кривошипа 1 (рис. 2) и четырех подвижных звеньев группы Ассура третьего класса (звенья 2, 3, 4, 5). Входными параметрами для построения плана ускорений являются: угловая скорость ведущего звена 1 ( $\omega_1 = \text{const}$ , с<sup>-1</sup>), угловые скорости других звеньев механизма ( $\omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$ , с<sup>-1</sup>), масштаб длин кинематической схемы механизма ( $Kl$ , м/мм).

Ускорение точки  $A$  можно определить по величине и направлению:

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA}, \text{ м/с}^2, \vec{a}_A \perp OA. \quad (1)$$

Выполняем построение вектора  $\vec{a}_A$  на плане, задаёмся масштабом плана ускорений:

$$Ka = a_A / \pi_a, \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}. \quad (2)$$

Определяем положение особой точки Ассура  $S_3$  на плане положения механизма (точка пересечения осевых линий поводков  $CK$  и  $DN$ ).

Составляем систему векторных уравнений для точки  $S_3$ :

$$\begin{cases} \vec{a}_{S_3} = \vec{a}_C + \vec{a}_{S_3;C}^n + \vec{a}_{S_3;C}^\tau = \vec{a}_K + \vec{a}_{C;K}^n + \vec{a}_{S_3;C}^n + \vec{a}_{C;K}^\tau + \vec{a}_{S_3;C}^\tau \\ \vec{a}_{S_3} = \vec{a}_D + \vec{a}_{S_3;D}^n + \vec{a}_{S_3;D}^\tau = \vec{a}_N + \vec{a}_{D;N}^n + \vec{a}_{S_3;D}^n + \vec{a}_{D;N}^\tau + \vec{a}_{S_3;D}^\tau \end{cases} \quad (3)$$

Решаем систему векторных уравнений графически с учётом того, что  $\vec{a}_K = \vec{a}_N = \mathbf{0}$ , а длины нормальных составляющих ускорений можно рассчитать:

$$n_{C;K} = \omega_4^2 (CK \cdot Kl) / Ka, \text{ мм}; \quad (4)$$

$$n_{D;N} = \omega_3^2 (DN \cdot Kl) / Ka, \text{ мм};$$

$$n_{S_3;C} = \omega_5^2 (S_3 C \cdot Kl) / Ka, \text{ мм}; \quad (4)$$

$$n_{S_3;D} = \omega_5^2 (S_3 D \cdot Kl) / Ka, \text{ мм}.$$

Определяем положение точки « $s_3$ » на плане ускорений. Составляем векторное уравнение для ускорения точки  $B$ :

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{B;A}^n + \vec{a}_{B;A}^\tau. \quad (5)$$

Выполняем построение с учетом того, что длина нормальной составляющей ускорения:

$$n_{B;A} = \omega_2^2 (AB \cdot Kl) / Ka, \text{ мм}, \quad (6)$$

а направление тангенциальной составляющей относительного ускорения известно:  $\vec{a}_{B;A}^\tau \perp BA$ . Ввиду того, что угловое ускорение  $\varepsilon_2$ , с<sup>-2</sup> не известно, определить действительное положение точки « $b$ » на линии действительных положений точки не представляется возможным. Линией действительных положений согласно уравнению 5 является линия, перпендикулярная отрезку  $AB$ , проведенная на плане ускорений из конца вектора  $\vec{n}_{B;A}$ .

Задаёмся положением точки  $b_1^*$  на линии возможных положений точки « $b$ ». Определяем возможное положение точки  $\pi_5^I$  – МЦУ шатуна

5. Мгновенный центр ускорений – это точка, которая условно принадлежит звену 5 и имеет в

данный мгновенный момент времени ускорение, равное нулю ( $a_{\pi_5^I} = \mathbf{0}$ ), поэтому на плане ускорений точка  $\pi_5$  совпадает с полюсом  $\pi$  плана ускорений. Из подобия треугольников  $b_1^* s_3 \pi_5$  и  $BS_3 \pi_5^I$ , соответственно, на планах ускорений и положения механизма составляем соотношения, позволяющие определить положение МЦУ звена 5 на плане положения:

$$b^*_1 s_3 / BS_3 = \pi^2 s_3 / \pi^1_5 S_3 = \pi b^*_1 / \pi^1_5 B. \quad (7)$$

Составляем векторное уравнение для определения ускорения точки В:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{\pi^1_5} + \vec{a}^n_{B;\pi^1_5} + \vec{a}^\tau_{B;\pi^1_5}. \quad (8)$$

Выполняем построение с учетом того, что нормальная составляющая ускорения известна по величине и направлению:

$$n_{B;\pi^1_5} = \frac{\omega_5^2 (B\pi^1_5 \cdot Kl)}{Ka}, \text{ мм}, \quad (9)$$

$$\vec{a}_{B;\pi^1_5} \parallel B\pi^1_5,$$

а тангенциальная составляющая имеет направление:  $\vec{a}^\tau_{B;\pi^1_5} \perp B\pi^1_5$ .

Обращаем внимание на то, что линия расположения вектора ускорения  $\vec{a}^\tau_{B;\pi^1_5}$  на плане

ускорений не проходит через точку  $b^*_1$ . Это является подтверждением того, что выбранное положение точки  $b^*_1$  является ложным. С другой стороны, выполнив графические построения согласно векторного уравнения 8 так, чтобы направление тангенциальной составляющей относительного ускорения проходило через точку  $b^*_1$ , удастся определить величину вектора  $\vec{a}^\tau_{B;\pi^1_5}$ .

Величина этого вектора пропорциональна угловому ускорению звена 5, которое является величиной, соответствующей величине произвольно выбранного углового ускорения звена 2, задаваемого произвольным положением точки  $b^*_1$  на линии возможных ее положений. Отрезок  $\tau_{B;\pi^1_5}$  откладываем из конца отрезка

нормальной составляющей  $n_{B;\pi^1_5}$ , вычисленной

по формуле 9. Определяем положение первой точки «1» линии ложных положений точки

«b» на плане. Для определения других ложных положений точки «b» (точек «2», «3», «4», «5») выполняем аналогичную последовательность действий для произвольно выбранных точек  $b^*_2 - b^*_5$ . Соединяем последовательно точки «1» – «5», получаем линию ложных положений точки «b». Действительное положение точки «b» на плане ускорений соответствует точке пересечения линий ложных и действительных положений точки. С помощью теоремы подобия определяем положения точек «c» и «d» сложного звена 5 на плане ускорений.

Заметим, что для уточнения места расположения возможных положений точки «b» на соответствующей линии предварительно необходимо определиться с зоной невозможных положений точки «b». Для точки  $b^*_6$  после уточнения расположения МЦУ (точки  $\pi^6_5$ ) выясняется, что такое положение является невозможным: направление вектора нормальной составляющей ускорения  $\vec{n}_{B;\pi^6_5}$  противоположно допустимому

(противоположно направлению от точки В к точке  $\pi^6_5$  на плане положений).

Полученный план ускорений воспринимаем как графическое построение, которое устанавливает взаимную связь между векторами линейных ускорений точек, совпадающих с геометрическими центрами соответствующих кинематических пар механизма третьего класса со степенью подвижности  $W = 1$ .

Величину линейных ускорений точек В, С, D, совпадающих с геометрическими центрами внутренних кинематических пар сложного звена 5, определяем в соответствии с масштабom Ka плана:

$$a_B = \pi b \cdot Ka, \text{ м/с}^2,$$

$$a_C = \pi c \cdot Ka, \text{ м/с}^2, \quad (10)$$

$$a_D = \pi d \cdot Ka, \text{ м/с}^2,$$

где  $\pi b, \pi c, \pi d$  – соответствующие отрезки плана ускорений.

Для подтверждения правильности изложенного способа анализа выполним исследование с помощью особой точки Ассурa  $S_1$  и известного метода [2]. Определяем положение особой точки

Ассура  $S_I$  на плане положения механизма (точка пересечения осевых линий поводков  $AB$  и  $DN$ ).

Составляем систему векторных уравнений для точки  $S_I$ :

$$\begin{cases} \vec{a}_{S_I} = \vec{a}_B + \vec{a}_{S_I;B}^n + \vec{a}_{S_I;B}^\tau = \vec{a}_A + \vec{a}_{B;A}^n + \vec{a}_{S_I;B}^n + \vec{a}_{B;A}^\tau + \vec{a}_{S_I;B}^\tau \\ \vec{a}_{S_I} = \vec{a}_D + \vec{a}_{S_I;D}^n + \vec{a}_{S_I;D}^\tau = \vec{a}_N + \vec{a}_{D,N}^n + \vec{a}_{S_I;D}^n + \vec{a}_{D,N}^\tau + \vec{a}_{S_I;D}^\tau \end{cases} \quad (11)$$

Решаем систему векторных уравнений графически с учётом того, что  $\vec{a}_N = 0$ , а длины нормальных составляющих ускорений можно рассчитать:

$$\begin{aligned} n_{B;A} &= \omega_2^2 (BA \cdot Kl) / Ka, \text{ мм;} \\ n_{D;N} &= \omega_3^2 (DN \cdot Kl) / Ka, \text{ мм;} \\ n_{S_I;B} &= \omega_5^2 (S_I B \cdot Kl) / Ka, \text{ мм;} \\ n_{S_I;D}^n &= \omega_5^2 (S_I D \cdot Kl) / Ka, \text{ мм.} \end{aligned} \quad (12)$$

Определяем положение точки « $s_I$ » на плане ускорений.

Составляем систему векторных уравнений для точки  $C$ :

$$\begin{cases} \vec{a}_C = \vec{a}_{S_I} + \vec{a}_{C;S_I}^n + \vec{a}_{C;S_I}^\tau \\ \vec{a}_C = \vec{a}_K + \vec{a}_{C;K}^n + \vec{a}_{C;K}^\tau \end{cases} \quad (13)$$

Выполняем построение с учетом того, что длины нормальных составляющих ускорений рассчитываются:

$$\begin{aligned} n_{C;S_I} &= \omega_5^2 (CS_I \cdot Kl) / Ka, \text{ мм;} \\ n_{C;K}^n &= \omega_4^2 (CK \cdot Kl) / Ka, \text{ мм,} \end{aligned} \quad (14)$$

а направления тангенциальных составляющих относительных ускорений известны:  $\vec{a}_{C;S_I}^\tau \perp S_I C$ ,  $\vec{a}_{C;K}^\tau \perp CK$ .

Положение точки « $c$ » на плане ускорений совпадает с положением этой точки, найденной с использованием МЦУ, что подтверждает правиль-

ность ранее выполненного построения.

Преимущество способа кинематического исследования сложных механизмов с использованием МЦУ заключается в том, что, используя

точку МЦУ шатуна, нет необходимости для определения действительного ускорения одной

точки ведомого звена механизма рассматривать все подвижные звенья сложной группы Ассура (например, для вариантов механизмов, представленных на рисунке 1, выполнить кинематический анализ с помощью известных способов не представляется возможным). Предложенный способ позволяет при возможности определения абсолютного ускорения одной точки шатуна и использовании точки МЦУ определить (уточнить) действительное абсолютное ускорение другой точки этого же шатуна. Такое становится возможным в вариантах сложных механизмов, где наблюдается соединение звеньев в такой последовательности: кривошип (коромысло) – шатун – шатун – коромысло (звенья 1, 2, 5, 4 – рисунок 2; звенья 1, 2, 3, 5 – рисунок 1 а; звенья 1, 2, 3, 4 – рисунок 1 б).

К фактору, который позволяет учесть преимущество предложенного способа кинематического анализа по отношению к другим методам, по нашему мнению, можно отнести порядок структурных групп звеньев сложного механизма: при неизменном количестве звеньев, которые входят в состав группы Ассура, увеличение класса группы может привести к уменьшению её порядка. Это приводит к уменьшению количества точек механизма с наперед заданными кинематическими параметрами, что негативно отражается на количестве уравнений, которые можно составить для определения абсолютных ускорений точек шатуна, поэтому положение точек МЦУ таких звеньев с известными кинематическими параметрами позволит выполнить кинематическое исследование механизма.

Изложенный выше способ кинематического анализа сложных плоских механизмов графоаналитическим способом с учетом точек МЦУ шатунов предлагаем использовать для кинема-

тических исследований механизмов, используемых в оборудовании легкой промышленности, в частности: двухкривошипного сложного механизма третьего класса основовязальной машины ФНФ (Англия), трехкривошипного сложного механизма третьего класса основовязальной машины «Кокетт» (Германия) и других аналогичных сложных плоских механизмов третьего и выше классов.

## ВЫВОДЫ

Выполнено определение линейных ускорений точек сложного плоского механизма третьего класса графоаналитическим способом с использованием особых точек Ассур и положений курса теоретическая механика о мгновенном центре ускорений твердых тел, совершающих плоскопараллельное движение. Предложенный способ кинематического анализа может быть использован для выполнения аналогичных исследований сложных механизмов третьего и выше классов, используемых в оборудовании легкой промышленности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов, Г.Г. (1975), *Курс теории механизмов и машин*, Москва, Машиностроение, 494 с.
2. Артоболевский, И.И. (1988), *Теория механизмов и машин*, Москва, Наука, 640 с.
3. Зубашенко, Г.П., Корченко, О.Г., Алейникова, Н.В. (2011), *Спосіб кінематичного аналізу механізму III класу*, Патент UA № 65203 U, МПК F 16 H 21/00/ Бюл. № 22, 2011.
4. Кошель, С.О., Кошель, Г.В. (2013), Визначення прискорення точок плоского механізму з структурними групами третього класу графоаналітичним способом, *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*, 2013, № 3, С. 280-284.

## REFERENCES

1. Baranov, G.G. (1975), *Kurs teorii mehanizmov i mashin* [Course of the theory of mechanisms and machines], Moscow, Mechanical Engineering, 494 p.
2. Artobolevsky, I.I. (1988), *Teorija mehanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines], Moscow, Nauka, 640 p.
3. Zubaschenko, G.P., Korchenko, O.G., Aleynikova, N.V. (2011), *Sposib kinematychnogo analizu mehanizmu III klasu* [Method kinematic analysis of the mechanism of class III], Patent UA № 65203 U, IPC F 16 H 21/00 / Bul. №22.
4. Koshel, S.A., Koshel, G.V. (2013), *Determination of the acceleration mechanism of dots flat structural groups of the third class graphic-analytical method* [Vyznachennja pryskorennja tochk ploskogo mehanizmu z strukturnymy grupamy tret'ogo klasu grafoanalitichnym sposobom], *Visnyk Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu tehnologij ta dyzajnu - Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design*, 2013, № 3, pp. 280-284.

Статья поступила в редакцию 03. 05. 2015 г.

## АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Серенков П.С.

УДК 621.791

## РЕФЕРАТ

*ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА, ДОСТОВЕРНОСТЬ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК*

*Предметом исследования является оценивание качества продукции и процессов в рамках СМК экспертными методами.*

*Тема статьи – комплексный анализ функционирования экспертных систем в рамках СМК для случая, когда данные о качестве представлены экспертными оценками.*

*Цель работы – идентификация и анализ источников потерь достоверности оценок, генерируемых экспертной системой, и меры снижения их влияния.*

*В результате комплексного анализа функционирования экспертных систем в рамках СМК сформулированы источники потерь достоверности оценок, генерируемых системой: на этапе выявления и идентификации факторов  $x_i$ ; на этапах оцифровывания факторов  $X_i$ ; на этапах получения и проверки адекватности функций связи результативности СМК или отдельных бизнес-процессов с выявленными и идентифицированными факторами. Предложен комплекс подходов, методов и технологий, позволяющих минимизировать неочевидные «погрешности» оценивания показателей результативности СМК организации (бизнес-процесса).*

*Предлагаемая концепция совершенствования экспертных систем ориентирована на наименее информативный тип данных (экспертные оценки), имеет большой потенциал для практического применения в организациях любого профиля. Подход апробирован в ходе создания экспертной системы менеджмента процесса разработки государственных стандартов по критерию допустимого риска.*

## ABSTRACT

*EXPERT SYSTEMS, QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS, THE RELIABILITY OF EXPERT ESTIMATES*

*The results of a comprehensive analysis of expert systems functioning in the QMS framework for the case where data are presented as expert estimates are presented. The sources of estimates reliable losses are systematized: at the stage of factors identification and digitization, at the stage of obtaining an adequate function that relates effectiveness of QMS with identified factors. A set of approaches, methods and technologies to minimize the non-obvious estimates «errors» of effectiveness indicators are offered.*

## ВВЕДЕНИЕ

Тотальное внедрение стандартов СТБ ISO серии 9000 в практику бизнес-деятельности практически всех отраслей хозяйствования, несмотря на неоднозначность мнений, очевидно, стало знаковым явлением в формировании современного видения конкурентоспособной, ориентированной на стабильное развитие организации.

В последнее время в условиях кризиса и жесткой конкуренции появилась тенденция роста интереса к информационным технологиям, направленным на мобилизацию «внутренних резервов» менеджмента качества с точки зрения снижения издержек. Основным информационным механизмом СМК служат системы сбора и анализа данных, основное назначение которых – реализовать принцип менеджмента качества «принятие решений, основанное на фактах».

Традиционно контроль качества ассоциировался исключительно с производственными процессами, для которых типичной формой данных являются количественные, измеряемые с помощью технических средств данные о продукции и (или) процессе. Вовлечение в СМК непроизводственных процессов приводит к необходимости пересмотра требований в отношении структуры системы сбора и анализа данных, применяемых методов и средств.

## ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ АНАЛИЗА И РАЗРАБОТКИ

Для непроизводственных процессов системы типичной формой данных являются так называемые экспертные оценки, не поддающиеся «точному измерению», так как являются субъективными. Соотношение процессов производственного и непроизводственного характера («носителей» данных) указывает на то, что СМК относятся к категории слабоструктурированных предметных областей, где качественные, нечеткие факторы имеют тенденцию доминировать [1]. Для таких предметных областей характерно:

- искусственно сформированное факторное пространство, как правило, большой размерности;
- использование данных, представленных в информативно бедных шкалах (номинальных и ранговых), что снижает достоверность их оценки по сравнению с измерением количественных

показателей;

- противоречивость данных, являющаяся следствием априорной неполноты исходной информации, непредсказуемой изменчивости внешней среды и т. п.

В теории принятия решений структура данных о предметной области определяет выбор методов получения эффективных управляющих решений. Переход от хорошо структурированных к слабоструктурированным предметным областям неизбежно приводит к необходимости отказа от строгих аналитических методов и перехода к нестрогим методам, например, принятию решений по прецедентности или с использованием производственных правил типа «если, ... то». С этих позиций функции системы сбора и анализа данных о качестве непроизводственных процессов, особенно на верхних уровнях иерархии, трудно отделить от функций системы поддержки принятия решений [1, 2]. С позиций разработки их принято рассматривать как единую так называемую экспертную систему.

Особенностью процесса создания экспертной системы оценивания и управления результативностью бизнес-процессов в рамках СМК организации является тот факт, что на всех этапах ее разработки используются экспертные методы:

- на этапе выявления и идентификации факторов  $x_i$ ;
- на этапах оцифровывания факторов  $X_i$ ;
- на этапах получения и проверки адекватности функций связи результативности с выявленными и идентифицированными факторами  $U_i = U_i(X_i)$  [3].

Обычно для таких целей применяются специальные экспертные методы, известные как методы квалиметрии, позволяющие получить количественные данные (в результате тех или иных преобразований). Однако применение классических подходов квалиметрии для решения поставленной задачи на всех вышеперечисленных этапах обозначило целый ряд проблем, связанных с их корректностью [3]. Это связано с тем, что при всей своей простоте и законченности алгоритма данные методы не имеют должной обоснованности.

**На этапе выявления и идентификации факторов** традиционными для задач такого рода являются экспертные подходы к выявлению и

стратификации влияющих факторов, например, методы мозгового штурма, дельфийского оракула и т. п. Недостатки их с точки зрения выявления объективно полного множества всех влияющих факторов очевидны: субъективность экспертного мнения, проявляющаяся, например, в тенденциозности решений; затруднения, связанные с достижением консенсуса; инертность мышления и другие негативные психологические аспекты [2].

В системном анализе, как методологии решения проблем, основанной на концепции систем, задача выделения «всех элементов, связанных с данной проблемой», является центральной, так как определяет «целостность» системы [2]. Критерием «целостности» является «участие» выявленных факторов в процессе получения результата системы. Понятие процесса с этих позиций является центральным понятием системного анализа.

Установлено, что основным условием достоверности и прослеживаемости оценки показателя качества  $Y$  процесса является корректно построенная его функциональная модель, описывающая состав, последовательность, взаимодействия и взаимосвязи подпроцессов и задействованных ресурсов. При этом рационально для целей моделирования структуры процесса использовать стандарт функционального моделирования IDEFO, определяющий ресурсное наполнение процесса [2]. В таком виде функциональная модель процесса представляет собой упорядоченное множество источников влияющих факторов – ресурсов и функций. Непосредственно сами факторы в рамках каждого источника рационально в данном случае идентифицировать, используя в том числе и классические экспертные методы [2, 3, 4]. В совокупности такой подход представляет собой доказательную базу того, что все множество потенциально влияющих факторов выявлено.

Рациональность множества оцениваемых факторов обеспечивается путем решения двух задач: обеспечение полноты и избыточности множества факторов.

Первая задача обеспечения полноты множества факторов ставит своей целью получение информации, адекватной действительному состоянию процесса. Вторая задача обеспечения

неизбыточности множества факторов ставит своей целью повышение эффективности экспертной системы и собственно процесса принятия решений.

Для решения этих задач рационально использовать экспертные методы. В обоих случаях критерием формирования рационального массива факторов является оценка риска неадекватности экспертной системы. Для оценки риска можно рекомендовать широко используемый подход «анализ причин и последствий отказов» (FMEA-анализ).

**На этапе оцифровывания факторов** (шкалирования исходной информации) наиболее часто используются такие методы квалиметрии, как метод рангов, метод взвешивания, метод предпочтения, метод последовательных сравнений и т. п.

Специфика так называемых производственных бизнес-процессов заключается в том, что типичной формой данных являются так называемые экспертные оценки, не поддающиеся «точному измерению», так как являются субъективными. Экспертная система, оперирующая данными такой природы, в качестве самого слабого звена предполагает эксперта, выступающего в роли своеобразного «средства измерения». Суждения экспертов имеют нечисловой характер потому, что в мышлении человек, в том числе и эксперт, использует образы, слова, но не числа. Эксперт может сравнить два объекта, дать им оценки типа «хороший», «примемлемый», «плохой», упорядочить несколько объектов по привлекательности, но обычно не может ответить, во сколько раз или на сколько один объект лучше другого. Главный недостаток эксперта как «измерительного прибора» в том, что его суждения представлены в номинальной или порядковой шкале, то есть являются объектами нечисловой природы в том смысле, что их последующая обработка с помощью методов прикладной статистики по аналогии с результатами обычных физико-технических измерений некорректна. Попытки представить суждения экспертов как объекты числовой природы могут приводить к совершенно неадекватным результатам и прогнозам [4]. Поэтому первой задачей, возникающей при разработке методики сбора экспертных данных, является обеспече-

ние обоснованного механизма преобразования эвристических экспертных суждений в количественную форму.

С проблемой точности шкалирования связано также понятие согласованности мнений экспертов, оцениваемое, как правило, коэффициентами конкордации на основе коэффициентов ранговой корреляции Кендалла или Спирмена. Однако согласно эконометрической теории положительный результат проверки согласованности таким способом означает ни больше, ни меньше, как отклонение гипотезы о независимости и равномерного распределения мнений экспертов на множестве всех ранжировок [4].

В рамках проекта по повышению результативности деятельности по стандартизации были проведены комплексные исследования процесса экспертного оценивания альтернатив [3]. Результаты позволили сделать ряд выводов, которые были приняты во внимание при создании экспертной системы оценки и управления рисками разработки проектов государственных стандартов.

1. Несогласованность мнений экспертов вызвана двумя основными источниками: групповой вариацией мнений экспертов и персональной вариацией мнений отдельно взятого эксперта.

2. Составляющая суммарной несогласованности мнений вследствие персональной вариации отдельно взятого эксперта для класса задач экспертного оценивания предпочтений объектов в профессиональной сфере является доминирующей и имеет следующие свойства:

- внутренняя несогласованность оценок у каждого эксперта индивидуальна, причем диапазон различий несоизмеримо велик по отношению к различиям в профессионализме в рамках группы экспертов;
- персональная вариация оценок уменьшается с накоплением опыта экспертов, в процессе серии экспериментов, при этом каждый эксперт достигает необходимого уровня совершенства по-разному, то есть размер серии экспериментов сугубо индивидуален;
- эксперты теряют навыки экспертизы спустя достаточно короткий промежуток времени, и степень внутренней несогласованности опять возрастает;
- отсутствуют методы оценки (самооценки)

степени внутренней несогласованности эксперта, а также критерии ее соответствия установленным требованиям, что усугубляет ситуацию сбора и анализа экспертных данных.

3. Существующие подходы, методы, технологии нацелены на повышение точности и достоверности экспертных оценок главным образом за счет снижения групповой вариации мнений экспертов (разногласий в группе). Неявный для существующих методов источник несогласованности экспертных оценок – персональная вариация мнений экспертов – инициирует создание новых подходов к повышению точности и достоверности экспертизы за счет повышения объективности мнений каждого эксперта.

**На этапах получения и проверки адекватности функций связи** рассматривают два основных подхода к обоснованию функции полезности: эвристический и аксиоматический [3].

Эвристический подход заключается в том, что предлагается функция полезности того или иного вида без обоснования выбора вида функции. Среди наиболее известных эвристических подходов следует выделить два метода, реализующих линейную свертку: линейная квалиметрическая модель и аналитическая иерархическая процедура Саати [5].

Линейная квалиметрическая модель предполагает построение функции полезности как линейную комбинацию значений факторов, при условии, что факторы принимают положительные числовые значения, которые выражают степень проявления полезности [3].

Аналитическая иерархическая процедура Саати рассматривается как эвристический подход, моделирующий интуитивный способ оценки пользователем различных альтернатив. Модель также часто является аддитивной [5].

Методы линейной свёртки относятся к ряду не имеющих строгого обоснования эвристических подходов, которые в случае нелинейности действительной функции связи вносят существенную методическую погрешность и могут приводить к далеко не лучшим окончательным вариантам выбора [4]. Установлено, что в условиях неопределенности нельзя гарантировать пригодность фиксированных функций для конкретного случая. При моделировании такого рода задач самым уязвимым местом как раз яв-

ляется функция полезности, адекватно отражающая предпочтения отдельного эксперта.

Аксиоматический подход к построению функции полезности с позиций точности, обоснованности и достоверности экспертных оценок для решения поставленной задачи более привлекателен. Среди аксиоматических подходов следует отметить подход MAUT, предполагающий формулировку и проверку подробной системы аксиом относительно структуры функции полезности [3, 4]. Установлено, что при моделировании такого рода задач самым уязвимым местом как раз является функция полезности, адекватно отражающая предпочтения эксперта.

Подход, в рамках которого можно моделировать и решать задачу оценки результативности деятельности, исходя из обоснованной модели предпочтений человека и принимаемых им решений, называется объективным. В рамках этого подхода формируются цели и правила оценки проектов. Объективный подход обычно применяется на государственном уровне, а также на уровне крупных корпораций, когда речь идет о типичных, достаточно часто встречающихся рисках, решениях, ситуациях. Его часто применяют в компьютерных системах поддержки принятия решений.

В рамках количественного анализа рисков широкое распространение получила теория ожидаемой полезности Неймана – Моргенштерна [6], применимая для случайных событий. Суть ее состоит в том, что принятие рациональных решений в условиях неопределенности может быть увязано с максимизацией ожидаемой полезности. В рамках теории используется аксиоматический подход, который гарантирует квантификацию предпочтений, что, собственно, и позволяет построить функцию полезности.

Однако теория ожидаемой полезности, являясь базовой современной концепцией принятия решений в условиях неопределенности, часто не выдерживает экспериментальной проверки. Возникают несоответствия результатов экспериментов и теории, которые принято называть парадоксами, например парадокс Алле, парадокс Смита и др. [4].

В теории ожидаемой полезности при задании предпочтений используется понятие лотерей. Под влиянием работ Д. Канемана и А. Тверски их

называют перспективами – наборами возможных исходов и их вероятностей [7]. Поэтому для задач, где фигурируют неденежные ценности, применение теории лотерей выглядит сложным и искусственным приемом.

Тем не менее, в большинстве исследований подход фон Неймана – Моргенштерна выступает как концептуальный. Установлено, что на практике построение корректной функции полезности довольно сложно реализовать. Особенно в случаях, когда система поддержки принятия решений основана на данных экспертных суждений и должна реализовать основные функции эксперта. При его применении особое внимание следует уделять построению и анализу функции полезности, так как реализовать это на практике довольно сложно. Трудности, связанные с решением данной задачи, обусловлены двумя особенностями:

- недостаточным объемом данных;
- наличием взаимозависимости ряда переменных из общего набора  $x_1, x_2, \dots, x_N$  факторов.

Недостаточный объем данных может быть восполнен высокой степенью доверия к результатам экспертного оценивания методом альтернатив [3, 4], а также сужением области поиска функции.

Независимо от выбранного подхода модель функции потерь качества для предметной области типа бизнес-процесс в общем виде можно записать:

$$U = f(x_1, x_2 \dots x_m, a_1, a_2 \dots a_n), \quad (1)$$

где  $U$  – оцениваемый показатель результативности процесса;  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – комплексные и элементарные факторы, влияющие на показатель результативности  $U$ ;  $f$  – функция связи;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – параметры функции связи, подлежащие определению.

Практика построения экспертных систем в рамках современных СМК показывает, что мы, как правило, сталкиваемся с нелинейным характером функции связи (1). Для обоснования приемлемого типа функции связи (1) была сформулирована задача минимизации потерь качества экспертной системы. Спланирован и реализован комплекс экспериментов в рамках проекта по созданию экспертной системы для менеджмен-

та рисков процесса разработки стандартов. Цель – оценка адекватности решаемой задаче математических функций различного типа: квалиметрическая модель, регрессионная линейная и нелинейная модели [8].

Результаты анализа и оценки адекватности исследованных моделей приведены на сравнительной диаграмме (рис. 1). Адекватность оценивалась через отношение числа совпадений оценок экспертов с оценками, полученными с помощью соответствующей модели с общим числом оценок. Очевидно, что адекватность модели для целей и задач проектируемой экспертной системы возрастает с повышением уровня функции связи. В большей степени несостоятельны методы квалиметрии – простейшая линейная свертка.

связи  $f$  должна быть увязана процедура входного шкалирования, так как не все методы математического анализа приемлемы для данных, представленных шкалой интервалов. При этом особое место независимо от выбранного метода должна занимать процедура статистического обоснования адекватности модели функции связи  $f$ . Установлено, что функция, корректно обеспечивающая доверительную взаимосвязь экспертных данных, есть функция распределения случайной величины. Сформулирована гипотеза об эквивалентном преобразовании экспертных оценок  $\{x_1, x_2 \dots x_m\}$  в случайные величины  $\{u_1, u_2 \dots u_m\}$  со значениями функции желательности  $F(u_i)$ , заданными на промежутке  $[0, 1]$  значениями интегральной функцией равномерного

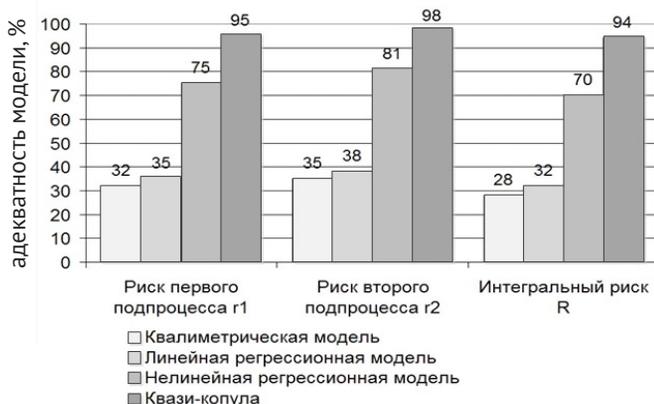


Рисунок 1 – Результаты анализа и проверки адекватности исследованных моделей

В свою очередь повышение уровня модели функции связи (1) экспертной системы вызывает необходимость повышения информативности шкал оценивания как факторов  $\{x_1, x_2 \dots x_m\}$ , так и показателя качества  $U$ , по крайней мере, до уровня шкалы интервалов. Следует иметь в виду, что повышение информативности шкалы фактора вызывает увеличение неопределенности оценки (дисперсии). В соответствии с этим следует разработать процедуру корректного перехода в общем случае от шкалы номиналов через шкалу рангов к шкале интервалов в условиях контролируемого роста неопределенности оценки, используя, например, метод функций желательности.

Очевидно также, что с выбором функции

распределения.

Тогда значение показателя качества  $U$  можно представить как интегральную функцию совместного распределения  $U = F(u_1, u_2, \dots, u_n) = P(X_1 \leq x_1, X_2 \leq x_2, \dots, X_m \leq x_m)$  с одномерными маргинальными функциями распределения, вид которой определяется конкретной задачей.

В частности, в рамках упоминаемого выше проекта по созданию экспертной системы для менеджмента рисков процесса разработки стандартов предлагаемый подход был реализован в виде многокритериальной функции полезности с использованием квази-копулы полезности [3, 8].

Еще один аспект построения модели функ-

ции связи следует иметь в виду. Как уже отмечалось, особенностью эксперимента, в котором участвуют только экспертные данные, точность экспертной оценки отклика  $U$  падает с ростом количества одновременно учитываемых факторов, и при числе факторов  $n > (5...7)$  эксперт уже не в состоянии адекватно оценить результат  $U$ . Основоположником метода анализа иерархий Саати установлено, что эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта [3]. Организация эксперимента (опроса) в виде попарного сравнения влияющих факторов, получившего название метода парных сравнений, существенно снижает «погрешность» оператора как вклад в суммарную погрешность оценки (1), выдаваемой экспертной системой.

Причем крайне важно для корректного получения и оценки адекватности модели функции связи (1) экспертной системы организовать эксперимент не просто по аналогии с методом парных сравнений, но и формировать каждый вопрос эксперту в соответствии с планом эксперимента таким образом, чтобы каждый раз у сравниваемых векторов  $U = F(u_1, u_2, \dots, u_n)$  изменялись значения только по одному фактору  $x_i$ .

## ВЫВОДЫ

В результате комплексного анализа функционирования экспертных систем в рамках СМК сформулированы источники потерь достоверности оценок, генерируемых системой: на этапе выявления и идентификации факторов  $x_i$ ; на этапах оцифровывания факторов  $X_i$ ; на этапах получения и проверки адекватности функций связи результативности СМК или отдельных бизнес-процессов с выявленными и идентифицированными факторами. Предложен комплекс подходов, методов и технологий, позволяющих минимизировать неочевидные, но весьма существенные «погрешности» оценивания показателей результативности СМК организации (бизнес-процесса).

Предлагаемая концепция совершенствования экспертных систем доказательна, так как основана на системном подходе, универсальна, так как ориентирована на наименее информативный тип данных (экспертные оценки), имеет большой потенциал для практического применения в организациях любого профиля. Подход апробирован в ходе создания экспертной системы менеджмента процесса разработки государственных стандартов по критерию допустимого риска [4].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муратова, Е.А. (2004), *Алгоритм формирования знаний для экспертных систем в слабоструктурированных предметных областях*, Томск, 182 с.
2. Серенков, П.С., Соломахо, В.Л. (2008), Концепция инженерной составляющей систем менеджмента качества как организационно-технической основы их создания и совершенствования, *Методы менеджмента качества*, 2008, № 6, С. 16-21.
3. Серенков, П.С., Романчук, В.М., Гуревич, В.Л. (2011), Модуль экспертной системы оценива-

## REFERENCES

1. Muratova, E.A. (2004), *Algoritm formirovaniya znaniy dlya ekspertnyih sistem v slabostruktirovannyih predmetnyih oblastyah* [The algorithm for generating knowledge for expert systems in the semi-domains], Tomsk, 182 p.
2. Serenkov, P.S., Solomaho, V.L. (2008), The concept of engineering component of quality management systems as the organizational and technical basis for their creation and improvement [Kontseptsiya inzhenernoy sostavlyayushey sistem menedzhmenta kachestva kak organizatsionno-tehnicheskoy

- ния качества разработки стандарта по критерию допустимого риска, *Приборы и методы измерений*, 2011, № 2, С. 104-111.
4. Серенков, П.С., Романчак, В.М., Гуревич, В.Л., Янушкевич, А.В. (2013), Анализ источников неопределенностей экспертных оценок, используемых в процессе принятия решений в рамках СМК, *Методы менеджмента качества*, 2013, № 5, С. 8-14.
  5. Саати, Т. (1989), *Принятие решений. Метод анализа иерархий*, Москва, Радио и связь, 316 с.
  6. Нейман, Дж., Моргенштерн, О. (1970), *Теория игр и экономическое поведение*, Москва, Наука, 707 с.
  7. Kahneman, D., Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, 1979, № 47, pp. 263–291.
  8. Серенков, П.С., Гуревич, В.Л., Романчак, В.М., Янушкевич, А.В. (2014), *Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации*, Минск, Новое знание, 256 с.
3. Serenkov, P.S., Romanchak, V.M., Gurevich, V.L. (2011), The module of the expert system evaluating of the standard development quality on acceptable risk criteria [Modul ekspertnoy sistemyi otsenivaniya kachestva razrabotki standarta po kriteriyu dopustimogo riska], *Devices and methods of measurement*, № 2, pp. 104-111.
  4. Serenkov, P.S., Romanchak, V.M., Gurevich, V.L., Yanushkevich, A.V. (2013), Analysis of the sources of expert assessments uncertainty used in the decision making process within the QMS [Analiz istochnikov neopredelennostey ekspertnykh otsenok, ispolzuemykh v protsesse prinyatiya resheniy v ramkah SMK], *Methods of Quality Management*, № 5, pp. 8-14.
  5. Saati, T. (1989), *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy* [Making decisions. Hierarchies analysis method], Moscow, Radio and Communications, 316 p.
  6. Neyman, Dzh., Morgenshtern, O. (1970), *Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie* [Theory of Games and Economic Behavior], Moscow, Science, 707 p.
  7. Kahneman, D., Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, № 47, pp. 263–291.
  8. Serenkov, P.S., Gurevich, V.L., Romanchak, V.M., Yanushkevich, A.V. (2014), *Metodyi menedzhmenta kachestva. Metodologiya upravleniya riskom standartizatsii* [Methods of Quality Management. The methodology of risk management of standardization], Minsk, New knowledge, 256 p.

Статья поступила в редакцию 02. 06. 2015 г.

## АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ СБОРКЕ ЗАГОТОВКИ ОБУВИ

В.В. Сторожев, А.В. Крашенинников

УДК 67.05

### РЕФЕРАТ

*КОНТУРНАЯ ОБРАБОТКА, АППРОКСИМАЦИЯ КОНТУРА, КУСОЧНОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ, СОВОКУПНОСТЬ СТЫКОВ, РАДИУСОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ, ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ, ТИПИЗАЦИЯ ОБЪЕКТА ОБРАБОТКИ*

*Контурная обработка широко распространена в легкой промышленности (ЛП), где часто действует ручной труд. Автоматизация этого процесса зачастую не оправдывает затрат на изготовление изделия. Например, в одной модели ботинка может быть десятки контуров разной формы и размеров. В сумме количество контуров разной конфигурации может достигать до ста. Автоматизация обработки контуров требует непрерывности функции, описывающей его. Для решения такой задачи в статье предложен метод замены сложной непрерывной функции, описывающей контур, путем представления контура кусочно-непрерывной функцией. При этом математическая модель составляется из составных элементов, аппроксимированных участками геометрически-математически несложной структуры с одновременной их состыковкой.*

### ABSTRACT

*CONTOURING WORK, APPROXIMATION CONTOUR, PIECEWISE DESCRIPTION OF THE ELEMENTS, TOTALITY JOINTS, RADIUSOGRAPHIC DESCRIPTION, GENERAL POPULATION, TYPING OBJECT PROCESSING*

*The analysis of leather contouring operations is conducted in the article. The method for replacement complex continuous function is proposed. The mathematical model consists of elements approximated by the parts of noncomplex structure and their compiling.*

Выбор и проектирование оборудования для автоматизированной контурной обработки может быть дан на основании анализа характерных особенностей и взаимосвязи параметров контура. В настоящей работе рассматриваются плоские контуры. При необходимости анализа пространственных систем следует учитывать, что свойства любой  $n$ -мерной модели можно определить совокупностями свойств одномерных моделей [1], [2]. Это позволяет установить возможные состояния информативных элементов контуров, дифференцировать их по определенным признакам и на основании выявления тождественности (или различия) этих признаков классифицировать контуры в виде структуриро-

ванных последовательностей точек и отрезков. Ввиду того, что совокупность рассматриваемых контуров характеризуется многообразием размеров и форм [1], часто довольно сложных, обилием особых точек, математическая модель аппроксимации контура предусматривает, как правило, его кусочное описание элементами более простой природы. В этой связи большое значение приобретает характер стыков аппроксимирующих кусков. Совокупность стыков, встречающихся на исследуемых контурах, представлена в таблице 1.

Для привязки точек стыков к контуру в таблице представлены смежные отрезки аппроксимирующих линий. Схема достаточно универсаль-

на. По ней с помощью введения интервалов  $0 \leq \rho \leq \infty$ ;  $-2\pi \leq \gamma \leq 2\pi$  может быть получена информация о любом стыке при любом геометрическом способе представления контура. Если контур описан линиями общего вида, тогда  $\rho_1(L)$  и  $\rho_2(L)$  представляют собой радиусы кривизны соседних участков 1 и 2 в точке стыка. При радиусографическом описании  $\rho_1 = R_1 = const$  и  $\rho_2 = R_2 = const$ , где  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы аппроксимирующих окружностей.

Если принять один или оба радиуса равными бесконечности, то получим стыковку прямолинейного участка с криволинейными или стыковку прямых. В последнем случае вся совокупность стыкующихся элементов с совпадающими касательными обратится в прямые линии, а при различных касательных – в ломаные.

Для упрощения задачи классификации контуров без снижения общности задачи воспользуемся радиусографическим способом описания, при котором контуры одного номера изделия могут быть представлены последовательностью

геометрических элементов простой природы: отрезками прямых и дуг окружностей, соединенных в единое целое с помощью стыковки. На основании идеи идентификации комплекса свойств совокупностей элементов, составляющих контур, можно выделить семейство контуров, обладающих в заданных пределах одинаковыми параметрами.

Так как анализ контура ведется по геометрическим признакам, то в качестве его отличительных свойств следует выделить размер элемента (длина аппроксимирующего отрезка) и положение его в заданной системе координат. Представление информации о свойствах контура может быть осуществлено координатно или путем задания последовательной взаимосвязи элементов.

Анализ способов представлений геометрических элементов показывает, что вся совокупность параметров контуров может быть охарактеризована системой множеств и их объединением  $W$ :

Множество точек стыков отрезков					
1. С совпадающими касательными					
Точки касания		Точки возврата		Примечания	
				$\rho_1 \neq \rho_2$	
				$\rho_1 = \rho_2$	
2. С различными касательными					
Отрезки однозначной кривизны			Отрезки разнозначной кривизны		

$$\left. \begin{aligned} L_V &= \{L_{vL}\} (v_L = 1, 2, 3, \dots, Q_L); \\ R_V &= \{R_{vR}\} (v_R = 1, 2, 3, \dots, Q_R); \\ \varphi_V &= \{\varphi_{v\varphi}\} (v_\varphi = 1, 2, 3, \dots, Q_\varphi); \\ \gamma_V &= \{\gamma_{v\gamma}\} (v_\gamma = 1, 2, 3, \dots, Q_\gamma). \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь  $L_{vL}$  – длины линейных участков;  $R_{vR}$  и  $\varphi_{v\varphi}$  – соответственно радиусы и центральные углы участков аппроксимирующих дуг;  $\gamma_{v\gamma}$  – углы между касательными в точках стыка аппроксимирующих отрезков;  $Q_{L, R, \varphi, \gamma}$  – соответственно объемы множеств  $L, R, \varphi, \gamma$ . При этом:

$$Q_L = \sum_{i=1}^Q j_{L_i}; \quad Q_R = Q_\varphi = \sum_{i=1}^Q j_{\varphi_i}; \quad Q_\gamma = \sum_{i=1}^Q j_{\gamma_i},$$

где  $Q$  – совокупность контуров;  $j_{L_i}$  – число линейных участков в  $i$ -м контуре;  $j_{\varphi_i}$  – число криволинейных участков в  $i$ -м контуре;  $j_{\gamma_i}$  – число изломов в  $i$ -м контуре.

Обозначим  $j_{L_i} + j_{\varphi_i} = j_i^*$  – число участков в  $i$ -м контуре. Любой контур представляет собой упорядоченный набор элементов из объединения  $W$ . Такое представление позволяет воспользоваться количественными характеристиками при типизации контуров. Следует оговориться, что в большинстве случаев приходится иметь дело с обработкой не по всему замкнутому контуру, а лишь по его части. Однако в дальнейшем для краткости под понятием «обработка по контуру» будет подразумеваться обработка деталей и изделий как по замкнутой линии, так и по разомкнутой части контура, то есть по линии, имеющей точки прекращения. При последова-

тельном обходе рассматриваемой части контура одну из этих точек будем выбирать за начало обхода (точка начала технологической операции контурной обработки).

Контур может быть представлен в виде следа начала вектора скорости подачи по контуру  $V$ . Этот вектор в любой точке контура касателен к нему. За период перемещения по криволинейному участку вектор  $V$  поворачивается на соответствующий угол  $\varphi$ . В точках излома вектор  $V$  имеет два направления, угол между которыми равен  $\gamma$ , то есть при переходе с одного участка на другой в случае излома вектор должен повернуться на угол  $\gamma$ . На основании сказанного выше каждый контур можно представить следующим образом (табл. 2).

Каждая строка таблицы характеризует последовательное изменение от участка к участку соответствующего параметра. На прямолинейных участках  $R = \infty$ . Параметры  $\varphi$  и  $L$  взаимоисключающие. В контурах, содержащих  $\varphi$  и  $L$ , их можно располагать в одной строке или в соседних строках, но с единой последовательностью по всему контуру. На прямолинейном участке проставляется соответствующее значение  $L$ , на криволинейном –  $\varphi$ . В угловых параметрах следует проставлять знак: минус – при повороте вектора  $V$  по часовой стрелке, плюс – против. Учет знака в угловых параметрах позволяет определить его суммарные изменения  $\psi_\Sigma$ , что необходимо знать при требовании определенной ориентации инструмента относительно контура.

Пользуясь таблицей 2, можно полностью воспроизвести контур по заданным параметрам. Последняя графа таблицы характеризует необходимость возвращения рабочих органов машины (инструмента или органа, на котором закреп-

Таблица 2 – Параметры контура шва

Участок Параметр	1 2.....j .....j*		Положение вектора в конце обработки
	$R$	$R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow \dots \rightarrow R_j \rightarrow \dots \rightarrow R_{j^*}$	
$\varphi$	$\varphi_1 \rightarrow \varphi_2 \rightarrow \dots \rightarrow \varphi_j \rightarrow \dots \rightarrow \varphi_{j^*}$		$\pm \varphi$
$L$	$L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow \dots \rightarrow L_j \rightarrow \dots \rightarrow L_{j^*}$		$\pm L$
$\gamma$	$\gamma_1 \rightarrow \gamma_2 \rightarrow \dots \rightarrow \gamma_j \rightarrow \dots \rightarrow \gamma_{j^*-1}$		$\pm \gamma$
$\psi_\Sigma$	$\varphi_1 + \gamma_1 \rightarrow \varphi_1 + \varphi_2 + \gamma_1 + \gamma_2 \rightarrow \dots \rightarrow$		$\sum_{\varphi_i} + \sum_{\gamma_i}$

лен объект обработки) в исходное положение после выполнения операции. Отличие значений первой и второй строки последней графы от нуля указывает на необходимость перемещения начала вектора  $V$  после окончания операции до совпадения его с исходным положением. Если при этом  $\psi_{\Sigma} = 0$ , то возвращение в исходное положение может осуществляться путем поступательного движения вектора  $V$ .

Нулевые значения  $R$ ,  $\varphi$  и  $L$  в конце операции указывают на то, что контур замкнут и при  $\psi_{\Sigma} \neq 0$  для возвращения в исходное положение следует лишь повернуть вектор  $V$  на угол  $\sum \varphi_{i*} + \sum \gamma_{i*}$ . На рисунке 1 приведен эскиз контура шва, параметры которого представлены в таблице 3.

Анализ контуров, по которым ведется обработка деталей и изделий из кожи, условно можно разделить на два этапа. На первом этапе осуществляется анализ общих показателей, при-

сущих всей генеральной совокупности контуров, производится их классификация. На основании такого анализа выявляются основные закономерности, определяющие общие параметры базовой модели машин со значительной степенью универсализации, то есть модели, предназначенной для выполнения значительного числа операций. Это позволяет выявить наиболее устойчивые традиции и тенденцию развития форм контуров, а следовательно, и перспективы создания оборудования с широким диапазоном варьирования параметров. Однако решение этой задачи сталкивается с большими конструктивными трудностями и недостаточной подготовкой к практической реализации.

Поэтому на основании анализа, проведенного на первом этапе, произведена дифференциация генеральной совокупности контуров по количественным критериям, определяющим форму контура. Это позволило на втором этапе выявить более узкие области контуров с идентичными количественными показателями и на основе их типизации дать рекомендации по созданию специальных систем для контурной обработки, которые значительно легче реализовать в производстве.

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, описанная в настоящей статье типизация контуров показала возможность их широкой унификации и на этой основе возможность создания ряда базовых машин. Контур получается путём последовательного сочетания простых формообразующих движений по линии и дуге окружности, что упрощает универсализацию рабочих органов систем технологических

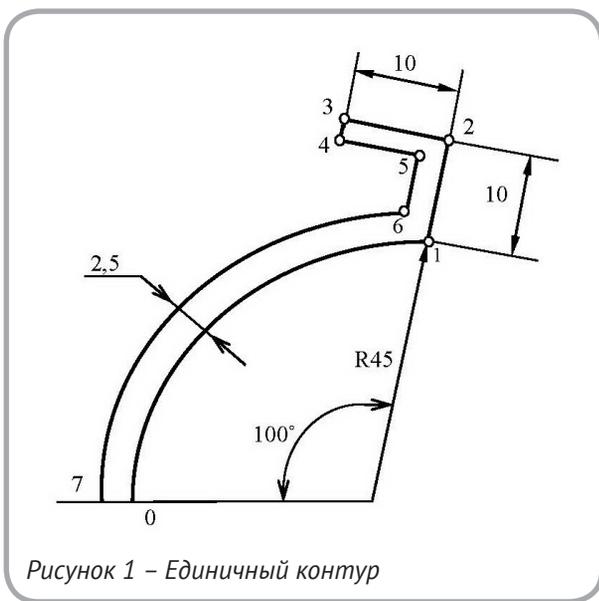


Рисунок 1 – Единичный контур

Таблица 3 – Параметры контура шва

Участок Параметр	1	2	3	4	5	6	7	Положение вектора в конце обработки	
$R$ , мм		45	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow 47,5$	+2,5	
$\varphi$ , град	-100						97	-3	
$L$ , мм		$\rightarrow$	10	$\rightarrow 10$	$\rightarrow 2,5$	$\rightarrow 7,5$	$\rightarrow 5$	$\rightarrow$	
$\gamma$ , град			90	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 87$	+183	
$\psi_{\Sigma}$ , град			-10	$\rightarrow 80$	$\rightarrow 170$	$\rightarrow 260$	$\rightarrow 170$	$\rightarrow 83$	+180

машин. Так, обладая малым парком технологических машин, можно реализовывать сложные конструкторские решения по контурной обработке с большим набором разных операций и возможностью их быстрой настройки и корректировки.

В результате предложенных решений инерционная составляющая (перенастройка всего цикла сборки на всей системе технологических машин) существенно уменьшается, то есть переход выпуска от одного продукта к другому происходит очень быстро, что значительно увеличивает производительность процесса изготовления изделия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сторожев, В.В. (2010), *Машины и аппараты легкой промышленности*, Москва, Академия, 400 с.
2. Сторожев, В.В., Канатов, А.В., Козлов, А.С., Кулаков, А.А. (2014), *Технологическое оборудование подготовительного производства на базе мехатронных систем*, Москва, МГУДТ, 143 с.
3. Мартынов, И.А. (1998), *Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности*, *Машиностроение*, Энциклопедия, Т. IV-13, Москва, Машиностроение, 608 с.

#### REFERENCES

1. Storozhev, V. V. (2010), *Mashiny i apparaty legkoj promyshlennosti* [Machines and devices of light industry], Moscow, Academy, 400 p.
2. Storozhev, V.V. Kanatov, A.V. Kozlov, A.S., Kulakov, A.A. (2014), *Tehnologicheskoe oborudovanie podgotovitel'nogo proizvodstva na baze mehatronnyh sistem* [Mechatronic systems-based processing equipment of preparatory production], Moscow, MGUDT, 143 p.
3. Martynov, I.A. (1998). *Mashiny i agregaty tekstil'noj i legkoj promyshlennosti* [Machines and units of textile and light industry, Mechanical engineering, Encyclopedia], T. IV-13, Moscow, Mashinostroenie, 608 p.

Статья поступила в редакцию 13. 06. 2014 г.

## СИСТЕМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

А.А. Угольников, В.В. Парманчук,  
В.И. Ольшанский

УДК 621.9

### РЕФЕРАТ

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОФИЛИРОВАНИЕ, КОНЦЕПЦИЯ, САПР, ФОРМООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ СТАНОК*

*Проектирование технических объектов – это создание, преобразование и представление образа еще не существующих объектов. В последнее время во всех отраслях промышленности широкое распространение получили системы автоматизированного проектирования (САПР) или CAD System – Computer Aided Design System, то есть системы, при использовании которых все проектные решения или их часть происходят путем взаимодействия человека и ЭВМ.*

*Цель работы – повышение эффективности автоматизированного проектирования металлорежущих станков в среде универсальных САПР.*

*В статье ставится задача разработки концептуального проектирования металлорежущих станков и металлорежущих станков с числовым программным управлением. На основании анализа методического и информационного обеспечения концептуального проектирования станков выделены три этапа: создание образцовых концептуальных проектов основных групп станков, дополнение их необходимыми рекомендациями и справочными данными, математическими моделями, алгоритмами и САПР, создание комплексной автоматизированной системы проектирования от маркетинга до ремонта станков.*

*Теоретические исследования выполнены с использованием основных положений теории автоматизации проектирования, теории алгоритмов, испытаний станков, планирования эксперимента, теории моделирования. При разработке программных модулей использовались методы структурного и объектно-ориентированного программирования.*

### ABSTRACT

*DESIGN, PROFILING, CONCEPT, CAD, FORMING, METAL-CUTTING MACHINE*

*Development of the conceptual design of machine tools and machine tools with numerical control is conducted in the article.*

*Development of CAD elements is a very time-consuming and expensive task, requiring significant financial and human resources. There are many developed systems and sub-systems of the automated design of separate mechanisms, components, actuators and other elements of machine systems, including the CAD design in the machine tool industry.*

*Improving of the efficiency of the static and dynamic characteristics of machine tools is achieved by shortening the time for obtaining the necessary laws, a new quality of knowledge; the formalization of the construction characteristics of the machine.*

*Theoretical studies were performed by using the basic provisions of the theory of design automation, theory of algorithms, etc.*

При исследовании и проектировании металлорежущих станков (МС), как правило, выделяют три группы факторов: качество МС, условия функционирования МС, способы использования МС.

Показатели функциональной и технической эффективности определяют полезный эффект при эксплуатации МС, а также прогрессивность технических решений при их проектировании.

Для достижения показателей функциональной и технической эффективности, повышения конкурентоспособности МС важным является системное обеспечение концептуального проектирования МС (рис. 1).

Концептуальное проектирование МС и МС с ЧПУ нового поколения включает следующие этапы:

1. Анализ обрабатываемой детали при проектировании специальных и специализированных станков, базирование и закрепление детали, определение диапазонов режимов обработки.

Задачей здесь является формализация этого шага и выполнение его с помощью средств компьютерной техники.

2. Выбор инструмента.

При выполнении обработки детали существуют варианты с материалом режущего инструмента, с его формой, параметрами режущей части, способом его крепления, базированием инструмента и сохранением размерной настройки при его смене. Подобные варианты инструментальной наладки существуют для всех видов обработки.

Задачей здесь является создание информационной базы и разработка САПР по выбору и применению инструмента.

3. Разработка схемы формообразования и схемы обработки.

Здесь, как и в пункте 2, существуют варианты с базированием детали, с разделением припуска на проходы, с наличием СОЖ и способом ее подачи.

Со схемой резания тесно связана и схема формообразования. Определение структуры и параметров схемы формообразования фасонных поверхностей деталей не представляют трудностей. При обработке фасонных поверхностей возникает необходимость определения криволинейных траекторий или нелинейных

законов движения узлов станка. Эти вопросы рассматриваются, в частности, в работах [7, 8]. Расчет закона движения узла станка, работающего методом центроидного огибания, может быть выполнен с помощью математических моделей, представленных в работах [9, 10].

Задачей здесь является создание справочника по методам формообразования деталей и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

4. Разработка схемы профилирования.

Схема профилирования – это схема определения нормального профиля детали или инструмента. Расчет профиля инструмента, работающего методом копирования, приведен в работах [11, 12]. Расчет профиля инструмента, работающего методом бесцентроидного огибания, приведен в работах [13, 14].

Задачей является создание справочника по методам профилирования и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

5. Разработка схемы смены и зажима инструмента.

Схема смены и зажима инструмента разрабатывается обычно, на основании аналогии. Каждому движению присваивается порядковый номер.

6. Разработка схемы смены и зажима детали.

Схема смены и зажима детали разрабатывается на основании аналогии. Каждому движению присваивается порядковый номер.

7. Разработка перечня движений, выполняемых станком и их параметризация.

По порядковым номерам движений разработанных выше схем составляем общий перечень движений станка, которые выписываются в отдельную таблицу и параметризуются. Вместе с параметрами движений указываются допустимые погрешности их исполнения. Список движений дополняется требованиями техники безопасности и другими данными для определения всех функций системы управления.

Задачей здесь является обзор существующих и создание новых компьютерных методик параметризации движений в станке.

8. Разработка схемы кинематической связи и схемы станка.

Схема связывает исполнительные звенья, несущие инструмент и деталь, звенья, осущест-

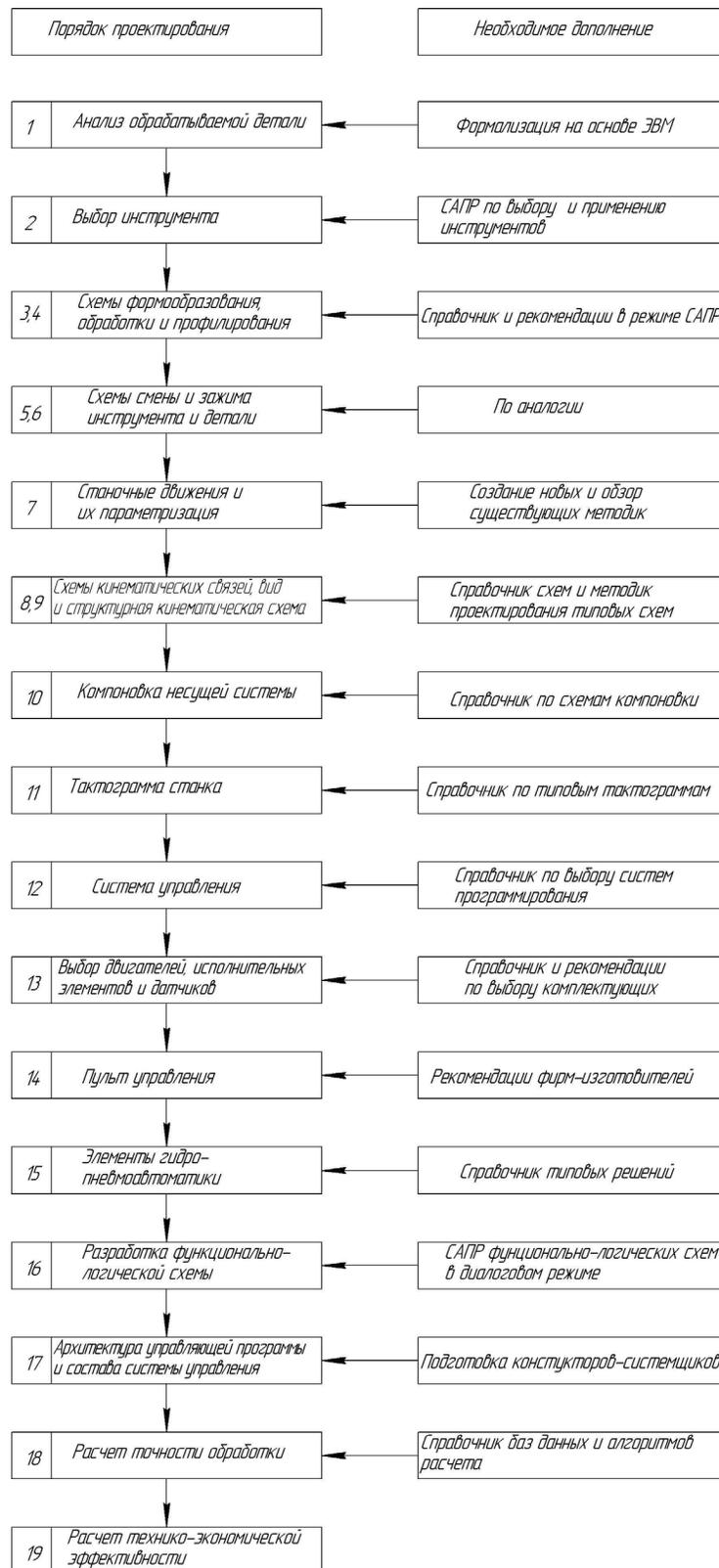


Рисунок 1 – Единичный контур

Источник: составлено автором.

ствляющие правку шлифовального круга, и аналогичные им, а также исполнительные звенья, перемещающие элементы несущей системы станка.

Все номера движений, проставленные на схемах обработки, схемах зажима и смены детали и других схемах, должны быть отражены на схеме связи, на структурно-кинематической схеме и схеме компоновки несущей системы. Пример схемы связи для токарно-винторезного станка показан на рисунке 2.

Задачей является создание справочника схемы связи основных групп станков и рекомендаций по их составлению в режиме САПР.

9. Выбор вида кинематических связей и разработка структурной кинематической схемы.

Эта процедура может рассматриваться как детализация схемы связи. Структурная кинематическая схема токарно-винторезного станка показана на рисунке 3.

Актуальным здесь является создание методи-

ки проектирования и справочника структурных типовых схем.

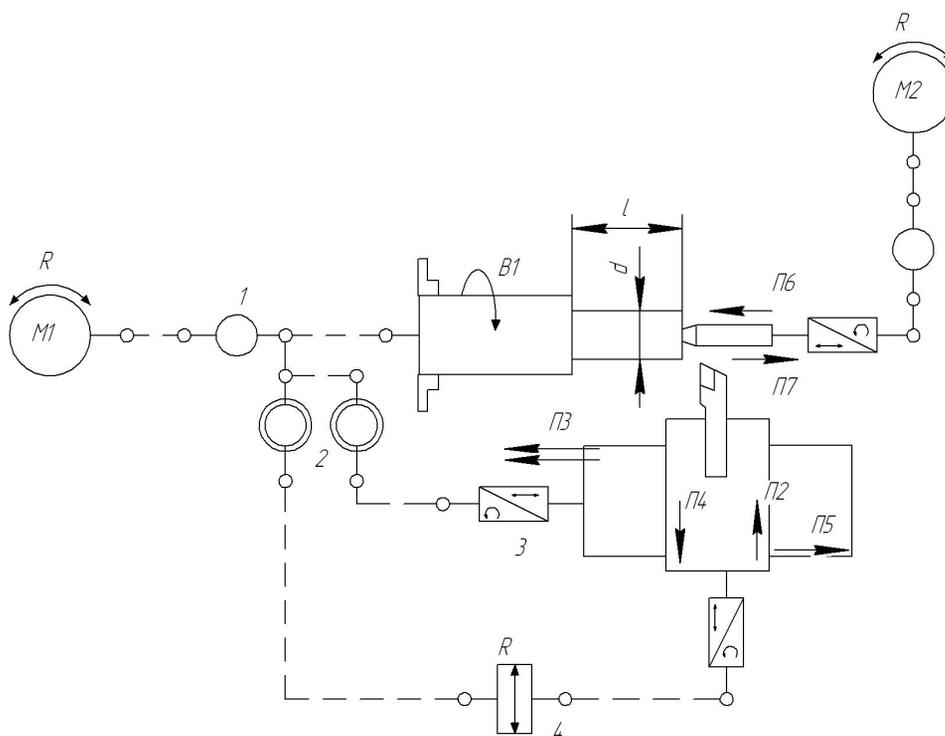
10. Разработка схемы компоновки несущей системы станка.

Схема компоновки несущей системы станка определяется следующими факторами: положением изделия в пространстве, перераспределением подвижных звеньев между изделием и инструментом и порядком их следования, расположением узлов относительно оси симметрии станка (станины) и расположением инструмента относительно заготовки (спереди, сзади, сбоку, вверх). Схема компоновки токарного станка дана на рисунке 4.

Задачей здесь является создание библиотеки, решений и приемов рекомендуемых схем компоновки и разработка рекомендаций по их применению в режиме САПР.

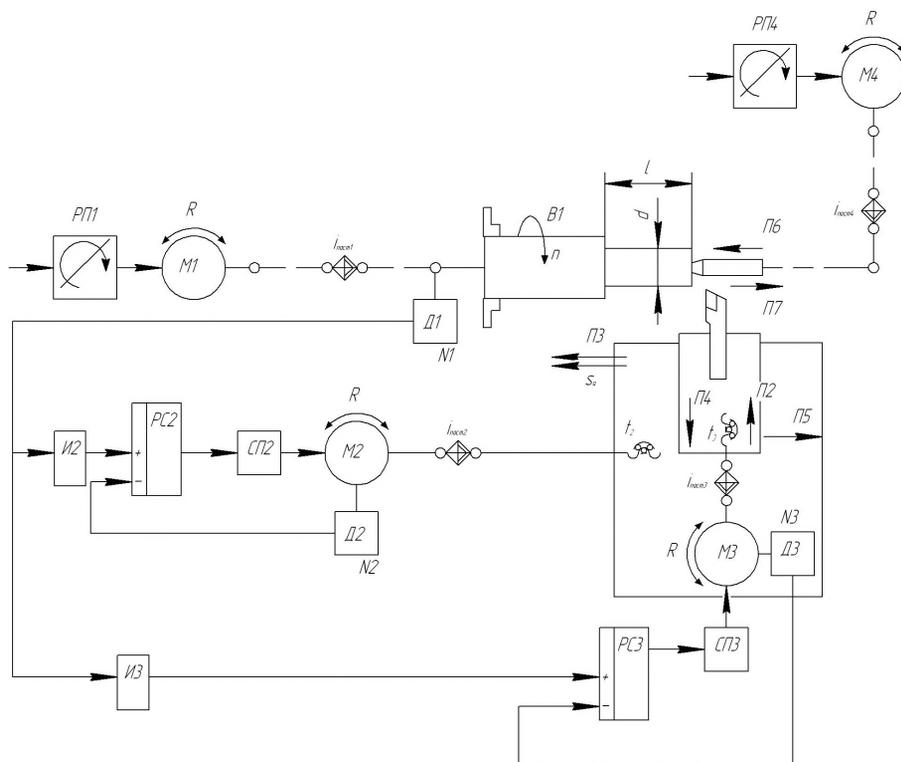
11. Разработка тактограммы станка.

Разработка тактограммы по схеме обработки с учетом компоновки станка не представляет



- 1 – скоростная связь; 2 – контурная связь;
- 3 – преобразователь вращательного движения в поступательное;
- 4 – устройство реверса

Рисунок 2 – Схема кинематических связей токарного станка



РП – регулируемый привод; СП – следящий привод; И – интерполятор; РС – реверсивный счетчик

Рисунок 3 – Структурно-кинематическая схема токарного станка

трудностей.

Задачей здесь является создание базы данных с типовыми частями тактограмм, которые позволяют быстро и безошибочно синтезировать ее на компьютере в диалоговом режиме.

#### 12. Выбор типа системы управления.

Лучшими являются системы управления ЧПУ фирм: Siemens, Fanuc, Mitsubishi и др в силу их надежности, ремонтпригодности, стандартным языкам программирования и высокого качества функционирования. Кроме того, внутри конкретной системы управления может быть выбрана различная архитектура и связанный с ней язык программирования. Прежде всего, это относится к программированию элементов цикла на языках высокого (G, M-функции) уровня. В первом случае упрощается работа оператора, во втором – программиста. Необходима проработка каждого из вариантов и их сравнение по себестоимости и по наличию персонала требуемой квалификации.

Задачей здесь является создание справочника по выбору системы программирования и разработка рекомендаций по их применению.

#### 13. Выбор двигателей, исполнительных элементов и датчиков.

Выбор датчиков, исполнительных элементов и приводов производится на основании требуемой точности, нагружающих сил, моментов и диапазонов частот вращения. Вместе с выбором датчиков, исполнительных элементов и двигателей производится разработка схемы их расположения на станке с учетом органов управления. При выборе используются алгоритмы фирм-изготовителей.

Задачей здесь является создание справочной базы и разработка рекомендации с примерами выбора комплектующих сервисным обслуживанием.

#### 14. Разработка пульта управления.

В современных системах ЧПУ имеются стандартные пульты управления. Задача сводится к

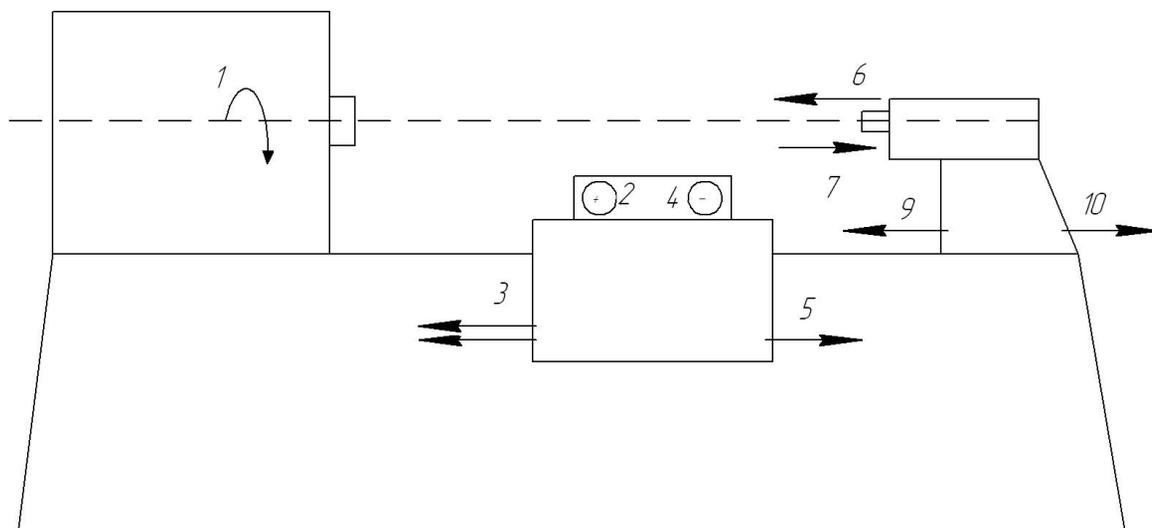


Рисунок 4 – Схема компоновки несущей системы токарного станка

их выбору по рекомендациям фирм-изготовителей.

15. Разработка элементов гидро-пневмоавтоматики.

Разрабатывается схема, включающая те элементы гидропневмоавтоматики, которые осуществляют процесс управления станком.

Задачей является разработка типовых решений в диалоговом режиме САПР.

16. Разработка функционально-логической схемы.

Разработка этой схемы производится на основании тактограммы, применяемых датчиков, исполнительных элементов и двигателей на станке.

Задачей является разработка САПР функционально-логических схем в диалоговом режиме.

17. Разработка архитектуры управляющей программы и состава системы управления.

Эта часть концептуального проекта выполняется в диалоговом режиме по программам фирм-изготовителей управляющих систем.

Задачей здесь является подготовка конструкторов-системщиков по вопросам устройства управляющих систем и по их программированию.

18. Расчет точности обработки.

Суммарная погрешность обработки опреде-

ляется приближенно известными методами [7].

Задачей здесь является разработка базы данных и алгоритмов расчета точности обработки для различных групп станков.

19. Расчет технико-экономической эффективности.

Производится на основе данных по затратам на операциях до и после внедрения разрабатываемого станка.

На основании анализа методического и информационного обеспечения концептуального проектирования станков можно выделить три этапа:

- на первом этапе должны быть созданы образцовые концептуальные проекты основных групп станков. На этом этапе можно обойтись без разработки многих математических моделей, алгоритмов и САПР. Эти проекты могут служить основой для выполнения курсовых и дипломных работ, не предполагающих принятия решений о заказах на проектирование оборудования;
- на втором этапе проекты, разработанные на первом этапе, следует дополнить необходимыми рекомендациями и справочными данными, математическими моделями, алгоритмами и САПР. Расширенные проекты могут быть использованы проектировщиками КБ заводов в качестве образцов для эволюционного проектирова-

ния новой техники;

- на третьем этапе создается комплексная автоматизированная система проектирования от маркетинга до ремонта станков; необходимо вести разработки и изучение готовых элементов такой системы. Однако широкое ее внедрение в промышленности без освоения второго этапа

невозможно. Кроме разработки методического и информационного обеспечения при проектировании станков нового поколения возникает необходимость ввести в учебный план специализации «Металлорежущие станки» дисциплину «Концептуальное проектирование станков».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кутин, А.А. (2000), Повышение конкурентоспособности технологического оборудования методами CALS-технологий, *СТИН*, 2000, № 9, С. 5 - 9.
2. Пуш, А.В. (2000), Моделирование и мониторинг станков и станочных систем, *СТИН*, 2000, № 9, С. 12-20.
3. Ивахненко, А.Г., Пуш, А.В. (1998), Методология концептуального проектирования металлорежущих систем, *СТИН*, 1998, № 4, С. 4-6.
4. Хомяков, В.С., Халдей, М.Б. (1998), Информационная система синтеза компоновок станков, *СТИН*, 1998, № 8, С. 3 – 8.
5. Данилов, В.А. Терентьев, В.А. (2002), Модульная компоновочно-кинематическая схема станка как средство его проектирования, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 294 – 300.
6. Данилов, В.А. (1999), Синтез и оптимизация кинематической структуры станков с использованием типовых модулей, *СТИН*, 1999, № 7, С. 9 – 15.
7. Решетов, Д.Н., Портман, В.Т. (1986), *Точность металлорежущих станков*, Москва, Машиностроение, 336 с.
8. Филонов, И.П., Климович, Ф.Ф., Козерук, А.С. (1995), *Управление формированием прецизионных поверхностей деталей машин и приборов*, Минск, ДИЗайнПРО, 208 с.
9. Мисевич, В.С. (2002), Имитационная математическая модель для профилирования плоского кулач-

## REFERENCES

1. Kutin, A.A. (2000), Increasing the competitiveness of process equipment methods of CALS-technologies [Povyshenie konkurentosposobnosti tehnologicheskogo oborudovaniya metodami CALS-tehnologij], *STIN*, № 9, pp. 5 – 9.
2. Push, A. V. (2000), Modeling and monitoring of machines and machine tools [Modelirovanie i monitoring stankov i stanochnyh system], *STIN*, № 9, pp. 12-20.
3. Ivahnenko, A.G., Push, A.V. (1998), Methodology for conceptual design of machine system [Metodologija konceptual'nogo proektirovaniya metallorzhushhih system], *STIN*, № 4, pp. 4-6.
4. Homjakov, V.C., Haldej, M.B. (1998), Information system of synthesis of assemblies of machines [Informacionnaja sistema sinteza komponovok stankov], *STIN*, № 8, pp. 3 – 8.
5. Danilov, V.A. (2002), Modular layout-kinematic scheme of the machine as a means of its projecting [Modul'naja komponovochno-kinematicheskaja shema stanka kak sredstvo ego proektirovaniya], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 294 – 300.
6. Danilov, V.A. (1999), Synthesis and optimization of kinematic structure of machine tools using standard modules [Sintez i optimizacija kinematicheskoy struktury stankov s ispol'zovaniem tipovyh module], *STIN*, № 7, pp. 9 – 15.
7. Reshetov, D.N., Portman, V.T. (1986), *Tochnost' metallorzhushhih stankov* [Precision machine tools], Moscow, Mashinostroenie, 336 p.

- ка, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 56 – 60.
10. Фирсов, А.С., Мисевич, В.С. (2002), Численный метод определения точки касания и перемещения шлифовального круга при профилировании фасонных инструментов и деталей, *Машиностроение*, 2002, Вып. 18, С. 79 – 83.
11. Ящерицын, П.И., Сеницын, Б.И. (1979), *Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ*, Минск, Выш. школа, 304 с.
12. Ординарцев, И.А., Филиппов, Г.В. (1987), *Справочник инструментальщика*, Ленинград, Машиностроение, 846 с.
13. Лашнев, С.Н., Юликов, М.И. (1975), *Расчёт и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ*, Москва, Машиностроение, 280 с.
14. Мисевич, В.С., Угольников, А.А., Свирский, Д.Н. (2002), Разработать универсальную систему математических моделей, алгоритмов, программ и макропроектов технологических машин для технологических процессов изготовления фасонных деталей и инструментов, Ч.2, *Отчет о НИР* (промежуточный), Витебский гос. технолог. уни-тет; № ГР 2001524, Витебск, 74 с.
8. Filonov, I.P., Klimovich, F.F., Kozeruk, A.C. (1995), *Upravlenie formoobrazovaniem precizionnyh poverhnostej detalej mashin i priborov* [Control precision shaping of surfaces of details of machines and devices], Minsk, DizajnPRO, 208 p.
9. Misevich, V.S. (2002), Simulation mathematical model for profiling a flat Cam [Imitacionnaja matematicheskaja model' dlja profilirovaniya ploskogo kulachka], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 56 – 60.
10. Firsov, A.S., Misevich, V.S. (2002), A numerical method of determining the touch point and moving the grinding wheel when profiling shaped tools and parts [Chislennyj metod opredelenija toчки kasanija i peremeshhenija shlifoval'nogo kruga pri profilirovanii fasonnyh instrumentov i detalej], *Machine engineering – Mashinostroenie*, № 18, pp. 79 – 83.
11. Jashhericyн, P.I., Sinitcyn, B.I. (1979), *Osnovy proektirovaniya rezhushchih instrumentov s primeneniem JeVM* [Fundamentals of design of cutting tools using computer], Minsk, Vysh. shkola, 304 p.
12. Ordinarcev, I.A. (1987), *Spravochnik instrumental'shhika* [Guide toolmaker], Leningrad, Mashinostroenie, 846 p.
13. Lashnev, S.N., Julikov, M.I. (1975), *Raschjot i konstruirovanie metallozhushchih instrumentov s primeneniem JeVM* [Calculation and design of cutting tools using computer], Moscow, Mashinostroenie, 280 p.
14. Misevich, V.S. (2002), To develop a universal system of mathematical models, algorithms, programs, and macroprojects technological machines for technological processes of manufacturing of shaped parts and tools [Razrobotat' universal'nuju sistemu matematicheskikh modelej, algoritmov, programm i makroproektov tehnologicheskikh mashin dlja tehnologicheskikh processov izgotovlenija fasonnyh detalej i instrumentov], Ch.2, *Отчет о НИР* (promezhutochnyj), Vitebskij gos. tehnolog. uni-tet, № GR 2001524, Vitebsk, 74 p.

Статья поступила в редакцию 01. 07. 2015 г.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРА И ХАРАКТЕРИСТИК РАСТВОРА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.С. Алексеев, С.Г. Степин, И.А. Дорошенко,  
Н.И. Миклис

УДК 678.067.9

### РЕФЕРАТ

*ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ, ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ, ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОН, ПОЛИАКРИЛОВАЯ КИСЛОТА, ИОНООБРАЗУЮЩАЯ ДОБАВКА, НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, МЕЖЭЛЕКТРОДНОЕ РАССТОЯНИЕ, ВЯЗКОСТЬ*

*Целью работы является определение влияния электропроводности, напряжения электрического тока, межэлектродного расстояния и реологических характеристик растворов на структуру нетканых материалов и механические свойства полученных материалов.*

*При проведении исследования влияния ионообразующей добавки на процесс электроформования выявлено образование капель при включении 1 % **NaCl**. Для ускорения получения волокон, не ухудшая их качества, целесообразно использовать 0,2 %–1 % ионообразующей добавки.*

*Результаты показывают, что для стабильного волокнообразования оптимальным межэлектродным расстоянием будет промежуток 100–200 мм, напряжение 20–30 кВ.*

*При температуре 14–17 °С вязкость растворов изменяется незначительно. При увеличении температуры до 25 градусов и выше наблюдается существенное падение вязкости. Следовательно, с увеличением температуры можно использовать более концентрированные растворы полимеров при неизменной вязкости и тем самым увеличить производительность.*

На сегодня полимеры используются во всех сферах деятельности человека. Для производства всего многообразия необходимых полимерных изделий существует множество способов переработки исходного материала. В

### ABSTRACT

*POLYVINYL ALCOHOL, ELECTROSPINNING, POLYVINYLPIRROLIDONE, POLYACRYLIC ACID, ION FORMING AGENT, THE ELECTRIC FIELD STRENGTH, ELECTRODE SPACING, THE VISCOSITY*

*The aim of the article is to determine the influence of electroconductivity, electric current voltage, interelectrode spacing and rheological characteristics of solutions on the structure of non-woven materials and mechanical properties of the materials. When studying the influence of ion forming additives on the process of electrospinning the formation of droplets is revealed when adding the 1 % **NaCl**. To make faster the fiber production without impairing the quality it is advisable to use 0.2 %–1 % of ion additive.*

*The results show that for optimum fiber forming stable interelectrode gap spacing is 100–200 mm, the voltage of 20–30 kV. At a temperature of 14–17 °C solution viscosity changes slightly. By increasing the temperature to 25 °C and above there is a significant drop in viscosity. Hence by temperature increasing more concentrated polymer solutions with a constant viscosity can be used to increase productivity. Analysis of the resulting materials structure shows that the obtained fiber thickness of 60–110 nm with the presence of droplet sizes ranges from 200 nm to 1800 nm.*

данной работе рассматривается получение материала из нановолокон (НВ) электроформованием. Принцип электроформования заключается в следующем: при наложении электрического поля на металлический капилляр с жидкостью

(расплавом или раствором полимера) она заряжается. При определенных условиях, в частности, напряженность поля, вязкость, скорость подачи жидкости, поле начинает вытягивать ее в струйку, сечение которой оказывается меньше диаметра капилляра [1].

Размер их зависит от технологических параметров процесса получения наноразмерных волокон. Также от типа антисептических добавок зависит бактерицидная активность. В настоящее время нет четких представлений о точных параметрах и протекающих процессах при получении наноразмерных волокон требуемого диаметра и ориентации. Решение комплексной задачи, включающей в себя разработку формовочного раствора с минимальным содержанием технологических добавок, оптимизацию процесса электроформования волокон, а также получение нетканых материалов на основе ПВС [2] и исследование их физико-механических свойств позволит максимально эффективно решить проблему создания перевязочного материала нового поколения.

Целью работы является определение влияния электропроводности, напряжения электрического тока, межэлектродного расстояния и реологических характеристик растворов на структуру нетканых материалов и механические свойства полученных материалов.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ФОРМУЮЩЕГО РАСТВОРА НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРА

Электропроводность существенно влияет на процесс электроформования – с ее ростом увеличивается число последовательных расщеплений еще не полностью отвержденной струи полимера, то есть скорость волокнообразования,

которая является показателем производительности.

Известно, что электропроводность раствора можно задавать двумя способами – сравнительно малыми включениями ионогенных веществ, если полимер и растворитель чистые, или их очисткой, если они сильно загрязнены ими [1].

Для нахождения необходимого количества ионогенных веществ, способствующих увеличению производительности процесса электроформования, проведены эксперименты.

В качестве ионообразующей добавки использован хлорид натрия ( $NaCl$ ) – поваренная соль. Были приготовлены растворы поливинилового спирта (ПВС) в дистиллированной воде с добавлением 0,2 %, 0,5 %, 1 %, 2 %, 4 % и раствор без добавки. Влияние увеличения электропроводности наблюдалось визуально как изменение поведения неотвержденной струи раствора ПВС при формовании (табл. 1), а также по изменению структуры получаемых образцов (образование дефектов).

Далее представлены образцы, полученные из растворов с различной проводимостью (рис. 1–4).

При проведении исследования влияния ионообразующей добавки на процесс электропрядения выявлено образование капель при включении 1 %  $NaCl$ . В случае использования подобных материалов для медицинского и ветеринарного применения образование капель (рис. 3) является положительным эффектом, так как позволяет больший промежуток времени выделять действующие вещества из структуры материала из-за большего времени растворения капель [3]. Однако повышение проводимости осажденных волокон приводит к перезарядке осажденного слоя и приводит к вспуханию этого слоя, при этом пряди волокон приподнимаются

Таблица 1 – Поведение струи полимера с различной электропроводностью

Р-р	Количество ионообразующей добавки ( $NaCl$ )				
	0,2 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
ПВС	Увеличение струи раствора	Значительное увеличение струи раствора	Значительное увеличение с разрывами струи и каплями	Разрывы струи без укладки волокон (поднимаются)	Капельный перенос без образования волокон

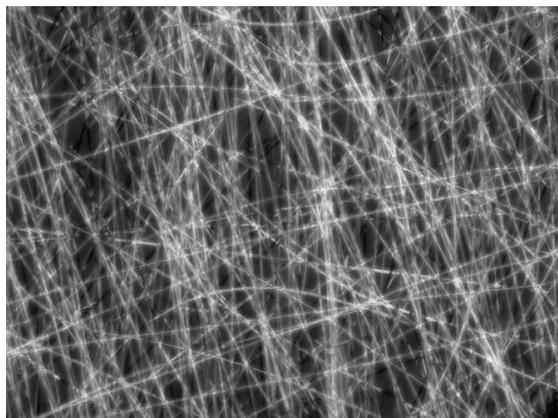


Рисунок 1 – Образец с содержанием ионообразующей добавки 0,5 %

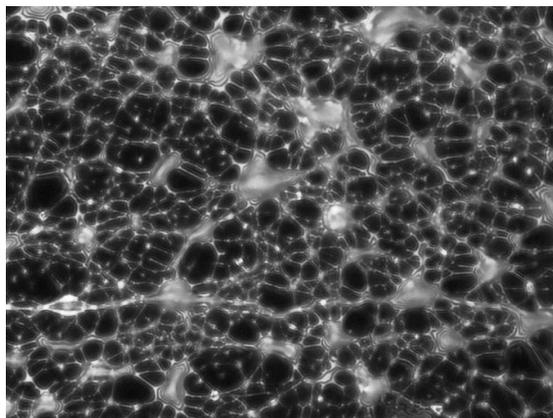


Рисунок 3 – Образец с содержанием ионообразующей добавки 2 %

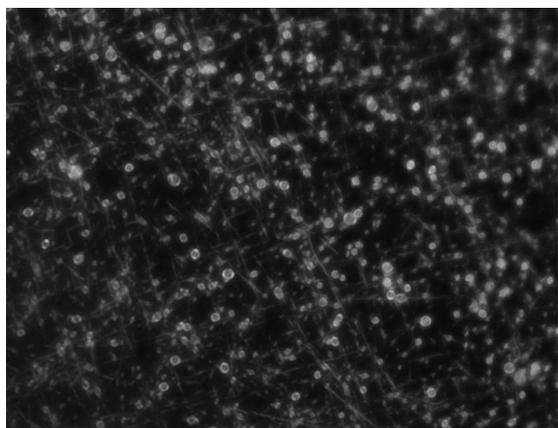


Рисунок 2 – Образец с содержанием ионообразующей добавки 1 %

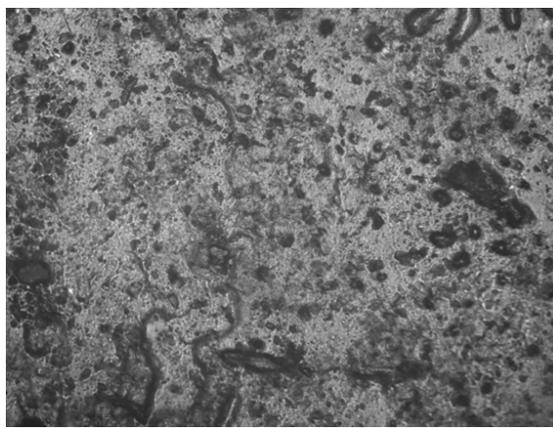


Рисунок 4 – Образец с содержанием ионообразующей добавки 4 %

и вытягиваются навстречу дрейфующим и спутываются с ними. Такой эффект возник при включении более 2 % ионообразующей добавки. Приподнятые пряди осаждаются на выступающих кромках оборудования, образуя в пространстве установки волокнистую структуру, нарушая основные требования к качеству волокнистого материала: структура волокнистой продукции ухудшается, нарастает неоднородность по толщине. Для ускорения получения волокон, не ухудшая их качества, целесообразно использовать 0,2 %–1 % ионообразующей добавки.

#### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРА

Радиус струи зависит от напряженности элект-

рического поля и массового расхода жидкости (формовочного раствора). Напряженность электрического поля нельзя повышать неограниченно, так как это приведет к коронному разряду или электрическому пробое.

Поэтому для получения сверхтонких волокон необходимо точное дозирование формовочного раствора при достаточно высоком напряжении, но без коронного разряда [4].

Для нахождения необходимого уровня напряжения были получены образцы волокнистого материала при различном значении напряжения, при оценке измерялись диаметры волокон с помощью программного обеспечения микроскопов. Напряжение изменяли ступенчато, использовали 7,5 кВ, 15 кВ, 22 кВ, 27 кВ, 32 кВ. Межэлектродное расстояние изменяли от 50 мм до 300 мм [5]. Результаты представле-

ны в таблице 2.

Измерения диаметров волокон проводились с помощью микроскопа МИ-1 с TV камерой (рабочий объектив 5 $\times$ , 10 $\times$ , 20 $\times$ , 50 $\times$ , 100 $\times$ ; окуляр 10 $\times$ ) и на электронном микроскопе. Фотография, полученная при измерении, показана на рисунке 5.

Также измерения проводились с помощью электронного микроскопа, образец приведен на рисунке 6.

Результаты показывают, что с увеличением расстояния и напряжения диаметр волокон уменьшается, однако при высоком напряжении возникает коронный разряд, нарушающий процесс электроформования, также с увеличением расстояния до 300 мм производительность существенно снижается.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТВОРОВ

Известно, что большей вязкости раствора соответствует более высокая концентрация полимера и, следовательно, большая производительность процесса, также повышается устойчивость струи раствора и прочностные свойства волокон. В процессе электроформования обычно используют растворы полимеров с концентрацией до 20 % и соответствующей динамической вязкостью от 0,05 до 1 Па $\cdot$ с (56 – 1120 мм<sup>2</sup>/с).

Определение вязкости проводили в вискозиметре капиллярном стеклянном ВПЖ-1 с диаметром капилляра 1,52 мм (ГОСТ 10028-81) и постоянной вискозиметра 0,2759. Ускорение

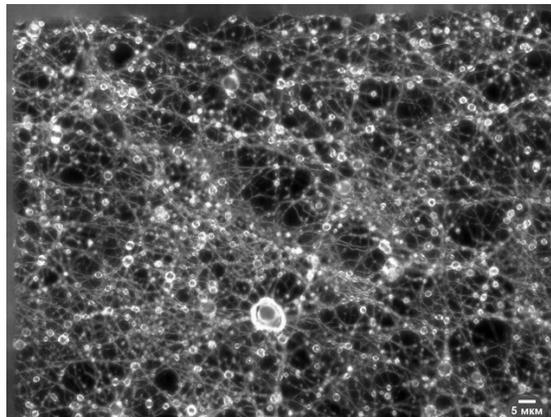


Рисунок 5 – Образец для измерения диаметра волокон на микроскопе МИ-1

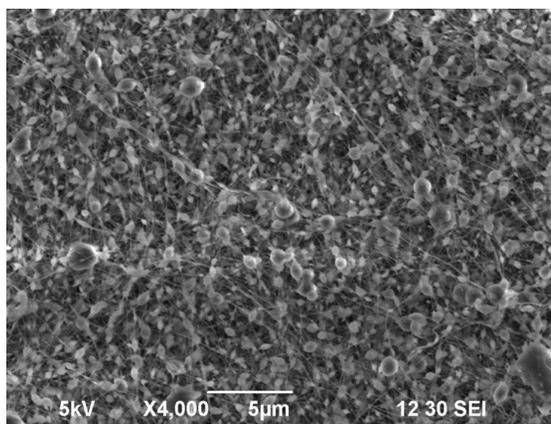


Рисунок 6 – Образец для измерения диаметра на электронном микроскопе

Таблица 2 – Диаметр волокон при различных напряжениях

Диапазон измеренных диаметров волокон, нм					
Напряжение, кВ	Межэлектродное расстояние, мм				
	50	100	150	200	300
7,5	520–740	400–530	–	–	–
15	–	400–480	220–280	200–220	–
22	–	320–400	140–200	100–150	80–160
27	н/и	–	120–150	80–140	60–150
32	н/и	–	–	100–120	к/р

Примечание: – нет стабильного волокнообразования;

н/и – не измеряли;

к/р – коронный разряд.

свободного падения для широты Витебска брали 9,8135 м/с<sup>2</sup>. Вязкость рассчитывали по формуле

$$V = g / 9,807TK, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $T$  – время истечения жидкости, с;  $K$  – постоянная вискозиметра.

Вискозиметр промывали ацетоном, водой, хромовой смесью, водой, дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу.

Вискозиметр заливали исследуемым раствором и измеряли время истечения заданного объема жидкости согласно паспорту прибора. При необходимости использовали термостатирование при выдержке в термостате не менее 15 мин.

Измерение проводили с точность 1 с. Для вычисления вязкости брали среднее значение из трех отличающихся друг от друга не более чем на 1 с:

1. Измерение вязкости раствора полиакриловой кислоты:

- температура 14 °С, среднее время истечения 23 мин 51 с, вязкость 395,1 мм<sup>2</sup>/с.
- температура 17 °С. Среднее время истечения 23 мин 49 с, вязкость 394,5 мм<sup>2</sup>/с.
- температура 25 °С. Среднее время истечения 14 мин 22 с, вязкость 238,0 мм<sup>2</sup>/с.

2. Измерение вязкости раствора поливинилового спирта:

- температура 16 °С. Среднее время истечения 23 мин 23 с, вязкость 387,4 мм<sup>2</sup>/с.

3. Измерение вязкости раствора поливинилпирролидона:

- температура 15,5 °С. Среднее время истечения 14 мин 25 с, вязкость 235,5 мм<sup>2</sup>/с.

Для получения волокон целесообразно использовать растворы с вязкостью в пределах 250–400 мм<sup>2</sup>/с. При температуре 14–170 °С вязкость растворов изменяется незначительно. При увеличении температуры до 25 градусов и выше наблюдается существенное падение вязкости.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Механические свойства являются достаточно важными в любой сфере применения. При этом

испытывают, как правило, 2D-материалы, а не механические характеристики индивидуальных волокон из-за сложности приготовления образцов отделенных волокон [1].

Решающее влияние на прочностные свойства материалов, помимо характеристик самих волокон, оказывает характер взаимного расположения и сцепления их друг с другом: прочность на разрыв 2D-материалов на порядок ниже, чем прочность индивидуальных волокон. Основная часть продукции состоит из достаточно сухих волокон, связанных в местах соприкосновения только адгезионными силами. Такие материалы практически не способны к обратимым упругим деформациям.

Для оценки прочности разрабатываемого материала образец разрывался с контролем прилагаемой силы и удлинения (рис. 7).

Результаты показывают, что образец материала разорвался при 1,7 Н. Так как особых требований к прочности изделий не предъявляется, достаточной будет прочность, позволяющая работать с образцами, не повреждая их. К тому же итоговое изделие многослойное, что увеличивает прочность пропорционально количеству слоев.

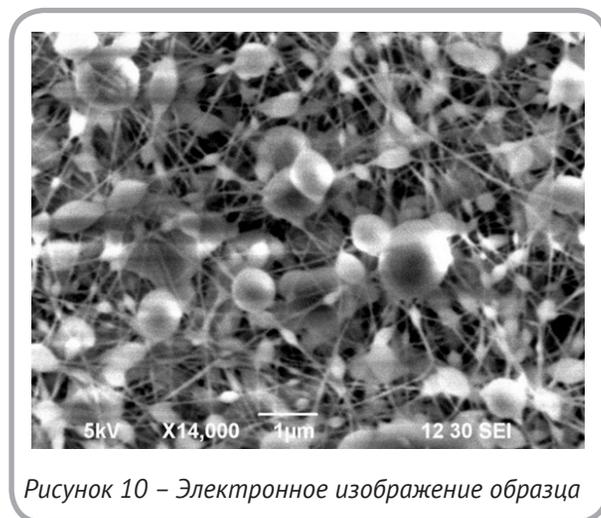
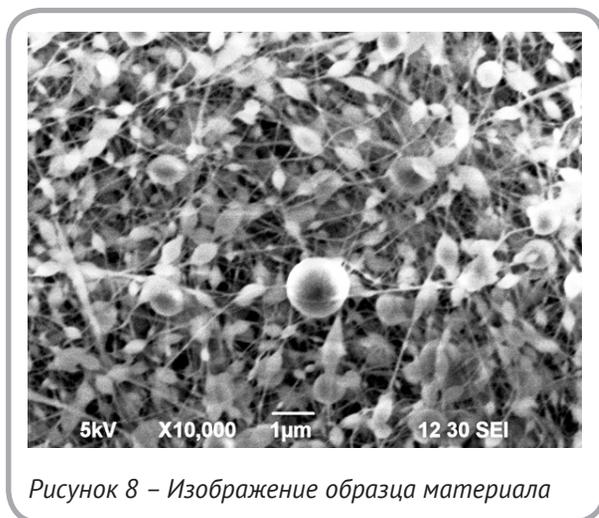
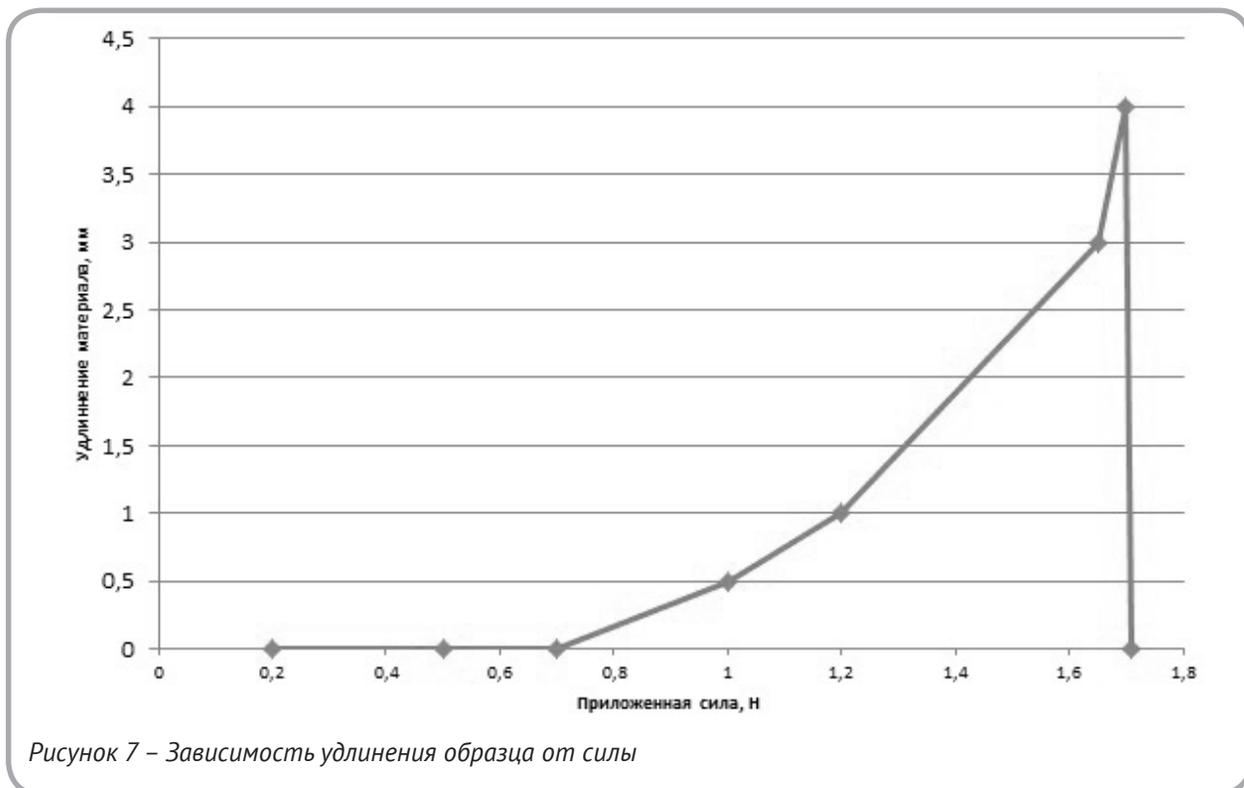
#### АНАЛИЗ РАЗМЕРА ПОР ОБРАЗЦОВ

Для оценки количества и размеров пор в полученных образцах (рис. 8) проведен компьютерный анализ фотографии с электронного микроскопа.

Результаты анализа отражены на рисунке 9 в виде гистограммы количества и размеров пор в образце.

По результатам анализа видно, что наибольшее количество пор – размером от 0,5 до 1 мкм, также достаточно большое количество пор – размером более 2,5 мкм, но так как анализ проводился по верхним слоям образца, то последующие слои волокон перекрывают крупные поры первых слоев, и можно предположить, что средний размер пор образца близок к самому массовому значению размеров – от 0,5 до 1 мкм. По полученным на электронном микроскопе изображениям образца (рис. 10) также можно определить диаметры волокон и размеры капель с действующими веществами.

Замеры частиц показали наличие капель раз-



мером от 200 нм до 1800 нм, размеры волокон в приведенном образце варьируются от 60 нм до 110 нм.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении исследования влияния ионообразующей добавки на процесс электроформования выявлено образование капель при включении 1 %  $NaCl$ . В случае использования подобных материалов для медицинского и ветеринарного применения образование капель

является положительным эффектом, так как позволяет больший промежуток времени выделять действующие вещества из структуры материала из-за большего времени растворения капель. Для ускорения получения волокон, не ухудшая их качества, целесообразно использовать 0,2 %– 1 % ионообразующей добавки.

Результаты показывают, что с увеличением расстояния и напряжения диаметр волокон уменьшается, однако при высоком напряжении возникает коронный разряд, нарушающий про-

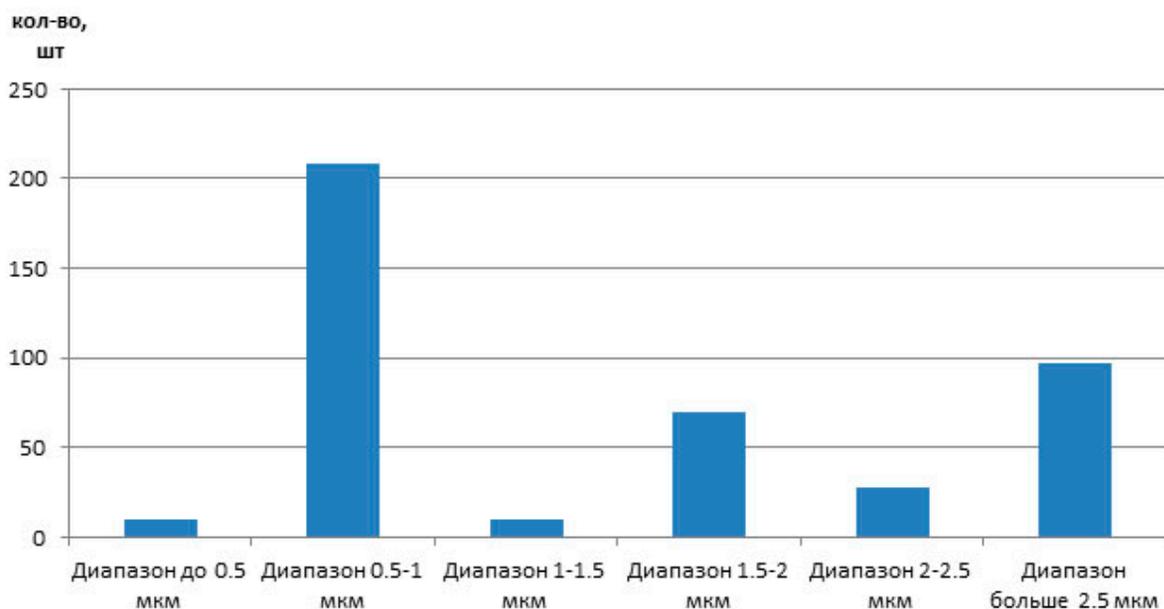


Рисунок 9 – Количество и размер пор в образце

цесс электроформования, также на расстоянии 300 мм производительность существенно снижается. Следовательно, для стабильного волокообразования оптимальным межэлектродным расстоянием будет промежуток 100–200 мм, напряжение - 20–30 кВ.

Для получения волокон целесообразно использовать растворы с вязкостью в пределах 250–400 мм<sup>2</sup>/с. При температуре 14–17 °С вязкость растворов изменяется незначительно. При увеличении температуры до 25 градусов и выше

наблюдается существенное падение вязкости. Следовательно, с увеличением температуры можно использовать более концентрированные растворы полимеров при неизменной вязкости и тем самым увеличить производительность.

Анализ структуры полученного материала показывает, что получены волокна толщиной 60–110 нм с наличием капель размером от 200 нм до 1800 нм. По результатам анализа видно, что наибольшее количество пор – размером от 0,5 до 1 мкм.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Филатов, Ю.Н. (1997), *Электроформование волокнистых материалов* (ЭФВ-процесс), Москва, ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997.
2. Ямсков, И.А., Буданов, М.В., Даванков, В.А. (1979), Гидрофильные носители на основе поливинилового спирта для иммобилизации ферментов, *Биоорганическая химия*, 1979, Т. 5, № 11, С. 1728-1734.
3. Tang, S., Zou, P., Xiong, H., Tang, H. (2008), Effect of nano-SiO<sub>2</sub> on the performance of starch/polyvinyl alcohol blend films, *Carbohydrate Polymers*, vol. 72, p. 521, 2008.
4. Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.E., Lim, E.C., Zuwei, M. (2005), *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*, Singapore, 2005.
5. Volova, T., Goncharov, D., Sukovatyi, A., Shabanov, A., Nikolaeva, E. (2013), Electrospinning of polyhydroxyalkanoate fibrous scaffolds: effects on electrospinning parameters on structure and properties, *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, Vol. 25, № 4, 370–393, 2013.

## REFERENCES

1. Filatov, Ju.N. (1997), *Jelektroformovanie voloknistyh materialov* (JeFV- process), [Electro-fibrous materials (EFV- process)], Moscow, GNC RF NIFHI im. L. Ja. Karpova, 1997.
2. Jamskov, I.A., Budanov, M.V., Davankov, V.A. (1979), Gidrofil'nye nositeli na osnove polivinilovogo spirta dlja immobilizacii fermentov [The hydrophilic carriers on the basis of polyvinyl alcohol for the immobilization of enzymes], *Bioorganicheskaja himija*, [Bioorganic Chemistry], 1979, T. 5, № 11, S. 1728-1734.
3. Tang, S., Zou, P., Xiong, H., Tang, H. (2008), Effect of nano-SiO<sub>2</sub> on the performance of starch/polyvinyl alcohol blend films, *Carbohydrate Polymers*, vol. 72, p. 521, 2008.
4. Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.E., Lim, E.C., Zuwei, M. (2005), *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*, Singapore, 2005.
5. Volova, T., Goncharov, D., Sukovatyi, A., Shabanov, A., Nikolaeva, E. (2013), Electrospinning of polyhydroxyalkanoate fibrous scaffolds: effects on electrospinning parameters on structure and properties, *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, Vol. 25, № 4, 370–393, 2013.

Статья поступила в редакцию 04. 02. 2015 г.

## КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ

Н.П. Матвейко, А.М. Брайкова, В.В. Садовский

УДК 543.253

### РЕФЕРАТ

*ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЧВОГРУНТЫ, КОНТРОЛЬ, УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, рН, ОБЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ*

*Показано, что значения рН водных вытяжек семи наименований исследованных почвогрунтов находятся в пределах, регламентируемых техническими нормативными правовыми актами. Для образца «Мечта ботаника» рН меньше допустимого значения (5,5) и составляет 4,68.*

*Наибольшее значение удельной электропроводности и общей минерализации водной вытяжки характерно для образца почвы «Гаспадар. Чудо-помидор», используемой для выращивания рассады помидоров.*

*Методом инверсионной вольтамперометрии исследовано содержание Hg, Zn, Cd, Pb и Cu в экстрактах искусственных почвогрунтов. Установлено, что в экстрактах всех изученных образцов почвогрунтов содержатся Zn, Cd, Pb и Hg в количествах, не превышающих регламентированные значения. Медь в небольших количествах обнаружена только в экстракте образца почвогрунта «TERRA VITA».*

### ABSTRACT

*ARTIFICIAL SOILS, CONTROL, SPECIFIC CONDUCTIVITY, ACIDITY, GENERAL MINERALIZATION, HEAVY METALS*

*It is shown that the pH values of water extracts of seven names of the studied soils are within the limits regulated by technical regulations. For a sample «The dream of the botanist» pH is equal to 4,68 and less than admissible value 5,5.*

*The greatest value of specific conductivity and the general mineralization of a water extract is characteristic for a soil sample «Gaspadar. Wonderful tomato», used for cultivation of the tomatoes seedlings.*

*The content of Hg, Zn, Cd, Pb and Cu in extracts of artificial soils was investigated by stripping voltammetry method. It is established that in extracts of all studied samples of soils the content of Zn, Cd, Pb and Hg does not exceed the regulated values. Copper in small amounts is found only in extract of a sample of TERRA VITA soil.*

С каждым годом все более остро стоит проблема загрязнения различных объектов окружающей среды, и, конечно, продуктов питания тяжелыми металлами. Считается, что именно продукты питания являются основным источником поступления тяжелых металлов в организм человека [1–3].

В пищевые продукты растительного происхождения металлы мигрируют в основном из почв, на которых они произрастают. В продукты питания животного происхождения по пищевой цепочке металлы поступают из растений, используемых для выращивания сельскохозяйственных животных, а также из водных ресурсов. Основным источником поступления металлов в почву и водоемы является атмосферный воздух и сточ-

ные воды, загрязненные в результате техногенной деятельности человека, а также вносимые в почву удобрения [2, 3].

Очевидно, что проведение систематического агроэкологического мониторинга токсичных веществ в почвах сельскохозяйственного назначения позволит предупредить получение сельхозпродукции с высоким содержанием тяжелых металлов.

Министерством здравоохранения Республики Беларусь разработаны и утверждены гигиенические нормативы, регламентирующие предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, в том числе тяжелых металлов в почвах [4–6]. Отметим, что предельно допустимая концентрация – это максимальное

количество вещества, которое не вызывает прямого или опосредованного влияния на здоровье настоящего и последующих поколений человека и экосистему.

В таблице 1 представлены ПДК подвижных форм тяжелых металлов в почве.

В ГОСТ 17.4.2.01–81 определена номенклатура показателей санитарного состояния почв [7]. Согласно требованиям этого межгосударственного стандарта, тяжелые металлы в зонах сельхозугодий, населенных пунктов, транспортных земель и зонах санитарной охраны источников водоснабжения контролируются в обязательном порядке.

Наряду с определением содержания тяжелых металлов в почвах контролируют также такие физико-химические показатели, как удельная электрическая проводимость и *pH* водной вытяжки [8]. Удельная электропроводность почвы зависит от температуры, содержания влаги и воздуха. Она характеризует ионную активность почвы, что служит мерой засоления почв, то есть удельная электропроводность – показатель, коррелирующий со свойствами почвы, оказывающими влияние на продуктивность выращиваемых культур.

Существует ряд сельскохозяйственных культур, семена которых с целью выращивания рассады изначально высаживают в специальный питательный почвогрунт. Такой прием широко используется как крупными, так и небольшими хозяйствами, в том числе индивидуальными садоводами на частных подворьях либо в домашних условиях.

В торговой сети Республики Беларусь реализуется целый спектр искусственных почвогрунтов различного назначения и состава от разнообразных производителей.

Представляло интерес провести выборочный контроль показателей качества некоторых искусственных почвогрунтов для выращивания рассады. В частности, содержание в них растворимых в кислоте форм *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* – тяжелых металлов, три из которых (*Cd*, *Pb* и *Hg*) являются токсичными элементами, а два (*Zn* и *Cu*) – микроэлементами, а также *pH* и удельную электрическую проводимость водных вытяжек.

Необходимо отметить, что эти показатели нормируются, что следует, например, из постановления 514-ПП [9]. Нормативные показатели искусственных почвогрунтов представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве

Наименование металла	Медь	Свинец	Цинк	Кадмий	Ртуть
ПДК, мг/кг	3,0	6,0	23,0	0,5	0,5

Таблица 2 – Нормативные показатели искусственных почвогрунтов

Наименование показателя	Значения показателей				
	Медь	Цинк	Свинец	Кадмий	Ртуть
Содержание подвижных форм тяжелых металлов, мг/кг	Не более 2-3	Не более 23	Не более 3	–	–
Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг	Не более 117	Не более 198	Не более 65	Не более 2	Не более 2
Реакция среды: <i>pH</i>	5,5–7,1				
Удельная электропроводность, мСм/см	Не более 3				

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Методом инверсионной вольтамперометрии провести контроль содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg**, а также определить **pH** и удельную электрическую проводимость водных вытяжек образцов почвогрунтов, предназначенных для выращивания рассады сельскохозяйственных культур.

В качестве объектов исследования выбраны образцы различных почвогрунтов универсального назначения и предназначенных для выращивания определенного вида культур, а также для комнатного цветоводства.

Наименования и основные характеристики образцов исследованных почвогрунтов приведены в таблице 3.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

С целью определения **pH** и удельной электрической проводимости в соответствии с требованиями ГОСТ 26423–85 [8] готовили водные вытяжки из образцов почвогрунтов. Для этого пробы почвогрунтов массой по 30 г взвешивали с погрешностью не более 0,1 г, помещали в конические колбы и добавляли мерным цилиндром по 150 мл дистиллированной воды. Полученную суспензию перемешивали в течение 3 мин с помощью магнитной мешалки и оставляли на 5 мин для отстаивания.

Удельную электропроводность определяли кондуктометром HANNA HI 8733 путем погружения датчика кондуктометра в полученные

экстракты. После каждого определения датчик тщательно промывали дистиллированной водой. С помощью кондуктометра–солемера HANNA HI 8734 в подготовленных экстрактах определяли также общую минерализацию.

Измерение **pH** суспензий почв выполняли с помощью **pH**-метра марки **pH-150M**, предварительно откалиброванного по трем буферным растворам с **pH** 4,01; 6,80 и 9,18, приготовленным из стандарт-титров. Показания прибора считывали не ранее, чем через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду.

Для определения **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** в вытяжках почвогрунтов применяли метод инверсионной вольтамперометрии, успешно использованный ранее на кафедре физикохимии материалов и производственных технологий Белорусского государственного экономического университета при исследованиях различных видов пищевой продукции [9–14].

Все водные растворы для проведения анализа почвогрунтов на содержание в них тяжелых металлов готовили на дважды дистиллированной воде (бидистиллят).

Извлечение растворимых форм металлов из почвогрунтов с целью их последующего определения проводили 0,35 М водным раствором муравьиной кислоты. Для этого пробы почвогрунтов массой по 10 г взвешивали с погрешностью не более 0,1 г, помещали в конические колбы, добавляли цилиндром по 50 мл 0,35 М водного

Таблица 3 – Наименование и характеристика образцов почвогрунтов

№ образца	Наименование	Характеристика
1	«Дружные всходы»	Универсальный почвогрунт
2	«Живой мир»	Грунт питательный универсальный
3	«Мечта ботаника»	Грунт питательный № 2 для бегоний и пеларгоний
4	«Царица цветов»	Универсальный почвогрунт для комнатного цветоводства
5	«Гаспадар. Чудо-помидор»	Питательный универсальный грунт для выращивания рассады помидоров
6	«TERRA VITA»	Питательный универсальный грунт для выращивания всех видов овощных, ягодных культур, цветов, рассады. Содержит биогумус

раствора муравьиной кислоты, перемешивали и оставляли для экстрагирования на  $24 \pm 0,6$  ч. Полученные вытяжки (экстракты) отфильтровывали дважды через складчатый фильтр. Из экстрактов отбирали аликвоты объемом 0,1 мл, растворяли в 10 мл фонового электролита (0,35 М водный раствор муравьиной кислоты) и затем проводили анализ на содержание тяжелых металлов.

Определение **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** в вытяжках почвогрунтов проводили на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4 с применением амальгамированного серебряного индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения, который являлся также вспомогательным электродом.

Электрохимическую очистку индикаторного электрода при определении **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** выполняли попеременной катодной и анодной поляризацией при потенциалах  $-1200$  и  $+100$  мВ соответственно в течение 20 с. Накопление металлов на поверхности ртутного электрода проводили при потенциале  $-1350$  мВ в течение 20–40 секунд. Успокоение раствора – при потенциале  $-1150$  мВ в течение 10 с. Регистрацию анодных вольтамперных кривых осуществляли при скорости развертки потенциала 80 мВ/с на фоне 0,35 М водного раствора муравьиной кислоты в интервале потенциалов от  $-1150$  до  $+100$  мВ.

Вытяжки почвогрунтов анализировали на содержание **Hg** с помощью вольтамперометрического анализатора марки АВА-3, применяя углесталловый индикаторный электрод, хлорсеребряный электрод сравнения и платиновый вспомогательный электрод. Анализ проводили в условиях, описанных в работе [15]: очистка углесталлового индикаторного электрода при потенциале  $+450$  мВ в течение 10 с; накопление ртути на поверхности индикаторного электрода при потенциале  $-1200$  мВ в течение 60–90 с; успокоение раствора при потенциале  $+50$  мВ в течение 3 с. Регистрацию вольтамперной кривой выполняли при скорости развертки потенциала 5 В/с на фоне водного раствора электролита, содержащего 0,4 моль/л  $H_2SO_4$ , 0,1 моль/л  $KNO_3$  и 0,001 моль/л Трилона Б.

Для установления неизвестных концентраций тяжелых металлов применяли метод добавок, используя стандартный раствор, содержащий

по 2 мг/л **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu**, который готовили на основе Государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистилляте. Отдельно из оксида ртути (II) марки «ХЧ» готовили стандартный раствор, содержащий 2 мг/л ртути.

Расчет содержания **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** выполняли по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx», а **Hg** – с помощью комплексной специализированной компьютерной программы, поставляемой ОАО «Буревестник» (Санкт-Петербург) совместно с вольтамперометрическим анализатором марки АВА-3.

Измерение удельной электропроводности, общей минерализации, **pH** каждой суспензии почвогрунта, а также определение содержания тяжелых металлов в вытяжках выполняли по четыре раза. Все результаты обрабатывали методом математической статистики: рассчитаны относительные стандартные отклонения (**Sr**) и интервальные значения при доверительной вероятности 95 % ( $\pm \Delta x$ ) [16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерения удельной электропроводности, общей минерализации и значения **pH** водных вытяжек образцов исследованных почвогрунтов представлены в таблице 4.

Видно, что наименьшие значения удельной электропроводности и общей минерализации характерны для образцов почв № 6 и № 1, которые являются универсальными для выращивания всех видов овощных и ягодных культур, цветов и рассады. Наибольшее же значение удельной электропроводности и общей минерализации получено для образца почвы № 5, предназначенного для выращивания рассады помидоров. В этом образце растворимых солей также содержится в 5,5 раз больше, чем в образце № 6. Минимальное значение **pH** (4,68) установлено при анализе образца почвы № 3, предназначенного для выращивания бегоний и пеларгоний. При анализе образца № 5 значение **pH** установлено равным 5,47, что свидетельствует о слабощелочной среде. Значение **pH** образцов № 1, № 2, № 4 и № 6 соответствует нейтральной среде.

Сопоставление полученных значений **pH**

Таблица 4 – Результаты измерения удельной электропроводности, общей минерализации и pH водных вытяжек образцов почвогрунтов

№ образца	Удельная электропроводность		Общая минерализация		Реакция среды	
	Относительное стандартное отклонение, $S_r, \%$	Интервальное значение, $X_{cp} \pm \Delta X, \text{mSm/cm}$	Относительное стандартное отклонение, $S_r, \%$	Интервальное значение, $C_{cp} \pm \Delta C, \text{мг/л}$	Относительное стандартное отклонение, $S_r, \%$	Интервальное значение, $pH_{cp} \pm \Delta pH$
1	1,44	$0,4 \pm 0,008$	1,5	$278 \pm 6$	0,6	$6,94 \pm 0,06$
2	1,49	$1,2 \pm 0,025$	1,3	$553 \pm 10$	0,6	$6,98 \pm 0,06$
3	1,50	$1,1 \pm 0,023$	1,3	$543 \pm 10$	0,8	$4,68 \pm 0,05$
4	1,55	$0,6 \pm 0,013$	1,5	$298 \pm 6$	0,6	$6,96 \pm 0,06$
5	1,40	$1,8 \pm 0,035$	1,2	$994 \pm 16$	0,7	$5,47 \pm 0,05$
6	1,20	$0,3 \pm 0,005$	1,6	$182 \pm 4$	0,6	$6,70 \pm 0,06$

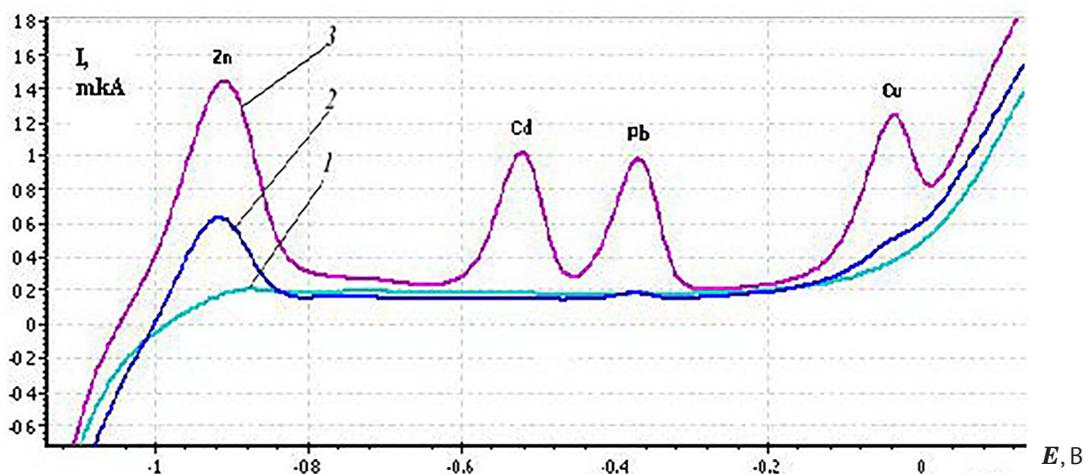
(табл. 4) с нормативными показателями (табл. 2) показывает, что для образца почвы № 3 («Мечта ботаника») pH меньше нижнего предела допустимых значений. Вероятно, это связано с тем, что почвогрунт применяется для выращивания цветов бегоний и пеларгоний, для которых оптимальными являются более кислые почвогрунты. Для остальных исследованных образцов значение pH соответствует требованиям постановления 514-ПП [9].

Что касается удельной электропроводности,

то для всех исследованных образцов почвогрунтов этот показатель не превышает нормативных требований (табл. 2).

На рисунке 1 в качестве примера представлены анодные вольтамперные кривые, полученные при определении Zn, Cd, Pb и Cu в образце экстракта почвы № 6 «TERRA VITA» с помощью анализатора вольтамперометрического ТА-4.

Видно, что на вольтамперной кривой фонового электролита пики тока отсутствуют, что свидетельствует о чистоте фонового электролита. На



1 – фонового электролита (0,35 М водного раствора муравьиной кислоты);  
 2 – пробы образца экстракта почвы № 6 (TERRA VITA);  
 3 – пробы образца экстракта почвы № 6 (TERRA VITA) с добавкой стандартного раствора, содержащего по 2 мг/л цинка, кадмия, свинца и меди

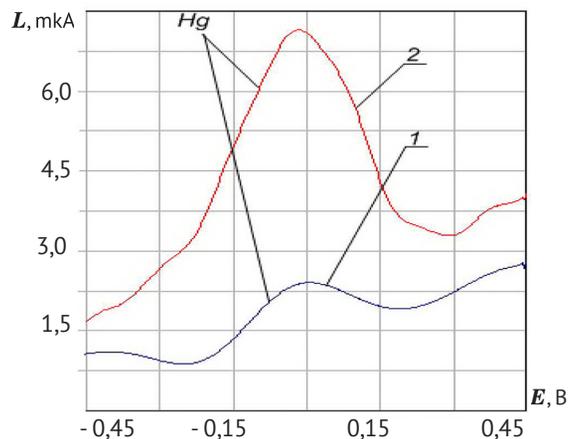
Рисунок 1 – Анодные вольтамперные кривые

анодной вольтамперной кривой пробы образца экстракта почвы № 6 имеются четко выраженный пик тока в области потенциалов  $-1 \div -0,8$  В и небольшие пики тока в области потенциалов,  $-0,44 \div -0,32$  и  $-0,12 \div +0,45$  В, которые свидетельствуют о присутствии в образце **Zn**, **Pb** и **Cu** соответственно. После добавления к пробе 0,05 мл стандартного раствора, содержащего по 2 мг/л каждого из определяемых металлов, интенсивность пиков токов окисления **Zn**, **Pb** и **Cu** существенно возрастает. Дополнительно в области потенциалов от  $-0,55$  до  $-0,40$  В на анодной вольтамперной кривой пробы с добавкой стандартного раствора появляется пик тока окисления **Cd**.

Аналогичный характер вольтамперных кривых пробы и пробы с добавкой стандартного раствора наблюдается для всех исследованных образцов экстрактов почвогрунтов. По разности интенсивностей пиков тока в пробе до и после внесения добавки стандартного раствора определяемых металлов с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx» рассчитано содержание **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** в экстрактах всех исследованных образцов почвогрунтов. Результаты представлены в таблице 5.

Кривые разности анодных вольтамперных кривых пробы и фонового электролита, а также пробы с добавкой стандартного раствора и фонового электролита, зарегистрированные с помощью анализатора марки АВА-3 при анализе экстракта почвы № 3 («Мечта ботаника»), приведены на рисунке 2.

На вольтамперной анодной кривой разности



1 – пробы образца экстракта почвы № 3 («Мечта ботаника») и фонового электролита;  
2 – пробы образца экстракта почвы № 3 с добавкой стандартного раствора и фонового электролита

Рисунок 2 – Вольтамперные анодные кривые разности

пробы и фонового электролита, как видно на рисунке 2 (кривая 1), в интервале потенциалов от  $-230$  мВ до  $+220$  мВ имеется максимума тока окисления Hg. При введении в анализируемую пробу добавки стандартного раствора ртути максимум тока окисления пропорционально увеличивается (кривая 2).

Аналогичный характер изменения кривых разности анодных вольтамперных кривых пробы экстракта почвогрунта, а также пробы экстракта почвогрунта с добавкой стандартного раствора ртути и фонового электролита наблюдается для всех исследованных образцов почвогрунтов. По

Таблица 5 – Содержание подвижных форм **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и **Hg** в мг на 1 кг почвогрунта

№ пробы	Содержание металла, мг/кг почвы									
	Zn	$S_{r,1}$ , %	Cd	$S_{r,1}$ , %	Pb	$S_{r,1}$ , %	Cu	$S_{r,1}$ , %	Hg	$S_{r,1}$ , %
1	2,9 ± 0,10	2,5	0,04 ± 0,003	4,8	0,12 ± 0,007	4,4	Не обнаружена	–	0,11 ± 0,007	4,3
2	3,0 ± 0,10	2,5	0,10 ± 0,006	4,5	0,10 ± 0,006	4,5	Не обнаружена		0,14 ± 0,009	4,4
3	3,6 ± 0,11	2,2	0,05 ± 0,003	4,7	0,13 ± 0,008	4,4	Не обнаружена		0,27 ± 0,013	3,6
4	2,3 ± 0,08	2,6	0,06 ± 0,004	4,6	0,10 ± 0,006	4,5	Не обнаружена		0,05 ± 0,003	4,7
5	2,6 ± 0,09	2,6	0,04 ± 0,003	4,8	0,07 ± 0,004	4,6	Не обнаружена		0,06 ± 0,004	4,6
6	3,3 ± 0,11	2,4	0,03 ± 0,002	5,0	0,15 ± 0,009	4,4	0,10 ± 0,006	4,3	0,13 ± 0,008	4,4

относительному изменению интенсивности пиков с помощью комплексной специализированной компьютерной программы рассчитано содержание ртути в экстракте всех исследованных наименований почвогрунтов. Результаты расчетов: интервальные значения содержания ртути в экстракте почвогрунтов и относительные стандартные отклонения представлены в таблице 5.

Из таблицы 5 видно, что во всех экстрактах исследованных почвогрунтов содержатся **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Hg**. При этом больше всего в экстрактах содержится **Zn** (2,3 – 3,6 мг/кг) и меньше всего – **Cd** (0,03 – 0,10 мг/кг). Содержание **Pb** и **Hg** примерно одинаково и лишь в 2 раза больше, чем **Cd**. Что касается меди, то этот металл в небольших количествах обнаружен только в экстракте образца почвогрунта № 6 («TERRA VITA»).

Сравнение данных, представленных в таблице 5, с ПДК (табл. 1) и нормативными значениями (табл. 2), показывает, что во всех исследованных образцах искусственных почвогрунтов содержание подвижных форм **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и **Hg** существенно ниже регламентированных

значений. Это свидетельствует о соответствии всех изученных образцов искусственных почвогрунтов требованиям ТНПА [4–6, 9].

#### ВЫВОДЫ

1. Показано, что значения **pH** водных вытяжек образцов № 1, 2, 4, 5 и 6 исследованных почвогрунтов находятся в пределах, регламентируемых ТНПА [9]. Для образца № 3 значение **pH** меньше нижнего предела допустимых значений (5,5) и составляет 4,68.

2. Наибольшее значение удельной электропроводности и общей минерализации характерно для образца почвы № 5 («Гаспадар. Чудопомидор»), предназначенной для выращивания рассады помидоров.

3. Установлено, что в экстрактах всех изученных образцов почвогрунтов содержатся **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Hg** в количествах, не превышающих регламентированные значения. Медь в небольших количествах обнаружена только в экстракте образца почвогрунта «TERRA VITA».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рейли, К. (1985), *Металлические загрязнения пищевых продуктов*, Москва, Агропромиздат, 184 с.
2. Тиво, П.В., Бытко, И.Г. (1996), *Тяжелые металлы и экология*, Минск, Юнипол, 191 с.
3. Ягодин, Б.А. (1996), Тяжелые металлы в системе почва–растение, *Химия в сельском хозяйстве*, 1996, № 5, С. 34-39.
4. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. (2004), *Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве*, Минск, 26 с.

#### REFERENCES

1. Rayleigh, K. (1985), *Metallischeske zagryaznenie picheshih produktov* [Metal pollution of foodstuff: Lane. With English], Moscow, Agropromizdat, 184 p.
2. Tivo, P.V., Bytko, I.G. (1996), *Tyazelye metally i ekologiya* [Heavy metals and ecology], Minsk, Yunipol, 191 p.
3. Yagodin, B.A. (1996), Heavy metals in system the soil plant [Tyazelye metally v sisteme pochva-rastenie], *Himiya v selskom hozyastve – Chemistry in agriculture*, 1996, No. 5, pp. 34-39.
4. Hygienic standards 2.1.7.12-1-2004 (2004), *Perechen predelno-dopustimyh koncentraciy (PDK) i orientirovochno dopustimyh koncentraciy (ODK) himicheskikh vechestv v pochve* [The list of maximum permissible concentration and the approximately

5. Гигиенические нормативы 2.1.7.9-37-2003. (2003), *Предельно допустимые концентрации (ПДК) кадмия, тилта (действующее вещество – пропиконазол) и фенантрена в торфяной почве*, Минск, 3 с.
6. Постановление Министерства здравоохранения РБ от 4 августа 2010 г. № 107. (2010), *Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций валового содержания ртути и мышьяка в землях (включая почвы) для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов*, Минск, 2 с.
7. ГОСТ 17.4.2.01-81. (1981), *Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния*, Москва, Стандартинформ, 4 с.
8. ГОСТ 26423-85. (1985), *Почвы. Методы определения электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки*, Москва, Стандартинформ, 10 с.
9. Постановление 514-ПП, *Об утверждении методических рекомендаций по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве*, [Электронный ресурс], Режим доступа: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/Postanovlenie\\_514PP\\_Ob\\_utverzh.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Postanovlenie_514PP_Ob_utverzh.html), Дата доступа: 26.01.2015.
10. Матвейко, Н.П., Брайкова, А.М. (2010), Определение содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца и меди в воде методом инверсионной вольтамперометрии, *Промышленная безопасность*, 2010, № 6, С. 10-12.
11. Матвейко, Н.П., Кулак, А.И. (2011), Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в чайном материале, *Вестні НАНБ, сер. хім. нав.*, 2011, № 3, С. 59-63.
12. Брайкова, А.М., Матвейко, Н.П. (2011), Инверсионно-вольтамперометрическое определение цинка, кадмия, свинца и меди admissible concentration (AAC) of chemicals in the soil], Minsk, 26 p.
5. Hygienic standards 2.1.7.9-37-2003 (2003), *Predelno dopustimye koncentraciyi (PDK) kadmiya, tilta (deystvuyuchee vechestvo - propikonozol) i fenantrena v torfyanoy pochve* [The Maximum Permissible Concentration (MPC) of cadmium, a tilt (active ingredient – propiconozol) and a fenantrena in the peat soil], Minsk, 3 p.
6. The resolution of Ministry of Health of RB of August 4, 2010 No. 107 (2010), *Ob utverzhdenii normativov predelno dopustimyh koncentraciyi valovogo sodержaniya rtuti i myshyaka v zemlyah (vkluychaya pochvi), dlya razlichnyh vidov territorialnyh zon po preimuchestvennomu funktsionalnomu ispolzovaniyu territoriy naselyonnyh punktov* [About the approval of standards of maximum permissible concentration of the gross content of mercury and arsenic in lands (including soils), for different types of territorial zones on primary functional use of territories of settlements], Minsk, 2 p.
7. GOST 17.4.2.01-81 (1981), *Ohrana prirody. Pochvy. Nomenklatura pokazateley sanitarnogo sostotaniya* [Conservation. Soils. Product indicators of a sanitary state], Moscow, Standartinform, 4 p.
8. GOST 26423-85 (1985), *Pochvy. Metody opredeleniya elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki* [Soils. Methods of determination of electric conductivity, pH and dense rest of a water extract], Moskcov, Standartinform, 10 p.
9. The resolution 514-PP, *Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendaciy po proizvodstvu kompostov i pochvogrunтов, ispolzuemyh v gorode Moskve* [On the approval of methodical recommendations about production of the composts and soils used in the city of Moscow], (2015), available at: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/Postanovlenie\\_514PP\\_Ob\\_utverzh.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Postanovlenie_514PP_Ob_utverzh.html) (accessed 26 January 2015).
10. Matveiko, N.P., Braikova, A.M. (2010), Determination of the maintenance of toxic elements of zinc, cadmium, lead and copper in water by method of

- в плодоовощной продукции, *Промышленная безопасность*, 2011, № 1, С. 30-32.
13. Брайкива, А.М., Матвейко, Н.П. (2011), Определение содержания тяжелых металлов в некоторых видах рыб и ракообразных, *Вестник БГЭУ*, 2011, Вып. 6., С. 45-49.
  14. Матвейко, Н.П., Протасов, С.К., Садовский, В.В. (2012), Контроль тяжелых металлов в растительных маслах, *Вестник БГЭУ*, 2012, Вып. 6., С. 71-75.
  15. Матвейко, Н.П., Брайкива, А.М., Садовский, В.В. (2014), Определение содержания тяжелых металлов в табаке сигарет и продуктах его сгорания, *Вестник БГЭУ*, 2014, Вып. 3., С. 65-70.
  16. МИ 2336-95. (1995), *Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания*, Екатеринбург, 1995, 45 с.
- the stripping voltammetry [Opredelenie sodержaniya toksichnyh elementov cinka, kadmiya, svinca I medi v vode metodom inversionnoy vjltamperometrii], *Promyshlennaya bezopasnost – Industrial safety*, 2010, No. 6, pp. 10-12.
11. Matveiko, N.P., Kulak, A.I. (2011), The stripping voltammetry method determination of heavy metals in tea material [Inversionno-voltamperometricheskoe opredelenie tyazhelyh metallov v chaynom materiale], *Vesti NANB, ser. him. nav. - Vestsi of NANB, chem. ser.*, 2011, No 3, pp. 59-63.
  12. Braikova, A.M., Matveiko, N. P. (2011) The stripping voltammetry method determination of zinc, cadmium, lead and copper in fruit and vegetable products [Inversionno-voltamperometricheskoe opredelenie cinka, kadmiya, svinca I medi v plodoovochnyj produkcii], *Promyshlennaya bezopasnost – Industrial safety*, 2011, No 1, pp. 30-32.
  13. Braikova, A.M., Matveiko, N.P. (2011), Determination of the content of heavy metals in some species of fish and Crustacea [Opredelenie sodержaniya tyazhelyh metallov v nekotoryh vidah ryb I rakoobraznyh], *Vestnik BGEU – The BGEU Bulletin*, 2011, No 6, pp. 45-49.
  14. Matveiko, N.P., Protasov, S.K., Sadovsky, V.V. (2012), Control of heavy metals in vegetable oils [Kontrol tyazhelyh metallov v rastitelnyh maslah], *Vestnik BGEU – The BGEU Bulletin*, 2012, No 6, pp. 71-75.
  15. Matveiko, N.P., Braikova, A.M., Sadovsky, V. V. (2014), Determination of the content of heavy metals in tobacco of cigarettes and products of its combustion [Opredelenie sodержaniya tyazhelyh metallov v tabake sigaret I produktah ego sgoranya], *Vestnik BGEU – The BGEU Bulletin*, 2014, No 3, pp. 65-70.
  16. MI 2336-95 (1995), *Harakteristiki pogreshnosti rezultatov kolichestvennogo himicheskogo analiza. Algoritmy ocenivaniya* [Characteristics of error in the results of quantitative chemical analysis. Estimation algorithms], Ekaterinburg, 45 p.

Статья поступила в редакцию 09. 02. 2015 г.

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТВЕРДОМ ТУАЛЕТНОМ МЫЛЕ

Н.П. Матвейко, А.М. Брайкова, В.В. Садовский

УДК 543.253

## РЕФЕРАТ

*ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, СОДЕРЖАНИЕ, ТУАЛЕТНОЕ МЫЛО, ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ*

*Методом инверсионной вольтамперометрии определено содержание **Zn, Pb, Cu** и **Hg** в образцах 8 наименований твердого туалетного мыла.*

*Установлено, что во всех изученных образцах туалетного мыла содержатся **Zn, Pb, Cu** и **Hg**, причем содержание **Zn** превышает содержание других тяжелых металлов в десятки и даже сотни раз.*

*Содержание **Pb** в изученных образцах туалетного мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой СанПиН № 130-А РБ величины.*

*Кадмий лишь в незначительных количествах обнаружен только в двух изученных образцах туалетного мыла: NIVEA и CAMAY.*

## ABSTRACT

*HEAVY METALS, CONTENT, TOILET SOAP, STRIPPING VOLTAMMETRY*

*By stripping voltammetry method it was determined the maintenance of **Zn, Pb, Cu** and **Hg** in samples of 8 names of solid toilet soap.*

*It was established that all studied samples of toilet soap contain **Zn, Pb, Cu** and **Hg**, and the maintenance of **Zn** exceeds the content of other heavy metals in tens and even hundreds of times.*

*The maintenance of **Pb** in the studied samples of toilet soap is more than 3 times less than the size regulated by the SanPiN № 130-A RB.*

*Only in insignificant quantities cadmium is found in two studied samples of toilet soap: NIVEA and CAMAY.*

По имеющимся данным, мыло изготавливали ещё в древних Шумере и Вавилоне (около 2800 г. до н. э.). На глиняных табличках, найденных в Месопотамии и относящихся примерно к 2200 г. до н. э., дано описание технологии изготовления мыла. Египетский папирус середины второго тысячелетия до нашей эры свидетельствует, что египтяне регулярно употребляли мыло в омовениях [1, 2].

В 1808 году французский химик Мишель Эжен Шеврёль установил, что мыло – это натриевая соль высшей жирной (карбоновой) кислоты [1].

Непрерывный процесс мыловарения вместе с процессом гидролиза жиров водой и паром был отработан в конце 1930-х годов в Европе и США [1, 2].

В настоящее время мыло – одно из самых распространенных средств гигиены, оно занимает значительную часть рынка моющих средств [3, 4]. По данным исследований, мылом пользуются 98 % россиян. Установлено, например, что в 2010 в России годовое потребление туалет-

ного мыла на душу населения составляло около 0,8 кг, а общий объем потребления – более 113 тыс. тонн [3, 4].

Твердое туалетное мыло в Республике Беларусь подлежит обязательному подтверждению соответствия требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) [5–7]. Согласно ТНПА эта продукция должна соответствовать показателям гигиенической безопасности, важнейшим из которых является содержание тяжелых металлов [6, 7]. Содержание тяжелых металлов в твердом туалетном мыле общего применения не должно превышать, мг/кг: мышьяк – 5,0; ртуть – 1,0; свинец – 5,0, а в детском мыле – мышьяк – 2,0; ртуть – 0,5; свинец – 2,0 [6]. По данным СанПиН 1.2.681–97 РФ мышьяк, ртуть и свинец в твердом туалетном мыле вообще должны отсутствовать [7]. Содержание меди, цинка и кадмия в твердом туалетном мыле не регламентируется, но при производстве мыла используют различное сырье природного и синтетического происхождения, которое может содержать соединения этих металлов.

Использование мыла может негативно сказываться на здоровье человека, поскольку содержащиеся в нем некоторые ингредиенты, а также тяжелые металлы способны через кожу проникать в организм человека. Еще большее влияние могут оказывать на окружающую среду сточные воды, образующиеся в большом количестве в процессе применения туалетного мыла. В этой связи представляло интерес изучить содержание тяжелых металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg*) в различных марках туалетного мыла.

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Методом инверсионной вольтамперометрии определить содержание *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в образцах твердого туалетного мыла отечественных и зарубежных производителей.

#### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Необходимые для исследования растворы готовили из реактивов марки «ХЧ» на дважды перегнанной дистиллированной воде (бидистилляте).

Все значения электродных потенциалов в статье приведены по отношению к хлорсеребряному электроду сравнения в 1М растворе хлорида калия.

В качестве объектов исследования выбраны восемь образцов твердого туалетного мыла отечественных и зарубежных производителей, представленных на рынке Республики Беларусь. Наименования исследованных образцов мыла и основные компоненты, входящие в их состав, установленные по информации на упаковке мыла, приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что в туалетном мыле отечественного производства (образцы мыла № 1–4) перечень содержащихся компонентов значительно меньше, чем в туалетном мыле зарубежного производства (образцы мыла № 5–8). Можно предположить, что более широкий перечень компонентов, входящих в состав мыла зарубежных производителей, может с большей вероятностью привести к загрязнению мыла тяжелыми металлами, чем в случае мыла отечественных производителей.

Для подготовки проб твердого туалетного мыла применяли двухкамерную программируемую печь марки ПДП – 18М. Поскольку основны-

ми компонентами мыла являются соли жирных кислот животных жиров и растительных масел, подготовку проб туалетного мыла проводили на основе методики подготовки проб пищевых жиров и масел, описанной в работе [8], следующим образом. Навеску образца туалетного мыла массой 0,3–0,4 г помещали в кварцевый стакан объемом 10 см<sup>3</sup>, добавляли 3,0 см<sup>3</sup> 10 % спиртового раствора *Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>*. Полученный раствор выпаривали в течение 80 минут, постепенно повышая температуру от 100 °С до 300 °С. Затем обугливали при температуре 350 °С в течение 30 минут. По окончании обугливания кварцевые стаканы помещали в камеру для озоления и проводили озоление проб при температуре 470 °С в течение 30 минут. После охлаждения до комнатной температуры к пробам добавляли по 2,0 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и по 0,5 см<sup>3</sup> 30 %-ного раствора пероксида водорода. Образовавшийся раствор выпаривали в течение 70 минут, постепенно повышая температуру от 150 °С до 350 °С. После этого снова проводили озоление при температуре 470 °С в течение 180 минут. Операции обработки азотной кислотой (2,0 см<sup>3</sup>) с добавлением 0,5 см<sup>3</sup> 30 %-ного раствора пероксида водорода, выпаривания и последующего озоления при температуре 470 °С повторяли до получения однородной золы белого цвета. Зола растворяли в 1,0 см<sup>3</sup> концентрированной хлороводородной кислоты. Раствор выпаривали до влажного осадка при температуре 150 °С. Образовавшийся осадок растворяли в 10 см<sup>3</sup> бидистиллята. После этого индикаторной бумагой определяли *pH* образовавшегося раствора. Если *pH* составляло 3 и более единиц, то проводили анализ, если *pH* – меньше 3, то повторяли процедуру выпаривания и растворения осадка в 10 см<sup>3</sup> бидистиллята. Для вольтамперометрического анализа брали 0,4 см<sup>3</sup> минерализата, добавляли 0,13 см<sup>3</sup> концентрированной муравьиной кислоты, затем объем раствора доводили бидистиллятом до 10 см<sup>3</sup>. Концентрация фонового электролита (раствор муравьиной кислоты) в этом случае составляла 0,35 моль/дм<sup>3</sup>.

Содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* в образцах мыла определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4. Индикаторным электродом служила амальгамированная серебряная про-

Таблица 1 – Наименования образцов мыла и основные компоненты, входящие в их состав

№ образца мыла	Наименование мыла	Основные компоненты мыла
1	Липовый цвет. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, $NaCl$ , $TiO_2$
2	Жасмин. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и растительных масел, оливковое масло, глицерин, $TiO_2$
3	Ваш малыш. Марка «Экстра». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, глицерин, норковый жир, $NaCl$ , $TiO_2$
4	Земляничное. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, $NaCl$ , $TiO_2$
5	NIVEA, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и кокосового масла, глицерин, $NaCl$ , $Na_2S_2O_3$ , метилбензоат, бензиловый спирт, органически модифицированный силикат магния
6	PALMOLIVE, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и пальмового масла, глицерин, $NaCl$ , линалоол, метилпропанол, бутилфенил, органические кислоты тетранатриевая соль ЭДТА
7	FAX HAPPY HOME, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров, пальмового и кокосового масел, глицерин, $NaCl$ , токоферил ацетат, пропилен гликоль, $\alpha$ -изометил ионол, этидроновая кислота тетранатриевая соль ЭДТА
8	SAMAY, ТУ У 24.5 32509841-004	Натриевые соли жирных кислот животных жиров, пальмового масла и красного пальмового масла, жирные кислоты красного пальмового масла, натриевая соль лимонной кислоты, лимонная кислота, тетранатриевая соль ЭДТА, натриевая соль диэтилентриаминпентауксусной кислоты, линалоол

Примечание: ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота.

волока, электродом сравнения и вспомогательным электродом – хлорсеребряный электрод. Условия проведения анализа и состав фонового электролита определяли отдельными исследованиями. Установлено, что электрохимическую очистку индикаторного электрода целесообразно осуществлять в течение 20 с попеременной анодной и катодной поляризации при потенциале +100 и –1120 мВ соответственно. Накопление металлов на поверхности индикаторного электрода осуществляется при потенциале –1350 мВ в течение 20–40 с (время зависит от концентрации металлов в растворе), успокоение

раствора при потенциале –1150 мВ – в течение 10 с, а развертка потенциала со скоростью 80 мВ/с на фоне 0,35 М водного раствора муравьиной кислоты – в интервале потенциалов от –1150 до +100 мВ.

Определение **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** проводили методом добавок с использованием стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм<sup>3</sup> каждого металла, который готовили на основе государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистиллята. Расчет содержания тяжелых металлов в пробах мыла выполняли по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стан-

дартного раствора и фона с помощью программы «VALabTx» и персональной ЭВМ.

Анализ образцов мыла на содержание ртути проводили инверсионной вольтамперометрией на анализаторе марки АВА-3 с применением вращающегося углесталлового индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и платинового вспомогательного электрода. Анализ проб на содержание ртути выполняли, используя условия, описанные в работе [9], на фоне 0,4 М раствора  $H_2SO_4$ , содержащего 0,1 моль/дм<sup>3</sup>  $KNO_3$  и 0,001 моль/дм<sup>3</sup> динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б). Скорость развертки потенциала 5 В/с. Содержание ртути в ячейке определяли методом добавок с использованием стандартного раствора ртути концентрацией 2 мг/дм<sup>3</sup>, приготовленного из оксида ртути (II) марки «чда» и 0,05 М водного раствора  $H_2SO_4$ . Расчет количества ртути в 1 кг мыла проводили по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы, разработанной производителем анализатора АВА-3 («Буревестник» г. Санкт-Петербург).

Каждую пробу на содержание **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** анализировали не менее 4 раз.

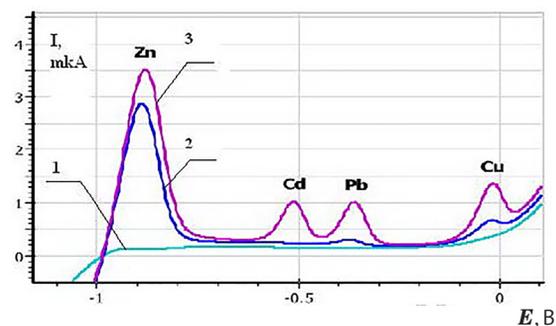
Все результаты обрабатывали методом математической статистики, рассчитав относительные стандартные отклонения ( $Sr$ ) и интервальные значения ( $\pm \Delta x$ ) содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** в туалетном мыле [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены примеры вольтамперных кривых, полученных при определении содержания **Zn, Cd, Pb** и **Cu** в пробе туалетного мыла № 1 (Липовый цвет).

Видно, что на вольтамперной кривой фонового электролита пики тока отсутствуют, что свидетельствует об отсутствии в нем **Zn, Cd, Pb** и **Cu**. При анализе пробы туалетного мыла № 1 на вольтамперной кривой появляется четкий пик тока в области потенциалов  $-1 \div -0,7$  В и проявляются небольшие токи в области потенциалов:  $-0,40 \div -0,30$ ;  $-0,40 \div +0,40$  В. Эти токи свидетельствуют о присутствии в образце туалетного мыла № 1 **Zn, Pb, Cu** соответствен-

$L$ , мкА



- 1 – фонового электролита (0,35 М водный раствор муравьиной кислоты);
- 2 – пробы образца туалетного мыла № 1 (Липовый цвет);
- 3 – пробы образца туалетного мыла № 1 с добавкой стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм<sup>3</sup> **Zn, Cd, Pb, Cu**

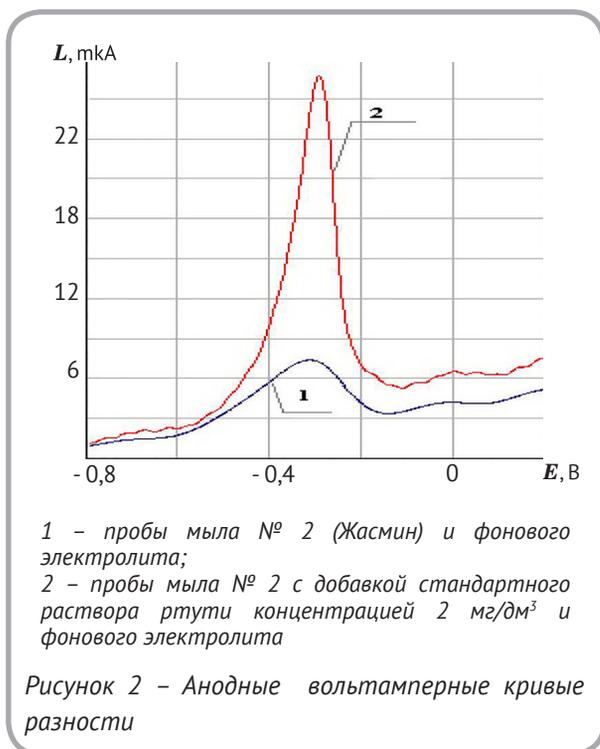
Рисунок 1 – Анодные вольтамперные кривые

но. После добавления к пробе туалетного мыла № 1 стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм<sup>3</sup> каждого из определяемых металлов, пики тока окисления **Zn, Pb** и **Cu** увеличиваются, и появляется пик тока окисления **Cd**, что обусловлено увеличением концентрации этих металлов в растворе электролита.

Аналогичные анодные вольтамперные кривые зарегистрированы для проб всех исследованных наименований твердого туалетного мыла.

По разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx» рассчитано содержание каждого металла (в пересчете на 1 кг мыла) в образцах всех исследованных наименований туалетного мыла. Полученные на основании анализа после мокрой минерализации образцов проб туалетного мыла интервальные значения содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и относительные стандартные отклонения представлены в таблице 2.

На рисунке 2 приведены кривые разности вольтамперных кривых пробы и фонового электролита, а также пробы с добавкой стандартного раствора и фонового электролита, зарегистрированные с помощью анализатора марки АВА-3 при анализе образца мыла № 2 (Жасмин) на со-



держание ртути **Hg**.

Видно, что в интервале потенциалов от  $-0,58$  до  $-0,10$  В на кривой разности анодной вольтамперной кривой пробы мыла № 2 и фонового электролита (кривая 1) имеется хорошо выраженный максимум тока окисления, свидетельствующий о присутствии в пробе ртути. При введении в анализируемую пробу добавки стандартного раствора ртути максимум анод-

ного тока пропорционально увеличивается (кривая 2), что указывает на увеличение концентрации ртути в растворе. Аналогичный характер изменения кривых разности анодных вольтамперных кривых пробы мыла и фонового электролита, а также пробы мыла с добавкой стандартного раствора ртути и фонового электролита наблюдается для всех исследованных наименований твердого туалетного мыла. На основании совокупности зарегистрированных вольтамперных кривых с помощью комплексной специализированной компьютерной программы, разработанной производителем анализатора АВА-3, рассчитано содержание ртути во всех исследованных образцах мыла. Интервальные значения содержания ртути в образцах мыла, а также относительные стандартные отклонения представлены в таблице 2.

Из таблицы видно, что во всех образцах изученных наименований туалетного мыла содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**. При этом больше всего в мыле содержится цинка (от  $21 \pm 0,4$  мг/кг для образца № 8 CAMAY до  $67 \pm 0,8$  мг/кг для образца № 5 NIVEA). По сравнению с цинком содержание **Pb**, **Cu** и **Hg** значительно меньше: в 40–160; в 16–72; в 24–390 раз соответственно. При этом наибольшее содержание **Pb** характерно для образца № 6 (крем-мыло PALMOLIVE) ( $1,6 \pm 0,06$  мг/кг). В образце мыла № 8 CAMAY содержание **Pb** наименьшее:  $0,3 \pm 0,01$  мг/кг. Следует отметить, что количество свинца в ис-

Таблица 2 – Содержание **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и **Hg** в мг на 1 кг твердого туалетного мыла

№ образца мыла	Содержание металла, мг/кг									
	<b>Zn</b>	$S_r, \%$	<b>Cd</b>	$S_r, \%$	<b>Pb</b>	$S_r, \%$	<b>Cu</b>	$S_r, \%$	<b>Hg</b>	$S_r, \%$
1	$55 \pm 0,8$	1,1	не обнаружен	–	$1,4 \pm 0,05$	2,7	$3,42 \pm 0,095$	2,0	$1,06 \pm 0,038$	2,6
2	$45 \pm 0,7$	1,2	не обнаружен	–	$1,2 \pm 0,05$	2,8	$1,82 \pm 0,061$	2,4	$1,82 \pm 0,061$	2,4
3	$40 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$0,9 \pm 0,04$	3,1	$0,73 \pm 0,033$	3,3	$0,77 \pm 0,042$	3,2
4	$63 \pm 0,9$	1,0	не обнаружен	–	$0,7 \pm 0,03$	3,3	$0,87 \pm 0,037$	3,1	$0,16 \pm 0,006$	2,8
5	$67 \pm 0,8$	0,9	$0,0110 \pm 0,0007$	4,9	$0,4 \pm 0,02$	3,6	$1,39 \pm 0,052$	2,7	$1,24 \pm 0,038$	2,3
6	$39 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$1,6 \pm 0,06$	2,5	$0,47 \pm 0,023$	3,5	$0,27 \pm 0,014$	3,0
7	$38 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$1,2 \pm 0,05$	2,8	$1,84 \pm 0,061$	2,4	$1,52 \pm 0,055$	2,6
8	$21 \pm 0,4$	1,4	$0,0170 \pm 0,0008$	4,7	$0,3 \pm 0,01$	3,6	$0,67 \pm 0,031$	3,3	$0,98 \pm 0,038$	2,8

следованных образцах мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой величины [6].

Содержание меди в исследованных образцах мыла невелико. При этом больше всего меди содержится в образце мыла № 1 Липовый цвет ( $3,42 \pm 0,095$  мг/кг), а меньше всего – в образце мыла № 6 PALMOLIVE ( $0,47 \pm 0,023$  мг/кг).

Достаточно большое количество ртути содержится в образцах мыла № 2 Жасмин, № 5 NIVEA и № 7 FAX HAPPY HOME (мг/кг):  $1,82 \pm 0,061$ ;  $1,24 \pm 0,038$ ;  $1,52 \pm 0,055$  соответственно. Причем содержание ртути в этих образцах мыла в 1,8–1,2 раза больше регламентируемого СанПиН № 130-А РБ [6].

Что касается кадмия, то этот металл в незначительных количествах обнаружен лишь в образцах мыла № 5 NIVEA и № 8 САМАУ:  $0,0110 \pm 0,0007$  и  $0,0170 \pm 0,0008$  мг/кг соответственно.

## ВЫВОДЫ

1. Во всех изученных образцах туалетного мыла содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**, причем содержание **Zn** превышает содержание других тяжелых металлов в десятки и даже сотни раз.

2. Содержание **Pb** в изученных образцах туалетного мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой СанПиН № 130-А РБ величины.

3. Содержание **Hg** в образцах туалетного мыла Жасмин, NIVEA и FAX HAPPY HOME в 1,8–1,2 раза больше регламентируемого СанПиН № 130-А РБ.

4. Кадмий лишь в незначительных количествах обнаружен только в двух изученных образцах туалетного мыла: NIVEA и САМАУ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мыло [Электронный доступ]. – 2012. Режим доступа: [www.ru.wikipedia.org/wiki/](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/) – Дата доступа: 11.12.2014.
2. История мыла и мыловарения [Электронный доступ]. – 2010. Режим доступа: [www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html](http://www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html) – Дата доступа: 12.12.2014.
3. Российский рынок твердого мыла, Москва, 2010, 26 с.
4. Обзор российского рынка растительного масла [Электронный доступ]. – 2010. Режим доступа: [www.marketcenter.ru/.../document\\_r\\_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html](http://www.marketcenter.ru/.../document_r_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html) – Дата доступа: 11.12.2014.
5. ГОСТ 28546–2002 (2002), Мыло туалетное. Общие технические условия, Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002, 11 с.

## REFERENCES

1. Mylo [Soap], (2012), available at: [www.ru.wikipedia.org/wiki/](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/) (accessed 11 December 2014).
2. Istoriya myla i mylovareniya [The history of soap and soap manufacture], (2010), available at: [www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html](http://www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html) (accessed 12 December 2014).
3. Rossiyskiy ryinok tverdogo myla [Russian market of solid soap], Moscow, 2010, 26 p.
4. Obzor rossiyskogo ryinka rastitelnogo masla [Review of the Russian market of vegetable oil], (2010), available at: [www.marketcenter.ru/.../document\\_r\\_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html](http://www.marketcenter.ru/.../document_r_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html) (accessed 11 December 2014).
5. GOST 28546-2002 (2002), Mylo tualetnoe. Obchie tehicheskie usloviya [Toilet soap. General specifications], Минск, Interstate council for standardization, metrology and certification, 11 p.

6. СанПиН № 130-А РБ (2008), *Гигиенические требования к безопасности парфюмерно-косметической продукции, ее производству и реализации*, Минск, ГУРНПЦ РБ, 2008, 114 с.
7. СанПиН 1.2.681–97 РФ (1998), *Гигиенические требования к производству и безопасности парфюмерно-косметической продукции*, Москва, 1998, 41 с.
8. Носкова, Г.Н., Заичко, А.В., Иванова, Е.Е. (2007), *Минерализация пищевых продуктов. Методические пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов. Практическое руководство*, Томск, Изд-во ТПУ, 2007, 30 с.
9. Матвейко, Н.П., Брайкова, А.М., Садовский, В.В. (2014), Определение содержания тяжелых металлов в табаке сигарет и продуктах его сгорания, *Вестник БГЭУ*, 2014, Вып. 3., С. 65-70.
10. МИ 2336-95. (1995), *Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания*, Екатеринбург, 1995, 45 с.
6. SanPiN No. 130-A RB (2008), *Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti parfumerno-kosmeticheskoy produkcii, ee proizvodstvu i realizacii* [Hygienic requirements to safety of perfumery and cosmetic production, its production and realization], Minsk, GURNPTS RB, 114 p.
7. SanPiN 1.2.681–97 (1997), *Gigienicheskie trebovaniya k proizvodstvu i bezopasnosti parfumerno-kosmeticheskoy produkcii* [Hygienic requirements to production and safety of perfumery and cosmetic production: Russian Federation], Moscow, 41 p.
8. Noskova, G.N., Zaichko, A.V., Ivanova, E.E. (2007), *Mineralizaciya pichevyih produk-tov. Metodicheskoe posobie po podgotovke prob dlya opredeleniya soderzhaniya toksichnyih ele-mentov. Prakticheskoe rukovodstvo* [Mineralization of foodstuff. Methodical manual on preparation of tests for definition of the maintenance of toxic elements. Practical guidance], Tomsk, Publishing house of TPU, 30 p.
9. Matveiko, N.P., Braikova, A.M., Sadovsky, V.V. (2014), Determination of the content of heavy metals in tobacco of cigarettes and products of its combustion [Opredelenie soderzhaniya tyazhelyh metallov v tabake sigaret i produktah ego sgoranya], *Vestnik BGEU – The BGEU Bulletin*, 2014, No 3, pp. 65-70.
10. MI 2336-95 (1995), *Harakteristiki pogreshnosti rezultatov kolichestvennogo himich-eskogo analiza. Algoritmy ocenivaniya* [Characteristics of error in the results of quantitative chemical analysis. Estimation algorithms], Ekaterinburg, 45 p.

Статья поступила в редакцию 17.02.2015 г.

## ТЕХНОЛОГИИ УЛАВЛИВАНИЯ И СБОРА НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ СОРБЕНТОВ С ОЧИЩАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В.Е. Савенок, Н.А. Ковалевская, А.С. Марущак

УДК 502.13

### РЕФЕРАТ

**ВОДА, НЕФТЬ, ОЧИСТКА, ПОЧВА, СБОР, СОРБЕНТ, ТЕХНОЛОГИЯ**

*В настоящее время для очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений разработаны различные по технологии методы и регулярно внедряются новые. В первую очередь следует использовать для этих целей наиболее экологические и безопасные способы, не забывая об эффективности и финансовых затратах.*

*Предметом исследования были сорбционные материалы, применяемые для очистки от нефтяного загрязнения почвы и воды. Целью исследования была разработка технологий сбора сорбционных материалов для очистки различных типов почв и воды от нефтяных загрязнений. В работе использовались сравнительно-сопоставительный, аналитический и описательный методы исследования.*

*Дана характеристика сорбционных материалов, применяемых для очистки от нефтяного загрязнения почвы и воды, представлена модель изменения концентрации нефти в загрязненных почвах под действием сорбентов.*

*Для улавливания и сбора нефтяных загрязнений с поверхности почвы и воды авторами предложены технологии, предполагающие использование адсорбента на основе торфа с добавлением к нему магнитных опилок. Для очистки болотных ландшафтов, имеющих открытые водные поверхности, а также водотоков предлагается технология использования магнитного сорбента в сочетании с боновым оборудованием, применяемым для локализации нефтяного загрязнения.*

*Предложенные технологии улавливания и сбора нефтенасыщенного сорбента могут быть использованы в труднодоступных местах, на болотистых почвах, в местах со сложным рельефом, когда применение традиционных технологий для очистки почвы и воды затруднительно.*

### ABSTRACT

**WATER, OIL, CLEANING, SOIL, COLLECTION, SORBENT, TECHNOLOGY**

*For cleaning soil and water from oil pollution the most environmental and safe ways should be used not forgetting the efficiency and financial costs. To eliminate accumulation of oil in remote places with difficult terrain and thin iridescent films on the water it is advisable to use physicochemical and biological methods. The use of sorbents for these purposes is one of the most effective physical-chemical methods of oil pollution combating.*

*The paper describes the characteristics of the sorption materials used for removing of oil pollution of soil and water. The authors proposed various technologies for the capturing and collection of oil spills from the surface of the soil and water using adsorbents based on peat with the addition of magnetic sawdust.*

*Timely cleaning of surfaces of soil and water from oil pollution will reduce the amount of environmental damage in case of emergency spills.*

*Preliminary analysis of soil types will help to choose the preferred form of the material sorption for a particular soil type and the technology of its application and collection.*

Масштабы промышленного загрязнения природных экосистем нефтью и нефтепродуктами продолжают увеличиваться во всем мире. Главным фактором, влияющим на увеличение этих масштабов, является дисбаланс между бурным ростом всех отраслей современной промышленности и совершенствованием технологий очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений. В настоящее время для очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений разработаны различные по технологии методы и регулярно внедряются новые. В первую очередь следует использовать для этих целей наиболее экологические и безопасные способы, не забывая об эффективности и финансовых затратах.

Все способы очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений можно разделить по принципу действия на следующие категории: механические методы очистки, физико-химические методы очистки, биологические методы очистки. Для ликвидации нефтяного загрязнения почвы и воды наибольшее распространение получили различные технические устройства, относящиеся к механическим методам очистки. В результате использования таких технических устройств при своевременно принятых мерах достигается сбор 80–90 % разлитых нефтепродуктов с поверхности почвы и воды [1]. Однако механические технические устройства не всегда могут эффективно работать на болотистой почве, мелководье, в труднодоступных местах и в местах со сложным рельефом. Кроме того, следует отметить, что если механические методы частично решают проблему сбора основного количества нефти при масштабных авариях для ее повторного использования, то в природоохранном аспекте их роль не столь значительна. Они малоэффективны в ликвидации нефти, растекшейся тонкой (радужной) пленкой по водной поверхности или перешедшей в эмульгированное состояние [2].

Для ликвидации скопления нефти в труднодоступных местах со сложным рельефом и тонких радужных пленок на воде более целесообразно использовать физико-химические и биологические методы. В основу этих методов положены процессы разрушения пленок нефти с помощью СПАВ (диспергирования), сорбции пленочной и эмульгированной нефти природ-

ными и синтетическими сорбентами, разрушения углеводородов нефти нефтеокисляющими микроорганизмами [1].

В данной работе дана характеристика сорбционных материалов, применяемых для очистки от нефтяного загрязнения почвы и воды, представлена модель изменения концентрации нефти в загрязненных почвах под действием сорбентов и предложены к использованию разработанные авторами технологии сбора сорбционных материалов для очистки различных типов почв и воды от нефтяных загрязнений.

Использование различных сорбентов является наиболее эффективным и доступным методом быстрого сбора нефти в различных ситуациях. Сбор и удаление нефти и нефтепродуктов с любой поверхности с помощью сорбентов осуществляются с помощью различных технологий: методом простого расстилания (типа «промокашки»), нанесением формованных или дисперсных сорбентов, а также с помощью специальных валков с нанесенным на их рабочую поверхность сорбирующим материалом. Сейчас в мире при ликвидации разливов нефти предлагается использовать около двух сотен сорбентов, которые можно классифицировать по разным признакам. Для производства сорбентов используется различное сырье. В мире производят как однокомпонентные сорбенты, так и многокомпонентные сорбенты, состоящие из природного сырья (торфа или его смеси с сапропелем) и модификаторов (солей двухвалентных металлов гуминовых кислот). Особую группу составляют биосорбенты. В последнее время широкое применение в промышленности находят природные сорбенты. Их широкое распространение в природе, низкая стоимость и простая технология применения наряду с достаточно высокими сорбционными свойствами делают перспективным использование этого природного сырья в качестве сорбентов для очистки почвы от нефтезагрязнений.

Условно сорбенты можно разделить на четыре группы:

1. Сорбенты на основе растительных остатков (отруби различных злаков и гречихи, торф, лузга от подсолнечных семечек, древесные опилки и т. п.).

2. Сорбенты на синтетической основе изго-

товлены на основе полиуретана, полиэтилена, полипропилена, карбамидоформальдегидных смол и т. д.

3. Углеродные сорбенты используются в качестве фильтра для очистки воды от нефти и нефтепродуктов.

4. Сорбенты на основе природных пористых минералов (вермикулит, перлит). Эта группа может быть поделена еще на две подгруппы: гидрофибизированные и негидрофибизированные.

Основные преимущества сорбента: отсутствие десорбции; возможность применения на воде и суше; высокая степень очистки; высокая скорость и большой объем впитывания; универсальность (более 85 абсорбируемых веществ); неабразивность сорбента; изолирование летучих горючих паров (подавление паров 90 % и более); удобный при транспортировке и применении; не требует специальной подготовки и оборудования при применении и сборе; доступная цена.

Задачи, которые решают нефтяные сорбенты: ликвидация загрязнений без экологического ущерба; блокировка нефтяных загрязнений в минимальные сроки, локализация нефтяных пятен и предупреждение дальнейшего распространения нефтепродуктов; обеспечение дальнейшего восстановления природного баланса и стимуляция естественных самоочищающих функций.

Для оценки эффективности применения сорбента для очистки от нефтяных загрязнений различных типов почв может быть применена математическая модель изменения концентрации нефти (нефтяного загрязнения) в почве при нанесении на нее сорбента [3].

Под воздействием сорбента на загрязненную почву происходит изменение концентрации нефти в ней, кроме того определенная часть компонентов нефти может разлагаться под действием физико-химических факторов. Важным фактором, который должен быть учтен при этом, является тип почвы и его нефтепроницаемость [4]. Для описания данных процессов предлагается следующая математическая модель, где  $C(t)$  – концентрация нефти в почве, мг/м<sup>3</sup>;  $C_1(t)$  – часть компонентов нефти, разлагаемых под действием физико-химических факторов, тогда  $dC_1(t)/dt = -\delta C_1(t)$  – линейная модель разложения

компонентов нефти под действием физико-химических факторов,  $\delta$  – коэффициент, зависящий от характера и свойств почвы (рассчитывается на основе экспериментальных данных);  $C_2(t)$  – часть компонентов нефти, поглощаемых сорбентом, тогда  $dC_2(t)/dt = \beta(C(t) - C_2(t)/\varphi)$  – модель разложения компонентов нефти под действием сорбента,  $\beta$  – кинематический коэффициент ( $\beta > 0$ ),  $\varphi$  – коэффициент, характеризующий поглощающие свойства сорбента;  $t$  – время, часов (месяцев).

$$\begin{cases} \frac{dC(t)}{dt} = \frac{dC_1(t)}{dt} - \frac{dC_2(t)}{dt}; \\ \frac{dC_1(t)}{dt} = -\delta C_1(t); \\ \frac{dC_2(t)}{dt} = \beta \left( C(t) - \frac{C_2(t)}{\varphi} \right). \end{cases} \quad (1)$$

Начальные условия для системы уравнений (1) имеют вид:

$$C(0) = C_0; C_1(0) = \sigma C_0; C_2(0) = 0, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – коэффициент, определяющий часть нефти, которая разлагается под действием физико-химических факторов.

Система (1) представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Основным способом решения такого рода систем являются численные методы. Для решения системы уравнений (1) применяется метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

Для улавливания и сбора нефтяных загрязнений с поверхности почвы и воды нами предложены различные технологии, предполагающие использование адсорбента, разработанного институтом Природопользования [5], с добавлением к нему магнитных опилок. Отличительным признаком данного адсорбента является использование в качестве модификатора полиэтиленгидросилоксановой жидкости ГКЖ-94. В качестве целлюлозосодержащего материала адсорбент содержит торф. Кроме того, в качестве целлюлозосодержащего материала могут быть использо-

ваны древесные опилки, льняная костра и другие сорбенты из органических материалов. Торф – многокомпонентное природное образование, имеющее в своем составе различные органические соединения. В него входят гидрофильные вещества (водорастворимые и легкогидролизуемые, гуматы, целлюлоза и др.), гидрофобные составляющие (битумы, воска), минеральные включения. Практическое использование торфа в качестве сорбента обуславливается тем, что он дешев, общедоступен и имеется в достаточном количестве. Полиэтилгидросилоксановая жидкость ГКЖ-94 – представитель кремнийорганических (полиорганилгидросилоксановых) жидкостей, являющихся поверхностно-активными веществами, обладающими особенно сильным и устойчивым гидрофобным действием при оптимальных условиях модификации (температура обработки, концентрация гидрофобизирующего агента).

Перед применением данного адсорбента, предназначенного для ликвидации нефтяных загрязнений, его смешивают с металлическими опилками в пропорции 1:1. Добавление металлических опилок придает сорбенту магнитные свойства.

Технологией очистки почвы от нефтяных загрязнений предполагается нанесение адсорбента с металлическими опилками на загрязненную поверхность с помощью распылителя. Для сбора нефтенасыщенного сорбента нами разработана штанга, представляющая полую пластиковую трубу, заглушенную с двух сторон, внутри которой закреплена горизонтальная пластина, на которой размещены электромагниты постоянного тока с подведенными к ним проводом «+» и проводом «-» от генератора постоянного тока (12 В), имеющими уплотнения в местах их входа в полость трубы. При небольших пятнах локализуемых нефтяных загрязнений сбор производится оператором. Для этого штанга прикрепляется к держателю, включается запитываемый от аккумуляторной батареи генератор постоянного тока, создающий магнитное поле внутри штанги и снаружи вдоль нее, которое обеспечивает прилипание нефтенасыщенного сорбента к штанге, поднесенной к очищаемой поверхности. Прилипший к штанге нефтенасыщенный сорбент периодически очищается в специальную сборную

емкость. При очистке больших поверхностей, до которых пеший доступ оператора невозможен, применяются транспортные средства (трактор). На болотистых почвах, если плотность болотной почвы позволяет, это может быть трактор-болотоход (типа Т-170Б, Т-10МБ), снабженный траверсой, на которой закреплена штанга для сбора нефтенасыщенного сорбента.

В случае, если болото имеет пригодную для плавания водную поверхность, применяется маломерное плавсредство (например лодка), также снабженное траверсой, на которой закреплена штанга для сбора нефтенасыщенного сорбента. Кроме того для очистки болотных ландшафтов, имеющих открытые водные поверхности, а также водотоков предлагается технология использования магнитного сорбента в сочетании с боновым оборудованием, применяемым для локализации нефтяного загрязнения.

Известно, что общим недостатком всех модификаций боновых заграждений является унос нефтяного загрязнения и нефтенасыщенного сорбента под юбку бона при больших скоростях течения водотока. Поэтому для улавливания и сбора нефтяных загрязнений и нефтенасыщенного сорбента нами разработано магнитное боновое заграждение [6]. Магнитное боновое заграждение может использоваться как в обычном варианте для локализации и сбора нефти, нефтепродуктов и нефтенасыщенного адсорбента, так и в случае, когда в модификатор адсорбента добавляют металлические опилки в указанной выше пропорции (1:1) для того, чтобы нефтенасыщенный адсорбент, локализованный магнитным боновым заграждением, притягивался к металлическому поплавку, снабженному встроенными внутрь него электромагнитами. При установке магнитного бонового заграждения на водоток, который имеет значительную скорость течения (более 0,3 м/с), боновое заграждение устанавливается под углом, который возрастает с увеличением скорости течения водотока. Каждая из секций магнитного бонового заграждения включает поплавок (заглушенная с двух сторон полая металлическая труба) с электромагнитами, к которым подведены провода «+» и «-» от генератора постоянного тока, имеющие уплотнения в местах их входа в полость поплавка. Снизу к поплавку прикреплен юбка. Устройство рабо-

тает следующим образом. Магнитное боновое заграждение к месту установки доставляют секциями. При установке на открытую водную поверхность (водоток) поплавка каждой из секций его электромагниты соединяют параллельно с генератором постоянного тока с помощью проводов «+» и «-». Герметичность выводов проводов из полости поплавка обеспечивают уплотнения. Нефтяные загрязнения, перемещаясь по поверхности водотока, задерживаются и накапливаются перед юбкой бона. Адсорбент, смешанный с металлическими опилками, наносит на накапливающиеся нефтяные загрязнения, далее происходит его насыщение. При приближении под действием течения или ветра к поплавку бона нефтенасыщенного адсорбента включают генератор, создающий магнитное поле внутри и вдоль поплавка, которое обеспечивает прилипание нефтенасыщенного адсорбента к поплавку бона вследствие наличия металлических опилок в адсорбенте. Прилипание нефтенасыщенного адсорбента к поплавку бона значительно снижает количество уносимого под юбку бона нефтенасыщенного сорбента и облегчает последующий сбор нефтенасыщенного адсорбента любым известным способом, например, с помощью нефтесборного устройства. Снижение вероятности уноса нефтенасыщенного сорбента под магнитное боновое заграждение повышает эффективность его использования, что особенно актуально для водотоков, характеризующихся большими скоростями течения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Своевременная очистка поверхностей почвы и воды от нефтяных загрязнений позволит снизить величину экологического ущерба при аварийных разливах нефти, которые являются одним из негативных аспектов функционирования современного промышленного производства.

Применение различных сорбционных материалов для борьбы с нефтяными загрязнениями почвы и воды позволяет обеспечить их высокую степень очистки. Предварительный анализ типов почв, а также их нефтепроницаемости и нефтеемкости позволит выбрать предпочтительный вид сорбционного материала для конкретного типа почвы. Предложенные нами технологии улавливания и сбора нефтенасыщенного сорбента могут быть использованы в труднодоступных местах, на болотистых почвах, в местах со сложным рельефом, когда применение традиционных технологий для очистки почвы и воды затруднительно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каменщиков, Ф.А., Богомольный, Е.И. (2005), *Нефтяные сорбенты*, Ижевск, НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 268 с.
2. Нунупаров, С.М. (1979), *Предотвращение загрязнения моря судами*, Москва, Транспорт, 336 с.
3. Чеботарева, Э.В. (2011), Математические модели изменения концентрации нефти в загрязненных почвах под воздействием сорбентов и микроорганизмов, *Вестник ТГГПУ*, Казань, Вып. 4(26), 2011, С. 47-50.
4. Савенок, В.Е., Шаматульская, Е.В. (2014), Определение нефтепроницаемости почв и грунтов расчетным методом, *Вестник ВГУ им. П.М. Машерова*, Витебск, Вып. 1(79), 2014, С. 44-49.
5. Патент 2551 ВУ, МПК В01J 20/22, С 02F 1/28, *Адсорбент для сбора нефти, нефтепродуктов, масел и углеводородов с поверхности воды и почвы*, Томпсон А.Э [и др.], заявитель и патентообладатель Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, 960081; Заявл. 21.02.96; Опубл. 30.12.98, Оффис. бюллетень Белгоспатента, 1998, №6, С. 49.
6. Заявка на изобретение а20150156, МПК E02B15/04, C02F1/48 C02F1/28, *Магнитное боновое заграждение*, Савенок, В.Е., Марущак, А.С., Добатовкина, А.А., Селезнев, П.С. заявл. 23.03.2015, Приоритетная справка Нац. Центра интеллектуальной собственности РБ от 29.05.2015.

## REFERENCES

1. Kamenshnikov, F.A., Bogomolny, E.I. (2005), *Neftjanye sorbenty* [Oil sorbents], Izhevsk, NIC Regular and chaotic dynamics Publ., 268 p.
2. Nunuparov, S.M. (1979), *Predotvrashhenie zagryaznenija morja sudami* [The Prevention of marine pollution by ships], Moscow, Transport Publ., 336 p.
3. Chebotareva, E.V. (2011), Mathematical model of changes in the concentration of crude oil polluted in different soils under the influence of sorbents and microorganisms [Matematicheskie modeli izmenenija koncentracii nefti v zagryaznennyh pochvah pod vozdejstviem sorbentov i mikroorganizmov], *Bulletin of TSHU*, Kazan, Vol. 4(26), 2011, P. 47-50.
4. Savenok, V.E., Szamotulska, E.V. (2014), Definition of neftprominvest of the soil design method [Opredelenie neftepronicaemosti pochv i gruntov raschetnym metodom], *Bulletin of VSU by name P.M. Masherov*, Vitebsk, Vol. 1(79), 2014, P. 44-49.
5. Patent BY 2551, IPC V01J 20/22, C 02F 1/28, *Adsorbent for collection of oil, oil-products, oils and hydrocarbons from the surface water and soil* [Adsorbent dlja sbora nefti, nefteproduktov, masel i uglevodorodov s poverhnosti vody i pochvy], Thompson, A.E. [and others], Gorillaztel and patentee Institute of problems of use of natural resources and the ecology NAN Republic of Belarus, 960081; Appl. 21.02.96; Publ. 30.12.98, Offic. newsletter Belpatent office, 1998, No. 6, P. 49.
6. The invention application а20150156, IPC E02B15/04, C02F1/48 C02F1/28, *Magnetic boom* [Magnitnoe bonovoe zagrazhdenie], Savenok E.V., Maruschak, S.A., Dobatovkina, A.A., Seleznev, P.S. Appl. 23.03.2015, Priority help N. Center of intellectual property Republic of Belarus from 29.05.2015.

Статья поступила в редакцию 23. 09. 2015 г.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИФфуЗИИ ПРИ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.К. Шелег, А.С. Ковчур, Р.А. Москалец

УДК.621.762

### РЕФЕРАТ

*ДИФфуЗИЯ, ДИФфуЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СПЕКАНИИ, ТЕОРИЯ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, МЕХАНИЗМ СПЕКАНИЯ, ДИСЛОКАЦИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ДИФфуЗИИ*

*Данная статья является попыткой исследования диффузионных взаимодействий компонентов и стадии структурообразования при проведении спекания порошковых конструктивных материалов на основе железа с добавкой легирующих компонентов. В предоставленной статье с использованием базовой структурной модели диффузионного взаимодействия в порошковых материалах описывается процесс уплотнения этих материалов в замкнутом конструктивном объеме. На основании этого в статье проведен анализ механизма спекания частиц порошковых материалов на основе железа с добавкой легирующих компонентов. Также рассмотрены процессы диффузии, которые присутствуют практически во всех вариантах спекания порошковых материалов. Результаты статьи могут быть использованы при дальнейших экспериментальных исследованиях процессов диффузии при формовании порошковых материалов и выборе технологических режимов изготовления деталей.*

### ABSTRACT

*DIFFUSION, DIFFUSION PROCESSES DURING SINTERING, THEORY OF SINTERING OF POWDERED MATERIALS, THE MECHANISM OF SINTERING, DISLOCATIONS, THE DIFFUSION COEFFICIENT*

*This article is an attempt to study the diffusion of interacting components and stages of structure formation during sintering of powder constructional materials based on iron with the addition of alloying elements. The article provides a basic structural model of diffusion interaction in powder materials, describes the process of compaction of these materials in a closed structural volume. The analysis of the mechanism of sintering the particles of powdered materials on the base of iron with alloying additive components is conducted. Also, the processes of diffusion, which are present in almost all cases of sintering of powder materials are considered. Our results can be used for further experimental studies of diffusion processes in the molding powder materials and choice of technological modes for parts manufacturing.*

Спекание можно назвать одной из основных технологических операций порошковой металлургии. При этом процессе происходят сложные физические и физико-химические процессы в самой заготовке или изделии, в том числе и явления диффузии, которым можно отвести основополагающую роль при формировании структуры и эксплуатационных свойств порошковых изделий, особенно при использовании в процессе производства многокомпонентных материалов. При этом процесс спекания можно определить как теоретически активируемый (самопроизвольный или под влиянием внешних воздействий) переход замкнутой системы кон-

тактирующих твердых тел или пористых сред в термодинамически более равновесное состояние путем уменьшения площади свободных поверхностей. Горячее прессование как одна из разновидностей спекания под воздействием прикладываемого давления попадает под данное здесь определение. Основополагающим фактором для такого вида перехода является избыточная свободная энергия, величины которой для дисперсных систем могут быть довольно значительными [1].

Целью статьи является исследование диффузионных взаимодействий компонентов и структурообразование при проведении спекания

порошковых конструкционных материалов на основе железа.

При проведении этих исследований в первую очередь необходимо обратить внимание на процесс качественного и количественного изменения межчастичных контактов в заготовке или изделии и их границ. Установлено, что межчастичные границы резко отличаются от межзёренных границ по составу и своему строению. Они значительно больше насыщены порами и являются скоплением различного рода дефектов структуры, примесных атомов, оксидов и т. п., а соседние частицы, разделенные этими границами, отличаются значительной кристаллографической разнаправленностью.

Если в начале процесса спекания межчастичные границы имеют довольно значительную протяженность и контакт между частицами в основном представлен в виде оксидных пленок, то с повышением давления и температуры спекания межчастичный контакт преимущественно из оксидного переходит в металлический. Это происходит за счет разрушения и вытеснения оксидных пленок в процессе поверхностной миграции и дальнейшего срачивания частиц с одновременным их ростом и изменения соотношения между порами и объемом металла в сторону уменьшения пор.

Согласно теории спекания порошковых материалов, основанной на процессах диффузии, вакансий и диффузионно-вязкого течения металла частиц, следует, что процесс спекания состоит из трех основных стадий [2]:

1. **Взаимное спекание частиц.** Сопровождается увеличением площади контакта между частицами и первоначальным объединением их между собой. На этой стадии частицы сохраняют свою структурную индивидуальность, а их межчастичные границы практически сохраняют исходное состояние.

Рассмотрим эту стадию спекания металлических порошков, обусловленную коагуляцией и коалесценцией частиц, вследствие их термофлуктуационного плавления.

Спекание порошковых материалов приводит к уменьшению удельной поверхности  $S$ , поэтому для определения температуры начала спекания порошков  $T_{нс}$  используют зависимость  $S$  от температуры отжига.

Для диффузионных механизмов спекания соотношение между  $T_{нс}$  и  $d$  не соответствует экспериментально установленному соотношению. Предположим, что в результате плавления частицы диаметром  $d$  происходит её объединение вследствие коагуляции или коалесценции с  $L$  ближайшими соседями. Обозначим через  $z$  долю исходных частиц, расплавившихся и явившихся центрами образования новых частиц,  $z$  зависит от температуры  $T$ . Тогда доля исходных частиц, вошедших в состав вновь образовавшихся частиц, будет равна  $(L+1)z$ , а доля оставшихся в исходном состоянии частиц с размером  $d$  составит:

$$n = 1 - (L + 1)z. \quad (1)$$

Определим  $T_{нс}$  как температуру, при которой падение удельной площади поверхности порошка фиксируется аппаратурой. На практике порог чувствительности этой аппаратуры не превышает 3 %, а стандартная аппаратура имеет порог чувствительности 5–8 %. Следовательно при  $T = T_{нс}$

$$A = S_1 - S_2 / S_p, \quad (2)$$

где  $S_1$  – удельная поверхность частиц до спекания, мм<sup>2</sup>;  $S_2$  – удельная поверхность расплавившихся и явившихся центрами образования новых частиц, мм<sup>2</sup>;  $A$  – коэффициент порога чувствительности аппаратуры. Коэффициент  $A$  принимает значения от 0,03 до 0,08. Тогда для первого варианта (механизма коалесценции)

$$z = z_1 = A[(L + 1) - (L + 1)^{2/3}]^{-1}, \quad (3)$$

а для второго варианта (механизма коагуляции)

$$z = z_2 = A[(L + 1) - L^{1/3}(L + 1)^{2/3}]^{-1}, \quad (4)$$

где  $z_1$  – доля расплавившихся частиц для первого варианта и  $z_2$  – для второго варианта.

Из данных выражений видно, что доля флуктуационно расплавившихся частиц от общего числа частиц при температуре начала спекания составляет от 0,5 % до 9 %.

Для того, чтобы расплавить частицу материала радиуса  $R$ , ей необходимо сообщить количе-

ство теплоты  $Q$  (Дж), равное:

$$Q = (4/3) \pi [(R^3 - (R - \delta^*)^3) \rho T \lambda] \quad (5)$$

Толщина поверхностного слоя  $\delta^*$ , плавление которого как бы предваряет термодинамически обусловленное плавление малой частицы, приближенно равна:

$$\delta^* \approx (90kT_{nl} / 16\pi\sigma_{mj})^{1/2} \quad (6)$$

Поскольку  $\delta^* \ll R$  и то при  $T = T_{nc}$  (К) получим:

$$\frac{T_{nl}}{T_{nc}} = 1 - \ln z / (1 + 3\lambda m_a \delta^* / kT_{nl} R), \quad (7)$$

где  $m_a = m/B$  – масса одного атома,  $\lambda$  – теплота плавления (удельная), Дж/К;  $\sigma_{mj}$  – поверхностная энергия границы раздела "твердая фаза – жидкая фаза".

Поскольку  $(3\lambda m_a \delta^* / kT_{nl} R) \ll 1$ , то

$$\frac{T_{nl}}{T_{nc}} = 1 - [1 - 4\lambda m_a R^{-1} (kT_{nl} \sigma_{mj})^{-1/2}] (\ln z). \quad (8)$$

Полученное выражение позволяет рассчитать температуру начала спекания порошков  $T_{nc}$  для различных  $z$ , если известна температура плавления [4].

## 2. Образование единого пористого тела.

Представляет собой совокупность беспорядочно перемежающихся участков, состоящих из металла и пор. Поры на этой стадии спекания в основном сообщаются между собой, а межчастичные исходные границы изменяют свою форму по отношению к состоянию первой стадии процесса прессования.

**3. Уплотнение объема металла за счет уменьшения общей пористости и образования изолированных пор.** Протекание этой части процесса или стадии можно описать с помощью уравнения

$$V = V_H (mq\tau + 1)^{-1/m}, \quad (9)$$

где  $V_H$  – объем пор в начале изотермической выдержки, мм<sup>3</sup>;  $\tau$  – продолжительность изотермической выдержки, с;  $m$  и  $q$  – постоянные,

зависящие от температуры спекания и свойств порошка. Для металлических порошков, а также для порошков карбидов и окислов  $m$  всегда уменьшается с ростом температуры, если нормально протекающий процесс не нарушен образованием замкнутых пор, что предполагает под собой рост постоянной  $m$ , находящейся в уравнении (9) при проведении процесса в области высоких температур, что является признаком тормозящего влияния газового давления в замкнутых порах, образование которых вызвано начальным сокращением объема пор. При этом постоянная  $m$  уменьшается с температурой пропорционально экспоненте с положительным показателем степени:

$$m = p \cdot \exp(U / RT). \quad (10)$$

В свою очередь постоянную  $q$  из того же уравнения (9) можно выразить следующей зависимостью:

$$q = - (d_v / d_\tau * 1 / v_H), \quad (11)$$

где  $(d_v / d_\tau * 1 / v_H)$  является выражением скоростных характеристик относительного сокращения объема пор во всех телах в данный момент времени спекания [3].

Первые стадии спекания, обозначенные выше, начинают протекать при относительно низких температурах (до 300 °С). Повышение температуры до 0,35–0,4  $T_{nl}$  приводит к рекристаллизации внутри отдельных частиц порошка. При этом границы частиц сохраняются и структура представляет собой конгломерат поверхностно-деформированных хорошо различимых частиц, разделенных между собой границами и порами. Нагрев до более высоких температур – 0,4–0,5  $T_{nl}$  сопровождается межчастичной собирательной рекристаллизацией, при которой отдельные частицы растут за счет уменьшения соседних более мелких частиц. Развитие межчастичной рекристаллизации в высокотемпературной области приводит к исчезновению границ между частицами, и межзеренные границы оказываются расположенными произвольно и не связаны с начальным расположением границ между исходными частицами порошка.

На последней стадии также наблюдается ин-

тенсивный рост контактов между частицами и их качественное изменение, связанное с образованием металлической связи между частицами, которая в зависимости от условий спекания и природы металла проявляется в образовании «мостиков» между частицами либо сплошных контактов с металлической связью. Образование металлической связи способствует усадке, собирательной межчастичной рекристаллизации и слиянию отдельных частиц в единое целое.

В целом же механизм спекания с учетом протекающих диффузионных процессов можно выразить уравнением

$$D_B S \text{grad} C = dV / dt, \quad (12)$$

где  $D_B$  – коэффициент диффузии вакансий,  $\text{grad} C$  – градиент концентрации вакансий  $C$  между их источником и стоком,  $S$  – площадь, через которую осуществляется диффузионный поток,  $\text{мм}^2$ ;  $dV / dt$  – скорость роста объёма перешейка,  $t$  – время спекания, с. Однако это уравнение может быть справедливо при введении определённых допущений:  $a-1 \ll x-1 \ll \rho-1$  (здесь  $a$  – радиус частицы,  $x$  – радиус перешейка,  $\rho$  – радиус поры), поэтому при расчёте градиента концентрации вакансий членами  $a-1$  и  $x-1$  пренебрегают, а учитывают только член, пропорциональный  $\rho-1$ . Это приближение верно для больших частиц (больше 1 мкм) и малых размерах перешейка [4].

Большое влияние на процесс спекания оказывают аллотропические превращения (для железа  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращение), при которых происходит изменение структуры материала – образование мелких зерен (аустенита внутри крупных ферритных зерен) и с повышением температуры спекания – их рост.

На формирование структуры и свойств при спекании большое влияние оказывают характер контакта между исходными частицами порошковых компонентов и процесс его качественного изменения [5]. Если после прессования между частицами контакт в основном оксидный, а доля металлического контакта мала, то при нагревании и за счет восстановления оксидов протяженность металлического контакта увеличивается. Дальнейший нагрев (допускается использование восстановительной среды) и изо-

термическая выдержка при спекании активизируют контактные поверхности. Это приводит к объемному взаимодействию с возникновением прочных связей. Таким образом, при спекании однородных частиц важную роль играют рекристаллизационные процессы, а при спекании разнородных – гетеродиффузия. При развитии процессов гетеродиффузии большое значение приобретают активность атомов компонентов и скорость их диффузии.

Поскольку при проведении спекания порошковых материалов первостепенными являются процессы диффузионного взаимодействия компонентов, то их активация обеспечивает снижение температуры и уменьшение длительности спекания при сохранении эксплуатационных свойств, а в ряде случаев – повышении.

Одним из вариантов активации является введение микродобавок соединений щелочных металлов как одной из составляющих шихты, что ускоряет процессы диффузии как углерода, так и легирующих элементов.

Щелочные металлы, располагаясь в ряду напряжений левее большинства легирующих элементов, способны восстанавливать их из соединений, устраняя таким образом барьерную роль оксидов. Кроме того, адсорбируясь по границам зерен, щелочные металлы способствуют оттеснению атомов гидрофобных элементов ( $C, Cr, Ni$ ) в тело зерна и образованию преимущественно гомогенной структуры. Например, введение щелочного металла в железо-никелевый сплав показало, что коэффициент взаимной диффузии никеля и железа возрастает, особенно при невысоких температурах. Микродобавка бикарбоната калия увеличивает ширину диффузионной зоны двухкомпонентного материала, состоящего из железа и никеля и спеченного при 950 °С с 25 до 52 мкм. При температуре 1250 °С ширина диффузионной зоны составляет 76 мкм для исходного железа и 148 мкм для железа с добавкой 1 % бикарбоната калия.

При этом методы активированного спекания можно разделить на две основные группы: физические и химические. Физические методы активного спекания включают: спекание в ультрозвуковом, магнитном и электрическом полях; спекание механоактивированных порошков; циклическое спекание, спекание облуженных

образцов и пр. Химические методы подразумевают активацию введением различного рода микродобавок, воздействующих на диффузионные процессы. Активация спекания порошковых материалов на основе железа возможна за счет добавления в исходные порошковые материалы легирующих добавок и их смесей, применения активных порошков с содержанием углеродосодержащей добавки, введения ультрадисперсных микродобавок соединений щелочных и щелочноземельных металлов, оксидов боридов [6].

Кроме активации порошковых материалов микродобавками соединений щелочных металлов неподдельный интерес сейчас вызывает подготовка к спеканию порошковых материалов методами диспергирования. Диспергирование – тонкое измельчение твердых тел или жидкостей, в результате чего получают порошки, суспензии, эмульсии. При диспергировании твердых тел происходит их механическое разрушение. В процессе диспергирования порошков происходит не только измельчение частиц и увеличение их удельной поверхности, но и образование дефектов кристаллической структуры, которые влияют на скорость диффузионных процессов. В соответствии с вакансионной теорией диффузии [7] коэффициент диффузии (самодиффузии) пропорционален концентрации вакансий:

$$D = \xi * D', \quad (13)$$

где  $\xi$  – концентрация вакансий,  $D'$  – коэффициент вакансий.

Дислокации не влияют на диффузию непосредственно, и хотя имеются данные об ускорении диффузии вдоль центров дислокации, более важным представляется влияние дислокаций на скорость диффузии, имея в виду, что при пластической деформации дислокации вызывают образование вакансий.

Введение такого рода ультрадисперсных добавок позволяет существенно снизить рост зерна в процессе спекания, обеспечив получение мелкозернистой структуры и повышение механических свойств конструкционных порошковых материалов за счет увеличения суммарной граничной поверхности и соответственно скорости граничной диффузии. Применение порошков наноразмерного уровня позволяет получить

конструкционные материалы с уникально высокими свойствами, например, их микротвердость в 2–7 раз выше, чем твердость крупнозернистых аналогов [8]. В крупнозернистых материалах рост твердости при уменьшении размера зерна обусловлен введением дополнительных границ зерен, которые препятствуют движению дислокаций. При наноразмерных зернах рост прочности происходит благодаря низкой плотности имеющихся дислокаций и трудности образования новых.

Активация процессов диффузии в наноразмерных материалах связана с увеличением объемной доли границ зерен. С уменьшением размера зерна от 1 мкм до 2 нм объемная доля межзеренных границ увеличивается до 88 % [9, 10]. Атомы, расположенные на границах зерен, обладают свойствами, отличающимися от объемных, так как они связаны с окружающими их атомами по-иному, чем в объеме. В результате на границах происходит атомная реконструкция и появление другого порядка расположения атомов.

Коэффициент граничной диффузии в наноматериалах значительно выше, чем в крупнозернистых материалах, что позволяет легировать их нерастворимыми или слабо растворимыми при обычных условиях элементами благодаря развитой зеренной структуре.

Порошковые консолидированные наноматериалы, в том числе и конструкционные, пока еще не нашли широкого применения вследствие трудности сохранения их наноструктуры при спекании.

## ВЫВОДЫ

Процессы диффузии, присутствующие практически во всех вариантах спекания порошковых материалов, являются одними из основополагающих при получении формы и заданных свойств будущей детали.

Игнорировать эти процессы при разработке технологических процессов производства нельзя.

Приведенные в этой статье математические модели, учитывающие наряду с прочим и процессы диффузии, помогут при производстве изделий из порошковых материалов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скороход, В.В., Солонин, С.М. (1984), *Физико-металлургические основы спекания порошков*, Москва, Metallurgia, 159 с.
2. Ивансен, В.А. (1985), *Феменология спекания и некоторые вопросы теории*, Москва, Metallurgia, 245 с.
3. Ивансен, В.А. (1971), *Кинетика уплотнения металлических порошков при спекании*. Москва, Metallurgia, 268 с.
4. Тихомиров, С.А. (2007), *Закономерности консолидации металлических нанопорошков никеля и железа*. Автореферат диссертации. Москва, 26 с.
5. Дьячкова, Л.Н., Керженцева, Л.Ф., Маркова, Л.В. (2004), *Порошковые материалы на основе железа*, Минск, Топник, 227 с.
6. Гегузин, Я.Е., Клиничук, Ю.И. (1976), Механизм и кинетика начальной стадии твердофазного спекания прессовок из порошков кристаллических тел, *Порошковая металлургия*, 1976, № 7, С. 17-25.
7. Дьячкова, Л.Н., Глухова, Н.П., Звонарев, Е.В., Самаль, Г.И. (1991), Влияние микродобавок на структурообразование и свойства порошковой углеродистой стали, *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1991, № 1, С. 37-42.
8. Герцрикен, С.Д., Дехтяр, И.Я. (1963), *Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе*, Москва, Физматгиз, 320 с.
9. Андриевский, Р.А., Рагуля, А.В. (2005), *Нано-структурные материалы*, Москва, Akademia, 180 с.

## REFERENCES

1. Skorohod, V.V., Solonin, S.M. (1984), *Fiziko-metallurgicheskie osnovyi spekaniya poroshkov* [Physical and metallurgical bases of agglomeration of powders], Moscow, Metallurgy Publ., 159 p.
2. Ivansen, V.A. (1985), *Femenologiya spekaniya i nekotoryie voprosyi teorii* [Femenologiya of agglomeration and some questions of the theory], Moscow, Metallurgy Publ., 245 p.
3. Ivansen, V.A. (1971), *Kinetika uplotneniya metallicheskih poroshkov pri spekanii* [Kinetics of consolidation of metal powders at agglomeration], Moscow, Metallurgy Publ., 268 p.
4. Tihomirov, S.A. (2007), *Zakonomernosti konsolidatsii metallicheskih nanoporoshkov nikelya i zheleza* [Regularities of consolidation of metal nanopowders of nickel and iron], Avtoreferat dissertatsii, Moscow, 26 p.
5. Dyachkova, L.N., Kerzhentseva, L.F., Markova, L.V. (2004), *Poroshkovyye materialy na osnove zheleza* [Powder materials on the basis of iron], Minsk, 227 p.
6. Geguzin, Ya.E., Klinchuk, Yu.I. (1976), The mechanism and kinetics of an initial stage of solid-phase agglomeration of pressings from powders of crystalline solids. [Mehanizm i kinetika nachalnoy stadii tverdogaznogo spekaniya pressovok iz poroshkov kristallicheskih tel], *Poroshkovaya metallurgiya – Powder metallurgy*, 1976, № 7, pp. 17-25.
7. Dyachkova, L.N., Gluhova, N.P., Zvonarev, E.V., Samal, G.I. (1991), Influence of microadditives on structurization and property of powder carbonaceous steel [Vliyanie mikroobavok na strukturoobrazovanie i svoystva poroshkovoy uglerodistoy stali], *Metallurgiya i termicheskaya obrabotka metalov – Metallurgy and heat*

10. Попов, В.А., Кобелев, А.Г., Чернышев, В.Н. (2007), *Нанопорошки в производстве композитов*, Москва, Интернет Инженеринг, 336 с.
8. Gertsriken, S.D., Dehtyar, I.Ya. (1963), *Diffuziya v metallah i splavah v tverdoy faze* [Diffusion in metals and alloys in a firm phase], Moscow, 320 p.
9. Andrievskiy, R.A., Ragulya, A.V. (2005), *Nanostrukturnyie materialyi* [Nanostructural materials], Moscow, Academy Publ, 180 p.
10. Попов, В.А., Кобелев, А.Г., Чернышев, В.Н. (2007), *Nanoporoshki v proizvodstve kompozitov* [Nanopowders in production of composites], Moscow, Internet Engineering, 336 p.

Статья поступила в редакцию 25. 09. 2015 г.

**МЕСТО РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН И СТРАН С ФОРМИРУЮЩИМИСЯ РЫНКАМИ НА РЫНКЕ ЕВРООБЛИГАЦИЙ**

И.Н. Жук, А.М. Белковец

УДК 339.727

**РЕФЕРАТ**

*ЕВРООБЛИГАЦИИ, МИРОВОЙ ФОНДОВЫЙ РЫНОК, РАЗВИВАЮЩИЕСЯ СТРАНЫ И СТРАНЫ С ФОРМИРУЮЩИМИСЯ РЫНКАМИ, СТРАНЫ СНГ, СУВЕРЕННЫЕ И КОРПОРАТИВНЫЕ ЗАЕМЩИКИ, КРЕДИТНЫЕ НОТЫ, ЕВРОКОММЕРЧЕСКИЕ ВЕКСЕЛЯ, ДОХОДНОСТЬ К ПОГАШЕНИЮ, ЭМИССИЯ, КРЕДИТНЫЙ РЕЙТИНГ*

*Предмет исследования – особенности и проблемы эмиссии еврооблигаций эмитентами из развивающихся стран и стран с формирующимися рынками.*

*Тема исследования – еврооблигации как инструмент заимствования на международных рынках капиталов для стран с формирующимися рынками.*

*Цель работы: с учетом анализа мирового опыта еврооблигационных заимствований создать основу для разработки практических рекомендаций по совершенствованию условий для эмиссии еврооблигаций белорусскими заемщиками.*

*Методы исследования: формальной логики, диалектики, сравнительно-исторический и ретроспективный, компаративный анализ, обобщение.*

*Результаты работы: проанализированы динамика, региональная структура рынка еврооблигаций; выявлены цели выходящих на рынок еврооблигаций суверенных и корпоративных заемщиков стран СНГ, а также особенности дебитного выпуска еврооблигаций Республики Беларусь.*

*Область возможного практического применения: деятельность соответствующих министерств и ведомств, а также корпоративных заемщиков при подготовке к выходу на международный долговой рынок посредством выпуска*

**ABSTRACT**

*EUROBONDS, WORLD STOCK MARKET, EMERGING MARKETS AND DEVELOPING COUNTRIES, CIS COUNTRIES, SOVEREIGN AND CORPORATE BORROWERS, CREDIT-LINKED NOTE, EURO-COMMERCIAL PAPER, YIELD TO MATURITY, ISSUE, CREDIT RATING*

*The article examines trends in the global Eurobond market functioning, its dynamics, participation peculiarities in the market of developing countries and emerging markets. The article identifies the factors of the borrowing scale increase and objectives of sovereign and corporate borrowers on the Eurobond market. It is concluded that the main objectives of sovereign borrowers are: increasing of investment appeal and international image and enforcement of investors' confidence; financing of current and unforeseen budget expenditures; refinancing and debt restructuring; satisfying domestic demand for currency resources. The principal aims of corporate borrowers' (banks, non-financial institutions) entrance into the Eurobond market include the following: raising long-term debt capital market instruments; diversification of funding sources and investor base; searching for alternatives to traditional sources available on the domestic market; softer set of covenants as compared to bank financing; unsecured financing; crediting cost reduction, etc. The article analyses market dynamics of sovereign and corporate Eurobonds issued by CIS countries, along with features of the debut Eurobond issue of the Republic of Belarus. As a result the article concludes that it is necessary to consider characteristic aspects of the participation of developing countries and emerging markets when preparing for further entrance into the international market by Eurobond issue.*

еврооблигаций.

Выводы – специфика потребностей развивающихся стран определила многоцелевой характер использования еврооблигаций; выпуски еврооблигаций стран с формирующимися рынками занимают достаточно незначительную долю рынка еврооблигаций; среди развивающихся стран основными участниками рынка еврооблигаций являются заемщики из стран Азии, на заемщиков из стран СНГ приходится только 4 % новых выпусков; наибольшую активность среди корпоративных заемщиков из стран СНГ проявляют российские компании и банки, что объясняется масштабами экономики и самих предприятий, благоприятной ценовой конъюнктурой на международном рынке капитала для российских эмитентов до 2014 г.

Популярность еврооблигаций как источника заимствований растет с каждым годом. Если в декабре 2004 г. долг по международным облигациям составлял 5 трлн. долл. США, то в декабре 2014 г. – 21 трлн долл. США, увеличившись за последние 10 лет более чем в 4 раза. Объем международных облигаций, размещенных развивающимися странами и странами с формирующимися рынками, за рассматриваемый период также существенно вырос: с 321 млрд. долл. США в 2004 г. до 1 834 млрд. долл. США в 2014 г., или в 5,7 раза. Это свидетельствует о повышении интереса всех стран к заимствованию на междуна-

родном фондовом рынке посредством выпуска еврооблигаций. В то же время доля заемщиков из развивающихся государств и стран с формирующимися рынками в общем объеме рынка международных облигаций остается достаточно невысокой и по состоянию на декабрь 2014 г. не превышает 9 % [12].

Анализ динамики новых выпусков еврооблигаций эмитентов из данных стран за последние пять лет свидетельствует о том, что после 2011 г. наблюдается устойчивый рост заимствования на рынке еврооблигаций суверенными и корпоративными заемщиками (рисунок 1). В 2014 г. ими

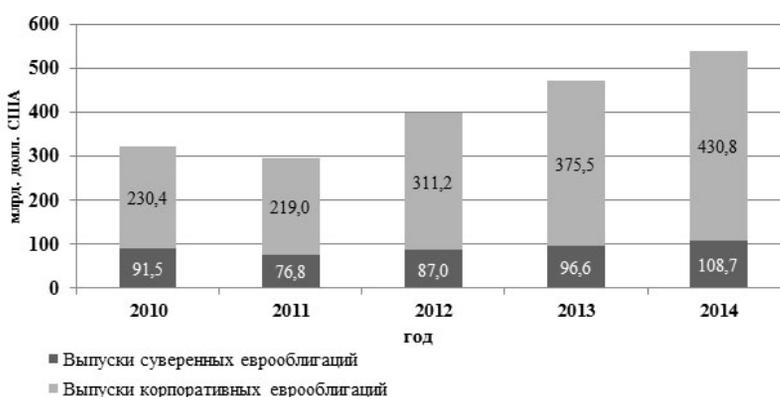


Рисунок 1 – Объем новых выпусков еврооблигаций развивающихся стран

Источник: собственная разработка на основе [3].

были размещены еврооблигации на сумму 539,5 млрд. долл. США. Некоторое падение объемов в 2011 г. объясняется долговым кризисом в евро-зоне.

Следует отметить, что основным фактором увеличения масштабов заимствования являются выпуски корпоративных заемщиков. На их долю в 2014 г. пришлось 79,8 % всего объема размещенных еврооблигаций. Возрос не только объем размещаемых облигаций, но и количество сделок (рисунок 2). Основным драйвером этого роста также были корпоративные заемщики. В 2014 г. корпоративные заемщики осуществили 1052 выпуска еврооблигаций, или 91,6 % от общего объема новых выпусков еврооблигаций развивающихся стран и стран с формирующимися рынками.

В то же время доля эмитентов из стран СНГ составляет всего 4 %.

Исследование показало, что, выходя на международный рынок еврооблигаций в качестве суверенных заемщиков, эти страны преследуют различные цели, среди которых:

- 1) повышение инвестиционной привлекательности, международного престижа и укрепление доверия со стороны инвесторов;
- 2) финансирование текущих и непредвиденных бюджетных расходов;
- 3) рефинансирование и реструктуризация долга;
- 4) удовлетворение внутреннего спроса на валютные ресурсы.

Повышение инвестиционной привлекательности заемщика и укрепление доверия инвесто-

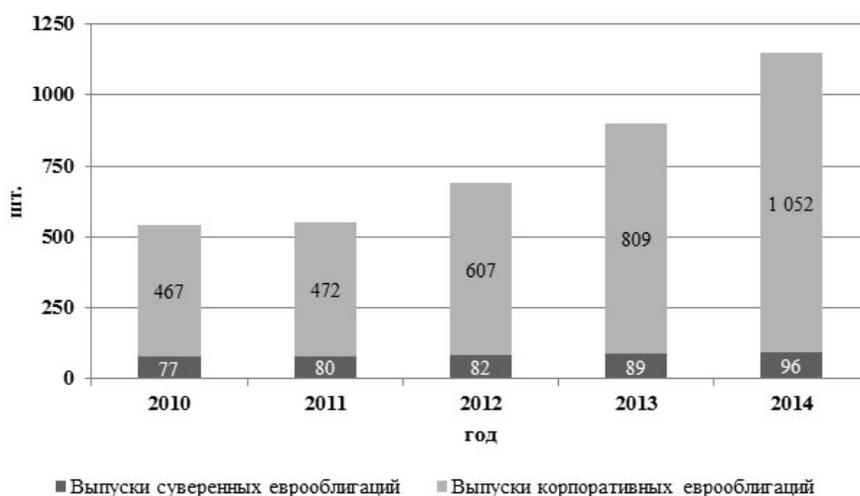


Рисунок 2 – Количество новых выпусков еврооблигаций стран с формирующимися рынками

Источник: собственная разработка на основе [3].

Необходимо также обратить внимание на тот факт, что снизился средний размер выпуска еврооблигаций корпоративных заемщиков. Если в 2010 г. он составлял 0,5 млрд. долл. США, то в 2014 г. уже 0,4 млрд. долл. США. Это свидетельствует о выходе на рынок еврооблигаций более мелких компаний. Что касается региональной структуры рынка еврооблигаций, то, как показывают данные рисунка 3, наиболее активными являются эмитенты из стран Азии, на которых приходится 47 % всего объема новых выпусков.

ров является одной из наиболее важных целей. Например, эта цель была основной при эмиссии ценных бумаг на международных рынках государствами, значительно пострадавшими от Азиатского финансового кризиса 1998 г. и локальных кризисных явлений. Цена сделки в данном случае выступала довольно объективным индикатором доверия иностранных инвесторов к эмитентам. Если цена достаточно адекватна сложившимся рыночным условиям, то можно говорить о восстановлении доверия инвесторов.



Рисунок 3 – Региональная структура новых выпусков еврооблигаций развивающихся стран в 2014 году

Источник: собственная разработка на основе [3].

Также следует добавить, что выпуск еврооблигаций может являться частью государственной стратегии по привлечению иностранного капитала в национальную экономику и развитию отечественного фондового рынка. В этом случае эмитируемые суверенные еврооблигации призваны открыть доступ национальным корпоративным заемщикам на мировой рынок ссудных капиталов.

Выпуск новых еврооблигаций для рефинансирования и реструктуризации старых долговых обязательств – довольно распространенная практика на мировых финансовых рынках. Она, как правило, является частью схемы по управлению внешней задолженностью эмитента, часто прибегающего к внешним заимствованиям [1, с. 99 – 109]. По мере активизации участия государств в мировом рынке еврооблигаций к подобной практике будут обращаться все большее количество эмитентов. Это объясняется тем, что темпы наращивания внешних заимствований в большинстве случаев превосходят темпы роста прибыли или национального дохода. В итоге эмитент сталкивается с ситуацией, когда он вынужден производить новые заимствования для обеспечения своевременного погашения ранее выпущенных обязательств.

Удовлетворение внутреннего спроса на валютные ресурсы как цель выпуска еврооблигаций, несомненно, также является одной из наи-

более характерных для данной группы стран. Специфика заключается в том, что они больше других подвержены негативному влиянию различных кризисных явлений национального и мирового масштабов в силу недостаточности экономической мощи и сильной зависимости от иностранного капитала. Значительное давление на курс национальной валюты, способное привести к сильному обесценению национальной денежной единицы, может спровоцировать резкое увеличение спроса со стороны национальных инвесторов на ведущие иностранные валюты. Хотя данный процесс не является критичным с точки зрения валютной политики государства, однако спрос на валютные средства со стороны участников национального финансового рынка остается неудовлетворенным, и выпуск еврооблигаций может послужить эффективным решением этой проблемы.

Среди основных целей, выходящих на рынок еврооблигаций корпоративных заемщиков (банки, нефинансовые институты), можно выделить следующие:

- привлечение долгосрочных несвязанных кредитных ресурсов;
- диверсификация источников финансирования и круга инвесторов;
- поиск альтернативы традиционным источникам, доступным на внутреннем рынке (как правило, это кредитные линии банков);

- более легкий пакет ковенант по сравнению с банковским финансированием;
- необеспеченное финансирование;
- снижение стоимости кредитных ресурсов;
- выпуск значительного объема долга;
- формирование кредитной истории, повышение престижа компании и ее узнаваемости на международной арене;
- формирование ориентира для прочих видов финансирования.

Представляется целесообразным более подробно исследовать опыт стран СНГ. Несмотря на то, что эти страны имели достаточно сопоставимые стартовые позиции, в настоящее время они в различной степени представлены на рынке еврооблигаций. По состоянию на 01.01.2015 г. долг заемщиков из стран СНГ по выпущенным еврооблигациям составил 285 млрд. долл. США. На долю корпоративного сектора приходится почти ¾ всего долга (74,3 %), суверенные и муниципальные займы составляли порядка 25,7 % (рисунок 4).

Роof's» впервые присвоило России кредитный рейтинг («ВВ-»). 27 ноября 1996 г. Правительство Российской Федерации разместило свой первый в постсоветской истории заем за рубежом на сумму 1 млрд долл. США и тем самым открыло дорогу на мировой рынок российским корпоративным эмитентам и еврозаймам правительств ряда субъектов Федерации.

Дебютный выпуск 1996 г. оказался единственным российским инструментом, соответствовавшим общепринятым стандартам еврооблигационного рынка: в январе 1997 г. было введено налогообложение доходов от государственных ценных бумаг у источника выплаты. В результате любые доходы по еврооблигациям российских юридических лиц считались полученными из зарубежных источников и облагались налогом на прибыль по полной ставке [6, с. 13]. Всего за период с ноября 1996 г. по август 1998 г. Россия осуществила 9 выпусков облигационных займов, из них 6 – в американских долларах, 2 – в немецких марках и 1 – в итальянских лирах на об-

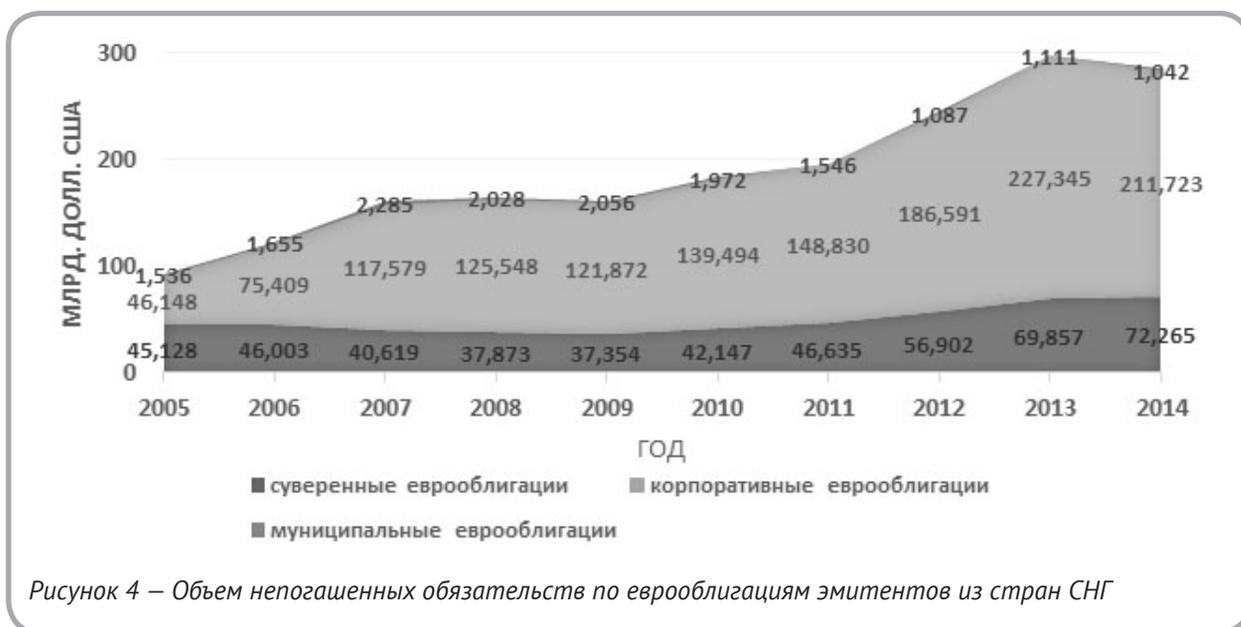


Рисунок 4 – Объем непогашенных обязательств по еврооблигациям эмитентов из стран СНГ

Источник: собственная разработка на основе [3].

Принимая во внимание, что рынок еврооблигаций для страны открывает, как правило, государство, в первую очередь необходимо проанализировать суверенные еврооблигационные займы стран СНГ. Рынок еврооблигаций для эмитентов из стран СНГ открылся в октябре 1996 г., когда международное агентство «Standard &

сущую сумму около 16 млрд. долл. США. Ставки купонов варьировались от 9 % годовых (немецкие марки, итальянские лиры) до 12,75 % годовых (доллары США). В 1997 г. в условиях финансовой стабилизации правительству удавалось разместить займы с купонной ставкой в 9–10 % по цене 99–103,5 % от номинала. Однако в 1998

г. незадолго до финансового кризиса оно было вынуждено выпускать облигации с купоном в размере 11–12,75 % и ценой размещения значительно ниже номинала (73,8 %). Особенностью последних займов явилась трансформация краткосрочной рублевой задолженности по ГКО/ОФЗ в долгосрочные валютные займы [7, с. 3].

Многие эксперты признавали докризисный дебют России на рынке еврооблигаций в целом успешным: сроки проведения выпусков, условия и валюта займов были выбраны достаточно удачно, что позволило привлечь значительные объемы средств под сравнительно невысокий процент. Некоторое время (в 1997 г. – начале 1998 г.) фондовый рынок России доказывал свою устойчивость, однако финансовый кризис августа 1998 г. лишил Россию возможности использования ресурсов международного рынка капитала. Кредитный рейтинг России был понижен до уровня «ССС», что создало существенное препятствие к размещению новых займов. Лишь к концу 2001 г. ввиду улучшения макроэкономической ситуации, роста российского ВВП, реструктуризации долгов перед Лондонским клубом кредиторов, благоприятной внешнеэкономической конъюнктуры и других факторов российские еврооблигации продемонстрировали одну из лучших в мире курсовых динамик, а премия к доходности эталонных эмиссий сократилась более чем в 4 раза. Это свидетельствовало о постепенном возврате доверия иностранных инвесторов к российским долговым инструментам.

В настоящее время Российская Федерация занимает первое место среди стран СНГ по объёму обращающихся на рынке еврооблигаций (рисунок 5). Суммарная задолженность российского правительства по еврооблигационным займам, номинированным в долларах США, составляет 45,7 млрд. Помимо этого, в 2011 г. был осуществлён выпуск семилетних еврооблигаций в российских рублях на сумму 90 млрд. В 2013 г. Россия также выпустила еврооблигации в евро общим объёмом 750 млн. В 2014 г. ввиду снижения уровня доверия иностранных инвесторов, введения Европейским союзом и США санкций в отношении России и соответствующего роста доходностей обращающихся выпусков российское правительство не выходило на рынок еврообли-

гационных заимствований с новыми проектами.



Рисунок 5 – Объем суверенных еврооблигаций стран СНГ на 01.01.2015.

Источник: собственная разработка на основе [3].

Второе место по объёму непогашенного внешнего долга, сформированного за счёт эмиссии еврооблигаций, среди стран СНГ занимает Украина. В настоящее время на международном рынке долгового капитала обращается 11 выпусков долларовых еврооблигаций Украины общим объёмом 16,6 млрд. США. Кроме того в обращении находится один выпуск суверенных еврооблигаций Украины, номинированный в евро, на сумму 600 млн.

На третьем месте с тремя непогашенными выпусками суверенных еврооблигаций в объёме 2,5 млрд. долл. США находится Казахстан, который в октябре 2014 г. впервые после 2006 г. вернулся на рынок еврооблигационных займов, разместив еврооблигации в два транша: 1,5 млрд. долл. США 10-летних еврооблигаций и 1 млрд долл. США 30-летних по доходности 4,07 % и 5,11 % соответственно [2]. Вплоть до 2014 г. именно Казахстан проявлял наименьшую активность на рынке еврооблигационных заимствований. Правительством Республики Казахстан было осуществлено четыре выпуска государственных еврооблигаций в соответствии с международными правилами RegS и 144A в течение 1996–2000 гг. на общую сумму 1270 млн. долл. США, которые к маю 2007 г. были полностью погашены [2].

Четвёртое место с объёмом эмиссии в 1,8 млрд. долл. США занимает Республика Беларусь. Республика долгое время оставалась своеобразной «Terra incognita» для иностранных инвесторов, поскольку белорусские эмитенты не были представлены на мировом фондовом рынке.

Отправной точкой целенаправленной работы по выходу на международный фондовый рынок можно считать присвоение нашей стране 21 августа 2007 г. международным рейтинговым агентством Стэндард энд Пулз (Standard & Poor's), а 22 августа международным рейтинговым агентством Мудис Инвесторз Сервис (Moody's Investors Service) суверенных кредитных рейтингов на уровне «В+» и «В1» соответственно.

Получение суверенных кредитных рейтингов открывало дорогу для Республики Беларусь на внешние финансовые рынки. Уже в ноябре 2007 г. белорусские власти на переговорах в Лондоне обсуждали с японским банком Nomura возможность размещения еврооблигаций. Более того, в 2008 г. японскому инвестиционному банку были предоставлены полномочия на размещение евробондов. Ожидалось, что в 2008 г. будет осуществлен дебютный выпуск трехлетних суверенных еврооблигаций, номинированных в японских йенах, в эквиваленте на 260 млн долл. США [8]. Однако в связи с финансовым кризисом, который начался осенью 2008 г., планы Правительства были скорректированы, и вместо размещения еврооблигаций Беларусь стала привлекать внешние ресурсы другим способом – посредством межгосударственных займов и кредитов МВФ. Таким образом, дебютный выпуск был отложен до 2010 г.

Подходящее «окно» для организации выпуска суверена появилось в начале июля 2010 г. В связи с этим Республикой Беларусь с 12 по 16 июля 2010 г. проведены встречи («роуд-шоу») с инвестиционными компаниями Великобритании, Германии, Швейцарии и Австрии, специализирующимися на инвестировании средств в различные финансовые инструменты, в том числе еврооблигации, на которых представлялась презентация экономики, банковского сектора и государственных финансов республики, давались ответы на вопросы инвесторов.

26 июля 2010 г. было объявлено о выпуске еврооблигаций Республики Беларусь сроком на 5 лет. Сделка была закрыта 3 августа 2010 г., ее результатом стало размещение суверенных еврооблигаций на сумму 600 млн долл. США с купоном 8,75 % годовых по цене 99,011 % от номинала, что соответствовало текущей доход-

ности 9 % годовых. Она вызвала интерес самых разных инвесторов, что нашло отражение в ее статистике: 28 % облигаций было размещено среди европейских инвесторов, 27 % – среди американских оффшорных инвесторов, 22 % – среди российских, 20 % – среди британских и 3 % – среди азиатских. Компании по управлению фондами и компании по управлению активами приобрели 55 %, банки – 22 %, хедж-фонды – 10 %, пенсионные фонды/страховые компании – 6 %, розничные инвесторы/частные банки – 5 % и остальные инвесторы – 2 % от общего объема выпуска [14]. Еврооблигации прошли процедуру листинга на Люксембургской фондовой бирже. Им присвоены рейтинги, аналогичные суверенным рейтингам Республики Беларусь – В1 (Мудис Инвесторз Сервис) / В+ (Стэндард энд Пулз).

С момента завершения дебютного выпуска на вторичном рынке наблюдалась активная торговля ценными бумагами Беларуси, которые реализовывались по цене на 1–2 % выше их номинальной стоимости, а доходность с 9 % снизилась до 8,12 %. Учитывая сложившуюся благоприятную ситуацию на рынке, был проведен дополнительный выпуск еврооблигаций на 400 млн долл. США по цене 102 % от номинала (доходность 8,251 % годовых). Таким образом, общий размер выпуска составил 1 млрд долл. США, доходность к погашению – 8,7 % годовых, цена размещения – 100,199 % годовых.

Дебютный выпуск еврооблигаций Республики Беларусь был оценен международными аналитиками как успешный, а авторитетный журнал «Euroweek» отметил его как «событие августа» на рынке еврооблигаций [13]. В связи с этим в соответствии с рекомендациями банков-организаторов Правительством Республики Беларусь принято решение о выходе на международный финансовый рынок с новым 7-летним еврооблигационным выпуском. 19 января 2011 г. Министерством финансов осуществлен выпуск облигаций Республики Беларусь на международном финансовом рынке по правилу Reg S. Облигации на сумму 800,0 млн долл. США со сроком обращения 7 лет размещены под ставку 8,95 % годовых с ценой первичного размещения 100,0 % от номинальной стоимости.

Нельзя утверждать, что ресурсы привлечены на льготных условиях, но следует отметить, что

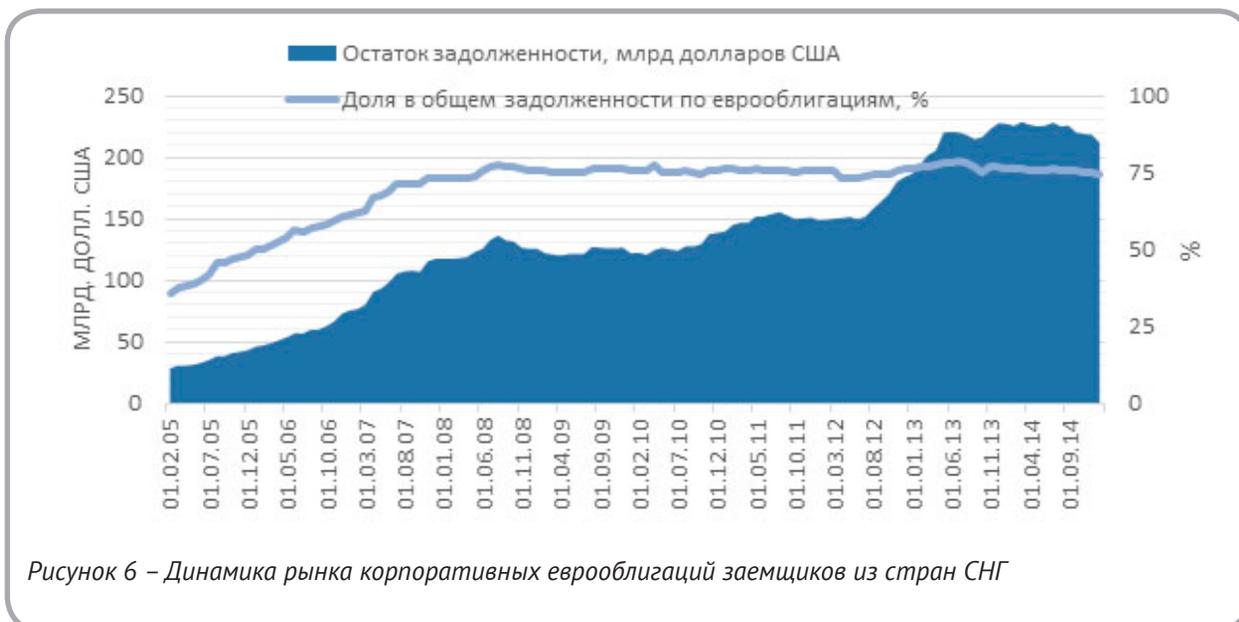
анализ мнений инвесторов об участии в покупке белорусских еврооблигаций по результатам «род-уд-шоу» показал, что подавляющее большинство инвесторов оценивали ставку инвестирования в еврооблигации Республики Беларусь на уровне около 9,5 % годовых. Высокая стоимость была обусловлена такими факторами, как: наличие высоких рисков на рынке на момент размещения облигаций, которые были вызваны нерешенными долговыми и бюджетными проблемами ряда европейских стран; рост очевидных для западных инвесторов рисков для Республики Беларусь в отношениях с основным торговым и экономическим партнером – Российской Федерацией; дебют Республики Беларусь на мировом финансовом рынке и начало формирования кредитной истории.

Вместе с тем размещение Республикой Беларусь, как суверенным заемщиком, в 2010–

- сформировать эталонную кривую доходности по облигациям Республики Беларусь;
- открыть доступ на международные рынки белорусских субъектов хозяйствования и финансовых институтов;
- улучшить инвестиционный имидж страны;
- начать формирование кредитной истории.

Остальные страны СНГ: Азербайджан, Армения и Грузия – в настоящее время имеют по одному обращающемуся выпуску суверенных еврооблигаций, а суммарная задолженность перечисленных государств перед держателями еврооблигаций составляет 2,5 млрд. долл. США.

Анализ динамики рынка корпоративных еврооблигаций эмитентов из стран СНГ, на долю которых, как уже упоминалось выше, приходится основная часть долга в виде еврооблигаций (74,3 %), позволяет выделить следующие этапы его развития (рисунок 6).



Источник: собственная разработка на основе [3].

2011 гг. еврооблигаций позволило:

- в условиях ограниченных возможностей по привлечению капитала привлечь 1,8 млрд. долл. США несвязанных кредитных ресурсов для покрытия разрыва финансирования платежного баланса и пополнения международных резервных активов Республики Беларусь;
- диверсифицировать источники внешнего финансирования;
- расширить инвесторскую базу;

1. 2005 г. – первое полугодие 2008 г.: становление рынка, увеличение его объёмов. Так, в течение указанного периода остаток задолженности корпоративных эмитентов по выпущенным еврооблигациям возрос в 3,2 раза с 28,4 млрд. долл. США на 01.01.2005 г. до 132,9 млрд. долл. США на 01.07.2008 г. Корпоративные еврооблигации в это время стали основным инструментом на рынке еврооблигаций стран СНГ. Если в начале 2005 г. задолженность по кор-

поративным еврооблигациям составляла лишь 35,9 % суммарной задолженности по еврооблигациям эмитентов стран СНГ, то к середине 2008 г. 76,6 % рынка.

2. 2005 г. – первое полугодие 2008 г.: становление рынка, увеличение его объёмов. Так, в течение указанного периода остаток задолженности корпоративных эмитентов по выпущенным еврооблигациям возрос в 3,2 раза с 28,4 млрд. долл. США на 01.01.2005 г. до 132,9 млрд. долл. США на 01.07.2008 г. Корпоративные еврооблигации в это время стали основным инструментом на рынке еврооблигаций стран СНГ. Если в начале 2005 г. задолженность по корпоративным еврооблигациям составляла лишь 35,9 % суммарной задолженности по еврооблигациям эмитентов стран СНГ, то к середине 2008 г. – 76,6 % рынка.

3. Второе полугодие 2008 г. – первое полугодие 2010 г.: кризисное состояние рынка, на котором регистрируются единичные первичные эмиссии. За два года объем обращающихся корпоративных еврооблигаций сократился на 6,7 % до 124,1 млрд. долл. США.

4. Второе полугодие 2010 г. – 2013 г.: посткризисное восстановление рынка, выразившееся в увеличении его объёмов. В течение второй половины 2010 – 2013 гг. объём задолженности корпоративных эмитентов по еврооблигациям возрос в 1,8 раза и составил на 01.01.2014 г. 227,3 млрд. долл. США.

Выявленные особенности рынка корпоративных еврооблигаций эмитентов из стран СНГ обусловлены развитием общеэкономических тенденций в регионе, которые, в свою очередь, зависят от динамики мирового рынка. Так, период 2005 – 2008 гг. характеризовался высокими темпами экономического роста, среднегодовой темп прироста совокупного ВВП стран СНГ в отмеченном периоде составил 7,5 % [4, с. 88]. Затем в 2009 г. экономики стран СНГ столкнулись с глубоким кризисом, связанным с падением цен на нефть и другие сырьевые товары, экспортёрами которых являются страны СНГ. В результате за год совокупный ВВП в регионе СНГ сократился на 6,2 % по сравнению с предыдущим годом [9, с. 45]. В 2010 – 2013 гг. экономики стран СНГ начали восстанавливаться, однако темпы роста оказались ниже по сравнению с докризисным пери-

одом. На этом фоне оживление произошло и на первичном рынке корпоративных еврооблигаций, объём которого достиг в 2013 г. рекордных 60,7 млрд. долл. США [3].

Вместе с тем, ухудшение макроэкономической ситуации, усиление политической напряжённости и введение санкций ЕС и США в отношении Российской Федерации в 2014 г. привели к снижению активности эмитентов из стран СНГ на рынке еврооблигаций. В результате за прошедший год суммарный остаток задолженности по еврооблигационным займам корпоративного сектора СНГ снизился до 211,7 млрд. долл. США, или на 6,7 % по сравнению с началом 2014 г.

Как и в случае суверенных еврооблигаций, наибольшую активность на рынке корпоративных еврооблигационных заимствований проявляют эмитенты из России (рисунок 7), что объясняется масштабами российской экономики, наличием значительных потребностей в финансировании в промышленном секторе, достаточно высоким уровнем развития корпоративного управления.

В настоящее время на международном рынке долгового капитала обращается 239 выпусков еврооблигаций сорока пяти эмитентов – представителей финансового сектора Российской Федерации и 119 выпусков сорока четырёх заёмщиков российского нефинансового сектора. Наибольшую активность в сфере привлечения ресурсов с международного рынка долгового капитала проявляют Газпром, Группа ВТБ, Россельхозбанк, ТНК-ВР, Газпромбанк, «Вымпелком», Альфа-банк, Евразхолдинг, Сбербанк России, Северсталь, Внешэкономбанк [5]. При этом наряду со стандартными валютами еврооблигационных заимствований, российские эмитенты выпускали еврооблигации в таких «экзотических» валютах, как австралийский и сингапурский доллары, китайский юань, новый израильский шекель, швейцарский франк, чешская крона, турецкая лира, фунт стерлингов.

Вместе с тем в условиях мирового финансового кризиса ряд преимуществ еврооблигационных заимствований, связанных с более низкими процентными ставками, оказался недоступным для заёмщиков из стран СНГ. В результате некоторые из них были вынуждены объявить дефолты. В наибольшей степени глобальный кризис

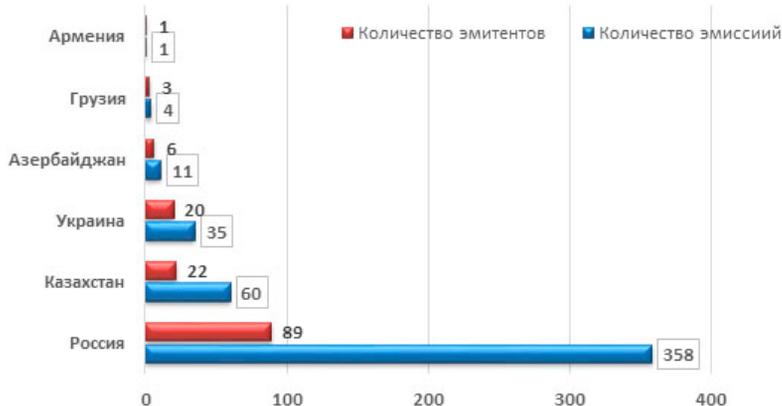


Рисунок 7 – Количество непогашенных корпоративных эмиссий еврооблигаций заемщиков из стран СНГ на 01.01.2015 г.

Источник: собственная разработка на основе [3].

затронул рынок корпоративных еврооблигаций эмитентов из Казахстана. В 2009 – 2010 гг. неисполнение финансовых обязательств по еврооблигациям допустили БТА-Банк, АЛЪЯНС БАНК, Астана-Финанс [11]. Из-за череды дефолтов доверие иностранных инвесторов к финансовым институтам из Казахстана существенно снизилось. Еврооблигации казахских банков, в том числе Казкоммерцбанка, АТФ Банка, Альянс Банка, БТА Банка, обращающиеся в настоящее время на рынке, в основном представляют собой ценные бумаги, выпущенные ещё в докризисный период, и частично реструктурированные.

Существенное место на рынке корпоративных еврооблигаций эмитентов из Казахстана отводится предприятиям реального сектора. Являясь страной, обладающей большими запасами полезных ископаемых, Казахстан активно развивает добывающую промышленность, компании именно этой отрасли демонстрируют значительный спрос на еврооблигационные займы, среди них КазМунайГаз и Жаикмунай (нефтяная компания, занимающаяся добычей, транспортировкой, первичной переработкой и реализацией нефти и газа). В целом же на международном рынке представлено 60 эмиссий еврооблигаций 22 корпоративных заемщиков из Казахстана, из них задолженность в долларах США составляет 24,4 млрд. Особенностью рынка еврооблигационных заимствований в Казахстане является активное использование тенге в качестве валюты номинала для еврооблигаций. Кроме того,

Банк развития Казахстана первым из стран СНГ осуществил выпуск исламских облигаций сукук, номинированных в малазийских ринггитах объёмом 240 млн. с годовой надбавкой 5,50 % и 5-летним сроком [9, с. 47].

Существенное влияние мирового финансового кризиса испытал на себе и рынок корпоративных еврооблигаций украинских эмитентов, дефолты были объявлены банком «Финансы и Кредит», Первым Украинским Международным банком, VAB Банком, которые были вынуждены реструктуризировать свои заимствования, продлив сроки их погашения в обмен на повышенные процентные ставки. В настоящее время задолженность корпоративных заемщиков Украины по еврооблигациям составляет порядка 12,3 млрд. долл. США, рынок представлен 35 эмиссиями 20 эмитентов, среди которых банки (Ощадбанк, Укрэксимбанк, Приватбанк), предприятия металлургической и угольной промышленности (Метинвест, ДТЭК, Ferrhexro), транспорта (Укрзалізниця) и пр. Особенностью украинского рынка еврооблигаций, отражающей структуру и специализацию украинской экономики, является широкое присутствие на нём корпоративных эмитентов сельскохозяйственного профиля – агрохолдинги AgroGeneration, «Авангард», «Укрлендфарминг», «Мрия». С учётом низких суверенных кредитных рейтингов Украины и индивидуальных рейтингов корпоративных эмитентов еврооблигаций сроки заимствования украинских компаний и банков, как правило, не-

велики в пределах пяти лет, а ставки составляют порядка 9–10 % годовых [10, с. 52].

Объём задолженности по еврооблигациям, размещённым корпоративным сектором Азербайджана, составляет 2,8 млрд. долл. США, рынок представлен одиннадцатью эмиссиями шести заёмщиков (Госнефтекомпания Азербайджана, Азербайджанские железные дороги, Международный банк Азербайджана, Муганбанк, Baghlan Group и Access Bank).

В Грузии еврооблигационные заимствования осуществляли Грузинская железная дорога, Банк Грузии и Грузинская нефтегазовая корпорация, в настоящее время объём задолженности указанных эмитентов составляет 1,4 млрд. долл. США.

В декабре 2014 г. на рынке еврооблигационных заимствований дебютировал армянский Ардшинбанк, выпустив трёхлетние LPN в объёме 75 млн. долл. США по ставке 12 % годовых.

Как свидетельствуют данные рисунка 7, у белорусских корпоративных заемщиков отсутствуют непогашенные выпуски еврооблигаций, вместе с тем крупнейшие белорусские банки (ОАО «АСБ Беларусбанк», ОАО «Белагропромбанк», «Приорбанк» ОАО) обладают определённым опытом привлечения долгового финансирования с международного рынка капитала посредством выпуска кредитных нот, механизмы эмиссии которых в целом схожи с еврооблигационными заимствованиями.

Ликвидность кредитных нот, выпущенных белорусскими банками в 2006–2010 гг., была крайне низкой, что обусловило высокую стоимость заимствований и поставило под вопрос эффективность использования привлечённых ресурсов. Вследствие этого некоторые банки заявили о своих намерениях по выпуску еврооблигаций как более ликвидного и привлекательного с точки зрения инвесторов инструмента, однако из-за экономического кризиса конца 2008 – 2011 гг. данные планы не были реализованы. С одной стороны, такая ситуация объясняется сравнительно небольшими масштабами экономики и предприятий нашей страны, а соответственно и объёмом их спроса на заёмные ресурсы. С другой стороны, существенным препятствием для выхода на международные рынки капитала корпоративных эмитентов из Республики Беларусь является низкий уровень суверенных кредитных

рейтингов, что автоматически означает высокую стоимость потенциальных заимствований.

Таким образом, проведенное исследование места развивающихся стран и стран с формирующимися рынками на рынке еврооблигаций позволяет сделать ряд выводов:

- специфика потребностей развивающихся стран определила многоцелевой характер использования еврооблигаций. Наиболее важными финансовыми задачами, решаемыми данной группой стран посредством эмиссии еврооблигаций, являются: повышение инвестиционной привлекательности и укрепление доверия со стороны инвесторов; привлечение долгосрочных кредитных ресурсов в экономику и решение проблемы недостаточности национального капиталобразования; финансирование инвестиционных программ; рефинансирование, реструктуризация долга; удовлетворение внутреннего спроса на иностранную валюту;
- выпуски еврооблигаций стран с формирующимися рынками занимают достаточно незначительную долю рынка еврооблигаций;
- с каждым годом растёт интерес корпоративных заемщиков к привлечению кредитных ресурсов на международном фондовом рынке посредством выпуска еврооблигаций;
- среди развивающихся стран основными участниками рынка еврооблигаций являются заемщики из стран Азии, на заемщиков из стран СНГ приходится только 4 % новых выпусков;
- наибольшую активность среди корпоративных заёмщиков из стран СНГ проявляют российские компании и банки, что объясняется масштабами экономики и самих предприятий, благоприятной ценовой конъюнктурой на международном рынке капитала для российских эмитентов до 2014 г.

Представляется необходимым выявленную специфику участия развивающихся государств и стран с формирующимися рынками учитывать при подготовке к последующим выходам на международный долговой рынок посредством выпуска еврооблигаций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жук, И.Н. (2010), *Внешний долг государства: методология и стратегия управления*, Минск, 218 с.
2. Ежегодная оценка состояния и прогноза на 2013–2015 годы государственного и гарантированного государством заимствования и долга, долга по поручительствам государства: утв. совместным приказом Министерства финансов, Министерства экономики и бюджетного планирования и Национального банка Республики Казахстан от 20 февраля 2013 г. № 71 (2013), режим доступа: [http://www.nationalbank.kz/cont/publish707905\\_10179.doc/](http://www.nationalbank.kz/cont/publish707905_10179.doc/) (дата доступа: 18.09.2014).
3. Информация о рынке долгового капитала стран СНГ (2014), режим доступа: <http://www.loans.cbonds.info>, (дата доступа: 25.01.2015).
4. Криничанский, К.В. (2010), *Рынок ценных бумаг*, Москва, 608 с.
5. Крупнейшие российские эмитенты еврооблигаций (2014), режим доступа [http://expert.ru/ratings/table\\_442583](http://expert.ru/ratings/table_442583), (дата доступа: 18.12.2014).
6. Ладик, П.Л. (2007), Суверенный кредитный рейтинг и внешнее финансирование дефицита бюджета, *Финансы, учет, аудит*, 2007, № 7, С. 12–15.
7. Лазин, А. (2004), Организация выпуска еврооблигаций: мировой опыт и российская специфика, *Рынок ценных бумаг*, 2004, № 23, С. 106–110.
8. Минфин Беларуси подтверждает планы по выпуску еврооблигаций в 2010 году (2010), режим доступа: <http://www.interfax.by/news/belarus/1067472>, (дата доступа: 10.04.2015).
9. Назаров, Д. (2012), Инвестиционные идеи в

## REFERENCES

1. Zhuk, I.N. (2010), *Vneshnij dolg gosudarstva: metodologija i strategija upravlenija* [External national debt: management methodology and strategy], Minsk, 218 p.
2. Ezhegodnaja ocenka sostojanija i prognoza na 2013–2015 gody gosudarstvennogo i garantirovannogo gosudarstvom zaimstvovanija i dolga, dolga po poruchitel'stvam gosudarstva: utv. sovместnym prikazom Ministerstva finansov, Ministerstva jekonomiki i bjudzhetnogo planirovanija i Nacional'nogo banka Respubliki Kazahstan ot 20 fevralja 2013 g. № 71 (2013), [Annual state estimate and forecast on 2013–2015 of state and guaranteed by state loan and debt, state surety for debt: app. by joint order of Ministry of finance, Ministry of economics and budget planning and National bank of the Republic of Kazakhstan 20, February 2013 №71] available at: [http://www.nationalbank.kz/cont/publish707905\\_10179.doc/](http://www.nationalbank.kz/cont/publish707905_10179.doc/) (accessed: 18.09.2014).
3. Informacija o rynke dolgovogo kapitala stran SNG (2014) [Information about debt capital market of CIS countries], available at: <http://www.loans.cbonds.info>, (accessed: 25.01.2015).
4. Krinichanskij, K.V. (2010), *Rynok cennyh bumag* [Stock market], Moscow, 608 p.
5. Krupnejshie rossijskie jemitenty evroobligacij (2014) [Russian major issuers of Eurobonds], available at: [http://expert.ru/ratings/table\\_442583](http://expert.ru/ratings/table_442583), (accessed: 18.12.2014).
6. Ladik, P.L. (2007), Suverennyj kreditnyj rejting i vneshnee finansirovanie deficita bjudzheta [Sovereign credit rating and external financing of budget deficit], *Finansy, uchet, audit*, 2007, № 7, pp. 12–15.
7. Lazin, A. (2004), Organizacija vypuska evroobligacij: mirovoj opyt i rossijskaja

- еврооблигациях стран СНГ, *Рынок ценных бумаг*, 2012, № 3, С. 45–48.
10. Печерицын, А. (2005), Еврооблигации – один из способов привлечения внешнего финансирования украинскими заемщиками, *Рынок ценных бумаг*, 2005, № 7, С. 51–52.
  11. Эмитенты, допустившие дефолт (2014), режим доступа: <http://www.afn.kz/?switch=rus&docid=853>, (дата доступа: 10.04.2015).
  12. BIS Quarterly Review (2015), available at: [https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r\\_qt1503.htm?m=5%7C25](https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1503.htm?m=5%7C25), (accessed: 20.04.2015).
  13. Belarus delivers with debut dollar bond (2010), *Euroweek*, Iss. 1165, available at: <http://www.euroweek.com/Article/2641418/Belarus-delivers-with-debut-dollar-bond.html>.
  14. EM BONDS: Belarus rides in Ukraine slipstream (2010), *Intern. Financing Rev.*, available at: <http://www.ifre.com/em-bonds-belarus-rides-in-ukraine-slipstream/600062.article>.
- specifika [Organisation of issuing Eurobonds: world experience and Russian specifics], *Rynok cennyh bumag*, 2004, № 23, pp. 106–110.
8. Minfin Belarusi podtverzhaet plany po vypusku evroobligacij v 2010 godu (2010) [Minfin of the Republic of Belarus confirms plan of issuing Eurobonds in 2010], available at: <http://www.interfax.by/news/belarus/1067472>, (accessed: 10.04.2015).
  9. Nazarov, D. (2012), Investicionnye idei v evroobligacijah stran SNG [Investment ideas of CIS countries' Eurobonds], *Rynok cennyh bumag*, 2012, № 3, pp. 45–48.
  10. Pechericyn, A. (2005), Evroobligacii – odin iz sposobov privlechenija vneshnego finansirovanija ukrainскими заемщиками [Eurobonds – one of the methods of attracting external financing by Ukrainian borrowers], *Rynok cennyh bumag*, 2005, № 7, pp. 51–52.
  11. Jemitenty, dopustivshie defolt (2014) [Issuers which have committed default], available at: <http://www.afn.kz/?switch=rus&docid=853>, (accessed: 10.04.2015).
  12. BIS Quarterly Review (2015), available at: [https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r\\_qt1503.htm?m=5%7C25](https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1503.htm?m=5%7C25), (accessed: 20.04.2015).
  13. Belarus delivers with debut dollar bond (2010), *Euroweek*, Iss. 1165, available at: <http://www.euroweek.com/Article/2641418/Belarus-delivers-with-debut-dollar-bond.html>.
  14. EM BONDS: Belarus rides in Ukraine slipstream (2010), *Intern. Financing Rev.*, available at: <http://www.ifre.com/em-bonds-belarus-rides-in-ukraine-slipstream/600062.article>.

Статья поступила в редакцию 02. 09. 2015 г.

## ИНВЕСТИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ЧЕРЕЗ ВНУТРИФИРМЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИЯХ БЕЛАРУСИ

Н.В. Маковская

УДК 331.5 (476)

## РЕФЕРАТ

*УРОВЕНЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ИНВЕСТИЦИИ, ФАКТОРЫ, ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ*

*В статье оценен уровень и эффективность инвестиций в человеческий капитал через систему внутрифирменного обучения в организациях Беларуси. Определены факторы (характерные для белорусских предприятий), влияющие на эффективность инвестирования в человеческий капитал в рамках внутрифирменного обучения. Методической основой исследования стали экономико-статистические и социологические методы. В качестве методологической основы использована теория человеческого капитала, экономическая теория и экономика труда. Это позволило выявить принципы эффективного инвестирования человеческого капитала в промышленных организациях Беларуси.*

## ABSTRACT

*LEVEL, EFFICIENCY, INVESTMENT, FACTORS, HUMAN CAPITAL*

*The level and efficiency of investment in human capital through in-house training in organizations of Belarus is estimated in the paper. The factors (typical for Belarusian enterprises), affecting the efficiency of investment in human capital in the framework of in-house training are specified. As a methodical basis of the study the economic and statistical and sociological methods were chosen. As a methodological basis the human capital theory, the economic theory of labor and labor economics were used. It allowed to reveal principles of effective human capital investments in industrial companies of Belarus.*

Современное экономическое развитие указывает на прямую зависимость уровня дохода работника от уровня его образования и от последующих приращений профессиональных компетенций через систему внутрифирменного обучения [1; 2]. В статье предпринята попытка оценить уровень и эффективность инвестиций в человеческий капитал через систему внутрифирменного обучения в организациях Беларуси [2]. С этой целью целесообразно выявить факторы (характерные для белорусских предприятий), влияющие на эффективность инвестирования в человеческий капитал в рамках внутрифирменного обучения посредством использования социологических методов. В качестве методологической основы для такого исследования стали теория человеческого капитала, экономическая теория и экономика труда. Такая методологическая основа позволила определить принципы эффективности инвестиций в человеческий капитал.

Содержание анкеты позволило оценить мнен-

ия респондентов (96 организаций, экспертами выступали представители топ-менеджмента) по поводу: отношения руководства организации к внутрифирменному обучению; качественной и количественной характеристик обучающихся работников; организационных принципов внутрифирменного обучения; целей внутрифирменного обучения в организации; набора компетенций работников, на которые направлено внутрифирменное обучение; качества обучающих программ; мотивации работников к внутрифирменному обучению; проблем, возникающих в процессе обучения и др.

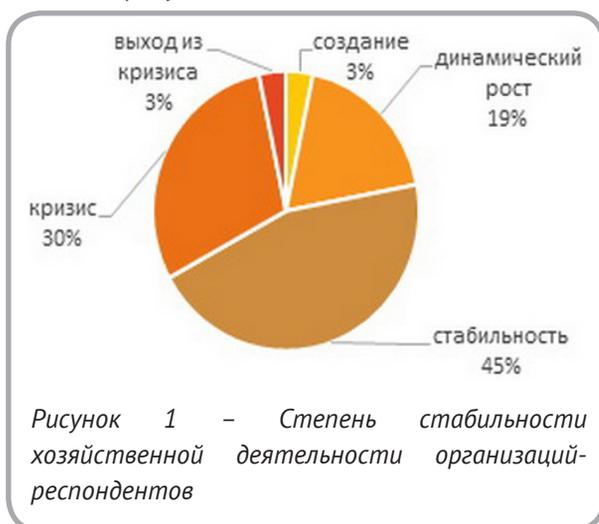
Характеристика респондентов, принявших участие в анкетировании, представляет собой следующее:

- наиболее широкий спектр респондентов представлен организациями частной формы собственности (ОАО и ООО) – более 57 %. Значительным представляется количество респондентов государственных (унитарных) предприятий (более 28 %). Остальные респонденты представ-

лены производственными кооперативами, учреждениями образования и МВД РБ;

- степень самостоятельности (в том числе, экономической) организаций-респондентов представлена следующим образом: полностью самостоятельная – 62,5 %, филиалы компаний (российских, иностранных) – 12,5 %, бюджетные организации (МВД, учреждения образования, государственная служба и т. п.) – 8,3 %;

- степень стабильности хозяйственной деятельности организаций-респондентов представлена на рисунке 1.



Общая диаграмма констатирует, что большая половина (64 %) респондентов находится в стадии экономической стабильности. Это позволяет получить наиболее репрезентативные оценки внутрифирменного обучения и инвестирования в человеческий капитал, так как данные процессы имеют свое проявление и эффективность в период экономической стабильности. Дополнительным обоснованием данного утверждения служит распределение оцениваемых респондентов по уровню экономической эффективности: 43,8 % – прибыльные организации, 25 % – безубыточные и 20,8 % – убыточные.

Представленные в анкетах мнения респондентов позволяют дать общую характеристику факторов, влияющих на эффективность обучения. Так, к числу таких факторов отнесены: отношение руководства организации к внутрифирменному обучению и в целом к развитию работников; уровень квалификации работников; наличие материально-технической базы для организации обучения; цели обучающей деятель-

ности.

Отношение руководства организации к обучению является тем фактором, который определяет не только эффективность обучающей деятельности, но и стратегию развития персонала организации. Более 54 % организаций-респондентов отметили, что организация внутрифирменного обучения представляется важным направлением деятельности. Причем 27,1 % указали на высокую степень важности данного вида деятельности организации. Однако 20,8 % организаций-респондентов выразили более сдержанное мнение (полезное, но не самое важное направление работы с персоналом) в отношении внутрифирменного обучения. Четверть (25,1 %) респондентов указали на то, что организация обучения работников является вынужденной мерой, которая отнимает средства и время. В условиях экономической нестабильности и в условиях изменений данное мнение является негативным сигналом для топ-менеджмента.

В целом следует констатировать позитивный характер отношения к организации внутрифирменного обучения, хотя и с учетом того, что значительная доля респондентов не видит смысла в этом виде деятельности. Правильное понимание значения и роли внутрифирменного обучения позволяет организациям вырабатывать стратегию кадровой работы, в которой отдельное место занимает развитие персонала.

Уровень квалификации работников определяет потребность в организации внутрифирменного обучения. Представление об уровне квалификации работников (по категориям персонала) в организациях-респондентах отражено в таблице 1.

Анализ распределения мнений организаций-респондентов показал, что:

- в целом квалификационный уровень всех категорий персонала является высоким (от 42,7 % у руководителей до 53,1 % у рабочих);
- очень высоким уровнем квалификации представлена категория специалистов (50,0 %);
- недостаточный уровень квалификации (в процентных оценках респондентов – 11,5 %) у категории руководителей.

Следует предположить, что для категории руководителей существует первоочередная потребность во внутрифирменном обучении. Хотя

Таблица 1 – Распределение мнений респондентов по поводу уровня квалификации работников

Уровень квалификации	Рабочие	Специалисты	Руководители
Недостаточный	7,3	1,0	11,5
Средний	21,9	4,2	22,9
Высокий	53,1	43,8	42,7
Очень высокий	16,7	50,0	21,9

общая статистика указывает на то, что в большей степени внутрифирменным обучением охвачены рабочие организации.

Наличие материально-технической базы для организации обучения является важным фактором, влияющим не только на количество обучаемых в организации, но и на технологическую направленность программ обучения.

В состав базы вошли: собственный учебный центр, штатные работники организации, проводящие обучение, долгосрочные договоры с учреждениями образования среднего специального и высшего образования, долгосрочные договоры с учреждениями образования, оказывающими услуги в области дополнительного профессионального образования (например, ИПК и ПК, консалтинговые группы и т. п.), наличие неформальных договорённостей с вышеречисленными организациями. Наиболее востребованные пункты перечня представлены на рисунке 2.

Значимым условием для организации внутрифирменного обучения является наличие штатных работников, которые обеспечивают организацию и проведение обучающей деятельности. В качестве таких работников могут выступать как штатные преподаватели, так и наставники-менторы (например, мастера, бригадиры и т. п.). На такое важное условие, как наличие собственного учебного центра, указали только 15,6 % респондентов. Следует предположить, что это организации-респонденты, которые имеют такой центр, или те, у кого был опыт проведения обучения на базе такого центра.

Для респондентов значимым представляется условие наличия договоров с центрами и организациями, предоставляющими услуги дополнительного профессионального образования. Незначимыми оказались условия, связанные с формальными и неформальными отношениями по поводу организации обучения с учреждениями профессионального, специального и высшего

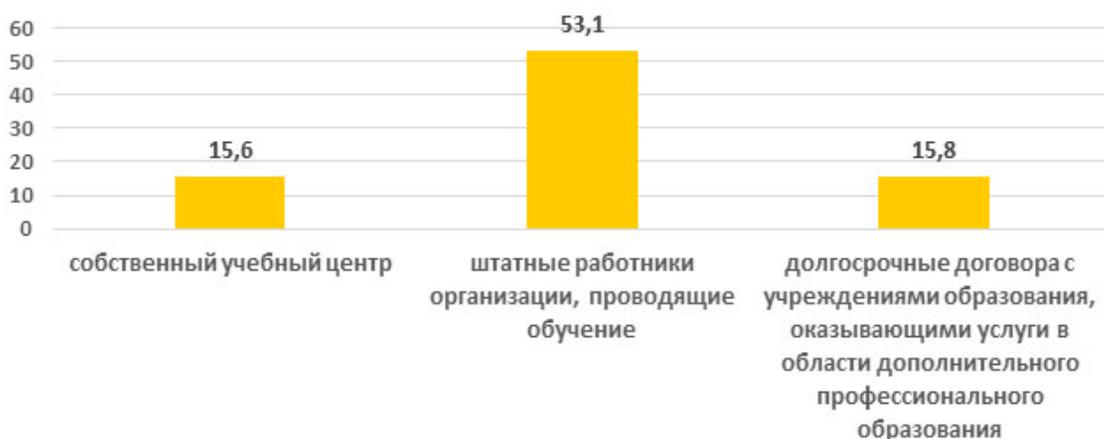


Рисунок 2 – Распределение мнений респондентов о наличии условий и базы для организации внутрифирменного обучения, %

образования.

Таким образом, наличие и подготовка собственных наставников-профессионалов представляется важным фактором, определяющим внутрифирменное обучение работников.

Цели обучающей деятельности и их оценка (по пятибалльной шкале) респондентами представлена в таблице 2.

характер при принятии решений о внутрифирменном обучении имеет место. Данный характер проявляется в обязательности выполнения требований контролирующих органов и выполнения требований законодательства.

Так, следует признать, что цели организаций, определяющие эффективность внутрифирменного обучения (подготовка работника к выпол-

Таблица 2 – Распределение оценок о характере целей обучения в организациях-респондентах

Цели обучения в организации	Средняя оценка	Распределение (%) ответов				
		«1»	«2»	«3»	«4»	«5»
1. Выполнение требований контролирующих органов к обязательности обучения отдельных групп работников	3,6	10,4	5,2	26,0	22,9	29,2
2. Приведение знаний работников в соответствие с изменениями законодательства	3,8	7,3	6,3	20,8	24,0	36,5
3. Приведение знаний работников в соответствие с требованиями техники и технологии по соответствующей специальности	4,0	5,2	4,2	14,6	29,2	42,7
4. Подготовка работника к выполнению других функциональных обязанностей по новой профессии, квалификации	3,4	15,6	10,4	16,7	29,1	23,0
5. Программы, обусловленные реализацией стратегии развития организации	3,3	15,6	12,5	13,5	29,2	19,8

Данные таблицы позволяют сформулировать ряд выводов, касающихся оценок целей обучающей деятельности в организациях:

- ни одна из представленных целей не заслужила оценки «5». Следовательно, респонденты не оценивают представленные цели как важные;
- наиболее адекватной целью при принятии решения об организации внутрифирменного обучения является цель, характеризующая приведение знаний работников в соответствие с требованиями техники и технологии по соответствующей специальности;
- однако при распределении оценок при ответах максимальные баллы были присвоены целям 1, 2, 3. Это значит, что институциональный

нению других функциональных обязанностей по новой профессии, квалификации и программы, обусловленные реализацией стратегии развития организации) недооценены организациями-респондентами.

В этой связи представляется целесообразным провести анализ тех субъектов обучающей деятельности, кто принимает решение по поводу ее необходимости. Распределение ответов по поводу того, кто принимает такого рода решения, представлено на рисунке 3.

Диаграмма распределений показывает, что в целом все решения по поводу потребности в обучении принимают руководители (непосредственный и руководитель организации). У самих

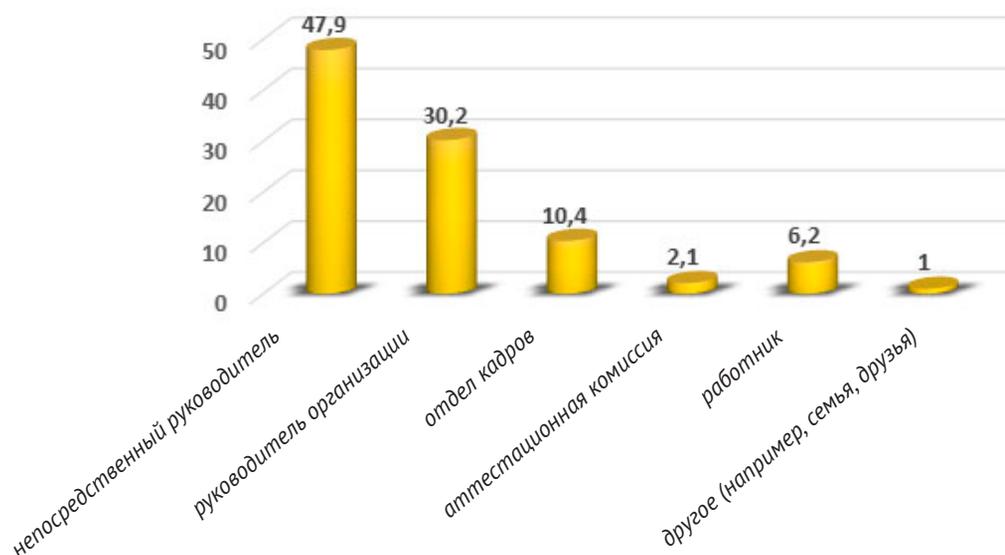


Рисунок 3 – Субъекты, принимающие решение об обучении

работников не возникает потребности в обучении. Такая ситуация характерна для большинства организаций Беларуси. Об этом свидетельствует высокая степень репрезентативности ответов, так как среди респондентов представлены организации с разной списочной численностью и формой собственности. Такое распределение практически не зависит от эффективности хозяйственной деятельности представленных организаций.

Таким образом, общая характеристика факторов, оказывающая влияние на эффективность внутрифирменного обучения, свидетельствует о том, что данные факторы неоднозначны для организаций-респондентов. Следует предположить, что их влияние на обучающую деятельность также будет неоднозначным.

Экономическая теория труда и теория человеческого капитала указывают на то, что чем больше объем полученных знаний и инвестиций в человеческий капитал, тем больше отдача от него [1– 4].

В исследовании предпринята попытка (впервые в Беларуси) оценить объем таких знаний, полученных через систему внутрифирменного обучения. Объем знаний выражен в общем количестве часов обучающих программ для категорий персонала (рабочие, специалисты, руко-

водители). Критерий оценки продолжительности программ обучения включал следующую градацию:

- до 15 часов включительно;
- от 16 до 40 часов;
- от 41 до 249 часов
- от 250 часов и более.

Результат оценки мнений респондентов показал следующее:

а) все категории работников преимущественно охвачены обучающими программами, продолжительность которых не превышает 15 учебных часов;

б) программы обучения продолжительностью более 250 часов охватывают только категории руководителей (на это указали 12,5 % респондентов);

в) популярными для всех категорий работников являются и программы обучения до 40 часов (мнение более 20 % респондентов).

Поэтому следует заключить, что через систему внутрифирменного обучения работники получают небольшой объем профессиональных знаний. Данная система в Беларуси отчасти формирует специфическую часть человеческого капитала всех категорий работников.

Хотя программы обучения по количеству часов невелики, но они направлены на формиро-

вание определенных компетенций у всех категорий работников. Так, у рабочих такие программы формируют следующий набор: профессиональные компетенции (59,4 %), умение работать в команде. Для категории специалистов характерен такой набор, как: профессиональные компетенции, планирование работы и самостоятельность принятия решений. Для руководителей: планирование работы (63,2 %) и готовность к изменениям.

Анализ критериев эффективного обучения выявил основные из них:

- универсальность полученных знаний и навыков в процессе обучения,
- низкий риск увольнений после обучения,
- последующее карьерное продвижение,
- рост мотивации работников,
- приобретение новой профессии (или квалификации).

Универсальность полученных знаний и навыков следует понимать как антикритерий, то есть универсальный показатель, указывающий на то, что знания и компетенции имеют общий характер (нецелевые, нетехнологичные, неспецифичные для менеджмента предприятия и т.

дителей; респонденты (42,7 %) указали на то, что полученные знания использовать можно практически в любых организациях;

- при получении знаний и компетенций в процессе обучения рабочих признаки универсальности отсутствуют, так как такие знания возможно использовать только в рамках специфичности технологии на данном предприятии;
- при обучении специалистов в полученных знаниях присутствует относительная универсальность.

Таким образом, наиболее эффективный процесс получения узкоспециализированных (или технологичных) знаний в процессе обучения наблюдается у рабочих.

Оценка таких критериев эффективного обучения, как низкий риск увольнений после обучения, последующее карьерное продвижение, рост мотивации работников, приобретение новой профессии (или квалификации) представлена в таблице 3. Респонденты оценили по степени значимости для организации данные критерии при финансировании внутрифирменного обучения.

Из таблицы видно, что среди наиболее значи-

Таблица 3 – Оценка критериев эффективного обучения (распределение оценок, % ответов)

Критерии	Значимый	Менее значимый	Не значимый
низкий риск увольнений после обучения	21,9	25,0	22,9
последующее карьерное продвижение	35,4	30,2	11,5
рост мотивации работников	22,9	31,3	16,7
приобретение новой профессии (или квалификации)	26,0	30,2	19,8

п.). Следствием универсальности таких знаний станет последующий уход работника, который отдачу от этих знаний сможет получать в других организациях.

Проведенное исследование позволило сформировать некоторые представления о такой универсальности знаний и компетенций, полученных после обучения у разных категорий работников:

- универсальность полученных знаний и компетенций наблюдается у категории руково-

мых критериев, которые учитываются как ожидание эффективного результата, является последующее карьерное продвижение обученного работника.

Итак, полученные оценки процессов инвестирования человеческого капитала через систему внутрифирменного обучения в организациях Беларуси позволили сформулировать следующие выводы:

- белорусские организации в целом имеют позитивное отношение к внутрифирменному

обучению; правильное понимание значения и роли внутрифирменного обучения позволяет организациям вырабатывать стратегию кадровой работы, в которой отдельное место занимает развитие персонала;

- анализ оценок мнений респондентов по поводу уровня квалификации по категориям персонала указывает на то, что для руководителей организаций существует первоочередная потребность во внутрифирменном обучении на фоне того, что в большей степени внутрифирменным обучением охвачена категория рабочих;

- важным критерием эффективности внутрифирменного обучения в белорусских организациях является наличие штатных работников, которые обеспечивают организацию и проведение обучающей деятельности. В качестве таких

работников могут выступать как штатные преподаватели, так и наставники-менторы (например, мастера, бригадиры и т. п.);

- белорусские организации не определяют в качестве приоритетных такие цели эффективного внутрифирменного обучения, как: подготовка работника к выполнению других функциональных обязанностей в рамках новой профессии, обучение новой квалификации по программам, позволяющим реализовывать стратегии развития организации;

- наиболее эффективным процесс получения узкоспециализированных (или технологичных) знаний в процессе внутрифирменного обучения является для категории рабочих, что свидетельствует об эффективности инвестиций в их человеческий капитал.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Becker Gary, S. (1964), *Human capital: theoretical and empirical analysis, with special reference to education* [Chelovecheskiy kapital: teoreticheskiy i empericheskiy analisis, specialnaya otdacha ot obrazovaniya], New-York, Colambia University Press., 367 p.
2. Эренберг, Р.Дж., Смит, Р.С. (1996), *Современная экономика труда. Теория и государственная политика*, Москва, Изд-во МГУ, 800 с.
3. Ванкевич, Е.В. (2014). *Гибкость рынка труда: единство макро- и микроподходов*, Витебск, УО «ВГТУ», С. 48-62.
4. Маковская, Н.В. (2013), Элементы гибкого использования трудовых ресурсов на внутреннем рынке труда предприятия, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2013, № 25, С. 139 – 145.

#### REFERENCES

1. Becker Gary, S. (1964), *Human capital: theoretical and empirical analysis, with special reference to education* [Chelovecheskiy kapital: teoreticheskiy i empericheskiy analisis, specialnaya otdacha ot obrazovaniya], New-York, Colambia University Press., 367 p.
2. Erenberg P. G., Smit P.C. (1996), *Sovremennay ekonomica truda. Teoriya i gosudarstvennaya politika* [The modern economy work. Theory and Public Policy], Moscow, MGU, 800 p.
3. Vankevich, E.V. (2014), *Gibkost rynka truda: edinstvo makro- i mikropodkhodov* [Flexibility of the labor market: the macro and the micro unity], Vitebsk, VGTU, P. 48-62.
4. Makovskaya, N.V. (2013), The are elements of the flexible use of labor resources in the domestic labor market enterprises, [Elementy gibkogo ispolzovania trudovykh resursov na vnutrennem runke truda], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, № 25, P. 139 – 145.

Статья поступила в редакцию 04. 09. 2015 г.

## ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В.С. Рябиков, О.М. Андриянова

УДК 658:005.5

### РЕФЕРАТ

*СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, ИННОВАЦИИ*

*В связи с невозможностью формирования и использования сбалансированной системы показателей по одному и тому же алгоритму и образцу всеми коммерческими организациями разработаны параметры функционирования организации, на основе которых руководство организации сможет принять решение о модели ССП, которую следует применить. Проведено разделение параметров функционирования организации на первостепенные и второстепенные. Разработаны три модели сбалансированной системы показателей: базовая, упрощенная и расширенная, каждая из которых отличается требованиями к организации, в которой осуществляется внедрение, количеством показателей, этапами внедрения. Предложенные параметры функционирования организации и модели призваны уточнить процесс внедрения сбалансированной системы показателей.*

### ABSTRACT

*BALANCED SCORECARD, PARAMETERS OF THE ORGANIZATION FUNCTIONING, INNOVATION*

*Due to the impossibility of forming and using a balanced scorecard for the same algorithm and the model of all commercial organizations the parameters of organisation functioning are developed. Parameters of the organization functioning will be able to define the model of the BSC. A division of the parameters of the organization functioning into the primary and secondary is introduced. Three models of the balanced scorecard- basic, simplified and enhanced are created. The proposed parameters of the organization functioning and the models to clarify the process of the Balanced Scorecard implementation are designed.*

### АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Функционирование субъектов хозяйствования на современном этапе требует перехода от классической оценки эффективности деятельности коммерческой организации к оценке реализации ее стратегии. Это привело к повышению внимания экономической теории и практики к таким инструментам оценки реализации стратегии, как сбалансированная система показателей (ССП).

Необходимо отметить, что разработка методических аспектов внедрения ССП сводится, в основном, к определению набора показателей для комплексной характеристики ее ключевых аспектов деятельности либо к дополнению новыми аспектами классической модели ССП.

Экономические условия функционирования коммерческих организаций в Республике Беларусь существенно отличаются от других экономик, что, несомненно, накладывает отпечаток на внедрение и использование ССП национальными субъектами хозяйствования. Вместе с тем, даже в рамках одной экономической системы специфика деятельности каждой конкретной организации существенным образом определяет структуру ССП при оценке реализации ее планов.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и характеристика отдельных сторон деятельности коммерческой организации, которые могут оказывать значительное влияние на разработку, внедрение и использование ССП.

## СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

ССП, как система комплексной оценки эффективности функционирования организации, позволяет обеспечить целенаправленный мониторинг деятельности организации, прогнозировать и предотвращать появление проблем, органично сочетает уровни стратегического и оперативного управления, контролирует наиболее существенные финансовые и нефинансовые показатели деятельности [5]. ССП может быть построена и успешно внедрена при следующих условиях:

- перед началом ее внедрения у высшего руководства есть четкое понимание области и способов применения системы, реалистические ожидания от ее использования;
- получаемые результаты и значения показателей рассматриваются руководителем (советом директоров или иным высшим органом управления) как основная оценка деятельности сотрудников, подразделений, направлений бизнеса;
- расчет значений показателей проводится на основании объективных данных, которые получаются по прозрачным, понятным принципам;
- система оплаты труда персонала включает (как свою составную часть) результаты расчета показателей;
- в организации разработана стратегия и поставлены стратегические цели;
- лидер проекта имеет достаточный административный ресурс для осуществления необходимых преобразований [2].

Тем не менее, перечень вышеназванных условий должен быть конкретизирован и давать возможность организации оценить перспективы внедрения ССП исходя из достигнутого уровня развития отдельных составляющих ее функционирования.

Для этих целей авторами предлагается введение такого понятия, как «параметр функционирования организации».

Параметр функционирования организации – новое понятие для ССП, получившее следующее авторское определение: «характеристика состояния определенных элементов функционирования организации, влияющих на формирование и внедрение ССП». Необходимо отметить, что впервые данное понятие было применено авторами в [3]. Но дальнейшие исследования, про-

водимые в этой области, позволяют внести ряд дополнений и уточнений в перечень параметров функционирования организации, влияющих на формирование и использование ССП.

## РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ССП

Оценка параметров функционирования организации предназначена для определения степени готовности организации к использованию такого инструмента, как ССП.

Для возможности определения параметров функционирования организаций, влияющих на формирование ССП, был изучен опыт внедрения ССП российскими и украинскими организациями, а также сделана попытка учесть условия, в которых работают белорусские организации.

Выделенные в итоге параметры функционирования организации, влияющие на формирование и внедрение ССП, разделяются на основные (первостепенные), которые оказывают существенное влияние на формирование ССП, и вспомогательные (второстепенные), влияние которых менее весомое, носит более субъективный характер, но может помочь в спорных ситуациях.

К основным параметрам относятся:

- стратегия развития;
- система принятия управленческих решений;
- система оценки результатов труда работников;
- ограничения собственников;
- действующая система показателей эффективности;
- степень автоматизации информационных потоков;
- система управленческого учета;
- инновационная активность.

К вспомогательным параметрам относятся:

- влияние на неуправленческие подразделения;
- взаимоотношения с клиентами;
- горизонт планирования;
- элементы планирования;
- численность работников.

Первый параметр «стратегия развития» предполагает определение состояния организации

относительно направлений развития организации, то есть необходимо определить, чего в перспективе пытается добиться организация. При этом если деятельность организации осуществляется в условиях нестабильности объемов продаж и доходов или в условиях глубокого кризиса, то она выбирает базовые стратегии (стабилизации/выживания); если в процессе функционирования организация добивается непрерывного роста за счет рационального использования всех видов ресурсов и инновационной деятельности (без вынесения ее в основной источник конкурентных преимуществ), она выбирает стратегию устойчивого развития; если основным источником роста и развития организации являются инновации технологические, продуктовые, организационные, управленческие и т. д., она выбирает стратегию инновационного развития.

«Система принятия управленческих решений» как параметр деятельности организации подразумевает выявление принципов, по которым принимаются управленческие решения. Так, основанием для принятия управленческих решений могут выступать только финансовые результаты по организации в целом без определения вклада каждого из подразделений в этот результат.

При альтернативном варианте каждое управленческое решение, помимо бухгалтерской отчетности, должно быть подкреплено показателями, характеризующими эффективность производственной деятельности, маркетинговой деятельности и т. д., а также учитывать наличие зависимости одних показателей от других. Также в данном параметре рассматривается сложность организационной структуры управления, оценивается степень ее влияния на распространение информации по разным уровням управления.

Под «системой оценки результатов труда работников» как параметром деятельности организации подразумевается оценка способов стимулирования и мотивирования различных категорий работников, в особенности административно-управленческого персонала. Здесь необходимо определить, каким образом осуществляется премирование работников, на кого оно распространено, что является основанием для начисления премий: четкая градация ре-

зультатов труда или субъективное мнение руководителя. ССП как инструмент управления предполагает четкое закрепление составляющих процесса достижения стратегических целей за конкретным работником. В соответствии с этим оплата труда работника должна начисляться в соответствии с его вкладом в данный процесс.

Параметр «ограничения собственников» необходим в связи с существенным влиянием на организацию заинтересованных лиц, в частности, собственников, в роли которых может выступать в том числе и государство. Баланс интересов всех заинтересованных лиц может накладывать существенные ограничения, причем при существовании противоречивых интересов собственников их оценка вызывает дополнительные трудности при внедрении сбалансированной системы показателей. Ограничения могут касаться формирования стратегических перспектив и, соответственно, установки целевых значений ключевых показателей эффективности, принятия управленческих решений в области организационных изменений и т. д.

«Действующая система показателей эффективности» является дополнительным преимуществом при внедрении сбалансированной системы показателей, поскольку некоторая часть показателей может стать ее составляющей. Как правило, все действующие системы показателей сводятся к рассмотрению показателей финансовых результатов, ликвидности и платежеспособности, соответственно, под них и заточивается информационная система организации. Но, к сожалению, финансовая составляющая деятельности организации является следствием происходящего в других функциональных областях.

В то же время, наличие показателей эффективности, характеризующих другие элементы функционирования организации, способствует лучшему восприятию работниками такого инструмента, как ССП. Так, действующая система показателей эффективности может включать в себя показатели использования персонала организации, средств на оплату труда, материальных ресурсов, основных средств, отношений с потребителями. В отдельных случаях действующая система может включать в себя показатели обновления и развития, в частности, показатели инновационной и инвестиционной деятельно-

сти, эффективности управления и активности персонала.

Автоматизация режима обеспечения ССП новыми данными необходима для того, чтобы проделанная в каждой конкретной организации работа по внедрению ССП не была напрасной и руководство как организации в целом, так и его структурных подразделений имело возможность видеть состояние организации в целом, а также степень ее продвижения к поставленным целям. Следовательно, важность параметра «степень автоматизации информационных потоков» связана с тем, что от степени разработанности данного вопроса будет зависеть процесс наложения ССП на действующую информационную систему. Также немаловажную роль играет способность работников организации и руководства в частности воспринимать новые информационные потоки. Это означает, что если высшее руководство не имеет намерений использовать значения показателей для практической деятельности, то внедрение ССП по умолчанию не даст положительных результатов. При этом следует отметить, что могут быть автоматизированы отдельные составляющие информационных потоков, но при этом использоваться разное программное обеспечение, могут использоваться программные продукты, охватывающие все составляющие деятельности организации (например, 1С: Предприятие).

Важность параметра «система управленческого учета» также сводится к формированию информационных потоков. Для того, чтобы система показателей работала, компании необходимы последовательно выстроенные процессы, адекватно действующая система стратегического планирования, бюджетирования и управленческого учета. Полноценное внедрение и использование ССП следует отложить, пока не решены вопросы грамотной постановки финансового менеджмента и бюджетирования, создания комплексной информационной системы, унификация бухгалтерского и управленческого учета, разработка стратегии маркетинга. Система управленческого учета может включать отдельные элементы в системе бухгалтерского учета, когда, например, ведется учет затрат по отдельным подразделениям или по видам продукции. В других случаях осуществляется параллельное

ведение управленческого и финансового учета в рамках системы счетов бухгалтерского учета. Наилучшим вариантом является применение отдельных счетов для ведения управленческого и финансового учета, что полностью снимает ограничения при подборе показателей для ССП.

Параметр «инновационная активность» направлен на определение места инноваций в деятельности организации, в частности, темпов, масштабов и продолжительности их разработки. При этом следует отметить, что данный параметр носит несколько субъективный характер, поскольку оценить уровень инновационной активности по одним и тем же критериям для всех организаций не представляется возможным. Тем не менее, если организация осуществляет непрерывное финансирование инновационной деятельности, занимается разработкой новых видов продукции, то здесь следует говорить о высоком уровне инновационной активности, если данная деятельность осуществляется время от времени, то речь скорее идет о низком уровне инновационной активности или ее отсутствии. Также здесь следует оценивать темпы наращивания инновационной активности на различных стадиях инновационного процесса.

Вспомогательные параметры формирования ССП необходимы для конкретизации выбора модели внедрения ССП, в случае, если основные не дали четкого ответа.

«Влияние на неуправленческие подразделения» призвано охарактеризовать силу взаимосвязи между управленческими и неуправленческими подразделениями с точки зрения четкости восприятия сигналов относительно изменений, происходящих как внутри организации, так и за ее пределами.

Сложность организационной структуры управления будет существенно замедлять продвижение информации как от руководства к исполнителям, так и в обратном направлении.

Параметр «взаимоотношения с клиентами» необходим для выяснения, насколько разнообразна система отношений организации с покупателями и поставщиками. Под разнообразием следует понимать вариативность осуществления отгрузки и реализации продукции, включая наличие отсрочек, системы скидок и другой активной маркетинговой деятельности. Аналогично

следует рассмотреть и отношения с поставщиками материальных ресурсов и других услуг. Также здесь рассматривается наличие систем классификации клиентов, контроля активности менеджеров по продажам, планирования продаж по группам товаров, регионам, каналам товародвижения, типам клиентов.

Под «горизонтом планирования» понимается период, на который осуществляется составление порядка действий по каждому из элементов планирования. Соответственно, под «элементом планирования» следует понимать планы по движению материальных, трудовых ресурсов, денежных средств, средств на оплату труда и т. д.

Последним вспомогательным параметром является «численность работников». Данный параметр носит наиболее субъективный характер, поскольку без информации о состоянии остальных параметров формирования ССП не будет нести смысловой нагрузки. Тем не менее, как дополнительный параметр он может помочь выбрать ту или иную модель внедрения сбалансированной системы показателей, в особенности, если остальные параметры не дали четкого представления по данному вопросу.

Так, чем больше численность персонала организации, тем на большее количество работников придется распространять вводимые новшества, что потребует дополнительных усилий по оценке результатов их восприятия. Следовательно, в условиях больших потоков информации и большой численности кадров следует использовать менее емкие модели ССП.

Оценку вышеназванных параметров для каждой конкретной организации должны совместно проводить руководство организации и специалист в области ССП.

По итогам описания предложенных параметров следует также добавить, что к оценке их работанности в каждой конкретной организации необходимо подходить с полной серьезностью и ответственностью, избегая формального подхода. Неправильная интерпретация и оценка параметров при реализации проекта по внедрению ССП может привести к существенным ошибкам, и организация не получит желаемого результата от использования нового инструмента.

В зависимости от степени разработанности вышеназванных параметров будет зависеть

модель ССП, которую следует использовать при внедрении в конкретной организации.

В целом внедрение ССП в организации можно осуществлять по трем разработанным авторами моделям: упрощенной, базовой и расширенной.

Базовая модель ССП соответствует стандартам, предложенным авторами данной концепции Р. Капланом и Д. Нортоном, и состоит из четырех базовых составляющих: финансового аспекта, аспекта внутренних процессов, аспекта отношений с потребителями, аспекта обновления и развития.

Поскольку данная модель включает все составляющее деятельности организации, то для ее применения необходимо, чтобы у организации были наработки по большинству вышеназванных параметров функционирования организации. Основой для формирования ССП должна стать действующая в организации система ключевых показателей эффективности, которая в наибольшей степени знакома работникам организации, и, в свою очередь, должна быть дополнена необходимыми показателями.

Упрощенная модель внедрения ССП предлагается организациям, в которых уровень параметров, влияющих на внедрение ССП, находится на низком уровне или параметр вообще отсутствует. В этом случае отказываться от перспективного инструмента организациям не стоит, но на первых этапах в ССП будут входить не все составляющие.

Использование данной модели предполагает отсутствие аспекта обновления и развития и аспекта отношений с потребителями, то есть в ССП будут входить финансовый аспект и аспект внутренних процессов. Причем в финансовый аспект должны войти те финансовые показатели, расчет и анализ которых является традиционным для данной организации. Следовательно, основное внимание будет уделено аспекту внутренних процессов, в особенности производственных.

Относительно аспекта внутренних процессов следует сказать, что формирующие его показатели должны быть определены строго после пересмотра производственных процессов организации, в особенности выявления всех зависимостей результатов и оплаты труда. Кроме того, для работы на перспективу в данный аспект следует включить 1–2 показателя, характеризую-

щих продажи организации. Данная модель предполагает к включению в себя примерно 10–12 показателей.

Расширенная модель ССП может быть использована в тех организациях, где все параметры ССП находятся на уровне, позволяющем внедрить систему показателей не только в базовом варианте (4 аспекта), но и добавить новые, в зависимости от стратегических целей, которые ставит перед собой организация. В частности, если организация ставит своей целью непрерывное развитие инновационной сферы (постоянное выведение новых продуктов на рынок), то дополнительным аспектом будет именно инновационный аспект. Если основным источником конкурентных преимуществ является персонал организации, то дополнительным блоком будет аспект развития персонала и т. д. Данная модель предполагает к включению в себя около 30–32 показателей. Поскольку использование расширенной модели предполагает высокий уровень параметров функционирования, следовательно, основанием для формирования ССП должна стать действующая в организации система ключевых показателей эффективности, которая в наибольшей степени знакома работникам организации, и, в свою очередь, должна быть дополнена необходимым количеством показателей.

Более подробная характеристика каждой из моделей ССП приведена в [3].

В таблице 1 представлены все разработанные параметры функционирования организации, влияющие на внедрение сбалансированной системы показателей, а также указано состояние параметров для отнесения в соответствующую модель ССП.

Таким образом, при внедрении ССП в конкретной организации необходимо оценить параметры функционирования, выбрать модель внедрения ССП, и, исходя из модели, выбрать показатели, которые следует включить в ССП.

#### ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ССП В КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

На основе перечня разработанных параметров была проведена оценка перспектив внедрения ССП тремя организациями: ОАО «Знамя Индустриализации», ООО «Белль-Бимбо», ООО «Емико».

Как уже говорилось, ССП как инструмент управления организацией требует развитости определенных составляющих деятельности. Поэтому для возможности выбора наиболее адекватной модели внедрения ССП для ОАО «Знамя Индустриализации» была оценена степень разработанности параметров, оказывающих на этот процесс наиболее существенное влияние. Соответственно, была определена практическая применимость и значимость разработанных параметров функционирования организации.

ОАО «Знамя Индустриализации» имеет четкие стратегические перспективы развития, в частности, основными целями деятельности организации являются: увеличение прибыли от реализации продукции в абсолютном выражении, при сохранении заданного уровня рентабельности, организация производства новых видов продукции путем закрепления на новых рыночных нишах, расширения рынков сбыта готовой продукции. Учитывая вышесказанное, можно отметить, что в основе развития ОАО «Знамя Индустриализации» заложена стратегия устойчивого развития.

Как правило, основанием для принятия управленческих решений в ОАО «Знамя Индустриализации» являются текущие финансовые результаты или даже текущая платежеспособность.

Показатели, характеризующие остальные показатели деятельности организации, носят рекомендательный характер и существенного влияния на принятие управленческих решений не оказывают. Дополнительные трудности создает сложная организационная структура организации, поскольку она включает в себя достаточно много уровней управления, имеется дублирование функций, доведение управленческих решений до исполнителей не всегда осуществляется должным образом.

Инновационная активность организации находится на среднем уровне, поскольку имеет место ее снижение на стадиях разработки и реализации инноваций.

Таким образом, оценка большинства основных параметров формирования ССП свидетельствует о целесообразности использования базовой модели внедрения сбалансированной системы показателей.

Таблица 1 – Характеристика параметров функционирования организации по моделям внедрения ССП

Параметр	Состояние параметра		
	Упрощенная модель ССП	Базовая модель ССП	Расширенная модель ССП
<b>Основные параметры:</b>			
1. Стратегия развития	стратегия максимизации текущих финансовых результатов	стратегия устойчивого развития	стратегия инновационного развития
2. Система принятия управленческих решений	по финансовым показателям в целом по организации	по финансовым и нефинансовым показателям в целом по организации	по финансовым и нефинансовым показателям в разрезе структурных подразделений
3. Система оценки результатов труда работников	субъективная оценка руководителя	оценка в соответствии с положением об оплате труда и положением о премировании	отчетливая система мотивации и стимулирования всех категорий работников в зависимости от результатов труда
4. Ограничения собственников	наличие рамок (для государственных организаций)	присутствие в виде индикативного регулирования	отсутствие
5. Действующая система показателей эффективности	показатели финансового состояния и финансовых результатов (для банка, инвесторов и собственников)	финансовые и нефинансовые показатели (без показателей обновления и развития)	финансовые и нефинансовые показатели (включая показатели обновления и развития)
6. Степень автоматизации информационных потоков	отдельные элементы присутствуют, но не в единой программе	частичная автоматизация (например, только участок оплаты труда и бухгалтерии)	1С: Предприятие (кадры, оплата труда, торговля и склад, бухгалтерская отчетность, электронная документация)
7. Система управленческого учета	отдельные элементы в системе бухгалтерского учета (например, учет затрат по подразделениям или по видам продукции)	параллельное ведение управленческого учета и финансового учета в системе счетов бухгалтерского учета	использование отдельных счетов для ведения управленческого и финансового учета
8. Инновационная активность	низкий уровень инновационной активности/отсутствие	средний уровень инновационной активности	высокий уровень инновационной активности
<b>Вспомогательные параметры:</b>			
10. Влияние на неуправленческие подразделения	слабое	среднее	сильное
11. Взаимоотношения с клиентами	по договоренности	система скидок и отсрочек платежей	активная маркетинговая деятельность
12. Горизонт планирования	3–5 месяцев	не менее 7 месяцев	не менее 1 года
13. Элементы планирования	только денежные потоки	денежные потоки, производство и реализация продукции	все
14. Численность работников	более 500 чел.	200–500 чел.	менее 200 чел.

Составлено авторами.

Оценка вспомогательных параметров носит добавочный характер, осуществлялась с целью дополнительного ознакомления с уровнем развития отдельных составляющих организации, а также возможностью определения практической значимости всех разработанных параметров, а не только основных.

Результаты оценки параметров функционирования ОАО «Знамя Индустриализации» сведены в таблицу 2.

ние рынков сбыта. Однако высокое качество и совершенство выпускаемой продукции еще не гарантируют, что продукция будет являться конкурентоспособной. Динамизм рыночных изменений обуславливает необходимость активной инновационной деятельности, то есть деятельности, связанной с трансформацией научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт, внедренный на рынок,

Таблица 2 – Оценка параметров функционирования ОАО «Знамя Индустриализации» для выбора модели ССП

Параметр	Состояние параметра		
	Упрощенная модель ССП	Базовая модель ССП	Расширенная модель ССП
<b>Основные параметры:</b>			
1. Стратегия развития		✓	
2. Система принятия управленческих решений		✓	
3. Система оценки результатов труда работников	✓		
4. Ограничения собственников	✓		
5. Действующая система показателей эффективности		✓	
6. Степень автоматизации информационных потоков		✓	
7. Система управленческого учета		✓	
8. Инновационная активность		✓	
<b>Вспомогательные параметры:</b>			
9. Влияние на неуправленческие подразделения	✓		
10. Взаимоотношения с клиентами		✓	
11. Горизонт планирования		✓	
12. Элементы планирования			✓
13. Численность работников	✓		

Составлено авторами.

Таким образом, из таблицы 2 видно, что, согласно параметрам функционирования ОАО «Знамя Индустриализации», наиболее оптимальной моделью ССП для данной организации является базовая модель.

Основная цель деятельности ООО «Белль-Бимбо» на современном этапе развития – это расширение производства за счет выпуска конкурентоспособной продукции и расшире-

ние рынков сбыта. Однако высокое качество и совершенство выпускаемой продукции еще не гарантируют, что продукция будет являться конкурентоспособной. Динамизм рыночных изменений обуславливает необходимость активной инновационной деятельности, то есть деятельности, связанной с трансформацией научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт, внедренный на рынок,

в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности. Поэтому одной из главных функциональных стратегий, которые реализует ООО «Белль-Бимбо», является инновационная стратегия, которая, по мнению руководства организации, является базисом для выпуска конкурентоспособной продукции.

ООО «Белль-Бимбо» самостоятельно плани-

рует свою деятельность и определяет перспективы развития исходя из спроса на производимую продукцию, работы, услуги. На основе изучения конъюнктуры рынка, возможностей потенциальных партнеров, информации о движении цен организует материально-техническое обеспечение собственного производства путем приобретения ресурсов на рынке товаров, работ, услуг. Отношения ООО «Белль-Бимбо» во всех сферах хозяйственной деятельности строятся на основе договоров. Организация реализует свою про-

дях инновационного процесса.

В целом с учетом как основных, так и вспомогательных параметров для ООО «Белль-Бимбо» наиболее оптимальной является расширенная модель ССП, поскольку организация непрерывно осуществляет внедрение продуктовых инноваций, несмотря на отклонения от требований по некоторым вспомогательным параметрам.

Результаты оценки параметров функционирования ООО «Белль-Бимбо» сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Оценка параметров функционирования ООО «Белль-Бимбо» для выбора модели ССП

Параметр	Состояние параметра		
	Упрощенная модель ССП	Базовая модель ССП	Расширенная модель ССП
<b>Основные параметры:</b>			
1. Стратегия развития			✓
2. Система принятия управленческих решений			✓
3. Система оценки результатов труда работников		✓	
4. Ограничения собственников			✓
5. Действующая система показателей эффективности			✓
6. Степень автоматизации информационных потоков			✓
7. Система управленческого учета			✓
8. Инновационная активность			✓
<b>Вспомогательные параметры:</b>			
9. Влияние на неуправленческие подразделения			✓
10. Взаимоотношения с клиентами		✓	
11. Горизонт планирования			✓
12. Элементы планирования		✓	
13. Численность работников			✓

Составлено авторами.

дукцию, работы, услуги по ценам, устанавливаемым самостоятельно или на договорной основе.

Инновационная активность организации находится на высоком уровне, так как затраты, связанные с инновационной деятельностью, носят стабильный характер, кроме того, организация постоянно наращивает активность на всех ста-

Как видно из таблицы 3, параметры функционирования ООО «Белль-Бимбо» позволяют данной организации избрать расширенную модель сбалансированной системы показателей как наиболее оптимальную, в наибольшей степени характеризующую все составляющие деятельности организации (она может включать в себя

около 30–32 показателей).

Дополнительным аспектом для включения в ССП руководством организации для наиболее полноценного отражения стратегических перспектив был избран инновационный аспект. Данное решение обусловлено стратегическими целями в области увеличения экспорта и импортозамещения, которые требует высокого уровня организации инновационных процессов.

ООО «Емико» – относительно новая организация г. Витебска, созданная в 2005 г. С начала своей деятельности организация занимается производством мужской и женской обуви.

Деятельность организации сводится к обеспечению максимальных финансовых результатов в краткосрочном периоде, но организация

принятия руководством организации решения по внедрению ССП, первой задачей, которую необходимо будет решить, является формирование видения и определение базовых стратегических направлений в области финансов и внутренних процессов. Следовательно, результаты данного параметра формирования ССП показывают, что наиболее целесообразной моделью внедрения ССП является упрощенная модель. Инновационная активность организации находится на низком уровне, поскольку носит прерывистый характер и заключается в частичном обновлении ассортимента продукции не чаще, чем раз в полтора года.

Результаты оценки параметров функционирования ООО «Емико» сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Оценка параметров функционирования ООО «Емико» для выбора модели ССП

Параметр	Состояние параметра		
	Упрощенная модель ССП	Базовая модель ССП	Расширенная модель ССП
<b>Основные параметры:</b>			
1. Стратегия развития	✓		
2. Система принятия управленческих решений	✓		
3. Система оценки результатов труда работников	✓		
4. Ограничения собственников			✓
5. Действующая система показателей эффективности	✓		
6. Степень автоматизации информационных потоков	✓		
7. Система управленческого учета	✓		
8. Инновационная активность	✓		
<b>Вспомогательные параметры:</b>			
9. Влияние на неуправленческие подразделения			✓
10. Взаимоотношения с клиентами		✓	
11. Горизонт планирования	✓		
12. Элементы планирования	✓		
13. Численность работников			✓

Составлено авторами.

не имеет четко сформулированной стратегии на долгосрочную перспективу. Поэтому, в случае

Как видно из таблицы 4, параметры функционирования ООО «Емико» позволяют данной

организации избрать только упрощенную модель ССП как наиболее оптимальную.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ССП, как система комплексной оценки эффективности функционирования организации, позволяет обеспечить целенаправленный мониторинг деятельности организации, прогнозировать и предотвращать появление проблем, органично сочетает уровни стратегического и оперативного управления, контролирует наиболее существенные финансовые и нефинансовые показатели деятельности.

Существует ряд условий, необходимых для построения и успешного внедрения ССП. Однако, на наш взгляд, представленный в литературных источниках перечень условий должен быть конкретизирован и давать возможность организации оценить перспективы внедрения ССП исходя из достигнутого ею уровня развития отдельных составляющих ее функционирования. Для возможности определения параметров функционирования организаций, влияющих на

формирование ССП, был изучен опыт внедрения ССП российскими и украинскими организациями, а также сделана попытка учесть условия, в которых работают белорусские организации, что позволило разработать ряд основных (первостепенных) и второстепенных (второстепенных) параметров функционирования организации, учитываемых при внедрении ССП. От степени разработанности параметров будет зависеть модель ССП: упрощенная, базовая и расширенная.

Апробация результатов исследования показала, что ключевыми или определяющими параметрами, которые привели к выбору разных моделей ССП стали: стратегия развития, инновационная активность и параметры, характеризующие информационное обеспечение: действующая система показателей эффективности; степень автоматизации информационных потоков; система управленческого учета.

Несмотря на то, что более успешно оценить степень реализации стратегии позволяет расширенная модель, необходимо учитывать, что она является гораздо более трудоемкой и затратной.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будаева, М.С. (2008), Инновационная составляющая сбалансированной системы показателей, *Известия ИГЭА*(2), С. 81-84.
2. Дойль, П. Штерн, Ф. (2007), *Маркетинг, менеджмент и стратегии*, Санкт-Петербург, Питер, 544 с.
3. Каплан, Р.С., Нортон, Д.П. (2006), *Использование сбалансированной системы показателей как системы стратегического менеджмента*, Москва, АльпинаБизнесБук, 356 с.
4. Касаева, Т.В., Андриянова, О.М. (2014). Сбалансированная система показателей и ее инновационная составляющая, *Вестник Витебского государственного технологического университета* №27, С.175-184.

#### REFERENCES

1. Budaeva, M.C. (2008), Innovation aspect of the Balanced Scorecard [Innovatsionnaya sostavlyaiyushchya sbalansirovannoy system ipokazateley]. *Isvestya IGEA - News ISEA* (2), pp. 81-84.
2. Doil, P. Shtern, F. (2007). *Marketing, menegment i strategii*, Sankt-Peterburg, Piter, 544 p.
3. Kaplan, R.S., Norton. D.P. (2006), Ispol'zovanie sbalansirovannoj sistemy pokazatelej kak sistemy strategicheskogo menedzhmenta [Using the Balances Scorecard as a strategic management system], Moscow, Al'pinaBiznesBuk, 356 p.
4. Kasaeva, T.V., Andriyanova, O.M. (2014), Sbalansirovannaja sistema pokazatelej i ee innovatsionnaja sostavljajushhaja [The Balances

5. Касаева, Т.В., Андриянова, О.М., Грузневич, Е.С., Рябиков, В.С. (2014), *Сбалансированная система показателей в оценке стратегии устойчивого развития и ее инновационной составляющей*, Витебск, 169 с.
6. Касаева, Т.В., Грузневич, Е.С. (2014), Разработка механизма оценки стратегии устойчивого развития коммерческой организации, *Вестник Витебского государственного технологического университета №26*, С. 196-205.
7. Рябиков, В.С., Касаева, Т.В. (2013), Сбалансированная система показателей: особенности применения в условиях национальной экономики, *Вестник Витебского государственного технологического университета №24*, С. 157-166.
5. Kasaeva, T.V., Andriyanova, O.M., Gruznevich, E.S., Ryabikov, V.S. (2014), *Sbalansirovannaja sistema pokazatelej v ocenke strategii ustojchivogo razvitija i ee innovacionnoj sostavljajushhej* [The Balanced Scorecard on evaluating the strategy of Sustainable development and its innovative component], Vitebsk, 169 p.
6. Kasaeva, T.V., Gruznevich, E.S. (2014), *Razrabotka mehanizma ocenki strategii ustojchivogo razvitija kommercheskoj organizacii* [The elaboration of the sustainable development strategy evaluation mechanism of the commercial organization], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, pp. 196-205.
7. Ryabikov, V.S., Kasaeva, T.V. (2013), *Sbalansirovannaja sistema pokazatelej: osobennosti primeneniya v uslovijah nacional'noj ekonomiki* [The Balanced Scorecard – application features in conditions of national economy], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, pp. 157-166.

Статья поступила в редакцию 02. 09. 2015 г.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАНЯТОСТИ НА МИКРОУРОВНЕ

Е.В. Ванкевич, А.В. Шарапкова

УДК 331.526

### РЕФЕРАТ

*СОЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, СОЦИАЛЬНАЯ ОТЧЕТНОСТЬ, КАЧЕСТВО ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ*

*В работе обоснована необходимость формирования комплексного организационно-экономического механизма повышения социальной эффективности занятости в организациях Республики Беларусь. Под социальной эффективностью понимают результат или совокупность качественных и количественных показателей улучшения трудовой жизни работников, которые позволят повысить работоспособность и наиболее полно использовать человеческий капитал организации, сформировать на этой основе экономические, социальные конкурентные преимущества в кратко- и долгосрочном периодах.*

*Доказано, что предпосылками и факторами формирования организационно-экономического механизма повышения социальной эффективности занятости в современных условиях выступают: формирование экономики, основанной на знаниях; инновационной экономики, в которой главным конкурентным преимуществом становится человеческий капитал; социальная ответственность организаций; а также особенности экономического развития Республики Беларусь.*

*Теоретической основой являются концепция корпоративной социальной ответственности, концепция качества трудовой жизни, а также концепция сегментации персонала, являющаяся необходимым условием для персонализации управленческих действий и учета индивидуальных различий работников в достижении целей организации.*

*Разработанные теоретические подходы к пониманию сущности организационно-экономического механизма повышения социальной эффективности занятости в организациях Республики Беларусь позволили предложить следующие*

### ABSTRACT

*SOCIAL EFFICIENCY, EFFICIENCY OF LABOR, SOCIAL RESPONSIBILITY, SOCIAL ACCOUNTING, QUALITY OF WORKLIFE*

*The paper studies the necessity of forming a complex organizational and economic mechanism of social efficiency of employment in Belarusian companies. Social effectiveness is a result or a set of qualitative and quantitative indicators to improve the working conditions of employees, which will increase the working capacity and best using of the human capital of the organization and form on this basis economic, social competitive advantages in the short and long term.*

*It was proved that the presuppositions and factors shaping the organizational-economic mechanism of social efficiency in modern conditions of employment are: formation of an economy based on knowledge, innovative economy when human capital becomes the main competitive advantage, social responsibility of organizations as well as special economic development of the Republic of Belarus.*

*The theoretical basis is the concept of corporate social responsibility, the concept of quality of working life as well as the concept of segmentation of staff, which is a prerequisite for the personification of management actions and the individual differences of workers in achieving the organization's objectives.*

*The developed theoretical approaches to understanding the essence of organizational-economic mechanism of social efficiency of employment in Belarusian organizations allowed offering the following tools: differentiation of the social package, social responsibility, socially responsible release of personnel and development of social reporting.*

*The results of the study were tested on a specific example of a Belarusian factory of light industry, which allowed revealing reserves of increasing social and economic efficiency of its activities.*

*инструменты: дифференциация социального пакета, социально ответственное высвобождение персонала, ведение социальной отчетности.*

*Результаты исследования апробированы на примере конкретного предприятия легкой промышленности Республики Беларусь, что позволило выявить резервы повышения социальной и экономической эффективности его деятельности.*

Необходимость формирования в Беларуси экономики инновационного типа и жесткие условия глобализации мировой экономики требуют от отечественных предприятий обязательной экономической эффективности и рентабельности хозяйственной деятельности. Однако принятые социальные ориентиры белорусской модели развития предполагают сохранение достигнутых социальных гарантий и благ, предоставляемых как государством, так и самими предприятиями. Так формируется противоречие между экономической и социальной эффективностью использования трудовых ресурсов в организации. На белорусских предприятиях накоплен значительный опыт и инструменты достижения социальной эффективности занятости. Но они предполагают либо преимущественное использование социально-идеологических методов (что в современных условиях недостаточно), либо предоставление гарантированного государством минимума (в рамках отчисления в фонд социальной защиты населения и гарантированных Трудовым Кодексом Республики Беларусь льгот, доплат и компенсаций). Однако мировой опыт свидетельствует, что существует целый ряд экономических и организационных инструментов обеспечения социальной эффективности занятости на микроуровне, которые в организациях Республики Беларусь не используются. То есть единого механизма обеспечения социальной эффективности использования трудовых ресурсов на микроуровне не создано. Проблема усугубляется также недостаточной теоретической проработанностью вопроса о сущности социальной эффективности занятости, методах оценки социальных эффектов и затрат, их мониторинга, регулирования, дифференциации.

Единая теоретическая концепция организационно-экономического механизма обеспечения социальной эффективности на микроуровне включает следующие элементы:

- 1) содержание социальной эффективности организации, показатели её анализа и оценки;
- 2) предпосылки и факторы ее формирования (формирование инновационной экономики, глобализация и антикризисное управление, усиливающаяся дифференциация персонала),
- 3) теоретические основы (концепция гибкости занятости, концепция качества трудовой жизни, концепция корпоративной социальной ответственности, концепция сегментации персонала),
- 4) организационные инструменты (кадровая диагностика, технологический аудит, расширение направлений работы кадровой службы, социальный отчет),
- 5) экономические инструменты (повышение качества трудовой жизни, научно обоснованная дифференциация социального пакета, социально ответственная оптимизация численности и структуры персонала).

#### СОДЕРЖАНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ, ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ

Понятие социальной эффективности многогранно. В экономической литературе сложилось множество авторских подходов к определению ее сущности и разработке системы показателей для анализа и оценки.

Социальная эффективность – это соотношение полученного социального эффекта и затрат, способствующих его достижению. Социальный эффект заключается в удовлетворении потреб-

ностей человека в услугах образования, здравоохранения, физической культуры и спорта, социального обеспечения, культуры и др. [12].

Правомерно определить социальную эффективность как социальный результат управленческой деятельности, который характеризует степень использования потенциальных возможностей трудового коллектива и каждого работника, его творческих способностей, успешность решения социальных задач развития коллектива [9].

С другой стороны, это комплексный показатель, характеризующий улучшение условий и качества трудовой жизни работников, который в конечном итоге даёт более полное и качественное использование их способностей, а впоследствии приводит к росту экономической эффективности [9]. Кроме того, это формирование имиджа социально ответственной компании в глазах покупателей, потенциальных работников, государства, конкурентов и других стейкхолдеров посредством спонсорства, поддержания экологических и социальных программ, что в конечном итоге даёт рост продаж, увеличение стоимости организации, доверие потребителей, приток квалифицированных работников и т. д.

Захаров Л.Н. определяет социальную эффективность организации через социальную деятельность, как «реагирование организации на влияние социальной среды ... через управление социальным развитием, которое направлено на создание социальных условий профессионального развития персонала, что включает в себя: гуманизацию труда (как важнейшее условие развития персонала); обеспечение качества трудовой жизни (что включает в себя развитие социальной инфраструктуры)» [5].

Немецкие ученые Хентце, Каммел и Линдерт считают, что «социальная эффективность проявляется в степени достижения индивидуальных целей работников, удовлетворения их интересов и потребностей. Также социальная эффективность имеет два основных измерения: ориентацию на работу и ориентацию на отношения с другими людьми» [10].

Систематизация подходов к определению социальной эффективности (таблица 1) позволяет сделать следующие выводы:

1) большинство авторов рассматривают

социальную эффективность системно, во взаимосвязи с другими видами эффективности;

2) авторы используют различные критерии и системы показателей для оценки социальной эффективности, что обусловлено различием подходов к определению ее сущности: как социальный результат трудовой деятельности для одного человека, системы управления персоналом организации, управления всей организацией;

3) авторские системы оценки социальной эффективности имеют эклектичный характер, а показатели в них – содержат дублирование и не имеют критериальных значений. Многие из предлагаемых показателей статистически недоступны, некоторые – недостаточно информативны.

Экономическая эффективность в области управления персоналом понимается как достижение с минимальными затратами на персонал целей организации – экономических результатов, стабильности, высокой гибкости и адаптивности к непрерывно меняющейся среде; социальная эффективность – как удовлетворение интересов и потребностей сотрудников (оплата труда, его содержание, возможность личностной самореализации, удовлетворенность общением с товарищами и т. д.).

Главной задачей, стоящей перед современными руководителями, является создание такого организационно-экономического механизма, который позволит сбалансировать противоречивые на первый взгляд цели и обеспечит экономическую эффективность на основе и благодаря социальной эффективности.

Таким образом, рассматривая социальную эффективность организации с точки зрения концепции управления персоналом, правомерно дать следующее определение – это результат или совокупность качественных и количественных показателей улучшения трудовой жизни работников, которые позволят повысить работоспособность и наиболее полно использовать человеческий капитал организации, сформировать на этой основе экономические, социальные конкурентные преимущества в кратко- и долгосрочном периодах.

Экономическими показателями, характеризующими социальную эффективность, являются: производительность труда работников, уровень

Таблица 1 - Систематизация теоретических подходов к пониманию социальной эффективности организации

Наименование подхода, автор	Определение	Система показателей для оценки социальной эффективности	Преимущества и недостатки подхода
Социальная эффективность организации, выраженная через социальную эффективность труда работников (Егоршин А.П.)	Эффективность трудовой деятельности – комплексный показатель, который определяется организацией работы персонала, мотивацией труда, социально-психологическим климатом в коллективе, то есть больше зависит от форм и методов работы с персоналом	<ul style="list-style-type: none"> <li>- уровень и темп роста средней заработной платы одного работника;</li> <li>- текучесть персонала;</li> <li>- удельный вес ФОТ в выручке;</li> <li>- уровень квалификации персонала;</li> <li>- уровень трудовой и исполнительской дисциплины;</li> <li>- профессионально-квалификационная структура;</li> <li>- социальная структура персонала;</li> <li>- удельный вес нарушителей трудовой дисциплины;</li> <li>- равномерность загрузки персонала;</li> <li>- уровень накладных расходов;</li> <li>- выполнение плана социального развития;</li> <li>- социально-психологический климат в коллективе;</li> <li>- качество работы персонала</li> </ul>	<p><i>Преимущества:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- состав показателей всесторонне отражает социальную эффективность труда, некоторые показатели являются комплексными, требующими сбора оперативной информации на основе конкретных социологических исследований;</li> <li>- проведение конкретных социологических исследований специалистов для оценки показателей, которые не являются плановыми и отчетными показателями работы организации.</li> </ul> <p><i>Недостаток:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- данная методика захватывает не все аспекты социальной эффективности организации</li> </ul>
Социальное развитие организации (Кузнецов А.Л.)	Социальное развитие – это комплексный элемент целостного управления организацией. Реализуя свои генеральные цели, организация вынуждена учитывать социальные условия и управлять своим социальным развитием (то есть адекватно реагировать на внешние социальные условия)	Основным инструментом построения методики социального развития организации является <b>социальный паспорт</b> (он состоит из 15 таблиц, в которых отражены социальные процессы, описываемые 15 коэффициентами по 70 показателям)	<p><i>Преимущества:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отдельный расчет по социальным процессам, характеризующим гуманизацию труда и состояние объектов социальной инфраструктуры (как условие качества трудовой жизни);</li> <li>- сопоставление показателей с социальными нормативами (ориентирами);</li> <li>- использование в качестве социальных нормативов величин, характеризующих социальные процессы в организациях, расположенных на одной территории, а не средних величин по стране или региону, что позволяет повысить уровень их сопоставимости</li> </ul>
Оценка социальной эффективности проектов совершенствования системы и технологии управления персоналом (Кибанов А.Я.)	Социальная эффективность проектов – возможность достижения позитивных, а также избегания отрицательных с социальной точки зрения изменений	<p>Характеристика социальных результатов представлена в разрезе отдельных подсистем системы управления персоналом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подсистема планирования и маркетинга персонала;</li> <li>- подсистема найма и учета персонала;</li> <li>- подсистема условий труда;</li> <li>- подсистема трудовых отношений;</li> <li>- подсистема развития персонала;</li> <li>- подсистема мотивации и стимулирования персонала;</li> <li>- подсистема социального развития;</li> <li>- подсистема развития оргструктур управления;</li> <li>- подсистема правового обеспечения системы управления персоналом;</li> <li>- подсистема информационного обеспечения</li> </ul>	<p><i>Преимущества:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- взаимосвязь экономической и социальной эффективности совершенствования системы и технологии управления персоналом;</li> <li>- возможность предотвращения отрицательных социальных изменений в организации.</li> </ul> <p><i>Недостаток:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- данная методика захватывает не все аспекты социальной эффективности организации</li> </ul>

Источник: составлено на основе [4, 5, 8].

и структура затрат на персонал, объем и структура фонда рабочего времени. Социальные показатели, которые могут быть использованы при ее оценке, следующие: структура персонала, текучесть кадров, уровень и динамика заработной платы, показатели охраны труда и техники безопасности, размер и структура социального пакета организации.

#### ПРЕДПОСЫЛКИ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Предпосылками обеспечения социальной эффективности являются:

- 1) формирование экономики, основанной на знаниях;
- 2) формирование инновационной экономики, в которой главным конкурентным преимуществом становится человеческий капитал;
- 3) социальная ответственность организаций;
- 4) особенности экономического развития Республики Беларусь.

В современных условиях в связи с активной автоматизацией и роботизацией процессов производства падает потребность в трудовых ресурсах. При этом растут требования к образовательному уровню работников, высоко ценятся специалисты узкого профиля. В большинстве стран уровень образованности работников растёт, при этом растёт конкуренция на рынке труда. Важно обладать не только знаниями и навыками, но и творческим, инновационным мышлением. В условиях глобализации стали важны такие факторы, как мобильность работника, владение иностранными языками, продвинутое знание ПК и сетевых технологий. Часто приглашаются специалисты из других стран. В связи с ростом профессиональной мобильности редко наблюдается работа в одной организации в течение всей трудовой карьеры. Информатизация производства и развитие информационных технологий вызвали значительное обновление технической, технологической базы, что отразилось на организации труда.

Инновационная экономика предполагает механизацию, автоматизацию, роботизацию, компьютеризацию производства, внедрение тру-

досберегающих технологий, непрерывное совершенствование организации и нормирования труда, внедрение эффективных форм мотивации персонала к инновациям, совершенствование кадровой работы, развитие условий и творческой активности работников.

Организации, как одни из наиболее влиятельных элементов общества, наряду с государственным управлением должны нести ответственность за влияние, оказываемое ими на окружающую среду, в том числе и социальную. Социальная ответственность организаций перед персоналом и обществом находит свое отражение в Концепции корпоративной социальной ответственности, которая становится философией управления организацией. Социально ориентированная философия управления предполагает минимизацию экологического и социального ущерба, наносимого деятельностью организации, а также предупреждение и участие в решении экологических и социальных проблем локального и глобального характера.

В Республике Беларусь формирование инновационной экономики сопровождается определенными трудностями, обусловленными кризисными, инфляционными процессами, невысокими доходами населения. Невысокая экономическая эффективность белорусской экономики сопровождается невысокой активностью и творчеством со стороны работников. Происходит утечка кадров в страны с более высоким уровнем жизни. Изношенность и моральное устаревание оборудования, требующие как длительного времени производственных процессов, так и излишней численности работников, обуславливают сниженную конкурентоспособность промышленного производства, что особенно характерно для лёгкой промышленности. В целях недопущения роста безработицы государственные организации поставлены перед обязанностью увеличения количества рабочих мест либо сохранения избыточной численности работников. Большинство молодых специалистов концентрируются в больших городах, не имея другой возможности перспективного трудоустройства. В этих условиях белорусским организациям сложно обеспечить социальную эффективность деятельности.

Необходимость формирования комплексно-

го механизма организационно-экономического обеспечения социальной эффективности обусловлена наличием определенных недостатков в области управления отечественными организациями. В частности:

- 1) использование единой тарифной сетки недостаточно мотивирует и учитывает индивидуальный вклад работника;
- 2) социальные выплаты организации воспринимаются работниками как должные, не имеют дифференцированного характера;
- 3) работники не информированы о целях организации; отсутствует личный интерес работника в успехе компании;
- 4) институт социального партнерства на микроуровне имеет формальный характер.

С целью преодоления таких проблем и построения качественно новой современной и соответствующей мировому уровню системы управления персоналом необходимо обратиться к философии социальной ответственности и осуществить ряд мероприятий, которые можно назвать социальными инструментами достижения социально-экономической эффективности в долгосрочном периоде.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Теоретические основы организационно-экономического механизма повышения социальной эффективности занятости включают:

- 1) концепцию корпоративной социальной ответственности, широко распространенную в отечественной и зарубежной литературе и практике;
- 2) концепцию качества трудовой жизни;
- 3) концепцию сегментации персонала как необходимое условие для персонификации управленческих действий и учета индивидуальных различий работников в достижении целей организации.

Корпоративная социальная ответственность – это международный стандарт ведения социальной отчетности, содержащий перечень социальных показателей и направлений оценки социальной эффективности. Он позволяет разработать социальный отчет организации, что яв-

ляется одним из важнейших инструментов социальной ответственности.

Дополнительные направления повышения социальной эффективности организации позволяет определить концепция качества трудовой жизни персонала, под которой понимают совокупность форм организации процесса производства, охраны и условий труда, обеспечивающих полное удовлетворение текущих и будущих социально-трудовых потребностей, реализацию трудового и творческого потенциала работников и удовлетворение интересов работодателя [9]. Придерживаясь этой концепции, организация может достичь максимального уровня качества трудовой жизни своих работников, проводя определенные мероприятия в том или ином направлении, где оценка далека от максимальной.

Концепция сегментации персонала означает процесс дифференциации работников организации на определенные целевые группы, участники которых имеют сходный побудительный мотив занятости либо другой критерий, который непосредственно представляет наибольший интерес для той или иной цели управления. Использование данной концепции позволяет работодателю наиболее оптимально распределить затраты на использование трудовых ресурсов. Так, сегментация персонала позволяет выявить конкретные критерии и потребности целевых групп и благодаря этому построить систему стимулирования персонала, которая будет эффективна не только в экономическом плане, но и в социальном.

Организационно-экономический механизм повышения социальной эффективности представлен в таблице 2.

Для реализации данных инструментов повышения социальной эффективности занятости в организациях Республики Беларусь нужно их нормативное и методическое обеспечение.

Таким образом, изучение предпосылок, факторов и теоретических основ формирования организационно-экономического механизма обеспечения социальной эффективности занятости на микроуровне позволило сделать следующие выводы:

- 1) теоретической основой для его разработки являются концепции качества трудовой

Таблица 2 – Организационно-экономический механизм повышения социальной эффективности организации

Направления повышения социальной эффективности	Организационные методы	Экономические методы
Качество трудовой жизни персонала	гибкие формы занятости, организация обучения работников, повышения их квалификации; улучшение условий труда	гибкие формы оплаты труда; дифференциация социального пакета; оптимизация затрат на персонал
Улучшение профессионально-квалификационной и социальной структуры персонала на основе его сегментации	развитие, обучение, повышение квалификации персонала; формирование кадрового резерва, программы карьеры	надбавки к заработной плате, дополнительные выплаты, стипендии и т. д.
Усиление мотивации	разработка критериев сегментации персонала и дифференциации социального пакета	оптимизация затрат на персонал, введение гибких систем оплаты труда
Повышение социальной ответственности организации	введение социальной отчетности	социально ответственное высвобождение, оптимизация численности и структуры работников

Источник: составлено авторами.

жизни, корпоративной социальной ответственности, сегментации персонала, позволяющие в совокупности охватить все стороны социальной эффективности и учесть различия требований к персоналу в соответствии с задачами инновационной экономики. Это формирует дифференцированный подход к набору инструментов обеспечения социальной эффективности;

2) для обеспечения повышения социальной эффективности организации нужен инструмент для ее оценки и мониторинга. Это обуславливает необходимость введения социального отчета организации.

#### ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ (ЭМПИРИЧЕСКИЙ ОПЫТ)

Для оценки сложившегося состояния и определения перспектив повышения социальной эффективности в белорусских организациях в рамках данного исследования был проведен анализ социальной эффективности ОАО «Знамя индустриализации» на основе данных статисти-

ческой и оперативной отчетности, принятой в современной практике.

Анализ социальной эффективности проведен по следующим направлениям:

- кадровый потенциал организации, который включает состав, структуру и движение персонала, повышение его квалификации;
- затраты на персонал, размер и структура социального пакета;
- структура фонда заработной платы в разрезе категорий персонала.

В результате анализа выявлены следующие характеристики сложившегося на ОАО «Знамя индустриализации» организационно-экономического механизма обеспечения социальной эффективности использования трудовых ресурсов: высокий средний возраст персонала (более 40 лет по персоналу основной деятельности, в том числе по категории руководители – 45 лет), высокая текучесть кадров (уровень показателя 0,14), недостаток квалифицированных рабочих кадров (более 50 % сотрудников имеют профессионально-техническое образование в основном за счет образовательного уровня рабочих),

традиционная кадровая деятельность (сложившаяся система кадрового резерва руководителей).

Анализ затрат на персонал показал наличие значительного по размеру социального пакета, который не дифференцирован в разрезе сегментов персонала. В его составе наибольший удельный вес имеют обязательные выплаты в Фонд социальной защиты населения и «БелГос-Страх» – более 70 %.

Система стимулирующих выплат является важным аспектом социальной ответственности организации. Их наличие позволяет не только увеличить экономическую эффективность посредством создания материальной мотивации работников, но и создать в коллективе организации благоприятную дружескую атмосферу, сплотить коллектив и поднять корпоративный дух организации при присутствии здорового духа соперничества. Однако их наличие и размер в большинстве отечественных организаций, в том числе ОАО «Знамя индустриализации», напрямую зависит от размера чистой прибыли и, зачастую, минимальны. Таким образом, на основании анализа правомерно отметить, что система стимулирующих выплат организации является недостаточно эффективной ни с точки зрения управления персоналом, ни с точки зрения распределения денежных средств.

В результате технологического аудита части производственной программы организации выявлена возможность снижения трудоемкости изделия на 2,67 %, что сопровождается возможностью сокращения численности швей на 5,26 %.

Проведенный организационно-экономический анализ позволил предложить следующие направления формирования организационно-экономического механизма обеспечения социальной эффективности использования трудовых ресурсов на ОАО «Знамя индустриализации»:

- 1) дифференциация социального пакета;
- 2) социально ответственная оптимизация численности и структуры персонала;
- 3) организация и ведение социального отчета.

Для дифференциации социального пакета проведена перегруппировка затрат на персонал, выделены дифференцируемая и недифференцируемая части социального пакета, разра-

ботаны критерии сегментации персонала для обеспечения социальной справедливости при дифференциации.

Недифференцируемая часть представляет собой абсолютный минимум социальных благ, который включает законодательно установленные выплаты и налоги на труд. Кроме того, сюда следует отнести премиальные выплаты по итогам работы, расходы на медицинские услуги и ряд других выплат, непосредственно связанных с выполнением профессиональных обязанностей (оплата телефонной связи, транспортных расходов). К затратам, которые могут дифференцироваться, могут быть отнесены затраты на профессиональное обучение, стимулирующие выплаты, стоимость культурно-бытового обслуживания и дополнительные затраты, что в совокупности составило 6,89 % затрат в расчете на одного работника.

Персонал организации дифференцирован по категориям для определения перечня элементов социального пакета. Для каждой категории определены дополнительные критерии для обоснования системы коэффициентов, позволяющей построить эффективную систему стимулирования труда как с экономической, так и с социальной точки зрения. Принятая система деления персонала по категориям дополнена дополнительными критериями: уровень производительности труда, стаж работы в организации, квалификация сотрудника. Сочетание принятых в практике категорий персонала с дополнительными критериями дало возможность учесть индивидуальные различия работников в формировании результата организации, их ценность, не нарушая при этом сложившуюся традицию деления персонала на категории.

Каждой категории присваивается определенная сумма социального пакета, в пределах которой работник вправе выбрать персональный набор благ, наиболее ценных для него. Для связи социального пакета с дополнительными критериями дифференциации была разработана система коэффициентов, которая определяла размер дифференцируемой части социального пакета. Так, если наиболее ценным качеством в категории «руководители» является опыт работы в организации, следует поставить коэффициент 0,5 для стажа работы до 1 года и коэффициент 2

для работников со стажем более 10 лет. Аналогично учитываются все критерии.

Это позволит не только оптимизировать затраты на персонал, но и повысить производительность, инициативность труда работников, интерес к обучению и повышению квалификации, снизить текучесть кадров, сформировать благоприятный имидж организации.

Ряд мероприятий предполагает получение экономического эффекта за счет высвобождения излишней численности персонала, что должно быть проведено социально ответственным способом. Социально ответственное высвобождение предполагает формирование службы поддержки увольняемых, в функции которой входит не только юридическая, психологическая консультация, но и оказание помощи в дальнейшем трудоустройстве. Кроме того, предполагается проведение масштабного подготовительного этапа, когда необходимо определить возможные «мягкие» способы естественного выбытия персонала, выбрать оптимальные способы внутреннего перемещения персонала.

На основе изучения позитивного зарубежного и отечественного опыта социальной отчетности, а также с учетом особенностей принятой в Республике Беларусь системы учета и отчетности предложена форма социального отчета организации, которая является эффективным инструментом оценки и мониторинга социальной эффективности. Её наличие говорит об организации как об открытом и об ответственном работодателе на рынке труда и позволяет руководителю проводить анализ достигнутого уровня социальной эффективности, выявлять новые возможности и резервы. Дополнительный экономический эффект может быть достигнут посредством дополнительной рекламы организации, роста доверия потребителей и лояльности работников.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что обеспечение социальной эффективности занятости на микроуровне – это не спонтанный процесс, а объективная необходимость современной экономики, обусловленная инновационными ориентирами. Поэтому вопросам социальной эффективности должно уделяться целенаправленное внимание. Комплекс работ по обеспечению социальной эффективности ор-

ганизации, как показало исследование, задается концепциями гибкости занятости, качества трудовой жизни, корпоративной социальной ответственности бизнеса. В частности, для повышения социальной эффективности организации могут быть использованы такие организационно-экономические инструменты, как дифференциация социального пакета по категориям персонала, социально ответственная реструктуризация и высвобождение излишней численности работников, организация ведения социальной отчетности. Применение таких инструментов позволит организации повысить социальную и экономическую эффективность и успешно конкурировать в глобальном экономическом пространстве.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бакша, Н.В. (2012), *Корпоративная социальная ответственность*, Тюмень, Тюменский государственный университет, 292 с.
2. Ванкевич, Е.В. (2010), *Современные проблемы организации производства, труда и управления на предприятиях лёгкой промышленности Республики Беларусь*, Витебск, УО «ВГТУ», 284 с.
3. Девяткин, Е.А. (2008), *Управление социальным развитием организации*, Москва, МГУ экономики, статистики и информатики, 104 с.
4. Егоршин, А.П. (2007), *Управление персоналом*, Нижний Новгород, Нижегородский институт менеджмента и бизнеса, 2091 с.
5. Захаров, Н.Л. (2006), *Управление социальным развитием организации*, Москва, Инфра-М, 263 с.
6. Зонова, О.В. (2010), Качество трудовой жизни: определение и критерии оценки, *Проблемы современной экономики*, № 3 (35), режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3213>.
7. Иванова, Е.А. (2004), *Корпоративный социальный отчет: как правильно рассказать о вкладе Вашей компании в развитие общества: практическое руководство*, Москва, Ассоциация Менеджеров, 11 с.
8. Кибанов, А.Я. (2005), *Управление персоналом организации*, Москва, Инфра-М, 638 с.
9. *Социальная эффективность менеджмента (2009)*, режим доступа: <http://www.strategplann.ru/the-effectiveness-of-the-organizations-management/social-performance-management.html> (дата доступа: 01 Сентября 2015).
10. Хентце, Дж., Каммел, А., Линдерт, К. (1995),

## REFERENCES

1. Baksha, N.V. (2012), *Korporativnaja social'naja otvetstvennost'* [Corporate social responsibility], Tyumen, Tyumen State University, 292 p.
2. Vankevich, E.V. (2010), *Sovremennye problemy organizacii proizvodstva, truda i upravlenija na predpriyatijah ljogkoj promyshlennosti Respubliki Belarus'* [Current problems in the organization of production, labor and management at the enterprises of light industry of the Republic of Belarus], Vitebsk, VSTU, 284 p.
3. Devyatkin, E.A. (2008), *Upravlenie social'nym razvitiem organizacii* [Management of social development of organization], Moscow, Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, 104 p.
4. Egorshin, A.P. (2007), *Upravlenie personalom* [Personnel Management], Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Institute of Management and Business, 2091 p.
5. Zaharov, N.L. (2006), *Upravlenie social'nym razvitiem organizacii* [Management of social development of organization], Moscow, Infra-M, 263 p.
6. Zonova, O.V. (2010), *Kachestvo trudovoj zhizni: opredelenie i kriterii ocenki* [The quality of working life: the definition and evaluation criteria], *Problemy sovremennoj jekonomiki – Problems of Modern Economics*, № 3 (35), available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3213>.
7. Ivanova, E.A. (2004), *Korporativnyj social'nyj otchet: kak pravil'no rasskazat' o vklade Vashej kompanii v razvitie obshhestva: prakticheskoe rukovodstvo* [Corporate Social Report: how to talk about your company's contribution to society: a practical guide], Moscow, Managers Association, 11 p.

Проблемы культуры управления предприятием, *Проблемы теории и практики управления*, 1995, № 1, С. 64-69.

11. Шевчук, А.В. (2007), О будущем труда и будущем без труда, *Общественные науки и современность*, 2007, № 3, С. 44-45.
12. Юрьева, Т.В. (2001), *Социальная экономика*, Москва, Дрофа, 352 с.
8. Kibanov, A.Y. (2005), *Upravlenie personalom organizacii* [Personnel Management of organization], Moscow, Infra-M, 638 p.
9. *Social'naja jeffektivnost' menedzhmenta* [Social efficiency of management] (2009), available at: <http://www.strategplann.ru/the-effectiveness-of-the-organizations-management/social-performance-management.html> (accessed 01 September 2015).
10. Henttse, J., Kammel, A., Lindert, K. (1995), Problemy kul'tury upravlenija predpriatiem [Problems of culture of enterprise management], *Problemy teorii i praktiki upravlenija – Problems of management theory and practice*, 1995, № 1, pp. 64-69.
11. Shevchuk, A.V. (2007), O budushhem truda i budushhem bez truda [About the future of labor and the future without labor], *Obshhestvennyye nauki i sovremennost' – Social Sciences and Modernity*, 2007, № 3, pp. 44-45.
12. Yur'eva, T.V. (2001), *Social'naja jekonomika* [Social Economy], Moscow, Drofa, 352 p.

Статья поступила в редакцию 07.09.2015 г.

## ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Г.А. Яшева

УДК 330.341.42(476)

## РЕФЕРАТ

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО, КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ, ПРОЕКТ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА, СОГЛАШЕНИЕ, СОТРУДНИЧЕСТВО, ИННОВАЦИИ, РИСКИ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Целью исследования является обоснование направлений развития института государственно-частного партнерства в Республике Беларусь на основе уточнения понятийного аппарата государственно-частного партнерства и исследования институциональных предпосылок. Предмет исследования – отношения государственно-частного партнерства. В статье усовершенствован, структурирован и упорядочен понятийный аппарат государственно-частного партнерства (ГЧП), включая сущность, отличительные признаки, модель взаимодействия государственного и частного сектора, состав участников ГЧП, понятие государственно-частного партнерства в инновационной сфере, преимущества и недостатки государственно-частного партнерства для государственного и частного сектора.

Исследованы предпосылки государственно-частного партнерства в Беларуси, идентифицирован состав участников институциональной среды по развитию ГЧП в Республике Беларусь, проведен анализ законодательства в области государственно-частного партнерства.

Выявлены проблемы, связанные с внедрением государственно-частного партнерства в Беларуси, и определены пути их решения. Сформулированы направления развития института государственно-частного партнерства в Республике Беларусь.

Полученные результаты могут быть использованы органами государственного управления для разработки стратегии государствен-

## ABSTRACT

PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP, COMPETITIVENESS, PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AGREEMENT, COLLABORATION, INNOVATION, RISK, INNOVATIVE DEVELOPMENT, SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The paper studies trends in the development of the Institute of Public-Private Partnership in the Republic of Belarus on the basis of the clarification of the conceptual apparatus of public-private partnerships and research institutional preconditions. The subject of the research is the relationship of public-private partnership.

The conceptual framework of public-private partnership (PPP) is improved, structured and ordered in the article, including the nature, features, model of the interaction of public and private sector, composition of the PPP, the concept of public-private in innovation, the advantages and disadvantages of public-private partnerships for public and private sector.

The reasons of public-private partnership in Belarus are researched, the participants of the institutional environment for the development of PPP in the Republic of Belarus are identified, the analysis of the legislation in the field of public-private partnerships is conducted.

The problems associated with the implementation of public-private partnership in Belarus are revealed and the ways of solving them are defined, the development directions of the institute of public-private partnership in the Republic of Belarus are formulated.

The obtained results can be used by government to develop a strategy of public-private partnership in the Republic of Belarus, as well as for materials training to facilitate, promote and disseminate knowledge of PPP and conducting activities to improve partners' trust and show initiative from the private sector in the implementation of joint projects.

*но-частного партнерства в Республике Беларусь, а также подготовки материалов для содействия, продвижения и распространения знаний о ГЧП и проведения мероприятий по повышению доверия партнеров и проявлению инициативы со стороны частного сектора в совместных проектах.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Неотъемлемым условием качественного экономического роста на инновационной основе является конструктивное взаимодействие бизнеса и структур государственной власти. Характер этих отношений проявляется в институте государственно-частного партнерства (public-private partnership – англ.) Активное становление идеологии партнерства бизнеса и государства, законодательства и собственно проектов в этой сфере началось еще с первой половины 90-х годов XX века, к концу которого в мире уже насчитывалось более 3 тысяч официально зарегистрированных действующих проектов государственно-частного партнерства. По ежегодному отчету Европейского центра экспертизы в сфере ГЧП (European PPP Expertise Centre - ЕРЕС), совокупная стоимость сделок ГЧП, которые достигли финансового закрытия на Европейском рынке, в 2014 г. составила 18,7 млрд. евро. По сравнению с 1990 г. общая сумма проектов ГЧП Европейских государств возросла на 3011 млн. евро [37].

Значение механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП) в решении задач инновационного развития экономики Республики Беларусь признано в стране на государственном уровне. Это нашло отражение в ряде программных документов: Директиве Президента Республики Беларусь № 4 «О развитии предпринимательской инициативы и стимулировании деловой активности в Республике Беларусь», в Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы, в Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы. Однако в настоящее время в Республике Беларусь стратегия государственно-частного партнерства отсутствует, не принят Закон Республики Беларусь «О государственно-частном

партнерстве».

Теоретические основы ГЧП разработаны в трудах таких зарубежных авторов (в том числе из стран СНГ), как Р. Абади, О. Апатенко, С.О. Бочков, В.Г. Варнавский, Дж. Гамильтон, А. Говкрофт, Дж. Делмон, М.А. Дерябина, Д. Занога, К. Клиффтон, Н. Купер, Г.П. Курапов, В.Н. Носкова, Б.П. Симонов, А. Смит, А. Уваров, Джиэнг Фенг и др. В Республике Беларусь вопросы методологии отношений государственно-частного партнерства исследует Е.П. Борушко, Е.А. Дадеркина, А. Заборовский, В.М. Красовский, С.В. Ланевский, С.И. Мазоль, Е.В. Максименко, Т.В. Максименко-Новохрост, П.Г. Никитенко, И.В. Новикова, Т.Ф. Старовойтова, О. Темницкая, Л.Е. Филиппова, А.Г. Шрубенко, Е.Е. Ярошевич, Г.Е. Ясников и др.

Теоретическое исследование показало [44; 22, с. 1; 42; 2, с. 114; 44; 18; 17; 16; 23; 29, с. 28–31; 13, с. 2; 35; 34; 30, с. 59; 6; 10; 5, с. 30], что в настоящее время нет единства среди ученых и практиков в отношении понятия, содержания, форм, моделей и механизмов ГЧП. Следует также отметить, что используются разные термины: «государственно-частное партнерство», «частно-государственное партнерство», «общественно-частное партнерство». Некоторые авторы ассоциируют ГЧП с безвозмездной помощью, госинвестициями в приоритетных отраслях, долгосрочным сотрудничеством, косвенной приватизацией и т. д. Теория и методология государственно-частного партнерства включает ряд тем, требующих отдельного рассмотрения, включая: понятийный аппарат государственно-частного партнерства, его отличительные признаки, состав субъектов, преимущества и недостатки партнерства для государственного и частного сектора, формы и модели проектов ГЧП, механизмы создания партнерских отношений между участниками, формирование отношений госу-

дарственно-частного партнерства, подготовка и реализация проектов государственно-частного партнерства, содержание соглашения о ГЧП, финансирование проектов ГЧП, риски участников государственно-частных партнерств и методы их предупреждения и другие вопросы. Учитывая ограниченный объем статьи, в представленном исследовании из этого перечня будет рассмотрен только вопрос понятийного аппарата государственно-частного партнерства.

В связи с вышеизложенным, сформулированы цели настоящей статьи: обоснование содержания государственно-частного партнерства; изучение институциональных предпосылок внедрения механизмов государственно-частного партнерства в Беларуси; формулирование направлений развития института государственно-частного партнерства в Республике Беларусь.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

Анализ определений ГЧП призван обеспечить выработку общего методического подхода к рассмотрению прикладных особенностей такого взаимодействия в различных проекциях: политической, законодательной, организационной, управленческой, экономической и других. Термин «public» имеет, как минимум, следующие значения, существенно меняющие акценты и даже смысл переводимого: общественный, государственный, народный, общенародный, публичный, общедоступный, коммунальный, открытый, гласный. «Partnership» означает участие, соучастие, а «private» – частный, личный. Учитывая то, что в западноевропейских странах и США трактовка PPP («public-private partnership») охватывает большой спектр частно-государственных отношений в различных сферах, представляется более обоснованным рассмотрение этого термина как одной из характеристик вектора формирования и развития гражданского общества, основанного на частной собственности и реализующего договорную концепцию государства.

В теоретической литературе ГЧП определяется как долгосрочный контракт между государством и частным партнером для разработки и предоставления услуг. В связи с этим часто используется также термин «межсекторальное сотрудничество или партнерство» [45].

Обобщив различные определения [1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 34, 36], можно сказать, что государственно-частное партнерство – это юридически и институционально оформленная система организационно-экономических отношений между государственным и частным партнером в целях реализации общественно значимых проектов и программ с привлечением некоммерческих организаций в широком спектре отраслей экономики и НИОКР, действующая на основе распределения компетенций, ответственности, рисков и доходов. Не все договорные отношения между бизнесом и государством являются государственно-частным партнерством. Основные отличия соглашений ГЧП от других договоров состоят в следующем.

ГЧП не является приватизацией, так как соглашение о ГЧП имеет определенный срок действия, в течение которого активы могут быть (а могут и не быть) временно переданы частному партнеру, но по истечении этого времени активы переходят в государственную собственность. ГЧП отличается также от системы государственных закупок. Закупка государственным сектором предполагает приобретение, лизинг, аренду товаров или услуг государством, региональными или местными властями. Закупки применяются для приобретения простых товаров или необходимых услуг, а также для использования возможности выбрать из множества поставщиков наиболее эффективного для экономии расходов.

ГЧП представляет собой нечто более долгосрочное, затратное и сложное с точки зрения финансовых механизмов. Часто ГЧП получает право эксплуатации по истечении срока контракта, право взимания платы с потребителей и определения ключевых сфер ответственности, например, проектирование, строительство, финансирование, техническая и коммерческая эксплуатация, обслуживание и т. д.

По сравнению с традиционными контрактами на государственные закупки, контракты ГЧП переводят больше рисков и ответственности на частного партнера. Государство, подобно заказчику, определяет конечный продукт и его технические параметры, но оставляет за консорциумом право и ответственность решать, каким образом поставить конечный продукт и добыть

ся поставленных стандартов. Тем не менее, ГЧП связано с традиционной системой государственных и муниципальных закупок в том смысле, что поставщики в рамках ГЧП отбираются на основе регламентированных процедур проведения государственных закупок. ГЧП возникло как важнейший инструмент для преодоления «дефицита инфраструктуры».

ГЧП не является просто арендой государственных земель для достижения частных целей. ГЧП предполагает разделение рисков и предоставление государственных активов и (или) оказание государственных услуг.

ГЧП не является коммерциализацией государственной функции путем создания государственного предприятия. В проектах ГЧП определенные операционные и финансовые риски передаются частному партнеру (партнерам), в то время как риски государственного предприятия, выполняющего те же функции, возлагаются на государственный сектор.

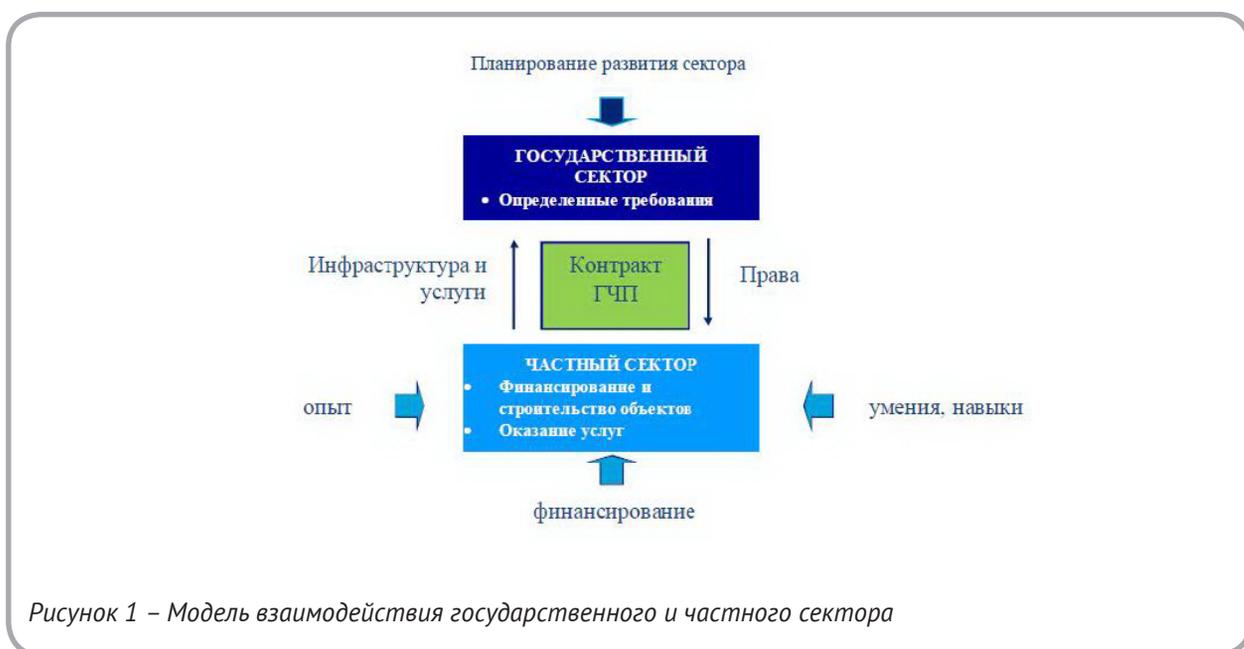
ГЧП не является предоставлением займов государственным органам. Основной целью ГЧП является наращивание государственного инвестиционного потенциала путем привлечения частного капитала в финансово самоокупающиеся проекты или компоненты проектов, при этом в обеспечение займов предоставляются по возможности активы и доходы, полученные в рам-

ках самого проекта, а не общие государственные доходы [11, с. 12-13].

По сути, все государственно-частные партнерства предполагают определенную форму разделения рисков между государственным и частным сектором при предоставлении объекта инфраструктуры или услуги. Передача риска частному партнеру является ключевым фактором, который отличает ГЧП от более традиционной модели предоставления государственным сектором общественных услуг. Модель взаимодействия государственного и частного сектора представлена на рисунке 1.

Сферы применения ГЧП в развитых странах имеют большое разнообразие. К этим сферам относятся следующие:

- транспорт – в данной сфере с применением ГЧП реализуется строительство и эксплуатация трубопроводов, железнодорожных дорог и автомагистралей, а также строительство и обслуживание систем мониторинга и управления движением, а также много других проектов в транспортной сфере, включая городской транспорт;
- жилищно-коммунальное хозяйство – обслуживание населения, обновление и эксплуатация коммунальных сетей, таких как водоснабжение, канализация, вывоз мусора и его утилизация, уборка и освещение улиц;



Источник: на основе [9, с. 3].

- экология – создание, обслуживание и развитие городских и загородных парков с правом эксплуатации природных ресурсов и получения дохода от организации экологического туризма;
- недвижимость – с применением ГЧП осуществляется строительство и эксплуатация общественных зданий и муниципального жилья, в обмен на это частным компаниям предоставляется возможность застройки и участия в коммерческих проектах;
- общественный порядок и безопасность – в данной сфере обеспечивается порядок на транспорте и в общественных местах, которые обслуживаются частными компаниями, осуществляется организация и эксплуатация парковок, строительство объектов обороны, тюрьмы, инфраструктура МЧС, Министерства юстиции;
- телекоммуникации – создание телекоммуникационной инфраструктуры и предоставление услуг потребителям;
- финансовый сектор – в данной сфере осуществляется привлечение частных страховых и управляющих компаний в такие сферы, как обязательное социальное страхование и государственное пенсионное обеспечение;
- образование и медицина – с использованием механизмов ГЧП ведется строительство или обновление больниц, школ и других учебных заведений; в данном случае частные компании получают право на застройку и развитие прилегающей территории;
- культура и спорт – с использованием механизмов ГЧП ведется строительство и реконструкция объектов культуры, памятников, музеев, мемориалов, а также спортивных объектов;
- наука – строительство научно-технологических парков, исследовательских центров, научных лабораторий, бизнес-инкубаторов, а также частные компании получают государственный заказ на проведение фундаментальных и прикладных исследований [7].

Наименее изучены вопросы взаимоотношений между государством и бизнесом в инновационной сфере. Нет однозначности в толковании форм, моделей и механизмов. Критический обзор и обобщение существующих в научном мире теоретико-методологических подходов [1, с. 18–27; 2, с. 45–50; 3, с. 218–221; 14; 21; 28, с. 65–75; 32; 33], а также разработанные концеп-

туальные основы государственно-частного партнерства позволили сформулировать понятийный аппарат государственно-частного партнерства в инновационной сфере.

ГЧП в инновационной сфере – это совокупность организационно-правовых отношений и действий государства и частного бизнеса, направленных на достижение целей инновационного развития на макро-, региональном и микроуровне посредством реализации проектов и программ в инновационной сфере. В инновационной сфере типология государственно-частного партнерства имеет некоторую специфику.

Формами ГЧП в инновационной сфере могут быть: концессионный договор, инвестиционный договор, соглашение о государственно-частном партнерстве.

Модель ГЧП в инновационной сфере – конкретный проект ГЧП, возникший в результате законной и прозрачной процедуры отбора соответствующих участников ГЧП со стороны частного бизнеса для решения конкретных проблем в инновационной сфере и направленный на решение частных задач инновационной политики Республики Беларусь. Такими задачами могут быть проекты создания следующих объектов инновационной инфраструктуры: инновационно-технологический центр, технопарк, региональный венчурный фонд с государственным участием, научная лаборатория, опытное производство и др.

В зависимости от вида проекта, степени его готовности, доверия государства и др. факторов могут использоваться следующие модели ГЧП в инновационной сфере:

- «Строительство–Эксплуатация–Передача»;
- лизинговые соглашения (Покупка–строительство–эксплуатация; Лизинг–развитие–эксплуатация);
- контракты на эксплуатацию и техническое обслуживание;
- контракты на обслуживание.

Механизмы – это способы осуществления совместных видов научной, научно-технической деятельности. Механизмы государственно-частного партнерства в инновационной сфере формируются по стадиям инновационного цикла и включают: партнерство в образовании, сотрудничество в научных исследованиях и

разработках, сотрудничество в инвестиционной деятельности, сотрудничество в трансфере технологий, сотрудничество в производстве инновационной продукции.

Состав участников государственно-частного партнерства шире, чем государственная власть и частный партнер (рисунок 2).

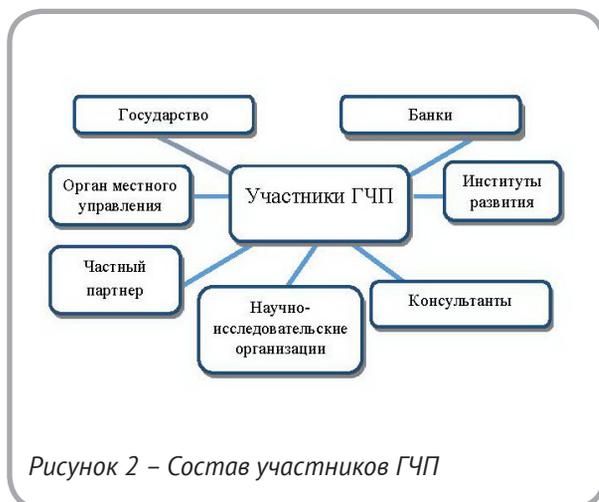


Рисунок 2 – Состав участников ГЧП

Источник: на основе [11, с. 11].

Как видно из рисунка, в состав участников включены научно-исследовательские организации. Это будет способствовать формированию национальной инновационной системы, эффективному взаимодействию государства и частного бизнеса в инновационной сфере.

Функции государственного и частного сектора распределяются следующим образом (таблица 1).

Таким образом, отношения государственно-частного партнерства сложные и многогранные, они проявляются во многих формах в зависимости от степени участия частного сектора. Для идентификации этих отношений важно сформулировать признаки ГЧП:

- ГЧП, как правило, представляют собой договорные отношения между государственным сектором и стороной частного сектора в целях предоставления частным сектором объектов общественной инфраструктуры или других основных услуг;
- финансирование создания объекта инфраструктуры или оказания услуг осуществляется полностью или частично частным партнером;
- различные риски распределяются между

государственными и частными партнерами, при этом каждый тип риска передается партнеру, который имеет наибольшие возможности управления риском;

- риски распределяются путем заключения партнерами контрактов, которые могут быть приведены в исполнение, где частный партнер обязан увеличить стоимость за определенный период времени путем осуществления новых инвестиций, управления и оказания услуг либо путем осуществления инвестиций в сочетании с оказанием услуг и осуществлением управления;

- ГЧП, как правило, предполагает «объединенный пакет» услуг (то есть проектирование, финансирование, строительство, техническое обслуживание и эксплуатацию) для обеспечения максимального синергетического эффекта и отказа от предложений, характеризующихся низкими капитальными вложениями / высокими операционными расходами;

- первоначальные строительные расходы, расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также прибыль на инвестированный капитал партнера частного сектора покрываются зачастую за счет доходов, полученных в рамках самого проекта;

- ГЧП являются сложными структурами, включающими множество сторон и требующими сравнительно высоких затрат на совершение сделки;

- партнер государственного сектора несет окончательную ответственность перед своими гражданами и поэтому оставляет за собой право забрать объект при несоблюдении условий контракта [9, с. 3].

- Государственный сектор в рамках ГЧП получает экономические и социальные преимущества. Экономические преимущества: получение финансирования для проектов; сокращение инвестирования государственного капитала; ускорение доступности услуг; оптимизация распределения рисков; доступ к опыту и технологиям частного сектора; мобилизация избыточных или недостаточно используемых активов; содействие развитию местных рынков капитала; косвенные экономические выгоды. Социальные преимущества: расширение предоставления услуг в отдаленных или обособленных регионах или населенных пунктах; уменьшение не-

Таблица 1 – Производственный перечень и закупаемый ассортимент продукции ОАО «Витебскхлебпром», в шт.

Государство	Органы местной власти	Частный сектор
Разрабатывает и устанавливает нормативно-правовую базу	Предоставляют земельные участки	Осуществляет строительство/ реконструкцию объекта
Определяет стратегии развития	Определяют политику местного развития, генеральные планы населенных пунктов	Осуществляет привлечение и управление финансовыми средствами
Осуществляет бюджетную поддержку проектов ГЧП	Выдает разрешения, лицензии	Управляет другими субподрядными организациями (концессиями), привлеченными к созданию и развитию объекта
Осуществляет разрешение споров	Контролирует качество услуг	Осуществляет управление объектом
Контролирует качество услуг	Формирует тарифы (в некоторых странах, отдельных сферах)	Проводит модернизацию объекта
Осуществляет мониторинг эффективности реализации проекта	Осуществляет мониторинг эффективности реализации проекта	Дает гарантии надежности и качества услуг
Формирует тарифы		Выполняет инвестиционные программы
Выдает разрешения, лицензии		

Источник: на основе [11, с. 10].

равенства доходов; обеспечение оздоровления окружающей среды. Для государства ГЧП может содержать следующие негативные моменты:

- в долгосрочной перспективе суммарные платежи государства частному сектору осуществляются в большем объеме, чем стоимость строительства исключительно за счет бюджетных средств;
- принадлежащее правительству право распоряжения созданным инфраструктурным объектом сильно ограничено, а, следовательно, государство теряет часть контрольных и регулирующих функций;
- государство несет определенные дополнительные расходы по отбору частных партнеров, осуществлению дальнейшего контроля за реализацией проекта в рамках ГЧП (например, финансирование деятельности конкурсных комиссий, рабочих групп по мониторингу и контролю за строительством и эксплуатацией объекта и т. д.);
- имеет место риск выбора частного парт-

нерства, не соответствующего установленным требованиям. Это может привести к нарушению сроков выполнения работ, созданию объектов надлежащего качества, а, следовательно, к неудовлетворению со стороны конечных потребителей.

- Преимущества, получаемые частным сектором: расширение рынка; долгосрочные контракты; определенные регулярные поступления дохода. Для частного сектора сдерживающим фактором участия в проектах ГЧП являются:
  - регулирование государством размеров платы, взимаемой частной стороной с третьих лиц за пользование объектами (например, платы за проезд по магистрали);
  - формальное закрепление права собственности на объект за государством. Для компании это может означать, что, например, данный объект не учитывается в общей сумме ее активов и поэтому не может служить в качестве залогового обеспечения перед кредиторами;
  - большая степень риска и ответственности

за реализуемый объект по сравнению с традиционными государственными заказами (например, частный сектор несет полную ответственность за соблюдение срока сдачи объекта в эксплуатацию, поэтому малейшие нарушения в графике проведения работ непременно ведут к штрафным санкциям).

Однако, как показывает мировой опыт, обоюдные выгоды государства и бизнеса, получаемые в процессе совместной реализации проектов, существенно перекрывают имеющиеся место издержки и проблемы, и в последние годы наблюдается процесс активного проникновения ГЧП во все новые сферы.

#### ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В БЕЛАРУСИ

В Республике Беларусь созданы предпосылки государственно-частного партнерства. Во-первых, имеется состав участников институциональной среды по развитию ГЧП:

- Центр ГЧП ГНУ «НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь»;
- Межведомственный инфраструктурный координационный совет;
- ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь»;
- Министерство экономики Республики Беларусь;

- Министерство финансов Республики Беларусь;
- Отраслевые министерства;
- ОАО «Банк развития Республики Беларусь»;
- Национальный банк Республики Беларусь;
- Бизнес-структуры; общественные объединения; вузы.

Для развития институциональной среды в мае 2014 г. создан Центр государственно-частного партнерства Республики Беларусь – это специализированное структурное подразделение ГНУ «НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь», которое призвано оказывать консультационную и методологическую поддержку органам государственного управления в реализации инфраструктурных проектов, основываясь на принципах ГЧП, продвигать ГЧП в Республике Беларусь, а также взаимодействовать с Межведомственным инфраструктурным координационным советом по вопросам стратегии развития ГЧП в Республике Беларусь и формирования Национального инфраструктурного плана.

На рисунке 3 представлена структура Центра ГЧП.

Основные задачи Центра ГЧП:

- проведение консультаций и оказание методологической поддержки органам государственного управления по вопросам стратегического инвестирования в инфраструктуру, развития ГЧП в Республике Беларусь, а также национальному

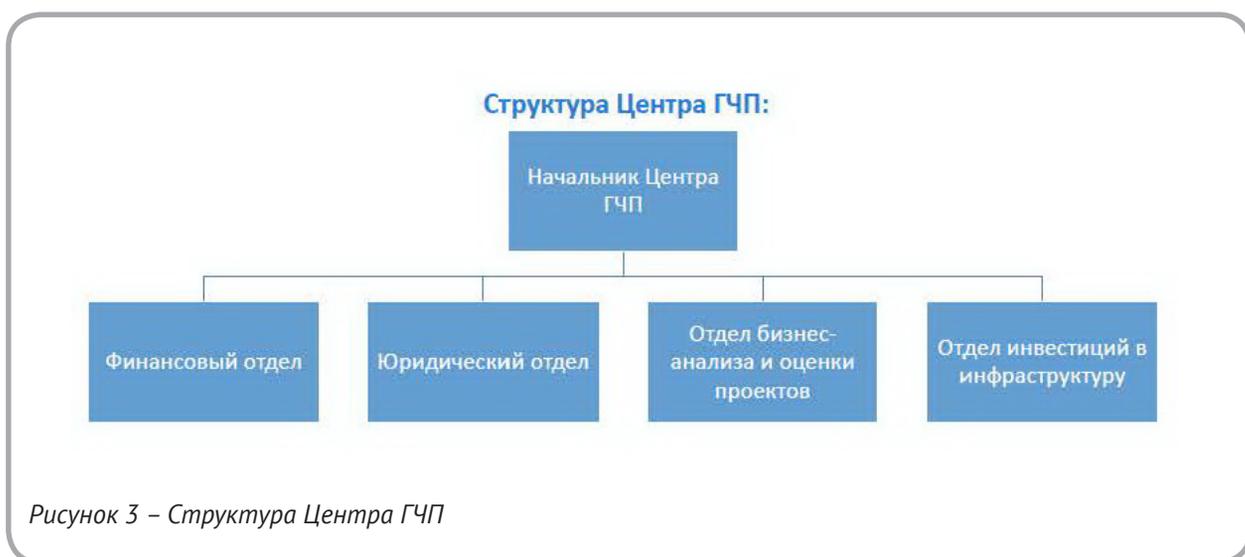


Рисунок 3 – Структура Центра ГЧП

Источник: на основе [12, с. 8].

инфраструктурному планированию;

- организация деятельности и всевозможных мероприятий, направленных на повышение потенциала и уровня знаний представителей государственного и частного сектора по вопросам ГЧП;

- разработка руководящих принципов и стандартных методик для различных этапов процесса закупок ГЧП (конкурса по выбору частного партнера);

- оказание содействия органам государственного управления по вопросам координации, подготовки, управления, анализа и информационного обеспечения проектов ГЧП на всех этапах проектного цикла;

- формирование рынка проектов ГЧП в Республике Беларусь;

- привлечение зарубежных и частных партнеров для реализации проектов ГЧП.

Межведомственный инфраструктурный координационный совет создан в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.05.14 № 508 – постоянно действующий коллегиальный орган, созданный для координации вопросов долгосрочного развития инфраструктурных объектов, в том числе на принципах государственно-частного партнерства. В состав его членов включены представители ключевых министерств, комитетов, финансовых институтов, исполкомов, общественных организаций, бизнес-структур.

Законодательство о государственно-частном партнерстве в Беларуси основывается на Конституции Республики Беларусь и состоит из Закона Республики Беларусь «О государственно-частном партнерстве» (проект по состоянию на 01.01.2015), Гражданского кодекса РБ, Инвестиционного кодекса РБ, Закона Республики Беларусь «Об аренде», Закона Республики Беларусь «О хозяйственных обществах», Закона Республики Беларусь «О поставках товаров для государственных нужд» от 24.11.1993 N 2588-XII, Указа Президента Республики Беларусь «О государственных закупках в Республике Беларусь» и других нормативных актов.

В Республике Беларусь подготовлен проект закона «О государственно-частном партнерстве» [18]. Данный проект прошел согласование в Совете Министров и готовится ко внесению

в Парламент Республики Беларусь. Документ был подготовлен с учетом опыта стран-членов ОЭСР и при непосредственном взаимодействии с Европейской экономической комиссией ООН. Проект закона содержит необходимые положения для формирования условий реализации ГЧП: определяет сферы и формы его осуществления, компетенцию участников, основные принципы проведения конкурса и отбора представителей бизнеса для реализации проектов, порядок заключения соглашения о ГЧП и обязательства сторон по нему, и положение о государственных гарантиях прав частного партнера.

Изучение законодательства и институциональной среды в Республике Беларусь позволило сформулировать ряд проблем развития ГЧП в Беларуси.

Первая группа проблем, влияющая на трудности развития ГЧП в Беларуси, связана со слабой юридической проработанностью этих вопросов в белорусском законодательстве. Принятие закона Республики Беларусь «О государственно-частном партнерстве» запланировано на 2015 год. В проекте этого Закона Республики Беларусь не определены особенности отношений государственно-частного партнерства в инновационной сфере и механизмы его практической реализации. В рамках Республики Беларусь отдельно разработан лишь Закон о концессиях как одной из важнейших форм ГЧП, но специалисты отмечают его слабое применение на практике. Действующее законодательство Республики Беларусь о государственных закупках (Указ Президента Республики Беларусь «О государственных закупках» от 25.08.2006 N 529 с изм. и доп. 2010 г.) не учитывает специфику государственно-частного партнерства в инновационной сфере и не содержит механизмов реализации проектов ГЧП. Отсутствует нормативно-правовой акт, предметом регулирования которого является обеспечение вовлечения в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности гражданского назначения, созданных за счет средств государственного бюджета. Игнорирование данного вопроса приводит к невозможности реализации проектов ГЧП законным способом. Необходима ясная юридическая позиция относительно собственности. Неясность в вопросах передачи части прав собственности от

государства бизнесу, отсутствие законов о государственной собственности и других важнейших нормативных актов обуславливают чрезвычайно высокие риски инвестирования частных средств в объекты принадлежащей государству инфраструктуры. Законодательное закрепление прав пользования объектами государственной собственности за частными компаниями в рамках концепции ГЧП (в первую очередь, концессий), предоставление правовых гарантий этим компаниям по возврату вложенных средств позволит значительно снизить риски частных инвестиций и активизировать процесс привлечения отечественного и зарубежного капитала в объекты государственной собственности.

Вторая группа проблем ГЧП связана с организационными вопросами внедрения механизмов государственно-частного партнерства. Отсутствие четко обозначенных в проекте закона Республики Беларусь «О государственно-частном партнерстве» моделей взаимодействия государственных организаций и бизнес-структур в инновационной сфере, отсутствие прогрессивных механизмов воздействия на инновационную деятельность предприятий, все это препятствует использованию механизмов ГЧП в инновационной сфере.

Общее число специалистов в сфере государственно-частного партнерства в Беларуси ничтожно мало. Таких специалистов только с 2012 г. начали готовить образовательные учреждения. Кроме того, отсутствует опыт в реализации проектов ГЧП. Для эффективного функционирования системы государственно-частного партнерства необходимо обеспечить не только подготовку кадров, но и повышение квалификации государственных служащих. Отсутствуют элементы институциональной среды: органы исполнительной власти, в ведении которых находятся вопросы ГЧП (в первую очередь концессий), финансово-экономические институты, обеспечивающие инвестирование и гарантирование частных инвестиций, независимые организации, осуществляющие экспертизу проектов и консалтинг, управляющие компании, ассоциации, объединения, фонда и т. п. Нет методик по составлению государственными органами власти инвестиционных договоров с длительными сроками окупаемости инвестиций.

Третья группа проблем – это экономические проблемы. Среди экономических проблем можно выделить следующие: ограниченное число финансовых инструментов регулирования инновационной деятельности; проблемы кадрового стимулирования и привлечения бизнеса к участию в инновационной деятельности; не достаточно сильный частный сектор; низкая степень доверия иностранных инвесторов; отсутствие солидных рынков капитала и финансов.

Четвертая группа проблем при создании и функционировании ГЧП связана с формированием неэкономических издержек, которые состоят в следующем: может иметь место асимметрия информации у государственных и частных партнеров, что может привести к различным расхождениям в реализации финансовых интересов; на практике подчас проявляются элементы оппортунизма в поведении партнеров, то есть нечестные намерения, например, частного партнера; часто из-за опасности передачи рисков частному сектору и из-за невозможности рассчитать доходность и составить разумный бизнес-план с учетом всех наложенных государством ограничений частный бизнес отказывается участвовать в конкурсах и, наоборот, при попытках учесть все варианты будущего развития событий, все возможные риски создаются крайне сложные, громоздкие модели ГЧП; существует риск олигополизации поставляющих отраслей; еще одна проблема – в случае возможного банкротства частного партнера спасение ГЧП ложится на государство, что уже на первоначальной стадии создания этого института может поставить под сомнение необходимость и возможность его развития.

#### НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В Беларуси развитие институтов взаимодействия государства и бизнеса становится одним из важнейших условий формирования эффективной экономической политики, повышения инвестиционной активности как в отдельных предпринимательских структурах (отраслях, регионах), так и по стране в целом.

Одним из направлений деятельности органов государственного управления по развитию

государственно-частного партнерства в инновационной сфере является формирование развития инновационных кластеров на основе государственно-частного партнерства. В условиях глобальной конкуренции методом активизации инноваций является кластеризация экономики. Кластеры являются самоорганизующимися системами, в которых создаются стратегические конкурентные преимущества благодаря синергетическому эффекту от сетевого сотрудничества и государственно-частного партнерства. Кластеры способствуют росту ВВП / ВРП и налоговых поступлений в бюджеты, экспорта, стимулируют развитие малого и среднего бизнеса в регионах. Теоретико-методологические основы кластеров рассмотрены в работе автора [31].

В целях развития ГЧП в Республике Беларусь предлагается реализовать комплекс мер, включающих:

- содействие, продвижение и распространение знаний о ГЧП;
- подготовку специалистов в области ГЧП и повышение потенциала государственного сектора, который напрямую или косвенно будет касаться реализации проектов ГЧП;
- разработку программ развития ГЧП в отдельных секторах экономики;
- идентификацию драйверов, способствующих реализации проектов ГЧП, включая список потенциальных секторов, где могут быть запущены пилотные проекты;
- создание и поддержание благоприятной среды, которая определяется макроэкономической ситуацией, деловой конъюнктурой, внутренней и внешней управленческой средой;
- проведение мероприятий для повышения доверия между партнерами и развитие культуры кооперирования между государственным и частным партнерами;
- разработку форм и методов взаимодействия органов государственной власти, государственных и частных научных и инновационных институциональных единиц;
- совершенствование налоговой и таможенной политики, включая налоговые и таможенные льготы;
- содействие и партнерство в формировании научно-инновационной инфраструктуры (технологические центры, технопарки, центры коллек-

тивного пользования оборудованием, отраслевые центры трансфера технологий, СЭЗ и др.);

- формирование в стране элементов институциональной среды ГЧП: финансово-экономических институтов, обеспечивающих инвестирование и гарантирование частных инвестиций, независимых организаций, осуществляющих экспертизу проектов и консалтинг, управляющих компаний, ассоциаций, объединений, фондов и т. п.
- реализацию кластерных программ на условиях государственно-частного партнерства;
- разработку мер по обеспечению кластерных инициатив и сотрудничества;
- поощрение финансовой политики, направленной на: обеспечение более доступного кредитования для бизнеса;
- поощрение долгосрочного кредитования инфраструктурных проектов на сроки, превышающие десятилетний период;
- создание для бизнеса менее обременительных условий кредитования; стабилизацию процентных ставок по кредитам для долгосрочных инфраструктурных проектов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования понятийный аппарат государственно-частного партнерства расширен определением государственно-частного партнерства в инновационной сфере, дополнительными отличительными признаками ГЧП, дополнительным субъектом партнерских отношений – научно-исследовательскими организациями. Усовершенствованный понятийный аппарат государственно-частного партнерства может послужить методологической основой разработки практических механизмов внедрения государственно-частного партнерства, в том числе в научно-техническую сферу. На основе исследования законодательства Беларуси выявлены проблемы в области внедрения государственно-частного партнерства и определены пути их решения. Сформулированы направления развития института государственно-частного партнерства в Республике Беларусь в контексте задач инновационного развития экономики. Полученные результаты могут быть использованы органами государственного управления для разработки стратегии

государственно-частного партнерства в Республике Беларусь, а также подготовки материалов для содействия, продвижения и распространения знаний о ГЧП и проведения мероприятий по повышению доверия партнеров и проявлению инициативы со стороны частного сектора в инициировании совместных проектов. Применение разработанных механизмов позволит достичь целей государственно-частного партнерства в Беларуси: ускорение темпов социально-эконо-

мического развития за счет дополнительных инвестиций в объекты инфраструктуры; экономия бюджетных средств в краткосрочном периоде; повышение эффективности использования бюджетных средств за счет привлечения частного сектора; активизация инновационного развития.

Таким образом, внедрение механизмов государственно-частного партнерства позволит вывести белорусскую экономику на принципиально новый уровень развития.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аввакумов, А.А. (2013), Проектирование моделей государственно-частного партнерства в реализации инновационной деятельности, *Российское предпринимательство*, 20013, № 22, С. 18–27.
2. Акинина, В.П., Абасов, Р.Г. (2013), Государственно-частное партнерство как катализатор инновационных процессов, *Финансы и кредит*, 2013, № 9, С. 45–50.
3. Борушко, Е.П. (2011), Государственно-частное партнерство в инновационной сфере: правовой и организационно-экономический аспекты, *Перспективы инновационного развития Республики Беларусь: сборник научных статей II междунар. науч.-практ. конф.*, Брест, Брестский гос. техн. ун-т, 2011, С. 218-221.
4. Борушко, Е.П., Хлабордов, В.А. (2014), Разработка технико-экономического обоснования проектов государственно-частного партнерства: подготовка, экспертиза и использование правового акта, *Экономический бюллетень научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*, 2014, № 6, С. 49–54.
5. Бруссер, П., Рожкова, С. (2007), Государственно-частное партнерство – новый механизм привлечения инвестиций, *Рынок ценных бумаг*, 2007, № 2, С. 30.
6. Варнавский, В.Г. Частно-государственное партнерство, *Сайт «Экспертный канал "Открытая экономика"»*. [Электронный ресурс]. Режим доступа : [http://www.opec.ru/article\\_doc.asp?d\\_no=50578](http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no=50578).

## REFERENCES

1. Avvakumov, A.A. (2013), Design models of public-private partnership in realization of innovation projects [Proektirovanie modele y gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v realizatsii innovatsionnoy deyatelnosti], *Rossiyskoe predprinimatelstvo – Russian business*, 2013, № 22, pp. 18–27.
2. Akinina, V.P., Abasov, R.G. (2013), Public-private partnership as a catalyst of innovative processes [Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo kak katalizator innovatsionnykh protsessov], *Finansyi i kredit – Finance and credit*, 2013, № 9, pp. 45–50.
3. Borushko, E.P. (2011), Public-private partnership in innovation sector: legal, organizational and economic aspects [Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v innovatsionnoy sfere: pravovoy i organizatsionno-ekonomicheskoy aspektiy], *Prospects of innovative development of the Republic of Belarus: collection of scientific articles of the second international scientific-practical conference*, Brest, 2011, pp. 218-221.
4. Borushko, E.P., Hlabordov, V.A. (2014), Development of feasibility study of projects of public-private partnerships: preparation, examination and use of a legal act [Razrabotka tehniko-ekonomicheskogo obosnovaniya projektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva: podgotovka, ekspertiza i ispolzovanie pravovogo akta], *Ekonomicheskyy byulleten nauchno-issledovatel'skogo ekonomicheskogo institute Ministerstva ekonomiki Respubliki Belarus – Economic Bulletin of the scientific research economic Institute of the Ministry of economy of the Republic of Belarus*, 2014, № 6, pp. 49–54.

7. Варнавский, В.Г., Лихачев, В., (2005), Частно-государственное партнерство при реализации стратегических планов: практика и рекомендации, *Международный центр социально экономических исследований «Леонтьевский центр»*, Санкт-Петербург, 32 с.
8. Варнавский, В.Г. (2012), Управление государственно-частными партнерствами за рубежом, *Вопросы государственного и муниципального управления*, 2012, № 2, С. 134–147.
9. Государственно-частные партнерства: обзор для Казахстана (2011), [Электронный ресурс] / Агентство США по международному развитию (USAID), 2011, Режим доступа :www.macro-project.net.
10. Дадеркина, Е.А. (2011), Государственно-частное партнерство как механизм активизации инвестиционной активности, *Вестник Полесского государственного университета*, Пинск, 2011, С. 27-30.
11. Дадеркина, Е.А. (2013), *Государственно-частное партнерство: международный опыт и перспективы для Республики Беларусь*, Минск, Министерство экономики Республики Беларусь, 2013, 46 с.
12. Дадеркина, Е.А. *Создание условий для развития государственно-частного партнерства в Беларуси: состояние и перспективы*, Европейская экономическая комиссия ООН, Режим доступа: [http://belisa.org.by/pdf/2014/PPP\\_conditions\\_04\\_12.pdf](http://belisa.org.by/pdf/2014/PPP_conditions_04_12.pdf).
13. Делмон, Дж. (2010), *Государственно-частное партнерство в инфраструктуре: практическое руководство для органов государственной власти*, АО «Казахстанский центр государственно-частного партнерства» при финансовой поддержке Консультативного офиса по участию частного сектора в инфраструктуре (PPIAF), 2010, 261 с.
14. Емельянов, Ю.С. (2011), *Государственно-частное партнерство в инновационной сфере: зарубежный и российский опыт*, Москва, Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2011, 318 с.
15. Лихачев, В. *Практический анализ современных механизмов ГЧП в зарубежных странах, или как реализовать ГЧП в России*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aep.ru/ru/uploadfiles/PPP.pdf>
5. Brusser, P., Rojkova, S. (2007), Public-private partnerships – new mechanism of investment attraction [Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo – novyy mekhanizm privilecheniya investitsiy], *Rynok tsennyih bumag – The securities market*, 2007, № 2, pp. 30.
6. Varnavskiy, V.G. (2012), Public-private partnership, *The website «Expert channel «Open economy»*, available at: [http://www.opec.ru/article\\_doc.asp?d\\_no=50578](http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no=50578).
7. Varnavskiy, V. G., Lihachev, V. (2005), *Chastno-gosudarstvennoe partnerstvo pri realizatsii strategicheskikh planov: praktika i rekomendatsii* [Public-private partnership in implementation of strategic plans: experience and recommendations], International centre for social and economic research «Leontief centre», St. Petersburg, 32 p.
8. Varnavskiy, V.G. (2012), The management of public-private partnerships abroad [Upravlenie gosudarstvenno-chastnyimi partnerstvami za rubejom], *Voprosyi gosudarstvennogo i munitsipalnogo upravleniya – Issues of state and municipal management*, 2012, № 2, pp. 134–147.
9. Gosudarstvenno-chastnyie partnerstva: obzor dlya Kazahstana [Public-private partnerships: an overview for Kazakhstan], (2011), available at: [www.macro-project.net](http://www.macro-project.net) (accessed 3 September 2015).
10. Daderkina, E.A. (2011), Public-private partnership as a mechanism of activation of investment activity [Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo kak mekhanizm aktivizatsii investitsionnoy aktivnosti], *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Polesie state University*, 2011, pp. 27-30.
11. Daderkina, E.A. (2013), *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: mejdunarodnyiy opyt i perspektivy dlya Respubliki Belarus* [Public-private partnership: international experience and prospects for the Republic of Belarus], Minsk: Ministerstvo ekonomiki Respubliki Belarus, 46 p.
12. Daderkina, E.A. (2010), *Sozdanie usloviy dlya razvitiya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Belarusi: sostoyanie i perspektivy* [Creating conditions for the development of public-private partnership in Belarus: state and prospects], available at: [http://belisa.org.by/pdf/2014/PPP\\_conditions\\_04\\_12.pdf](http://belisa.org.by/pdf/2014/PPP_conditions_04_12.pdf) (accessed 7 August 2015).

16. Модельный закон (2013), *О публично-частном партнерстве. Межпарламентская Ассамблея государств – участников Содружества Независимых Государств*, Приложение к постановлению МПА СНГ от 28.11.2014 г. N 41-9 [Электронный ресурс], 2013. – Режим доступа : <http://www.parliament.am/library/modelayin%20orenqner/305.pdf>. – Дата доступа : 04.05.2015.
17. Модельный Закон субъекта Российской Федерации (2011), «Об участии субъекта Российской Федерации, муниципального образования в проектах государственно-частного партнерства» от 22.02.2011 г. – Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс], 2011. – Режим доступа : [http://economy.gov.ru/minrec/resources/90cfa00045f41d7e99a7fd293491a18d/modelniy\\_zakon.pdf](http://economy.gov.ru/minrec/resources/90cfa00045f41d7e99a7fd293491a18d/modelniy_zakon.pdf). – Дата доступа : 04.05.2015.
18. Проект закона Республики Беларусь (2014) *О государственно-частном партнерстве*, 20 октября 2014 г. [Электронный ресурс] / ГЧП в Беларуси. – Режим доступа : <http://pppbelarus.by/draft-ppp-law/>. – Дата доступа : 04.05.2015.
19. Закон Республики Беларусь *О концессиях от 12 июля 2013, № 63-3* [Электронный ресурс] /Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, Режим доступа :<http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/republic12/text363.htm>. Дата доступа 11.05.2015.
20. Обоснование необходимости принятия Концепции проекта Закона Республики Беларусь «*О проектах государственно-частного партнерства в Республике Беларусь*» [Электронный ресурс] /Министерство экономики Республики Беларусь, Режим доступа :<http://a-z.by/npra/mineconomy/104--l-r.html>. – Дата доступа : 13.10.2014.
21. Правовые и организационные механизмы стимулирования инноваций: зарубежный опыт (2013), [Электронный ресурс], 2013, Режим доступа : [www.tomskforum.ru](http://www.tomskforum.ru). – Дата доступа : 12.05.2015.
22. Практическое руководство по вопросам эффективного управления в сфере государственно-частного партнерства (2008), Европейская экономическая комиссия. Организация Объединенных Наций, 2008, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.un.org/ru/publications/pdfs/efficient\\_management\\_guide\\_rus.pdf1](http://www.un.org/ru/publications/pdfs/efficient_management_guide_rus.pdf1). – Дата доступа : 12.05.2015.
13. Delmon, Dj. (2010), *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v infrastrukture: prakticheskoe rukovodstvo dlya organov gosudarstvennoy vlasti* [Public-private partnerships in infrastructure: a practical guide for public authorities], Astana, 2010, 261 p.
14. Emelyanov, Y.S. (2011), *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v innovatsionnoy sfere: zarubejnyiy i rossiyskiy opyt* [Public-private partnership in innovation sector: foreign and Russian experience], Moscow, 2011, 318 p.
15. Lihachev, V. (2012), *Prakticheskii analiz sovremennyih mekhanizmov GCP v zarubejnyih stranah, ili kak realizovat GCP v Rossii* [Practical analysis of modern PPP mechanisms in foreign countries, or how to implement PPP in Russia], available at: <http://www.apec.ru/ru/uploadfiles/PPP.pdf> (accessed 2 September 2015).
16. Modelniy zakon: *O publichno-chastnom partnerstve* [Model law On public-private partnership], (2013), available at:<http://www.parliament.am/library/modelayin%20orenqner/305.pdf> (accessed 3 September 2015).
17. Modelniy Zakon subyektu Rossiyskoy Federatsii «Ob uchastii subyektu Rossiyskoy Federatsii, munitsipalnogo obrazovaniya v proektah gosudarstvenno-chastnogo partnerstva» ot 22.02.2011 g. [The model Law of a constituent entity of the Russian Federation "About participation of subjects of the Russian Federation, municipal entities in projects of public-private partnership" dated 22.02.2011], (2011), available at: [http://economy.gov.ru/minrec/resources/90cfa00045f41d7e99a7fd293491a18d/modelniy\\_zakon.pdf](http://economy.gov.ru/minrec/resources/90cfa00045f41d7e99a7fd293491a18d/modelniy_zakon.pdf) (accessed 3 September 2015).
18. Proekt zakona Respubliki Belarus «O gosudarstvenno-chastnom partnerstve [The draft law of the Republic of Belarus «On public-private partnerships»], (2014), available at: <http://pppbelarus.by/draft-ppp-law/> (accessed 3 September 2015).
19. Zakon Respubliki Belarus O kontsessiyah ot 12 iyulya 2013, № 63-Z [The law of the Republic of Belarus On concessions, dated 12 July 2013, No. 63- Z], available at: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/republic12/text363.htm> (accessed 3 September 2015).
20. Obosnovanie neobhodimosti prinyatiya Kontseptsii projekta

23. Проект ФЗ «Об основах государственно-частного партнерства в Российской Федерации» (внесен Правительством РФ) № 238827-6 от 13 марта 2013 г. *Государственно-частное партнерство: новые возможности для развития инфраструктуры в странах с переходной экономикой* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sroportal.ru/laws/proekt-fz-ob-osnovax-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva-v-rossijskoj-federacii/>. – Дата доступа : 12.05.2015.
24. Развитие государственно-частного партнерства в странах ЕС и России, Инициативы XXI века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ini21.ru/?id=1231>. – Дата доступа : 12.05.2015.
25. Смит, А. Модель ГЧП: Введение. Важность и преимущества государственного и частного секторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.economy.gov.by/dadvfiles/002150\\_856583\\_Model.pdf](http://www.economy.gov.by/dadvfiles/002150_856583_Model.pdf). – Дата доступа : 12.05.2015.
26. Темницкая, О.А. (2013), Формирование законодательства о государственно-частном партнерстве на территории Единого экономического пространства и Украины, *Налогов Беларуси*, 2013, № 43, С. 84–92.
27. Фатеев, В.С. (2012), Публично-частное партнерство: сущность, формы, проблемы и перспективы развития в Республике Беларусь, *Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития : материалы XIII Международной научной конференции, Минск, 25 - 26 октября 2012 г.*, Минск, НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь, 2012, Т. 1, С. 39–47.
28. Черевиков, Е.Л. (2014), Развитие инновационной сферы в Украине: от публично-частного партнерства к инновационному партнерству, *Белорусский экономический журнал*, 2014, № 3, С. 65–75.
29. Чонка, А. (2009), Государственно-частное партнерство: симбиоз государства и бизнеса, *Бюджет*, 2009, №7, С. 28–31.
30. Якунин, В.И. (2007), Партнерство в механизме государственного управления, *Социологическое исследование*, 2007, № 2, С. 59.
- Zakona Respubliki Belarus «O proektah gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Respublike Belarus» [The rationale for the adoption of the concept of the draft Law of the Republic of Belarus «On public-private partnership in the Republic of Belarus»], (2014), available at: <http://a-z.by/npa/mineconomy/104-l-r.html> (accessed 3 September 2015).
21. Pravovyye i organizatsionnyye mekhanizmy stimulirovaniya innovatsiy: zarubejnyy opyt [ Legal and organizational mechanisms of stimulation of innovation: foreign experience], (2013), available at: [www.tomskforum.ru](http://www.tomskforum.ru) (accessed 12 May 2015).
22. Prakticheskoe rukovodstvo po voprosam effektivnogo upravleniya v sfere gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [A practical guide to promoting good governance in public-private partnership], (2008), available at: [http://www.un.org/ru/publications/pdfs/efficient\\_management\\_guide\\_rus.pdf1](http://www.un.org/ru/publications/pdfs/efficient_management_guide_rus.pdf1) (accessed 12 May 2015).
23. Proekt FZ «Ob osnovah gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Rossiyskoy Federatsii» (vnesen Pravitelstvom RF) № 238827-6 ot 13 marta 2013 g. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: novyye vozmojnosti dlya razvitiya infrastruktury v stranah s perehodoj ekonomikoy [The draft Federal law "On principles of state-private partnership in the Russian Federation" (introduced by RF Government) No. 238827-6 of March 13, 2013 Public-private partnership: new opportunities for infrastructure development in transition economies], (2008), available at: <http://sroportal.ru/laws/proekt-fz-ob-osnovax-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva-v-rossijskoj-federacii/> (accessed 12 May 2015).
24. Razvitie gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v stranah ES i Rossii, Initsiativy XXI veka [The development of public-private partnerships in the EU and Russia, Initiatives of the XXI century.], (2013), available at: <http://www.ini21.ru/?id=1231> (accessed 21 May 2015).
25. Smit, A. Model GCP: Vvedenie. Vajnost i preimuschestva gosudarstvennogo i chastnogo sektorov [The PPP model: an Introduction. The importance and benefits of public and private sectors], (2013), available at: [http://www.economy.gov.by/dadvfiles/002150\\_856583\\_Model.pdf](http://www.economy.gov.by/dadvfiles/002150_856583_Model.pdf) (accessed 25 May 2015).
26. Temnitskaya, O.A. (2013), The formation of the legislation

31. Яшева, Г.А., Кунин, В.А. (2014), Кластерная стратегия инновационного развития экономик России и Беларуси, *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*, 2014, № (62) УЭКС, 2/2014– ISSN онлайн-версии 1999-4516. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// http://uecs.ru/index](http://http://uecs.ru/index)
32. David Hall, Robin de la Motte, Steve Davies (2003), *Terminology of Public-Private Partnerships (PPPs)*, L. : University of Greenwich, 2003, 186 p
33. Etzkowitz, H. (2010), The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations, [Electronic resource], 2010, Mode of access: [http:// mapspublic3.ihmc.us/rid=1223538615937\\_1419971854\\_1861/etzkowitz-inn](http://mapspublic3.ihmc.us/rid=1223538615937_1419971854_1861/etzkowitz-inn). – Date of access : 12.05.2015.
34. Hodge G.A., Greve C. (2007), *Public-Private Partnerships: An International Performance Review*, *Public Administration Review*, 2007, May–June, P. 546.
35. Hurst C., Reeves E. (2004), An Economic Analysis of Ireland's First Public-Private Partnership, *The International Journal of Public Sector Management*, 2004, Vol. 17, № 5, P. 379.
36. Maria May (2010), Seitanidi, Dimitrios N. Koufopoulos Partnership Formation for Change: Indicators for Transformative Potential in Cross Sector Social Partnerships in *Journal of Business Ethics*, 2010, с. 11.
37. Market Update Review of the European PPP Market in 2014, European PPP Expertise Centre, 2015
38. PPI in IDA Countries, 2009 to 2014/ World Bank PPI-Global-Update [Electronic .resource]. -2014. – Mode of access: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global>. - Date of access: 24.07.2015
39. PPI-Global-Update [Electronic .resource]. -2015. – Mode of access: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global>. - Date of access: 24.07.2015
40. Private Participation in Infrastructure (PPI) Project Database [Electronic .resource]. -2014. – Mode of access: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global>. - Date of access: 24.07.2015
- on public-private partnership on the territory of the Single economic space and Ukraine [Formirovanie zakonodatelstva o gosudarstvenno-chastnom partnerstve na territorii Edinogo ekonomicheskogo prostranstva i Ukrainyi], *Nalogi Belarusi – Taxes Belarus*, 2013, № 43, pp. 84–92.
27. Fateev, V.S. (2012), *Public-private partnership: essence, forms, problems and development prospects in the Republic of Belarus* [Publichno-chastnoe partnerstvo: suschnost, formy, problemy i perspektivy razvitiya v Respublike Belarus], *Problems of forecasting and state regulation of socio-economic development : materials of XIII International scientific conference*, Minsk, 2012, pp. 39–47.
28. Cherevikov, E.L. (2014), The development of innovation sphere in Ukraine: public-private partnership to an innovative partnership [Razvitie innovatsionnoy sfery v Ukraine: ot publichno-chastnogo partnerstva k innovatsionnomu partnerstvu], *Belorusskiy ekonomicheskij jurnal – Belarusian economic journal*, 2014, № 3, pp. 65–75.
29. Chonka, A. (2009), *Public-private partnership: the symbiosis of state and business* [Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: simbioz gosudarstva i biznesa], *Byudjet – Budget*, 2009, № 7, pp. 28–31.
30. Yakunin, V.I. (2007), The partnership in the state administration mechanism [Partnerstvo v mehanizme gosudarstvennogo upravleniya], *Sotsiologicheskoe issledovanie – Sociological research*, 2007, № 2, pp. 59.
31. Yasheva, G.A., Kunin, V.A. (2014), Cluster strategy of innovative development of the economies of Russia and Belarus [Klasternaya strategiya innovatsionnogo razvitiya ekonomik Rossii i Belarusi], *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy jurnal – Management of economic systems: electronic scientific journal*, 2014, № 62, available at: [http:// http://uecs.ru/index](http://http://uecs.ru/index) (accessed 25 May 2015).
32. David Hall, Robin de la Motte, Steve Davies (2003), *Terminology of Public-Private Partnerships (PPPs)*, L. : University of Greenwich, 2003, 186 p.
33. Etzkowitz, H. (2010), The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations, available at:

41. Private Participation in Infrastructure Projects Database / The World Bank Group The Public-Private Infrastructure Advisory Facility. July 2008. Available at: <http://ppi.worldbank.org> (accessed: 7.09.14).
42. Public/private partnerships for innovation: policy rationale, trends and issues, OECD, 10–12 December 2002, Headquarters, Paris.
43. Public-Private Partnerships Государственно-частное партнерство – общий обзор. – 2008. Organization for Economic Cooperation and Development.
44. Selsky J.W., Parker B. (2005) Cross-Sector Partnerships to Address Social Issues: Challenges to Theory and Practice, *Journal of Management*, № 31, n. 6, pp. 1–25. <http://dx.doi.org/10.1177/0149206305279601>.
- [http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1223538615937\\_1419971854\\_1861/etzkowitz-inn](http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1223538615937_1419971854_1861/etzkowitz-inn) (accessed 25 May 2015).
34. Hodge, G.A., Greve C. (2007), Public-Private Partnerships: An International Performance Review, *Public Administration Review*, 2007, p. 546.
35. Hurst C., Reeves E. (2004), An Economic Analysis of Ireland's First Public-Private Partnership, *The International Journal of Public Sector Management*, 2004, № 17, № 5, p. 379.
36. Maria May (2010), Seitanidi, Dimitrios N. Koufopoulos Partnership Formation for Change: Indicators for Transformative Potential in Cross Sector Social Partnerships in *Journal of Business Ethics*, 2010, p. 11.
37. Market Update Review of the European PPP Market in 2014, European PPP Expertise Centre, 2015.
38. PPI in IDA Countries, 2009 to 2014/ World Bank PPI-Global-Update, 2014, available at: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global> (accessed 27 May 2015).
39. PPI-Global-Update, 2015, available at: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global> (accessed 27 May 2015).
40. Private Participation in Infrastructure (PPI) Project Database, 2014, available at: <http://ppi-re.worldbank.org/snapshots/global> (accessed 27 May 2015).
41. Private Participation in Infrastructure Projects Database, The World Bank Group The Public-Private Infrastructure Advisory Facility, 2008, available at: <http://ppi.worldbank.org> (accessed 7 September 2015).
42. Public private partnerships for innovation: policy rationale, trends and issues, OECD, 10–12 December 2002, Headquarters, Paris.
43. Public-Private Partnerships, 2008. Organisation for Economic Cooperation and Development.
44. Selsky J.W., Parker B. (2005) Cross-Sector Partnerships to Address Social Issues: Challenges to Theory and Practice, *Journal of Management*, № 31, pp. 1–25, available at: <http://dx.doi.org/10.1177/0149206305279601> (accessed 7 September 2015).

Статья поступила в редакцию 14. 09. 2015 г.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

<b>Алексеев Игорь Сергеевич</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки», Витебский государственный технологический университет
<b>Андриянова Ольга Михайловна</b>	– ассистент кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
<b>Белковец Андрей Михайлович</b>	– магистр экономики, начальник отдела по работе с финансовыми институтами управления международного бизнеса ОАО «Банк развития Республики Беларусь», г. Минск
<b>Березин Леонид Николаевич</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная механика», Киевский национальный университет технологии и дизайна, Украина
<b>Бизюк Андрей Николаевич</b>	– старший преподаватель кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств», Витебский государственный технологический университет
<b>Брайкова Алла Мечиславовна</b>	– кандидат химических наук, доцент кафедры «Физикохимия материалов и производственных технологий», Белорусский государственный экономический университет
<b>Буркин Александр Николаевич</b>	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Стандартизация», Витебский государственный технологический университет
<b>Ванкевич Елена Васильевна</b>	– доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе, Витебский государственный технологический университет
<b>Деркаченко Павел Григорьевич</b>	– старший преподаватель кафедры «Математика и информационные технологии», Витебский государственный технологический университет
<b>Дорошенко Илья Андреевич</b>	– аспирант кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
<b>Дробот Елена Викторовна</b>	– аспирант кафедры «Экспертиза, технология и дизайн текстиля», Херсонский национальный технический университет, Украина

<b>Дягилев Андрей Степанович</b>	– кандидат технических наук, докторант, доцент кафедры «Математика и информационные технологии», Витебский государственный технологический университет
<b>Жук Ирина Николаевна</b>	– кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Финансы», Белорусский государственный экономический университет
<b>Закора Оксана Васильевна</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экспертиза, технология и дизайн текстиля», Херсонский национальный технический университет, Украина
<b>Захаркевич Оксана Васильевна</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и конструирование швейных изделий», Хмельницкий национальный университет, Украина
<b>Ковалевская Наталья Андреевна</b>	– аспирант, Витебский государственный университет имени П.М. Машерова
<b>Ковчур Андрей Сергеевич</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
<b>Коган Александр Григорьевич</b>	– доктор технических наук, профессор кафедры «Технология текстильных материалов», Витебский государственный технологический университет
<b>Кошель Анна Владимировна</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины легкой промышленности», Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина
<b>Кошель Сергей Александрович</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная механика», Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина
<b>Крашенинников Александр Витальевич</b>	– аспирант, Московский государственный университет дизайна и технологии, Российская Федерация
<b>Маковская Наталья Владимировна</b>	– доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономика и управление», Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова
<b>Марущак Алексей Сергеевич</b>	– студент механико-технологического факультета, Витебский государственный технологический университет

<b>Матвейко Николай Петрович</b>	– доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физикохимия материалов и производственных технологий», Белорусский государственный экономический университет
<b>Миклис Наталья Ивановна</b>	– кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Общая гигиена и экология», Витебский государственный медицинский университет
<b>Москалец Руслан Анатольевич</b>	– магистр технических наук, инженер ООО «Тусон»
<b>Ольшанский Валерий Иосифович</b>	– кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
<b>Парманчук Вера Владимировна</b>	– аспирант, ассистент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
<b>Рябиков Виталий Сергеевич</b>	– ассистент кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
<b>Рязанова Елена Юрьевна</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экспертиза, технология и дизайн текстиля», Херсонский национальный технический университет, Украина
<b>Савенок Владимир Евгеньевич</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана труда и химия», Витебский государственный технологический университет
<b>Садовский Виктор Васильевич</b>	– доктор технических наук, профессор, первый проректор университета, Белорусский государственный экономический университет
<b>Серенков Павел Степанович</b>	– доктор технических наук, заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и информационные системы», Белорусский национальный технический университет
<b>Стёпин Святослав Генрихович</b>	– кандидат химических наук, доцент кафедры «Органическая химия», Витебский государственный медицинский университет
<b>Сторожев Владимир Васильевич</b>	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и аппараты легкой промышленности», Московский государственный университет дизайна и технологии, Российская Федерация

<b>Угольников Александр Александрович</b>	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
<b>Шарапкова Алеся Викторовна</b>	– магистрант кафедры "Менеджмент", Витебский государственный технологический университет
<b>Шелег Валерий Константинович</b>	– доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий кафедры «Технология машиностроения», Белорусский национальный технический университет
<b>Яшева Галина Артемовна</b>	– доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономическая теория и маркетинг», Витебский государственный технологический университет

# ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит два раза в год. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

- технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения;
- химическая технология и экология;
- экономика.

2. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

3. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

- заявку с названием статьи, тематическим направлением (из п. 1), к которому она подается, списком авторов и их личными подписями. В заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи на сайтах журнала «Вестник ВГТУ» (<http://vestnik.vstu.by/rus/>) и Научной электронной библиотеки (<http://elibrary.ru/>);

- реферат на языке оригинала объемом не менее 10 строк (не менее 100 – 250 слов) – на русском или белорусском языке. Реферат оформляется по ГОСТ 7.9 – 95, включает ключевые слова и следующие аспекты содержания статьи: предмет, тему и цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы. Последовательность изложения содержания статьи может быть изменена. Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте реферата;

- авторскую аннотацию (abstract) и название статьи – на английском языке. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной, оригинальной, то есть не дублировать текст реферата, структурированной; объем аннотации должен составлять 100 – 250 слов;

- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписку из протокола заседания кафедры (для авторов, являющихся сотрудниками ВГТУ);

- экспертное заключение о возможности опубликования представленных материалов в открытой печати;

- справку, содержащую сведения об авторах (место работы, должность, ученая степень, адрес, телефон, e-mail) – на русском и английском языках. Требуется также указывать транслитерированное (с использованием букв латинского алфавита) название места работы автора, которое можно получить, воспользовавшись бесплатной программой транслитерации русского языка в латиницу на сайте <http://www.translit.ru/>;

- электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

4. Структура принимаемых к опубликованию статей следующая: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

5. В тексте статьи должны быть последовательно отражены: состояние проблемы до начала ее изучения авторами; цель представленной работы и задачи, которые были решены для ее достижения; методика проведенных исследований; анализ полученных результатов, их научная новизна и практическая ценность; выводы. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. В выводах должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения. При необходимости должны быть также указаны границы применимости полученных результатов.

6. Список использованных источников оформляется отдельно в конце статьи; ссылки на публикации должны быть вставлены в текст в виде номера публикации в списке, заключенного в квадратные скобки. Ссылки на неопубликованные работы (диссертации, отчеты, депонированные рукописи) не допускаются. В библиографическом описании источника указываются фамилии и инициалы всех авторов, год издания (в круглых скобках), название источника (для статей – название журнала курсивом), номера страниц. Каждый источник должен иметь автора. Если упоминается сборник под редакцией, то в качестве автора указывается первый из ре-

дакторов. Если работа выполнена коллективом организации и конкретные авторы не указаны, в качестве автора указывается организация.

Если использованный источник опубликован не на английском языке, его библиографическое описание необходимо привести на языке оригинала и дополнить переводом на английский язык и транслитерацией всей указываемой в описании информации.

Примеры перевода и транслитерации библиографического описания (оформление соответствует требованиям, описанным выше для русскоязычного описания) приведены в таблицах.

Характеристика источника	Рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system)
Книга	Nenashev, M.F. (1993), <i>Poslednee pravitelstvo SSSR</i> [Last government of the USSR], Moscow, Krom Publ., 221 p. Kanevskaya, R.D. (2002), <i>Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov</i> [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development], Izhevsk, 140 p.
Статья из журнала	Zagurenko, A.G., Korotovskikh, V.A., Kolesnikov, A.A., Timonov, A.V., Kardymon, D.V. (2008), Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing [Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta], <i>Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry</i> , 2008, № 11, pp. 54-57.
Статья из электронного журнала	Swaminathan, V., Lepkoswka-White, E., Rao, B.R. (1999), Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange, <i>Journal of Computer-Mediated Communication</i> , Vol. 5, № 2, available at: <a href="http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/">www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/</a> .
Материалы конференции	Usmanov, T.S., Gusmanov, A.A., Mullagalin, I.Z., Muhametshina, R. Ju., Svechnikov, A.V. (2007), Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing [Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta], New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact, <i>Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Technological Symposium</i> , Moscow, 2007, pp. 267-272.
Электронные источники	APA Style (2011), available at: <a href="http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx">http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx</a> (accessed 5 February 2011). Pravila Tsicirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources], (2011), available at: <a href="http://www.scribd.com/doc/1034528/">http://www.scribd.com/doc/1034528/</a> (accessed 7 February 2011).

Характеристика источника	Рекомендации по оформлению русскоязычного библиографического описания
Книга	Ненашев, М.Ф. (1993), <i>Последнее правительство СССР</i> , Москва, Кром, 221 с. Каневская, Р.Д. (2002), <i>Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов</i> , Ижевск, 140 с.
Статья из журнала	Загуренко, А.Г., Коротовских, В.А., Колесников, А.А., Тимонов, А.В., Кардымон, Д.В. (2008), Технично-экономическая оптимизация дизайна гидроразрыва пласта, <i>Нефтяное хозяйство</i> , 2008, № 11, С. 54-57.
Материалы конференции	Усманов, Т.С., Гусманов, А.А., Муллагаллин, И.З., Мухаметшина, Р.Ю., Свечников, А.В. (2007), Особенности проектирования разработки месторождений с применением гидроразрыва пласта, Новые ресурсосберегающие технологии недропользования и повышения нефтегазоотдачи, <i>Труды 6-го Международного технологического симпозиума</i> , Москва, 2007, С. 267-272.

Также подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций даны на сайте <http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2>.

7. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском, белорусском или английском языке;
- объем публикации должен составлять от 14 000 до 22 000 печатных знаков (4–10 страниц), набранных шрифтом Times New Roman 12, с полями по 20 мм на сторону и одинарным межстрочным интервалом;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования;
- исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;
- формулы набираются в прикладной программе Microsoft Equation 3.0, входящей в состав MS Office 2007, Times New Roman 12 полужирный курсив. Межстрочный интервал перед строкой формул составляет от 6 до 10 пт.;
- таблицы располагаются после первого упоминания в тексте. При этом они не должны дублировать сведения, отображенные на графиках.

Заголовки таблиц располагаются по центру страницы. Табличные данные – по центру или выравниваются по левому краю. Шрифт – Times New Roman чёрный от 9 до 12 пт. Заливка не используется;

- иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подрисуночную надпись (Times New Roman, 11 пт). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с MS Word. Для названия осей координат и указания их размерности применяют шрифт Times New Roman от 9 до 11 пт. Фотографии должны иметь контрастное черно-белое изображение. В электронном виде фотографии представляются в стандартах растровой графики JPG, Tiff, BMP, PCX разрешением не менее 300 dpi;
- иллюстрации, графики, диаграммы, формулы и таблицы должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным файлом, файл должен называться по названию аналогичного элемента в тексте;
- иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. Нумерация формул приводится арабскими цифрами в круглых скобках по правому краю страницы; порядковые номера

ссылок на использованные источники должны быть написаны внутри квадратных скобок;

- распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

8. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

9. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

10. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

11. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются на рецензию специалистам. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

12. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются. В случае возврата статьи автору на доработку датой представления считается день получения редакцией исправленной рукописи.

13. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, реферате и abstract, не искажающие основное содержание статьи.

14. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Скробовой АLINE Сергеевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес [vestnik-vstu@tut.by](mailto:vestnik-vstu@tut.by) ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

**НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ**

**ВЕСТНИК**

**ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТЫЙ ВЫПУСК**

Дизайн **Григорьева Н.В.**

Корректурa **Богачёва Е.М.**

Вёрстка **Григорьева Н.В.**

*(«Технология и оборудование легкой  
промышленности и машиностроения»,  
«Химия и химическая технология»)*

**Погорельская С.И.**

*(«Экономика»)*

Подписано в печать **07.12.2015**. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans. Усл. печ. листов **11.5**  
Уч.-изд. листов **18.9**. Формат 60x90 1/8. **Тираж 100 экз. Заказ № 7765.**

Свёрстано и подготовлено к печати издательским  
отделом ЦИТ Витебского государственного  
технологического университета  
210035, Республика Беларусь, г. Витебск,  
Московский пр-т, 72.

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Отпечатано унитарным полиграфическим  
предприятием «Витебская областная типография»  
210015, Республика Беларусь, г. Витебск,  
ул. Щербакова-Набережная, 4.

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 2/19 от 26 ноября 2013 г.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 2554 от 31 мая 2005 г.