

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

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ДВАДЦАТЬ ШЕСТОЙ ВЫПУСК

ВИТЕБСК 2014

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., доц. 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.Ф. (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., проф. 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. Шеверина Л.Н. (ВГТУ)

Химическая технология и экология

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

- д.т.н., проф. Жарский И.М. (БГТУ)
- 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 и в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования».

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», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Акиндинова Н.С., Казарновская Г.В., Иваненков Д.А. Автоматизированное проектирование гобеленовых тканей новых структур	7
Башметов В.С. Анализ параметров зевообразования на ткацких станках	17
Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ясинская Н.Н., Ольшанский В. И. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ-излучения.....	21
Бобырь С.В., Кузьмина Т.О., Расторгуева М.И. Сохранность качественных показателей соломы льна масличного в условиях юга Украины	29
Грот Д.В., Кириллов А.Г., Сункуев Б.С. Расчёт скоростей шитья вышивального полуавтомата с программным управлением.....	38
Казарновская Г.В., Абрамович Н.А. Технология изготовления копий исторических поясов, произведенных на Слуцкой мануфактуре	44
Корнеенко Д.В. Расчет рычажного усилителя пресса для фальцевания деталей одежды	51
Назаренко Е.В., Рыклин Д.Б. Косвенная оценка асимметрии распределения масс отрезков пряжи на основе показателей ее неровноты по линейной плотности.....	60
Новиков В.Ю., Рубаник В.В. Синтез и анализ ультразвуковых колебательных систем волоочильных установок	68
Ольшанский А.И., Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Графоаналитический метод расчета конвективно-терморadiационной сушки технических тканей	74
Пятов В.В. Триботехнические исследования пластичных сред.....	85
Радоман Н.В., Александров О.И., Свирский Д.Н. Оптимизация режимов электропотребления энергоемкого машиностроительного производства.....	89
Чурсина Л.А., Бойко Г.А. Технические характеристики волокнистой части стеблей соломы льна масличного после уборки комбайном	97

Химическая технология и экология

Брайкова А.М., Матвейко Н.П., Садовский В.В. Инверсионно-вольтамперометрический контроль тяжелых металлов в фильтрах сигарет	103
---	-----

Витязь П.А., Жорник В.И., Ковалева С.А., Григорьева Т.Ф. Влияние режимов механоактивации на структуру и свойства порошков-прекурсоров системы медь-олово и сплавов, спеченных на их основе..... 110

Жорник В.И. Формирование композитного слоя триботехнического назначения электрохимическим хромированием и химической обработкой в водной оксидосодержащей суспензии..... 121

Москалец Р.А., Ковчур А.С., Шелег В.К. Исследование пластической деформации порошковых материалов 136

Тимонов И.А., Тимонова Е.Т. Определение поверхности контакта фаз химическим методом в увлажнителе со встречными закрученными потоками 142

Экономика

Блинов А.О., Яшева Г.А. Реинжиниринг бизнес-процессов как управленческая инновация современных организаций: методологический аспект.....147

Галешова Е.И. Направления совершенствования кадровой деятельности в организациях.. 161

Гриненко А.М., Кирилук В.В. Формирование социальной сплоченности общества на основе эффективной социальной политики 172

Кадомцева М.Е. Анализ инновационного развития отраслей агропромышленного комплекса России..... 179

Карпов В.А. Состояние кооперативно-интеграционных связей в льняном подкомплексе Республики Беларусь.....187

Касаева Т.В., Грузневич Е.С. Разработка механизма оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации..... 196

Прудникова Л.В. Оценка состояния и потенциала инновационного и технологического развития в рамках региональной промышленной политики 206

Прокофьева Н.Л. Применение инструментов стратегического менеджмента в обосновании региональных стратегий развития 218

Сведения об авторах..... 229

Памятка авторам научно-технического журнала «Вестник Витебского государственного технологического университета»..... 233

CONTENT

Technology and machinery of light industry and machine building

Natalia Akindinova, Galina Kazarnovskaya, Dmitry Ivanenkov Automated design of tapestry fabrics of new structures	7
Valery Bashmetau Analysis parameters for shedding looms.....	17
Andrei Biziuk, Sergei Zhernosek, Natal'ya Yasinskaya, Valerii Ol'shanskii Study of impregnation of textile materials in the field of micro-wave radiation.....	21
Snezhana Bobyr, Tatiana Kuzmina, Marina Rastorgueva Preservation of quality parameters of the straw of oil flax in the conditions of the southern of Ukraine	29
Dmitry Grot, Aleksey Kirillov, Boris Sunkuev Calculation embroidery sewing speed semiautomatic control software.	38
Galina Kazarnovskaya, Natalya Abramovich Manufacturing techniques of copies of historical belts, made on the Slutsky manufactory.....	44
Dmitrii Korneyenko Calculation of lever-type press booster for creasing of clothes details	51
Ekaterina Nazarenko, Dzmitry Ryklin Indirect estimation of the skewness of yarn pieces mass distribution based on the its unevenness parameters	60
Vladislav Novikov, Vasily Rubanik Synthesis and analysis of ultrasonic vibrating systems of drawing machines.....	68
Anatolii Ol'shanskij, Sergei Zhernosek, Valerii Ol'shanskij Graphic analytical method of calculation of convective thermoradiation drying of technical fabrics.....	74
Vladislav Pyatov Tribological studies of plastic media	85
Natallia Radaman, Oleg Aleksandrov, Dmitry Svirskij Optimization of modes of the power consumption of power-intensive machine-building industry.....	89
Ludmila Chursina, Galina Boiko The technical characteristics of the fibrous stems of oil flax straw after combine harvesting.....	97

Chemical technology and ecology

Alla Braikova, Nikolay Matveiko, Viktor Sadovski Stripping voltammetric control of heavy metals in cigarette filters.....	103
--	-----

Peter Vityaz, Victor Zhornik, Svetlana Kovaleva, Tatiana Grigorieva . Influence of regimes of mechanical activation on the structure and properties of the powder precursor of the copper-tin and alloys sintered on the their basis	110
Victor Zhornik The forming of tribological composite layer by electrochemical chromium-plating and chemical treatment in an aqueous oxide containing suspension	121
Ruslan Maskalets, Andrey Kovchur, Valery Sheleg Research of plastic deformation of powder materials.....	136
Ivan Timonov, Elena Timonova Definition of phase contact surface by a chemical method in the humidifier with counter swirling flows.....	142

Economics

Andrej Blinov, Galina Yaheva Business process reengineering as management innovation of modern organizations: methodological aspect	147
Ekaterina Galeshova The ways of improvement of human resources management activities in organizations	161
Anatolii Grynenko, Vladimir Kyrylyuk Social cohesion society on the basis of effective social policy.....	172
Marina Kadomtseva Analysis of the innovative development of the branches of the Russian agro-industrial complex.....	179
Uladyimir Karpau State cooperative-integration relations in flax subcomplex of the republic.....	187
Tamara Kasaeva, Ekatsirina Gruznevich Develop a mechanism for evaluation of the sustainable development strategy of the commercial organization	196
Lyudmila Prudnikova Estimation of state and potential of innovative and technological development within the framework of regional industrial politics.....	206
Nina Prakofyeva Application of strategic management tools in justifying regional development strategies.....	218

Information about authors	229
--	-----

Reference guide for authors of scientific-technical journal «Vestnik of Vitebsk State Technological University»	233
--	-----

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОБЕЛЕНОВЫХ ТКАНЕЙ НОВЫХ СТРУКТУР

Н.С. Акиндинова, Г.В. Казарновская,
Д.А. Иваненков

УДК 677.024

РЕФЕРАТ

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОБЕЛЕНОВЫХ ТКАНЕЙ, ТКАЦКИЕ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ, ОСНОВНЫЙ ГОБЕЛЕН, ЖАККАРДОВАЯ МАШИНА, ТКАЦКИЙ СТАНОК, ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ НИТЕЙ, УРАБОТКА, ОСНОВА, УТОК, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, ЦВЕТОВОЙ ЭФФЕКТ

Целью работы является автоматизация процессов проектирования новых современных мебельно-декоративных тканей сложных структур с использованием классических гобеленовых переплетений и гобеленовых переплетений нового вида.

Разработан программный продукт, позволяющий рассчитывать значения уработки нитей основы в зависимости от структурных характеристик ткани, визуализировать внешний вид гобеленовой ткани с целью подбора ткацких эффектов для цветковых фрагментов жаккардового рисунка основных гобеленов и выявления необходимости внесения изменений в сырьевой состав, структуру, цвет нитей основы и утка.

Произведена апробация нового программного продукта, в результате которой в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» и ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей» разработаны и внедрены в производство современные мебельные ткани сложного строения с использованием переплетений нового вида.

В результате апробации установлено:

- использование программного продукта не только позволяет визуализировать ткацкие эффекты и определять уработку нитей основы, но и сокращает временные и материальные затраты на проектирование гобеленовых тканей;*
- автоматизация процессов проектирова-*

ABSTRACT

AUTOMATED DESIGN, TAPESTRY FABRICS, WARP THREADS, RUNNER LENGTH, JACQUARD MACHINES, LOOM, VISUALIZATION, COLOR EFFECT, LINEAR DENSITY

Relevant scientific and practical task of textile industry is the development of the assortment of modern furniture and decorative fabrics, reducing the time of their introduction into production. The purpose of this research is the automation of the processes of fabrics designing, in whose structure tapestry weaves both classic and rotated 90 ° are used. Based on the analysis of the results of earlier studies, a new software product is developed. It allows to calculate the runner length's value of the warp threads of tapestry fabric depending on the structural characteristics, to visualize the appearance of the surface layer in order to select some weaving effects for color fragments of jacquard pattern, to correct characteristics of the fabric to get the required appearance and alignment of the runner length. Industrial testing of the developed software product showed the efficiency of its using for optimization of structures and color designs of jacquard fabrics of any raw material content, produced on looms and jacquard machines of various designs, including the electronically controlled.

ния мебельно-декоративных тканей сложного строения с помощью разработанного программного продукта позволяет оптимизировать структуры и цветовые решения жаккардовых тканей любого сырьевого состава, вырабатываемых на ткацких станках и жаккардовых машинах различных конструкций, в том числе с электронным управлением.

В настоящее время отечественные мебельные предприятия в основном используют импортные ткани. Текстильные предприятия не удовлетворяют потребностей данной отрасли промышленности. Это связано со многими факторами, одним из которых является сложность изготовления и продолжительность проектирования структур и рисунков декоративных тканей сложных структур. Таким образом, актуальной научной и практической задачей текстильной отрасли промышленности является разработка ассортимента современных технологичных мебельных тканей, а также сокращение сроков их внедрения в производство. Самой сложной в исполнении и востребованной структурой является основной гобелен. На разработку жаккардового рисунка классической гобеленовой ткани, на проектирование структуры, переплетений, изготовление опытных образцов с целью последующей корректировки различных параметров, выбора цвета используемых нитей требуются существенные материальные затраты и большое количество времени. Для увеличения скорости разработки новых рисунков, переплетений, облегчения труда художника и дессинатора оптимизации проектирования и материальных затрат на разработку нового ассортимента, предложено автоматизировать особо трудоёмкие и затратные операции процесса проектирования гобеленовых тканей.

Целью данной научно-исследовательской работы является автоматизация процессов проектирования и разработка ранее не используемых современных усовершенствованных гобеленовых структур мебельных тканей, способных конкурировать с зарубежными аналогами по художественно-колористическому оформлению и качеству.

Для выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- произведён анализ закономерностей рас-

положения нитей в гобеленовых тканях;

- разработаны новые классические гобеленовые переплетения и гобеленовые переплетения нового вида;

- определены математические зависимости для определения уработки нитей основы в основных гобеленах;

- с целью визуализации верхнего слоя ткани построены матрицы (цветовые ячейки), характеризующие расположение перекрытий цветных нитей в лицевом слое ткани для предложенных гобеленовых переплетений;

- на основании полученных результатов для проектирования новых, более технологичных структур гобеленовых тканей разработан уникальный программный продукт, позволяющий рассчитывать значения уработки нитей основы в зависимости от структурных характеристик ткани, визуализировать внешний вид гобеленовой ткани с целью подбора ткацких эффектов для цветовых фрагментов жаккардового рисунка основных гобеленов и выявления необходимости внесения изменений в сырьевой состав, структуру, цвет нитей основы и утка;

- произведена апробация нового программного продукта, в результате которой в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» и ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей» разработаны современные мебельные ткани с использованием переплетений нового вида.

В ходе проведённого научного исследования произведён подробный анализ и систематизация расположения нитей в структуре ткани всех существующих классических основных гобеленов, выявлены недостатки и преимущества ранее используемых видов гобеленовых переплетений [1, 5]. Основным недостатком классического основного гобелена является существенная разница уработки нитей основы в пределах раппорта переплетения, что отражается на технологических особенностях изготов-

ления и проектирования гобеленовых тканей и рисунков, снижает производительность оборудования, негативно отражается на обрывности. Разработан совершенно новый вид гобеленовых переплетений, повёрнутых на 90°, построение которых производится по впервые предложенному способу на базе классических основных гобеленов [2], позволяющий сохранить все преимущества и исключить недостатки классических гобеленовых структур. На основании результатов исследования разработана методика систематизации характера расположения нитей в структуре классической гобеленовой ткани и произведена систематизация характерных продольных разрезов, в результате которой разрезы нитей, имеющих одинаковую уработку, объединены в группы, выявлены наиболее часто встречающиеся варианты переплетения отдельных нитей основы с нитями утка; построены переплетения основного классического гобелена, в которых используются эти комбинации переплетения нитей, к ним построены гобеленовые переплетения, повёрнутые на 90°. Произведено теоретическое исследование и систематизация всех возможных вариантов продольных разрезов тканей гобеленовых переплетений нового вида, в результате которых определены характерные разрезы вдоль нитей основы, отражающие характер переплетения нитей всех выделенных групп. Такая систематизация позволяет определять уработку любой нити основы гобеленовой ткани по уработке нити, принадлежащей характерному разрезу соответствующей группы. Произведено теоретическое проектирование структур классических гобеленовых тканей и тканей нового вида, построены геометрические модели вдоль нитей основы, по которым выведены математические зависимости для определения уработки нитей основы [3]. Для проведения экспериментальной наработки опытных образцов и сравнительного анализа уработки нитей в классических и повёрнутых на 90° гобеленовых переплетениях разработано 5 новых классических гобеленовых переплетений, к которым построено 5 переплетений нового вида. Произведено теоретическое моделирование внешнего вида тканей предложенных переплетений, разработаны цветные ячейки лицевого слоя, которые могут быть использованы для визуализации внешнего вида гобеленовой ткани.

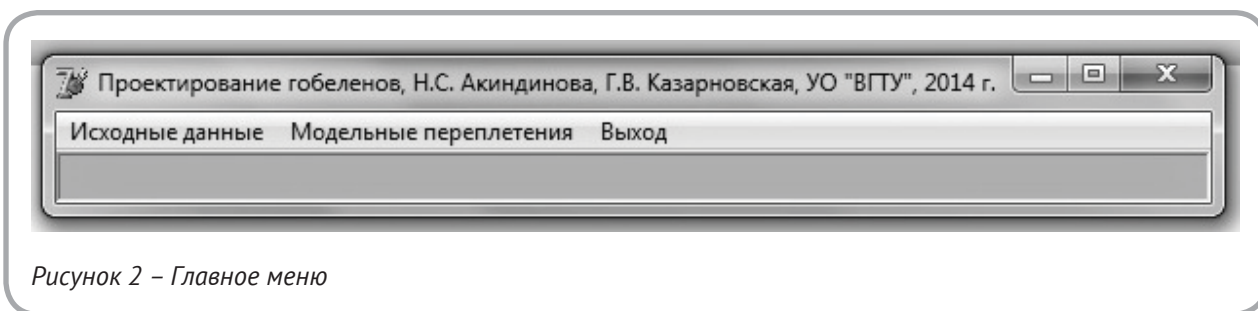
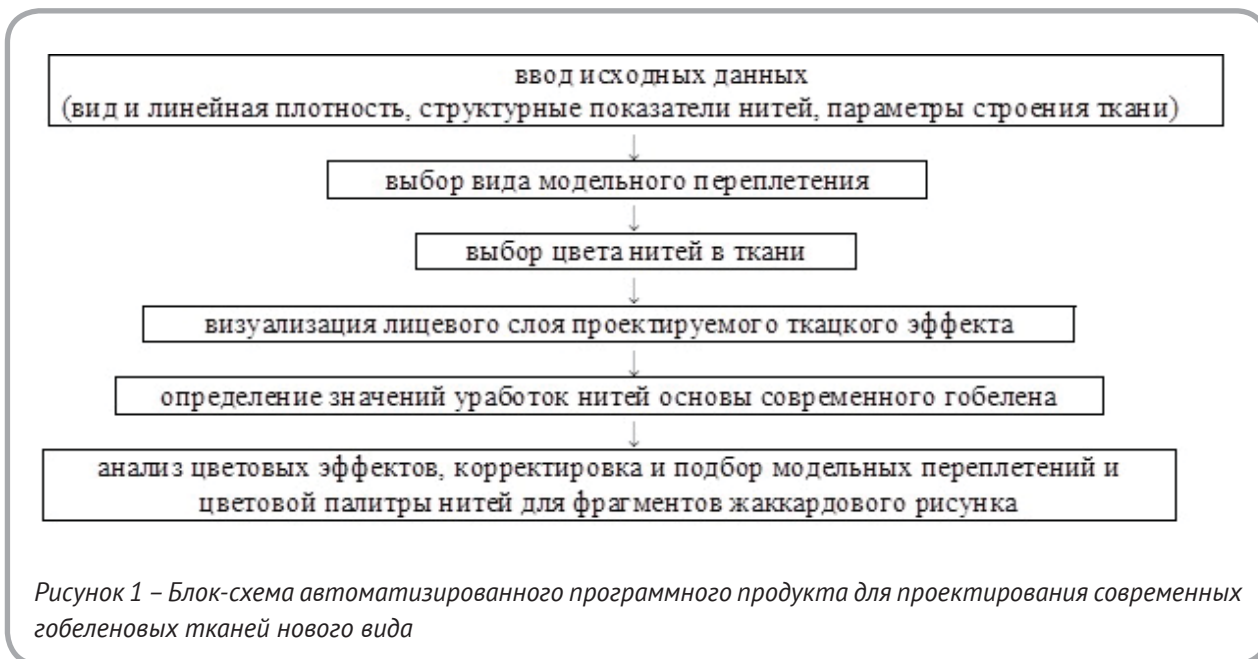
Результаты практических исследований показали, что в тканях гобеленовых переплетений, повёрнутых на 90°, нити основы различных сводов имеют более равномерные значения уработки в пределах переплетения, чем в классических гобеленовых тканях, благодаря чему снижается обрывность нитей основы повышается производительность ткацкого оборудования. Кроме этого, результаты теоретических расчётов значений уработки нитей в ткани согласуются с данными, полученными экспериментальным путём. Ошибка теоретических расчётов находится в пределах 2 %, допустимых в практике проектирования, следовательно, предложенные формулы могут быть рекомендованы для расчёта уработок нитей в тканях разработанных переплетений [4].

Результаты проведенных теоретических и практических исследований использованы для создания уникального программного продукта, позволяющего разрабатывать колористическую гамму и цветовые эффекты гобеленовых тканей новых гобеленовых переплетений, рассчитывать уработку нитей основы в раппорте переплетения, а также корректировать структуру с целью выравнивания значений уработки основных нитей не только в пределах гобеленового переплетения, но и на площади раппорта жаккардового рисунка. Разработанный программный продукт предназначен для теоретического проектирования гобеленовых тканей нового вида, изготовление которых может быть произведено на ткацких станках с жаккардовыми машинами любого вида как с механическим, так и с электронным управлением.

На рисунке 1 представлена блок-схема разработанного впервые автоматизированного программного продукта для проектирования современных гобеленовых тканей нового вида.

Разработанный в среде «Delphi» программный продукт имеет интуитивно понятный многооконный интерфейс. Доступ к функциональным возможностям осуществляется путём выбора соответствующего пункта разработанного меню (рисунок 2).

Ввод исходных данных (коэффициенты сырьевого состава и деформации, форма поперечного сечения, линейная плотность нитей основы и утка, вид гобеленового переплетения и соответствующие ему раппорты, плотность проекти-



руемой ткани по основе и утку) осуществляется при выборе пункта меню «Исходные данные» (рисунок 3).

Выбор вида нитей основы и утка осуществляется путём ввода соответствующего коэффициента сырьевого состава. Анализ фотографий срезов [1, 3, 4] показал, что в тканях гобеленовой структуры величина деформации нити утка на различных участках раппорта переплетения по основе зависит от вида пересекаемой её основной нити. В результате различных воздействий нитей основы на нити утка значения диаметров поперечных сечений уточных нитей и, соответственно, коэффициенты их смятия в местах пересечения их нитями основы каждого свода отличаются друг от друга в пределах одной нити. Поэтому диаметры нитей утка в пределах раппорта по основе модельного переплетения условно разделили на две группы: d_{y1} (диаметры утка на участках, подвергающихся большему смятию) и d_{y2} (диаметры утка на участках, подвергающихся меньшему смятию).

Значения диаметров нитей прижимной основы в ткани значительно меньше значений диаметров коренных нитей. Вследствие этого предусмотрена возможность ввода коэффициентов деформации нитей при пересечении с конкретным видом основы (коренных $K1, K2, K3$ при необходимости, прижимной $П$). Значение раппортов ткани по основе и утку присваивается автоматически при выборе одного из двух видов основных гобеленов – классического и повернутого на 90° [1, 2]. После ввода исходных данных конкретный вид переплетения выбирается (пункт меню «Модельные переплетения», рисунок 4) из базы разработанных пяти классических и пяти построенных к ним гобеленовых переплетений нового вида. На основании произведённого анализа расположения нитей в современных гобеленовых тканях [5], в базу данных программного продукта включены именно те гобеленовые переплетения, которые в своей структуре имеют наиболее часто встречающиеся переплетения одиночных нитей, соответствующие характер-

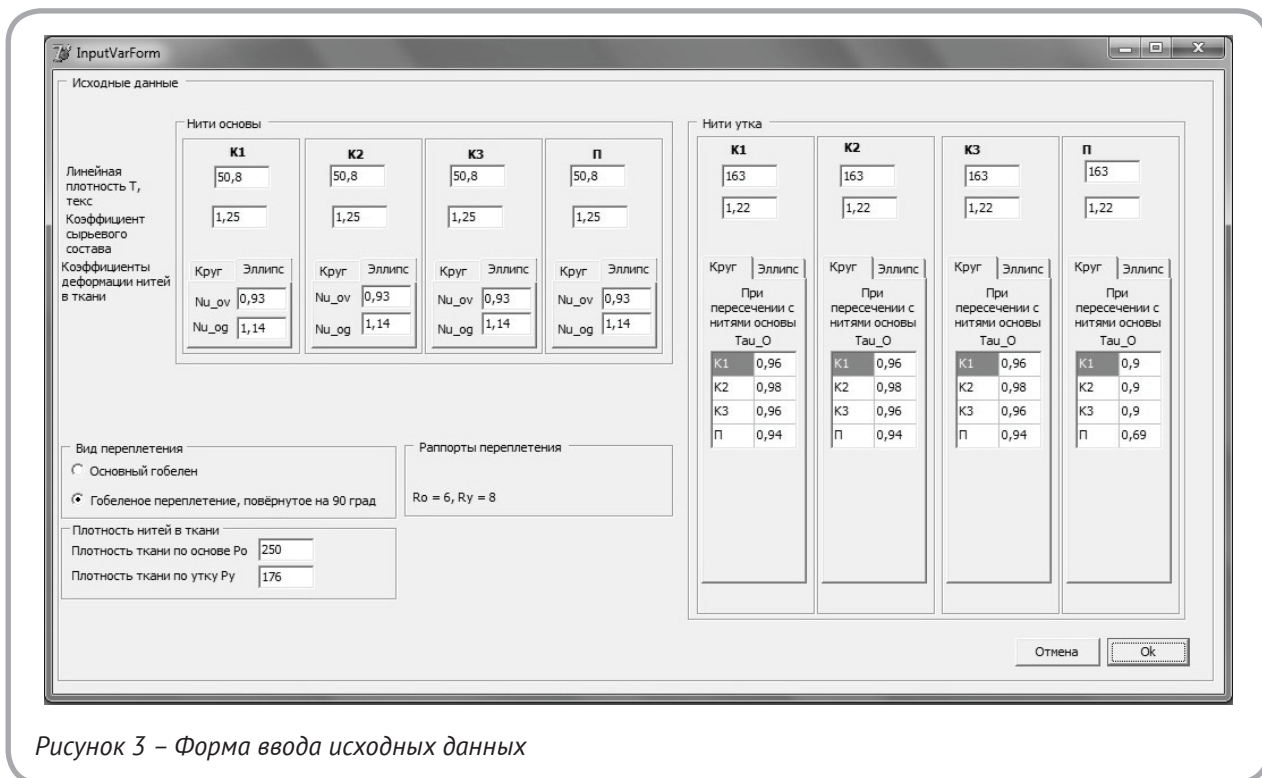


Рисунок 3 – Форма ввода исходных данных

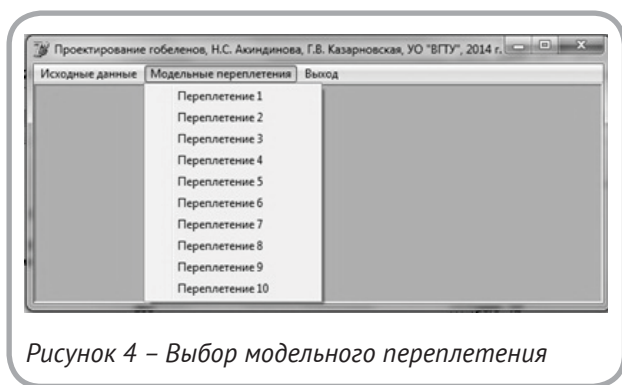


Рисунок 4 – Выбор модельного переплетения

ным разрезам выделенных в ходе исследования групп. Пользователю доступны только переплетения, относящиеся к выбранному при вводе исходных данных виду.

В появившемся окне (рисунок 5) представлен рисунок переплетения, соответствующий ему продольный разрез с условным обозначением нитей основы и утка.

Пользователю предоставлена возможность выбора цвета нитей основы и утка путём нажатия на соответствующую нити кнопку (K1, K2 и т. д.). Появляющееся при этом диалоговое окно (рисунок 6) включает в себя стандартную цветовую палитру, а также инструмент, позволяющий выбрать необходимый оттенок.

Выбранная палитра цветов нитей основы и утка может быть сохранена для последующего

использования при работе с другими исходными данными и переплетениями данного вида. Предоставляется также возможность использования ранее созданной для данной группы переплетений палитры из архива. При выборе цвета нити строится условная цветовая ячейка лицевого слоя (рисунок 7), не учитывающая параметры строения гобеленовой ткани и структуры её нитей.

При вызове команды «Визуализация» в открытом окне появляется модель внешнего

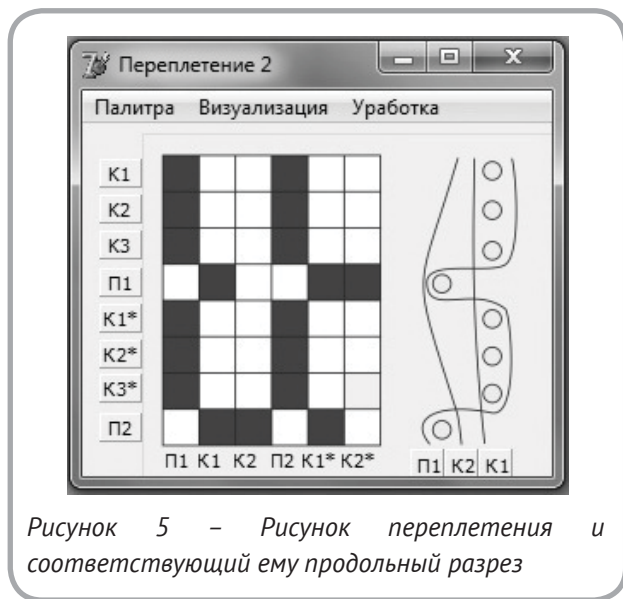


Рисунок 5 – Рисунок переплетения и соответствующий ему продольный разрез

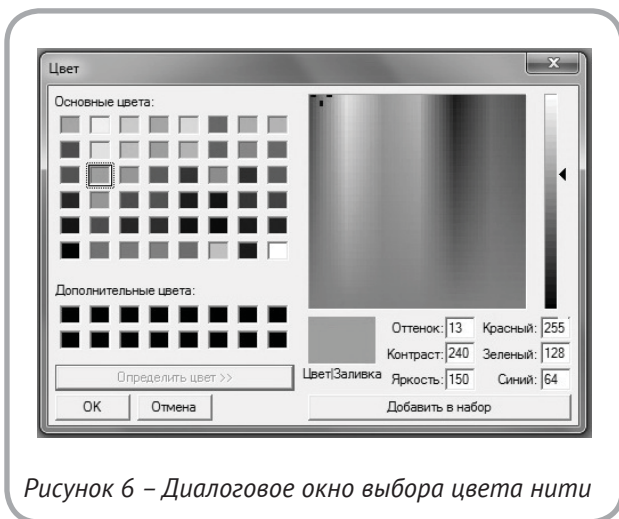


Рисунок 6 – Диалоговое окно выбора цвета нити

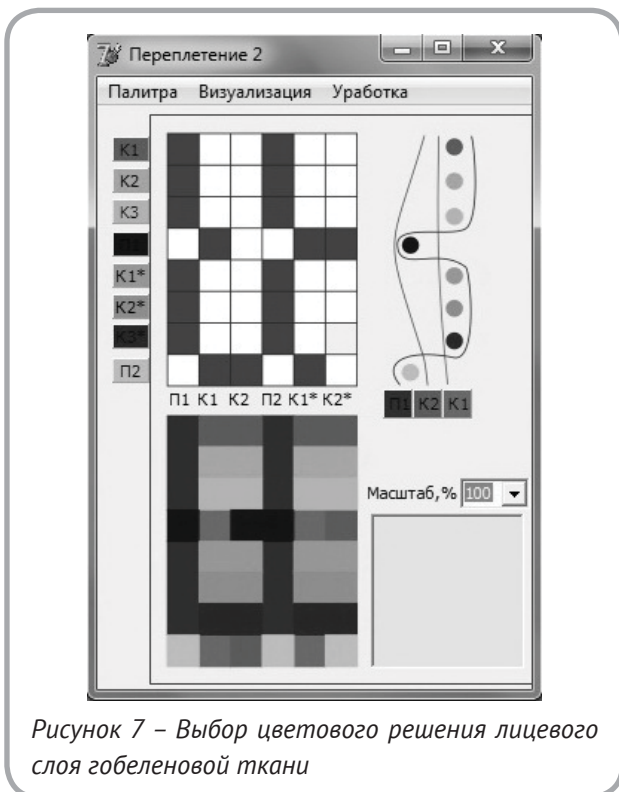


Рисунок 7 – Выбор цветового решения лицевого слоя гобеленовой ткани

вида лицевого слоя (рисунок 8), учитывающая плотность нитей в ткани, их вид, изменение геометрических размеров поперечного сечения и линейную плотность. Предусмотрена возможность визуализации в произвольном масштабе.

Для нитей основы каждого слоя предлагаемых переплетений получены математические зависимости величины уработки от параметров строения ткани с учётом изменения диаметров нитей в процессе ткачества [4]. Данные зависимости используются для расчёта значений уработок нитей основы по слоям. Расчёт уработок нитей основы проектируемого ткацкого эффек-

та (переплетения) осуществляется при выборе пункта меню «Уработка».

Для удобства проектирования структуры, работы с цветовыми эффектами лицевого слоя, присутствующими на разных участках жаккардового рисунка гобеленовой ткани необходима возможность сравнения внешнего вида различных ткацких или цветовых эффектов. Решение данной задачи становится возможным благодаря использованию многооконного интерфейса разработанного программного продукта (рисунок 9).

Апробация нового программного продукта для проектирования гобеленовых тканей произведена в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» и ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей».

Произведено автоматизированное проектирование ткацких эффектов для жаккардовых рисунков льносодержащих мебельно-декоративных тканей образец 1167, образец 1205 рисунок «Джаз», образец 1260 рисунок «Альфа», образец 1978, образец 2012 рисунок «Орхидея», в основе которых используется крашенная хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 25 текс×2. В утке использованы различные виды пряжи и нитей: пряжа из короткого льняного волокна линейной плотности 163 текс, из цветного полиакрилонитрильного волокна линейной плотности 200 текс, нити фасонные полиэфирные (145 текс) и хлопкополиэфирные (250 текс), полиэфирные типа «шенилл» (286 текс), котонизированные льняные крашенные (104 текс) и суровые (110) текс. Для каждой из перечисленных тканей в процессе автоматизированного проектирования произведены следующие действия:

- выбраны необходимые цвета нитей основы и утка;
- с учётом визуализации и изменения расположения нитей каждого цвета (вида) в слоях построены модельные переплетения на основе базовых, используемых в программе;
- смоделирован характер расположения цветовых (ткацких) эффектов на площади раппорта жаккардового рисунка с учётом разницы значений уработки нитей в слоях;
- произведена визуализация цветовых и ткацких эффектов жаккардовой ткани.

Нароботка опытных партий мебельно-декоративных тканей нового вида производилась

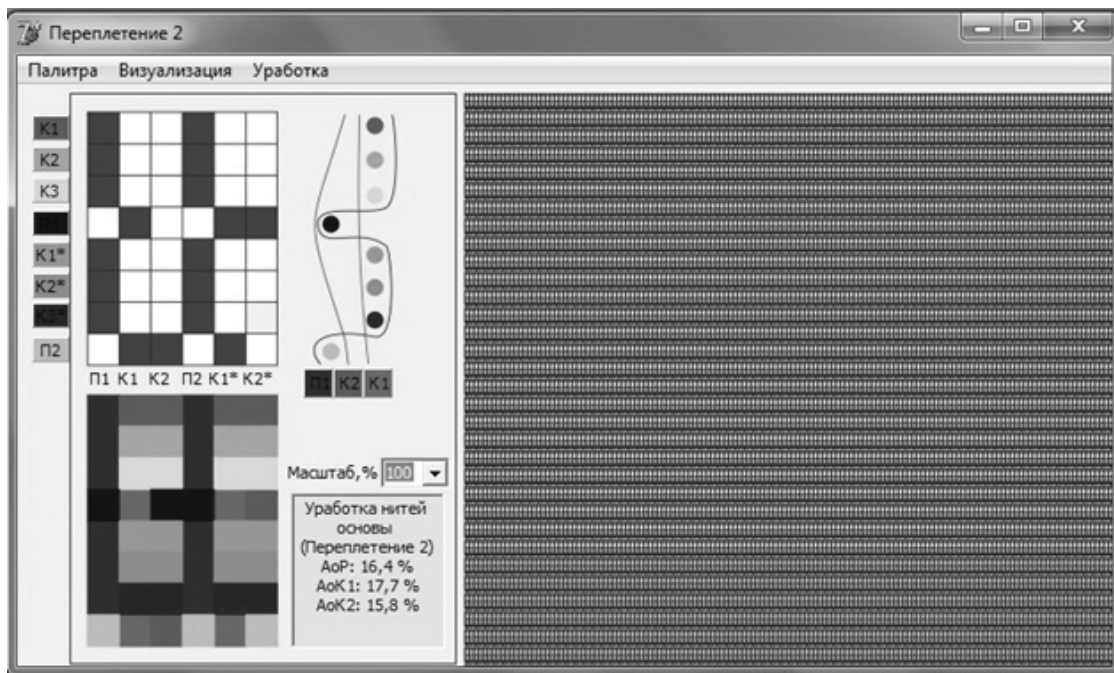


Рисунок 8 – Модель внешнего вида лицевого слоя ткани в масштабе 100% с рассчитанными значениями уработки нитей основы

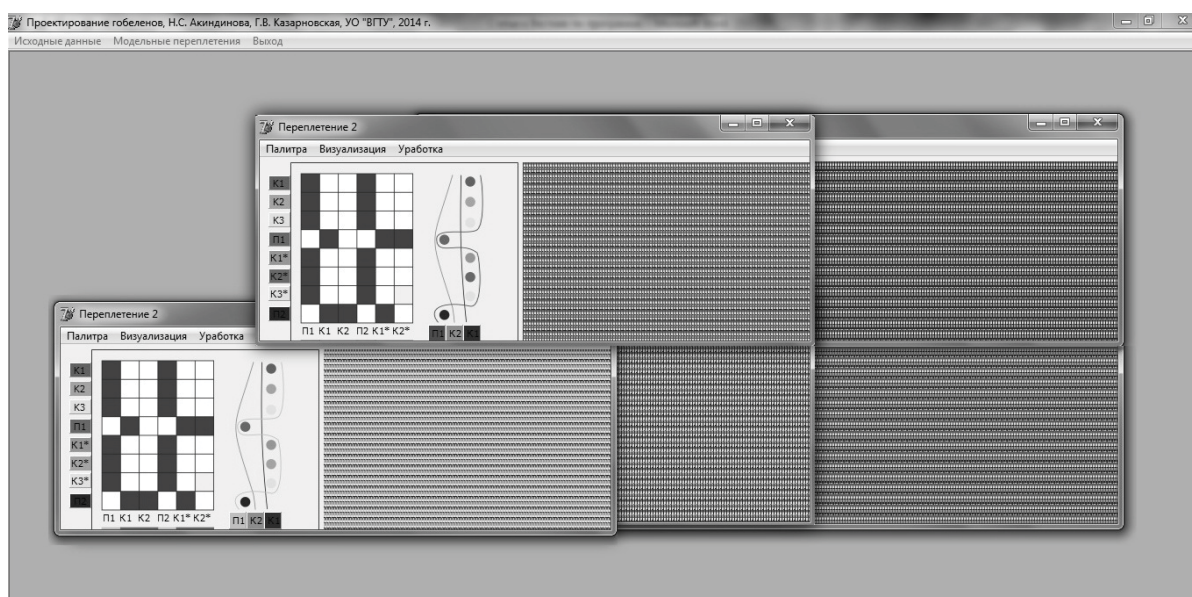


Рисунок 9 – Многооконный интерфейс с вариантами цветовых решений разрабатываемой gobеленовой ткани

на ткацких станках типа СТБ с одноподъёмной жаккардовой машиной Z-344. Разработанные с использованием нового программного продукта мебельно-декоративные ткани внедрены в производство РУПТП «Оршанский льнокомбинат» и отмечены на художественно-техническом

совете текстильной отрасли промышленности РБ.

На основе разработанного программного продукта в условиях производства ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей» также спроектирован ряд структур мебельно-декора-

тивных тканей для выработки на новых ткацких станках «Dornier» PTS 8 / J с жёсткими рапирами и жаккардовой машиной фирмы Stäubli типа S550. Установленные на предприятии рапирные ткацкие станки отличаются высокой производительностью, универсальностью, гибкостью в настройках и обеспечением высокого качества вырабатываемых тканей, высокой надёжности всех процессов, которые управляются и контролируются электроникой. Жаккардовая машина с электронным управлением типа S550 фирмы Stäubli имеет 2688 крючков. Количество рабочих крючков, задействованных для выработки рисунка фона – 2640. Разработка полиэфирных мебельно-декоративных тканей производилась с учётом существующих рядовых многочастных ошнуровок жаккардовых машин. Максимально возможный раппорт рисунка ткани по основе определялся заправочной плотностью ткани по основе, ограничения раппорта по утку практически отсутствуют, так как наработка ткани производится без картона, в электронную систему вводится подготовленный для этого с помощью специальной программы развёрнутый патрон, откорректированный в системе «Жаккард».

Для проектирования новых структур мебельно-декоративных жаккардовых полиэфирных тканей использованы различные виды сложных переплетений – полутораслойные, двухслойные, двухслойные с дополнительным утком, репсовые, гобеленовые повёрнутые на 90° переплетения. Возможность использования восьми видов утка на фоне сложности подготовки многоцветных основ актуализирует применение разработанного программного продукта и гобеленовых переплетений нового вида как на двухцветных, полосатых, так и на однотонных основах. В качестве основных нитей разработанных тканей используются крашенные и суровые полиэфирные нити линейной плотности 12 текс, 24,5 текс (суровые), в утке: нити полиэфирные 18×2 текс, 85 текс, 18 текс, 120 текс. Малая линейная плотность основных нитей обуславливает высокую плотность ткани по основе и, как следствие, большое количество нитей в заправке станка. Поэтому многоцветные полиэфирные основы, необходимые для выработки классических основных гобеленов, требуют трудоёмкой подготовки навоя и большого количества времени на проборку нитей в лица. В частности, в ме-

бельно-декоративных тканях сложных структур образец 1577ж-12 (артикул 12С29-ВШж) рисунок «Восток», рисунок «Абстракция», рисунок «Эквадор», рисунок «Перу», разработанных с учётом требований ГОСТ 24220-80 «Ткани мебельные. Общие технические условия», используется 10376 нитей фона линейной плотности 12 текс. Применение гобеленовых переплетений нового вида в сочетании с двухслойными, полутораслойными и репсовыми переплетениями не только позволило получать разнообразное колористическое и фактурное оформление тканей без временных и сырьевых затрат на смену основы, характерную для основного гобелена при смене колорита, но и способствовало технологичности процесса ткачества. На базе данного артикула спроектированы и внедрены в производство мебельно-декоративные ткани нового вида: образец 1631ж-13 (артикул 13С49-ВШж) гобеленовой структуры, рисунок «Физалис» и образец 1622ж-13 (артикул 13С11-ВШж) репсовой структуры, рисунок «Орхидея». Кроме этого, с использованием разработанного программного продукта были спроектированы структуры мебельно-декоративных тканей образец 1589ж-13 (артикул 13С11-ВШж): рисунок «Мега Восток», рисунок «Лотос», рисунок «Мега Лотос», в фоне которых использовано 5802 полиэфирных нитей линейной плотности 24,5 текс.

Полиэфирные мебельно-декоративные ткани нового вида, спроектированные с помощью разработанного программного продукта, изготовленные на современных ткацких станках «Dornier» PTS 8 / J с использованием жаккардовой машины типа S550 фирмы Stäubli, внедрены в промышленное производство, о чём имеются акты внедрения. Таким образом, производство разработанных тканей с использованием гобеленовых классических, повёрнутых на 90° переплетений на современных ткацких станках с использованием жаккардовых машин нового поколения не только возможно, но и более технологично. Применение при проектировании разработанного программного продукта значительно облегчает работу дессинатора и художника, сокращает временные и материальные затраты на проектирование декоративных тканей сложных структур.

Благодаря использованию разработанного программного продукта открываются новые

возможности в проектировании технологичных структур современных мебельно-декоративных тканей принципиально нового художественно-колористического и фактурного оформления, вырабатываемых с использованием как устаревающего ткацкого оборудования, ещё имеющегося на текстильных предприятиях в достаточно большом количестве, так и ткацких станков и жаккардовых машин нового поколения.

ВЫВОДЫ

1. Разработан программный продукт, позволяющий рассчитывать значения уработки нитей основы в зависимости от структурных характеристик ткани, визуализировать внешний вид гобеленовой ткани с целью подбора ткацких эффектов для цветowych фрагментов жаккардового рисунка основных гобеленов и выявления необходимости внесения изменений в сырьевой состав, структуру, цвет нитей основы и утка.

2. В условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» и ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей» произведена апробация нового программного продукта, в результате которой разработаны современные мебельные ткани с использованием переплетений нового вида.

3. Применение разработанного программного продукта не только способствует поиску оптимальных цветовых и ткацких решений для фрагментов жаккардового рисунка, но и сокращает время проектирования и материальные затраты на изготовление опытных образцов и партий гобеленовых тканей.

4. Разработанный программный продукт позволяет проектировать гобеленовые мебельные ткани нового вида различного сырьевого состава, свойств и параметров строения, вырабатываемых с использованием как старого ткацкого оборудования, так и современных ткацких станков и жаккардовых машин с электронным управлением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казарновская, Г.В. Мебельные ткани с использованием пряжи из короткого льняного волокна / Г.В. Казарновская, Н.С. Акиндинова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2005. – Вып. 7. – С. 39-42.
2. Гобеленовая ткань : пат. / Н. С. Акиндинова, Г. В. Казарновская; заявитель и патентообладатель УО «ВГТУ». - № а 20080910 ; заявл. 10.07.2008. – 5 с.
3. Казарновская, Г.В. Определение уработки нитей в гобеленовых тканях новых структур с использованием пряжи из короткого льняного волокна / Г.В. Казарновская, Н.С. Акиндинова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2007. – Вып. 13. – С. 47-53.
4. Акиндинова, Н.С. Параметры строения гобеленовых тканей новых структур/ Н.С. Акинди-

REFERENCES

1. Kazarnovskaya, G.V, Akindinova, N.S. (2005) Mebel'nyye tkani s ispol'zovaniyem pryazhi iz korotkogo l'nyanogo volokna [Furniture fabrics with using yarn of short flax fiber], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennyy tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University, 7, pp. 39-42.
2. Akindinova, N.S, Kazarnovskaya, G.V. (zayavl. 10.07.2008) Gobelenovaya tkan' [Tapestry fabric], patent RB - patent RB, № а 20080910, 5 p.
3. Kazarnovskaya, G.V, Akindinova, N.S. (2007) Opredeleniye urabotki nitey v gobelenovykh tkanyakh novykh struktur s ispol'zovaniyem pryazhi iz korotkogo l'nyanogo volokna [The definition of the runner length threads in tapestry fabrics of new structures with using yarn of short flax fiber], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennyy tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of

- нова, Г.В. Казарновская // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – Вып. 22. – С. 7-12.
5. Акиндинова, Н.С. Структура современных gobеленовых тканей/ Н.С. Акиндинова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – Вып. 23. – С. 7-18.
- the Vitebsk State Technological University, 13, pp. 47-53.
4. Akindinova, N.S, Kazarnovskaya, G.V. (2012) Parametry stroyeniya gobelenovykh tkaney novykh struktur [Structure parameters of tapestry fabrics of new structures], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennyy tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University, 22, pp. 7-12.
5. Akindinova, N.S. (2012) Struktura sovremennykh gobelenovykh tkaney [Structure of modern tapestry fabrics], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennyy tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University, 23, pp. 7-18.

Статья поступила в редакцию 01.04.2014 г.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЗЕВООБРАЗОВАНИЯ НА ТКАЦКИХ СТАНКАХ

В.С. Башметов

УДК 677.024.83

РЕФЕРАТ

ТЕХНОЛОГИЯ ТКАЧЕСТВА, ПРОЦЕСС ЗЕВООБРАЗОВАНИЯ, ДЕФОРМАЦИЯ ОСНОВЫ, РАВНОМЕРНОЕ НАТЯЖЕНИЕ, КАЧЕСТВО ТКАНЕЙ

Предметом исследования является процесс зевобразования на ткацких станках типа АТПР и СТБ. В работе произведен анализ параметров зевобразования для различных типов бесчелночных ткацких станков. Целью работы является обеспечение равномерности натяжения основных нитей по ширине заправки станка в пределах каждой ветви зева. Дана методика расчета перемещений ремизок для обеспечения одинакового натяжения основных нитей в пределах каждой ветви зева при симметричном и несимметричном зевобразовании. Приведены результаты расчетов перемещений ремизок для ткацких станков типов АТПР и СТБ при восьми ремизной и четырнадцати ремизной заправках.

Предложенная методика позволяет определить величину перемещения ремизок вверх и вниз от среднего уровня, обеспечивающих при зевобразовании одинаковое натяжение основных нитей из разных ремизок в пределах каждой ветви зева. При этом, в процессе выработки ткани снижается обрывность нитей от деформации при зевобразовании и улучшаются условия формирования ткани.

Результаты работы можно использовать при выработке массового ассортимента тканей на станках типа АТПР и СТБ.

Одним из условий качественного формирования ткани на ткацком станке является равномерность натяжения основных нитей по ширине заправки в пределах каждой ветви зева. Для этого при зевобразовании должна происходить одинаковая величина деформации основных нитей, заправленных в различные ремизки. Это особенно важно при использовании в заправке ткацкого станка большого числа ремизок.

Для обеспечения одинаковой величины деформации основных нитей из разных ремизок

ABSTRACT

WEAVING TECHNOLOGY, SHEDDING PROCESS, DEFORMATION OF THE WARP THREADS, SAME TENSION, QUALITY FABRICS

The subject of research is the process of shedding the looms type ATPR and STB. The analysis of shedding parameters for different types of shuttleless looms is conducted. The aim is to ensure uniformity of the warp yarn tension across the width of the machine within each branch of the shed. The methodology for calculation the harnesses movement for the same tension on the warp yarns within each branch of the throat with a symmetric and asymmetric shedding is introduced. The results of calculations of the harnesses movement for looms ATPR and STB with eight and fourteen heald pump are shown.

The proposed methodology allows to determine the amount of up-down harness movement from the average level, providing by shedding the same warp yarns tension of different harnesses within each branch of the shed. At the same time, in the process of fabric production decreases yarn breakage from deformation by shedding and the conditions of fabric formation are improved.

при зевобразовании необходимо применить смешанный вид зева. При этом размах движения первой ремизки, наиболее удаленной от опушки ткани, должен быть минимально возможным, но достаточным для нормального прокладывания уточных нитей. Размах движения последующих ремизок можно определить из условий обеспечения такой же величины деформации их основных нитей и нитей первой ремизки.

На рисунке 1 показана схема расположения основных нитей при зевобразовании.

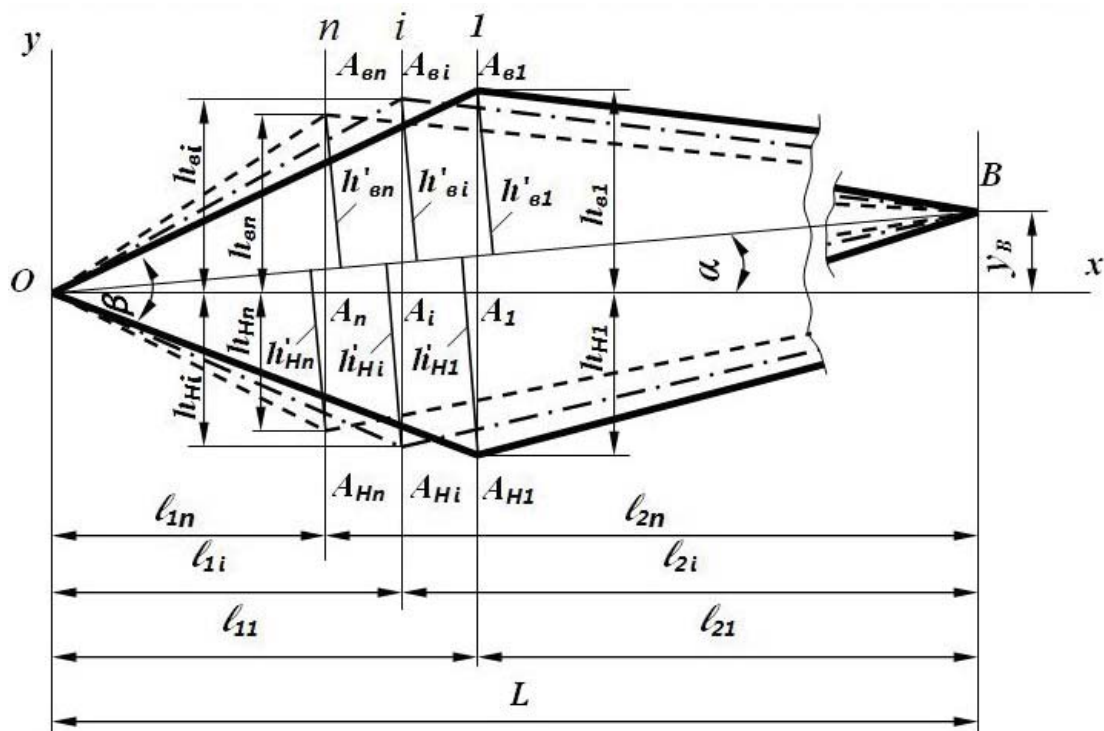


Рисунок 1 – Схема расположения основных нитей при зевобразовании

Все величины, относящиеся к первой, i -той и последней ремизкам, имеют соответствующие индексы 1, i и n в верхней (в) и нижней (н) частях зева. На рисунке обозначено: O – опушка ткани, B – начало зева в ламельном приборе. Ламельный прибор может быть установлен на различном y_0 расстоянии от оси Ox , проведенной через глазки галев в момент заступа, когда ремизки находятся на среднем уровне. Такая регулировка высоты ламельного прибора применяется, например, при необходимости создания несимметричного разнотянутого зева (когда натяжения основных нитей верхней и нижней частей зева отличаются друг от друга) для выработки тканей с повышенной плотностью.

Отклонение основных нитей i -той ремизки от средней линии зева OB вверх и вниз можно определить:

$$h'_{ei} = h_{ei} \cos \alpha - l_{1i} \sin \alpha, \quad (1)$$

$$h_{ni} = h_{ni} \cos \alpha + l_{1i} \sin \alpha, \quad (2)$$

где h_{ei} и h_{ni} – перемещения i -той ремизки, соответственно, вверх и вниз от оси Ox , располо-

женной перпендикулярно направлению движения ремизок; l_{1i} и l_{2i} – длина передней и задней частей зева из основных нитей i -той ремизки, $l_{1i} = l_{11} - (i-1)t$, $l_{2i} = l_{21} + (i-1)t$; t – шаг ремизок; α – угол наклона средней линии зева OB к оси Ox , $\alpha = \arctg y_0 / L$; L – полная длина зева, $L = l_{1i} + l_{2i}$.

Тогда, применяя известную [1] формулу деформации основных нитей при зевобразовании для данной схемы, можно определить деформацию основных нитей i -той ремизки в верхней и нижней частях зева.

$$\lambda_{ei} = \frac{(h'_{ei})^2}{2} \left(\frac{1}{l_{1i} + h'_{ei} \sin \alpha} + \frac{1}{l_{2i} - h'_{ei} \sin \alpha} \right) \cos \alpha, \quad (3)$$

$$\lambda_{ni} = \frac{(h_{ni})^2}{2} \left(\frac{1}{l_{1i} - h_{ni} \sin \alpha} + \frac{1}{l_{2i} + h_{ni} \sin \alpha} \right) \cos \alpha, \quad (4)$$

Принимая необходимую величину перемещений первой ремизки вверх h_{e1} и h_{n1} вниз из условий образования необходимого угла зева β [2] для обеспечения оптимального прокладывания уточных нитей, можно по формулам (3) и

(4) рассчитать деформацию λ_{oi} и λ_{ni} основных нитей первой ремизки.

Считая деформации λ_{oi} и λ_{ni} основных нитей всех остальных ремизок равными деформациям λ_{oi} и λ_{ni} основных нитей первой ремизки, можно определить необходимые для этого перемещения ремизок вверх и вниз от оси Ox .

$$h_{oi} = \left(-A \pm \sqrt{A^2 + 2\lambda_{oi}l_{1i}l_{2i}B} \right) / B \cos \alpha + l_{1i} \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

$$h_{ni} = \left(C \pm \sqrt{C^2 + 2\lambda_{ni}l_{1i}l_{2i}D} \right) / D \cos \alpha - l_{1i} \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

где $A = \lambda_{oi}(l_{1i} - l_{2i}) \sin \alpha, \quad (7)$

$$B = 2\lambda_{oi} \sin^2 \alpha + (l_{1i} + l_{2i}) \cos \alpha, \quad (8)$$

$$C = \lambda_{ni}(l_{1i} - l_{2i}) \sin \alpha, \quad (9)$$

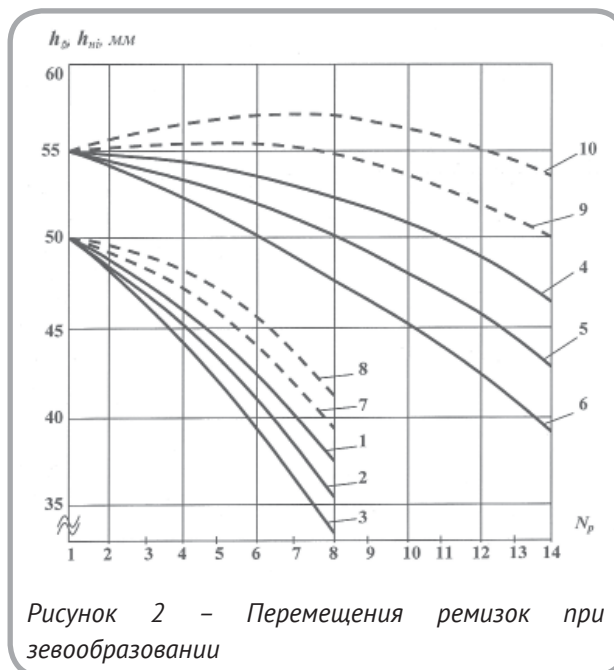
$$D = 2\lambda_{ni} \sin^2 \alpha + (l_{1i} + l_{2i}) \cos \alpha. \quad (10)$$

Определим величину необходимых перемещений ремизок вверх и вниз для обеспечения одинаковой величины деформации основных нитей, заправленных в различные ремизки, для условий выработки ткани на пневморепирных ткацких станках типа АТПР (8 ремизок) и станках типа СТБ с малогабаритными нитепрокладчиками (14 ремизок) для различных значений y_β .

На станках типа АТПР $l_{1i} = 150$ мм, $l_{2i} = 290$ мм, $L = 440$ мм. Угол зева β определяется взаимным расположением верхней и нижней ветвей зева относительно пневморепира, он равен $36,8^\circ$. Тогда для данных условий $h_{oi} = h_{ni} = 50$ мм.

На станках типа СТБ $l_{1i} = 296$ мм, $l_{2i} = 304$ мм, $L = 600$ мм. Угол зева β на станках СТБ с кулачковыми зевобразовательными механизмами может находиться в пределах от 16° до 26° (оптимальный угол $20^\circ - 21^\circ$) [2], а при применении на станках ремизоподъемных кареток угол β может находиться в пределах от 16° до 24° (оптимальный угол 21°). Для расчетов примем $\beta = 21^\circ$, тогда $h_{oi} = h_{ni} = 54,86$ мм. Шаг расположения ремизок на этих ткацких станках равен 12 мм.

Результаты расчетов перемещений ремизок на ткацких станках представлены на рисунке 2.



Сплошными линиями 1, 2 и 3 показаны перемещения ремизок вверх h_{oi} при $y_\beta = 0, y_\beta = 20$ мм и $y_\beta = 40$ мм соответственно на ткацких станках АТПР, а линиями 4, 5 и 6 – на станках СТБ.

Сплошная линия 1 и штриховые линии 7 и 8 показывают перемещения ремизок вниз h_{ni} при $y_\beta = 0, y_\beta = 20$ мм и $y_\beta = 40$ мм соответственно на ткацких станках АТПР, а линиями 4, 9 и 10 – на станках СТБ.

При симметричных зевах ($y_\beta = 0$) перемещения каждой ремизки вверх и вниз одинаковы по величине ($h_{oi} = h_{ni}$), они показаны для станков АТПР и СТБ линиями 1 и 4 соответственно.

Из рисунка 2 следует, что для обеспечения одинаковых деформаций и натяжений основных нитей из разных ремизок при зевобразовании перемещения ремизок по величине должны быть различными. По мере перехода от первой ремизки к последующим ремизкам их перемещения при симметричном зеве ($y_\beta = 0$) уменьшаются. При несимметричном зеве ($y_\beta \neq 0$) перемещения отдельных ремизок в одном из направлений могут увеличиваться. Полученные данные дают возможность определить полную высоту зева $H_i = h_{oi} + h_{ni}$ для каждой ремизки.

Данная методика расчета позволяет определить величину перемещений ремизок вверх и вниз от среднего уровня, обеспечивающих при зевобразовании одинаковое натяжение основных нитей из разных ремизок в пределах каждой ветви зева.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николаев С.Д., Власов П.В., Сумарукова Р.И., Юхин С.С. *Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства*. Москва: Легпромбытиздат, 1995. 256 с.
2. Степанов Г.В., Быкадоров Р.В. *Станки СТБ : устройство и наладка*. Москва: Легпромбытиздат, 1985. 216 с.

REFERENCES

1. Nikolajew S.D., Wlasov P.W., Sumarukova R.I., Juhin S.S. *Theory of processes, technology and equipment of the weaving production*. Moscow: Legprombytizdat, 1995. pp. 256.
2. Stepanov G.W., Bykhadorov R.V. *Weaving machines STB: arrangements and adjustment*. Moscow: Legprombytizdat, 1985. pp. 216.

Статья поступила в редакцию 18.11.2013 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПИТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОЛЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Н. Бизюк, С.В. Жерносек, Н.Н. Ясинская,
В.И. Ольшанский

УДК 677.027.04

РЕФЕРАТ

ПРОПИТКА ТКАНЕЙ, ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ, ВЯЗКОСТЬ, КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ, ЭФФЕКТИВНЫЙ РАДИУС КАПИЛЛЯРОВ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОПИТКИ, ОБЪЕМНАЯ СКОРОСТЬ ПРОПИТКИ

Объектом исследования является процесс пропитки текстильных материалов в поле СВЧ-излучения.

Целью работы является определение основных закономерностей процесса пропитки текстильных материалов, получение математических моделей зависимостей физико-механических и физико-химических характеристик аппретирующей композиции и текстильного материала из натуральных волокон в процессе заключительной отделки в условиях СВЧ-обработки.

Авторами проведены экспериментальные исследования и установлены зависимости основных характеристик текстильных материалов и аппретирующей композиции от режимных параметров процесса пропитки и концентрации аппрата в условиях воздействия СВЧ-волн: поверхностного натяжения аппретирующей полимерной композиции; краевого угла смачивания и скорости его изменения; вязкости полимера; высоты подъема аппретирующего состава и скорости пропитки волокнистого материала; эффективного радиуса капилляров волокнистой системы.

Результаты работы позволяют прогнозировать изменение физико-механических и физико-химических характеристик аппретирующего состава и обрабатываемого волокнистого материала в процессе заключительной отделки в условиях СВЧ-обработки, оптимизировать технологические параметры процесса аппретирования.

ABSTRACT

IMPREGNATION OF TEXTILES, SURFACE TENSION, VISCOSITY, CONTACT ANGLE, EFFECTIVE RADIUS OF THE CAPILLARIES, EFFICIENCY OF THE IMPREGNATION, VOLUME RATE OF IMPREGNATION

The aim of the work is the experimental study of the process of impregnation of textile materials and determination of main regularities of the process. The authors conducted the study of the process of impregnation of textile materials in conditions of influence of microwaves. The obtained analytical dependences allow to determine surface tension, viscosity, contact angle and effective radius of the capillaries of textile materials in the process of impregnating them with the coupling agent in the field of microwave radiation. The efficiency of the impregnation of textile materials with different process parameters is investigated. The results can be used to determine optimal process parameters of impregnating of textile materials.

Results of the work allow to predict change of physical-mechanical and physical-chemical characteristics of the sizing composition and treated fibrous material in the process of final finishing in the microwave processing conditions. Results of the work allow to optimize technological parameters of impregnating.

ВВЕДЕНИЕ

В операциях заключительной отделки текстильных материалов с использованием аппретов (в особенности на основе терморективных смол) существуют определенные трудности, связанные с сушкой и термофиксацией, так как полимерные вещества обычно мигрируют к поверхности материала в процессе конвективной сушки, неравномерно распределяясь по толщине и локализуясь на поверхности волокнистого материала. В результате этого качество отделки материала находится на невысоком уровне.

Одним из способов повышения качества и интенсификации процессов отделки текстильных материалов является использование электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Преимущество СВЧ-нагрева при отделке по сравнению с конвективным способом подвода тепла обусловлено возможностью равномерного и быстрого нагрева текстильных материалов как малой, так и большой поверхностной плотности. Кроме того, дополнительным преимуществом является возможность совмещения операций химической отделки: крашения, аппретирования, сушки и операций термофиксации.

Технологический процесс заключительной отделки включает операцию нанесения аппрета способом импрегнирования с последующей сушкой и термофиксацией на материале. Аппретирующая композиция проникает в капилляры и поры материала, затем растворитель удаляется, а полимер остается в его капиллярах и порах. Качество готового материала зависит от эффективности протекания основных физико-химических процессов, происходящих при пропитывании волокнистого материала, к которым относятся: смачивание волокнистых материалов жидкими системами на основе полимерных композиций; капиллярные явления, то есть особенности движения жидкости в капилляре; выделение и закрепление полимера на поверхности волокон путем образования адгезионных контактов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является исследование процесса пропитки текстильных материалов аппретирующим составом под действием СВЧ-излучения. Эффективность процесса пропитывания тканей может характеризоваться скоростью и

полнотой пропитывания. Под скоростью пропитывания обычно понимают скорость продвижения жидкости вглубь волокнистого материала. Скорость пропитывания зависит как от свойств аппрета, так и от структуры ткани. Скорость пропитывания может быть также охарактеризована временем, необходимым для поглощения материалом определенного количества жидкости [1]. Такую скорость принято называть объемной скоростью впитывания.

Под полнотой пропитывания понимается степень заполнения аппретом капиллярного объема ткани.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ткани содержат капилляры и поры различного радиуса. Так как капилляры меньшего радиуса заполняются медленнее и при этом составляют значительную часть структуры ткани, то часто возникает ситуация, когда, несмотря на высокую скорость пропитки, ткань пропитывается плохо и большая часть капилляров остается незаполненной.

Для определения полноты пропитки существуют различные методики. В данной работе использовалась методика, основанная на измерении количества жидкости, поглощенной материалом за определенное время [1]. Для оценки полноты пропитывания, после анализа результатов проведенных экспериментов, введен коэффициент пропитки, который показывает содержание аппрета в единице объема материала. При постоянном объеме поглощенной аппретирующей композиции коэффициент будет тем меньше, чем больше объем пропитанного материала, то есть чем эффективнее протекает процесс пропитки.

Коэффициент пропитки определяется из соотношения

$$k_{расп} = V_0 / V_1, \quad (1)$$

где V_0 – объем аппретирующей композиции, мм³; V_1 – объем распространения аппрета в материале после СВЧ-воздействия, мм³.

Для изучения влияния режимов СВЧ-обработки на изменение коэффициента пропитки материала проведен полный факторный экспе-

Таблица 1 – План эксперимента

Уровни проведения эксперимента	Натуральные значения <i>i</i> -го фактора		Кодированные значения <i>i</i> -го фактора	
	<i>X1</i> (мощность, Вт)	<i>X2</i> (время, с)	<i>X1</i> (мощность)	<i>X2</i> (время)
Основной уровень фактора	450	60	0	0
Интервал варьирования фактора	150	30	1	1
Верхний уровень фактора	600	90	+1	+1
Нижний уровень фактора	300	30	-1	-1

Таблица 2 – Свойства препарата для аппретирования тканей

Показатель	Значение
Состав	дисперсия стирол-акрилата, самосшивающая
Внешний вид	низковязкая дисперсия белого цвета
Ионогенность	анионоактивная
pH	около 4-6
Растворимость	смешивается с холодной и теплой (до 50 °С) водой в любом соотношении

римент. В качестве варьируемых факторов выбрана мощность и время СВЧ-излучения (таблица 1).

В качестве аппретирующей композиции для пропитки выбран препарат фирмы «Клариант» (Швейцария) Аппретан N 9616 жидкий – самосшивающаяся дисперсия стирол-акрилата. Свойства препарата представлены в таблице 2.

В ходе эксперимента определялось распределение аппретирующей композиции внутри материала на различной глубине от поверхностного слоя. Исследование распределения аппрета по объему проводилось на образцах многослойного текстильного материала из льняной пряжи. На поверхность образцов наносилось фиксированное количество аппретирующего состава (0,5 мл), и образцы подвергались воздействию СВЧ-излучения. После полного высыхания в естественных условиях образцы разделялись на слои, и на каждом слое измерялась площадь распространения аппрета. Объем распространения аппрета был определен умножением суммарной площади распространения аппрета на толщину одного слоя ткани. Для экспериментальных исследований использовалась лабораторная СВЧ-установка с максимальной

мощностью 850 Вт и рабочей частотой 2450 МГц. Мощность СВЧ-излучения задавалась с помощью рукоятки управления переменной мощности блока питания генератора. Исследования проводились при трех значениях концентрации аппрета в аппретирующей композиции: 100 г/л, 200 г/л, 300 г/л.

Экспериментальные значения коэффициента пропитки определялись из соотношения (1). После обработки экспериментальных данных были получены статистически значимая математическая модель зависимости коэффициента пропитки материала от варьируемых факторов:

$$k_{расп} = (0,0211 t^2 - 2,54 t + 238) \cdot (-0,00279 p^2 - 3,95 p - 4170) \cdot (-3,91 \cdot 10^{-10} c - 7,78 \cdot 10^{-7}), \quad (2)$$

где *t* – время воздействия СВЧ, с; *p* – мощность СВЧ-излучения, Вт; *c* – концентрация аппрета, г/л.

Графики зависимости коэффициента пропитки от мощности СВЧ-излучения и времени воздействия при различных концентрациях аппрета представлены на рисунке 1.

В результате анализа полученных графиче-

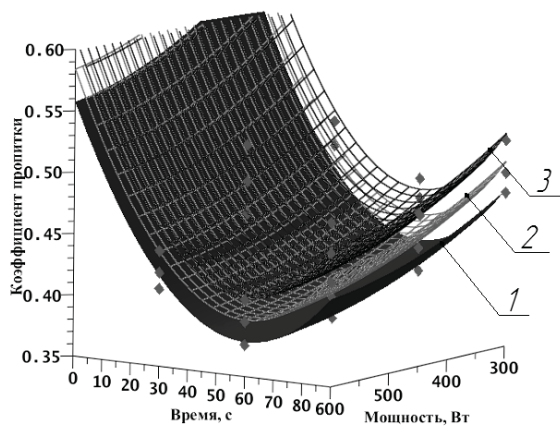


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента пропитки от времени и мощности при концентрациях аппрета: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л

ских зависимостей коэффициента пропитки от мощности СВЧ-излучения и времени обработки установлено, что увеличение мощности СВЧ излучения увеличивает эффективность процесса пропитки, а также определено оптимальное время воздействия СВЧ излучения, которое составляет 60 секунд.

Модели зависимостей коэффициента пропитки от мощности СВЧ-излучения и от времени обработки можно использовать для определения объемной скорости при аппретировании как многослойного, так и однослойного текстильного материала в поле СВЧ излучения. Объемная скорость течения жидкости в капиллярах зависит от вязкости жидкости, эффективного радиуса капилляров пропитываемого материала, поверхностного натяжения и величины угла смачивания. Зависимость между этими показателями описывается уравнением Пуазейля при установившемся режиме течения жидкости с учетом влияния гидростатического давления [2]

$$V = \frac{\pi r_e^4}{8 \eta l} \left(\frac{2 \sigma \cos \theta}{r_e} - \rho g l \sin \alpha \right), \quad (3)$$

где V – объемная скорость течения жидкости, м³/с; r_e – эффективный радиус, м; η – вязкость жидкости, Па · с; ρ – плотность жидкости, кг/м³; l – длина впитывания жидкости в капилляр, м; θ – краевой угол смачивания, град; σ – поверхностное натяжение, Дж/м²; α – угол наклона капилляра к поверхности жидкости, град.

Объемная скорость может быть определена как производная объема впитанного аппрета по времени. Для нахождения объемной скорости течения жидкости в однослойном текстильном материале проведен эксперимент, в ходе которого определялась высота капиллярного поднятия аппретировующей композиции в процессе пропитки при воздействии СВЧ-излучения различной мощности. Для однослойного текстильного материала объем пропитанного участка равен произведению высоты капиллярного поднятия аппретировующей композиции на толщину материала. Зависимость объема впитанного материалом аппрета от времени (рисунок 2) вычислялась как произведение полученных моделей коэффициента пропитки на объем пропитанного участка.

Модель изменения объемной скорости вычислялась как производная по времени модели зависимости объема аппрета в материале от

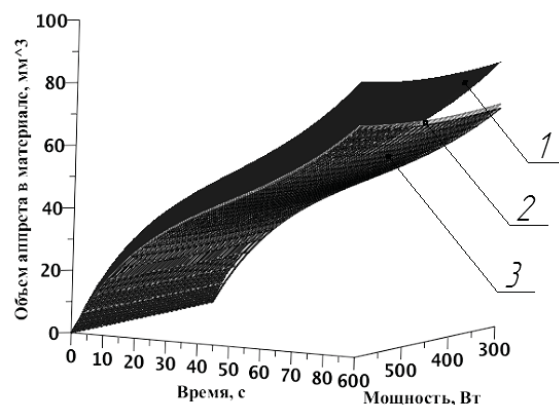
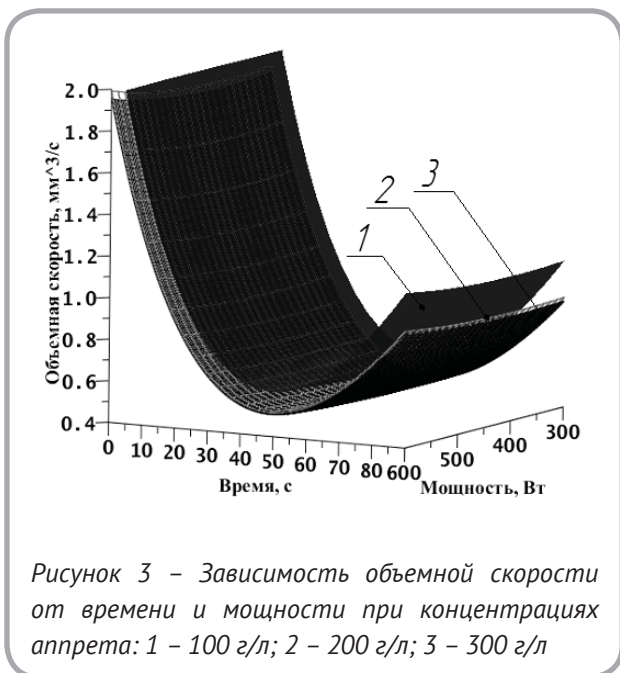


Рисунок 2 – Зависимость объема аппрета в материале от времени и мощности при концентрациях аппрета: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л

времени при различной концентрации. Графики полученных моделей изображены на рисунке 3. По результатам исследований разработана компьютерная программа для расчета процесса пропитки, которая позволяет определить объем впитанного аппрета при заданных значениях концентрации, мощности и времени СВЧ-излучения.

Для характеристики контактного смачивания используется величина краевого угла, то есть угла между поверхностями жидкости и твердого



тела на границе с окружающей средой.

Если молекулы жидкости взаимодействуют с молекулами твердого тела сильнее, чем между собою, то жидкость будет растекаться по поверхности или, как говорят, смачивать ее. Растекание будет происходить до тех пор, пока жидкость не покроет всю поверхность твердого тела или пока слой жидкости не станет мономолекулярным. Такой случай называется полным смачиванием. Он наблюдается при нанесении капли воды на поверхность чистого стекла.

Если молекулы жидкости взаимодействуют друг с другом значительно сильнее, чем с молекулами твердого тела, растекания не произойдет. Наоборот, жидкость соберется на поверхности в каплю, которая, если бы не действовала сила тяжести, должна была бы иметь почти сферическую форму.

Между этими двумя крайними случаями, в зависимости от соотношений интенсивности молекулярных сил, действующих, с одной стороны, между молекулами жидкости и, с другой стороны, между молекулами жидкости и твердого тела, наблюдаются переходные случаи неполного смачивания, когда капля образует с поверхностью тела определенный равновесный угол, называемый краевым углом или углом смачивания. То или иное смачивание жидкостью твердого тела можно трактовать как результат действия сил поверхностного натяжения.

Определять краевой угол непосредственно

на тканях или пучках волокон затруднительно из-за шероховатости их поверхности и быстрого впитывания жидкости в волокнистую систему. Существующие методики не позволяют точно определить краевой угол на поверхности ткани, поэтому в работе использовалось значение краевого угла, которое экспериментально определялось через максимальную высоту капиллярного подъема h_{max} для эталонного капилляра известного радиуса R .

Максимальная высота капиллярного подъема h_{max} уменьшается с повышением температуры, то есть с повышением температуры уменьшается поверхностное натяжение σ . Максимальный капиллярный подъем и поверхностное натяжение находятся в прямой зависимости, что следует из уравнения Жюрена [2]:

$$h_{max} = \frac{2\sigma \cos \theta}{Rg\rho}, \quad (4)$$

где h_{max} – максимальная высота капиллярного подъема, м; σ – поверхностное натяжение, Дж/м²; θ – краевой угол, рад, R – радиус капилляра, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность аппрата, кг/м³.

Из уравнения Жюрена (4) получена зависимость для определения краевого угла θ :

$$\cos \theta = \frac{h_{max} Rg\rho}{2\sigma}. \quad (5)$$

По результатам эксперимента построены графические зависимости краевого угла от времени и мощности СВЧ излучения при различной концентрации аппратирующего состава, представленные на рисунке 4.

Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что увеличение концентрации аппратирующего состава вызывает уменьшение краевого угла и увеличение скорости изменения краевого угла при нагреве аппрата. Увеличение мощности СВЧ-излучения приводит к заметному уменьшению краевого угла. С течением времени краевой угол уменьшается и стремится к некоторому постоянному значению.

Для определения зависимости поверхностного натяжения от времени, мощности СВЧ и концентрации аппрата был проведен эксперимент, в котором исследовался аппратирующий

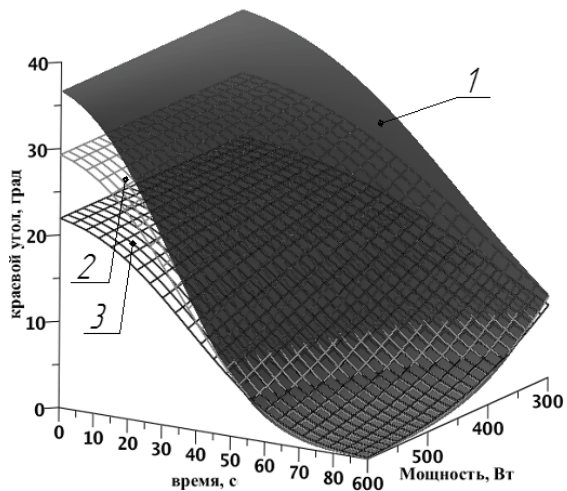


Рисунок 4 – Зависимость краевого угла от времени и мощности при концентрациях аппрета: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л

состав с концентрациями 100 г/л, 200 г/л и 300 г/л. Поверхностное натяжение при различной температуре определялось стагмометрическим методом, который основан на измерении веса капли, отрывающейся под действием силы тяжести от плоской поверхности торцевого среза капилляра. В момент отрыва капли от конца вертикальной трубки вес капли q равен силе поверхностного натяжения F , которая действует вдоль окружности шейки капли, равной $2\pi r_0 \sigma$, где r_0 радиус капилляра [3]

$$F = q = 2\pi r_0 \sigma. \quad (6)$$

По результатам эксперимента получена математическая модель и построены графические зависимости, изображенные на рисунке 5.

В результате анализа зависимостей установлено, что в процессе нагрева аппретирующего состава поверхностное натяжение уменьшается, увеличение концентрации аппрета приводит к повышению поверхностного натяжения.

Природа вязкого течения связана с самодиффузией – переносом массы вследствие последовательных актов обмена местами между атомами (молекулами) в их тепловом движении. Вязкое течение – это термически активируемый процесс, и вязкость η обнаруживает характерную экспоненциальную зависимость от темпера-

туры. Диапазон значений η для реальных систем широк. Так, для обычных маловязких жидкостей $\eta \sim 10^{-3}$ Па с, а высоковязкие ньютоновские жидкости могут иметь в тысячи и миллионы раз более высокие значения η [4].

Для определения зависимости вязкости от времени и мощности СВЧ-излучения проведен эксперимент, в котором исследовался аппретирующий состав с концентрациями 100 г/л, 200 г/л и 300 г/л. Измерения вязкости проводились с помощью капиллярного вискозиметра по методу, основанному на определении времени, за которое известный объем жидкости истечет через

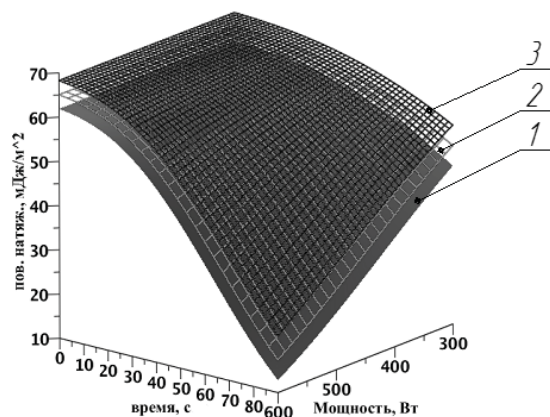


Рисунок 5 – Зависимость поверхностного натяжения от времени и мощности при концентрациях аппрета: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л

капилляр из измерительного резервуара. Вязкость резко изменяется с температурой, поэтому ее измерения выполнялись в термостате при постоянной температуре.

По результатам эксперимента построены графические зависимости, изображенные на рисунке 6.

Установлено, что в процессе нагрева аппретирующего состава вязкость уменьшается. Увеличение концентрации аппретирующего состава вызывает увеличение вязкости. Увеличение мощности СВЧ-излучения вызывает быстрое уменьшение вязкости аппрета для всех исследованных концентраций.

В процессе взаимодействия ткани с жидкостью может происходить набухание волокна, что приводит к изменению структуры пористого тела и усложняет процесс пропитывания. Волокни-

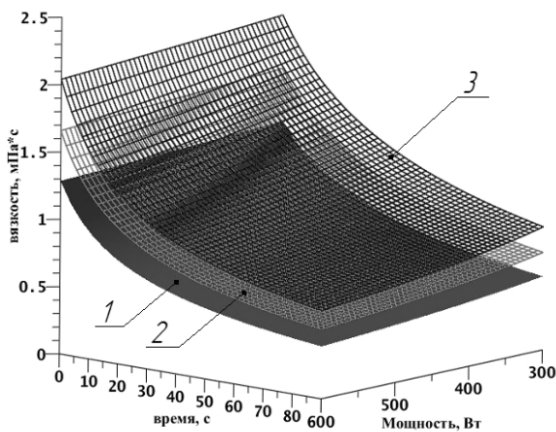


Рисунок 6 – Зависимость вязкости от времени и мощности при концентрациях аппрета: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л

стую систему нельзя рассматривать как простую сумму линейных капилляров с одинаковым поперечным сечением. Капилляры в волокнистых системах существенно отличаются от цилиндрических трубок, обычно принимаемых при выводе основных законов элементарной теории поднятия жидкости в капиллярах. Каналы между волокнами и нитями не имеют круглого сечения, причем площадь сечения по длине одного и того же канала может меняться в широких пределах [1]. Определение радиуса капилляров экспери-

ментальным путем является сложной задачей, поэтому для упрощения исследований капиллярно-пористой структуры материала используется эффективный радиус капилляров.

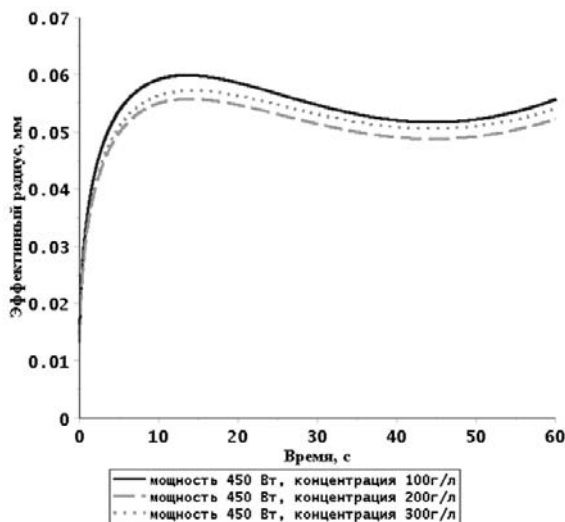
С использованием полученных математических моделей для объемной скорости, высоты капиллярного подъема, поверхностного натяжения, вязкости, угла смачивания, а также экспериментально установленных значений плотности аппрета, из формулы Пуазейля (2) были установлены математические зависимости для эффективного радиуса капилляров текстильного материала из льняных нитей в условиях воздействия СВЧ-излучения. Графики этих зависимостей изображены на рисунке 7.

ВЫВОДЫ

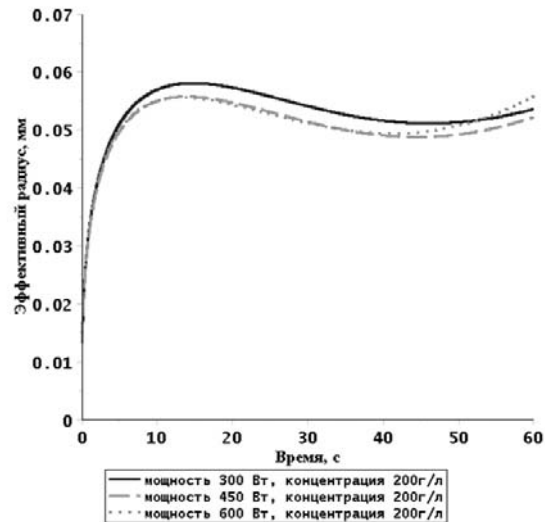
Для текстильных материалов из льняной пряжи установлены следующие закономерности и получены зависимости:

1. Зависимость поверхностного натяжения аппретирующей полимерной композиции от продолжительности, температуры и концентрации в условиях СВЧ-нагрева.

2. Зависимость краевого угла смачивания и скорости его изменения от температуры при различных концентрациях аппретирующего состава. Увеличение мощности СВЧ-излучения приводит к заметному уменьшению краевого



а



б

Рисунок 7 – Изменение эффективного радиуса капилляров во время пропитки под действием СВЧ-излучения: а) при различной концентрации аппрета, б) при различной мощности СВЧ-излучения

угла, с течением времени краевой угол уменьшается и стремится к некоторому постоянному значению.

3. Для аппретирующего состава на основе дисперсии стирол-акрилата получены экспериментальные зависимости вязкости полимера от концентрации, температуры и времени обработки в условиях воздействия СВЧ-волн. Увеличение мощности СВЧ-излучения вызывает значительное уменьшение вязкости аппрета для всех исследованных концентраций.

4. Получены зависимости высоты капиллярного поднятия аппретирующего состава и скорости пропитки волокнистого материала от

мощности СВЧ-излучения, продолжительности обработки материала и концентрации аппретирующего состава, позволяющие определять рациональные режимы процесса заключительной отделки текстильных материалов из натуральных и химических волокон.

5. Установлена зависимость эффективного радиуса капилляров волокнистой системы от продолжительности воздействия и мощности СВЧ-излучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воюцкий, С.С. (1969), Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров, Москва, Химия.
2. Браславский, В.А. (1987), Капиллярные процессы в текстильных материалах, Москва, Легпромбытиздат.
3. Ельцов, С.В., Водолазкая Н.А. (2005), Физическая и коллоидная химия, Харьков, ХНУ им. В. Н. Каразина.
4. Шукин, Е.Д., Перцов, А.В., Амелина, Е.А. (2004), Коллоидная химия, Москва, Высшая школа

REFERENCES

1. Vojuckij, S.S. (1969). Physico-chemical principles and impregnirova impregnation of fibrous systems aqueous polymer dispersion [Fiziko-himicheskie osnovy propityvanija i impregnirovanija voloknistyh sistem vodnymi dispersijami polimerov], Himija – Chemistry, 336 p.
2. Braslavskij, V.A. (1987). Capillary processes in textiles [Kapilljarnye processy v tekstil'nyh materialah], Legprombytizdat – Legprombytizdat, 112 p.
3. El'cov, S.V., Vodolazkaja, N.A. (2005). Physical and Colloid Chemistry [Fizicheskaja i kolloidnaja himija], HNU im. V. N. Karazina – KNU of V.N.Karazin, 239 p.
4. Shhukin, E.D., Percov, A.V., Amelina, E.A. (2004). Colloid chemistry: Textbook. for universities and chemical technologist. Universities [Kolloidnaja himija: Uchebnik dlja universitetov i himiko-tehnolog. Vuzov], Vysshaja shkola – Higher School, 445 p.

Статья поступила в редакцию 28.03.2014

СОХРАННОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛОМЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

С.В. Бобырь, Т.О. Кузьмина, М.И. Расторгуева

УДК 677.11.044.4

РЕФЕРАТ

ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ, ПОВЫШЕННАЯ ВЛАЖНОСТЬ, КОНСЕРВАНТЫ, ХРАНЕНИЕ СОЛОМЫ, СОХРАННОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ЛУБОПОДОБНОЕ ВОЛОКНО

Статья направлена на создание нового экологически чистого способа хранения соломы льна масличного повышенной влажности. В результате проведенных исследований найдены новые биологически-активные препараты, обладающие способностью приостанавливать развитие патогенной микрофлоры, развивающейся на льно-соломе повышенной влажности в процессе хранения.

На основе изучения консервирующего действия выбранных препаратов на сохранность льно-соломы в аэробных условиях, определены оптимальные концентрации и разработаны рекомендации промышленности по их практическому применению. Анализ качественных характеристик соломы, обработанной консервантами, свидетельствует о возможности ее хранения с влажностью 25 % – 35 % в условиях юга Украины в течение 3-х и более месяцев без порчи льно-сырья, при этом улучшается качество полученной в процессе хранения тресты и повышается сохранность образовавшегося лубоподобного волокна. При последующей механической переработке тресты, полученное короткое лубоподобное волокно можно использовать во многих отраслях промышленности для производства различных товаров народного потребления.

Лен масличный является высокоценной технической сельскохозяйственной культурой. На территории Украины и Крымского полуострова лён был известен еще в V веке. В предгорьях и по долинам рек выращивали лён-долгунец, из которого получали волокно, а в южной части Украины и степной части Крыма – лён масличный, используемый для изготовления масла.

В последние годы в Украине, как и во всем

ABSTRACT

OIL FLAX, HIGH MOISTURE, PRESERVATIVES, STORING STRAW, PRESERVATION OF QUALITY PARAMETERS, BASS FIBER

Article is devoted to the problems of the preservation of raw flax with increased moisture in the south of Ukraine. The different ways of preserving of flax straw are considered. It is proposed to treat the straw before pressing it into rolls with environmentally friendly biologically active preparations. The preservative action of new biologically active preparations during the storage process of flax straw moisture is identified. The optimal concentrations of application, conditions and terms of action are defined.

All the physical and mechanical characteristics of flax straw in storage depend differently on the type of preservative identified. The highest degree of safety of quality indicators of the bass is observed in case of processing of the flax straw by preparation "Fitosporin - M" by various humidity of raw materials. Straw without processing by preservatives practically lost technological quality.

мире, наблюдается повышенный интерес к возделыванию льна масличного, так как устойчиво растет спрос на изготавливаемую из него продукцию. Масло, содержащееся в семенах льна масличного в количестве 40 – 50 % от массы, имеет довольно широкий спектр применения. Известно, что в растениях данной культуры ценно также волокно, содержащееся в стеблях. Волокно льна масличного, содержание которого в

стеблях достигает 20 %, по всем качественным показателям уступает волокну льна-долгунца, но при соответствующей технологической обработке можно получить волокно вполне удовлетворительного качества. Такое волокно используется для изготовления льняной ваты, перевязочных и кровоостанавливающих материалов, мешковины, канатов, шпагата. Из соломы льна масличного производят бумагу, картон, упаковочный материал, а из костры – строительные плиты, наполнители для композиционных материалов и др. Сегодня уже разработаны технологии получения из короткого волокна льна масличного котонизированного материала (cotton – (анг.) хлопок) [1].

Изучение соломы льна масличного с точки зрения содержания натурального целлюлозного волокна приобретает особое значение в связи с расширением посевных площадей данной культуры в Украине, особенно в южном ее регионе. Ведущая роль в возрождении отрасли наряду с экономическими и техническими факторами принадлежит селекции, способной сочетать в одном сорте высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость. В результате селекционных работ последнего десятилетия Института масличных культур УААН (г. Запорожье) созданы новые высокопродуктивные сорта льна масличного с повышенной стойкостью к засухам степной зоны Украины, пригодные для двустороннего использования (для производства льняного масла и волокна). Наилучшими сортами льна масличного, которые внесены в Реестр сортов растений Украины, являются Дебют, Южная ночь, Айсберг и Орфей. Потенциальная урожайность волокна новых сортов льна 15–20 ц/га и более, масличность 45–50 %.

Сегодня в нашей стране лен масличный выращивают в Донецкой, Днепропетровской, Запорожской, Крымской, Кировоградской, Николаевской, Одесской и Херсонской областях. Однако преобладающее количество площадей посева данной культуры сосредоточено в основном на Херсонщине. Почвенный покров Херсонской области представлен преимущественно черноземами южными малогумусными и темно-каштановыми почвами, которые составляют более 80 % от всей площади вспаханных земель. Из-за высокого содержания доступных элементов питания – азота, фосфора и калия – такие поч-

вы наиболее пригодны для выращивания льна масличного. Херсонщина характеризуется наибольшими тепловыми ресурсами и находится в агроклиматической зоне с наивысшей суммой эффективных температур – годовой показатель 3150 °С. Область имеет наибольшую в Украине площадь поливных земель [2].

К сожалению, ежегодно большое количество соломы после сбора семян остается или совсем неиспользованным (сжигается) или используется крайне непроизводительно (закапывается в почву, то есть используется как удобрение). В то же время урожаи льносоломы (до 3,4 т/га) и волокна (до 0,74 т/га) в перспективных сортах льна, дают основание рассматривать солому льна масличного как дополнительный источник натурального экологически чистого целлюлозного волокнистого сырья на территории Украины. В условиях рыночных отношений переработка соломы и волокна этой культуры, а также реализация готовых изделий может стать прибыльным источником финансовых поступлений в сельское хозяйство и промышленность.

Нерациональное использование стеблей соломы в нашем государстве связано в первую очередь с отсутствием современных ресурсосберегающих технологий первичной переработки льна масличного. В настоящее время научные исследования отечественных ученых направлены на разработку эффективных технологий получения тресты и волокна из льносоломы, а также развитие научных основ технологий первичной переработки льняного волокна с целью значительного расширения спектра применения льна масличного [3].

Важным фактором развития предприятий легкой промышленности является обеспечение их высококачественным сырьем, которое могло бы длительное время сохранять свои физико-механические свойства и противостоять разрушающему действию микроорганизмов. Поэтому актуальной является задача сохранности льносырья, особенно с повышенной влажностью. Одним из путей решения этой проблемы является разработка надежных режимов хранения, обеспечивающих сохранность свойств льносоломы без существенных изменений.

В настоящее время применяют прогрессивную технологию уборки и хранения льна, которая состоит из процессов формирования и прес-

сования растительного материала в большие паковки цилиндрической формы – рулоны. Эта технология предусматривает увеличение производительности труда в 4 раза как в сельском хозяйстве, так и на льноперерабатывающих предприятиях, по сравнению с уборкой льна по сноповой технологии. Сбор льна рулонами обеспечивает непрерывность технологического процесса, значительно сокращает уборочный период, уменьшает потери урожая и повышает сохранность качества льносырья. Продукция в рулонах меньше подвержена увлажнению при осадках. Прессование рулонов осуществляется с нормативной влажностью 19 %, при этом предельно допустимая влажность не должна превышать 23 %.

В результате неритмичной работы льноперерабатывающих предприятий весь объем льносолумы не успевают переработать на протяжении сезона, при этом возникает необходимость в ее длительном хранении от 1-го месяца до года или двух. Рулоны льносолумы хранят в шохах и скирдах на бетонированных или асфальтированных площадках с навесами. Однако для хранения соломы льна масличного в южном регионе Украины не всегда предусмотрены специальноотведенные места, и рулоны часто хранят под открытым небом [4].

Предыдущие исследования украинских и российских ученых показали, что основными факторами, которые обуславливают сохранность соломы в рулонах, является влажность сырья и условия хранения (температура и влажность окружающей среды). Так, хранение льносырья в условиях высоких плюсовых температур свыше +10 -15 °С и повышенной влажности окружающей среды (при значительных осадках) приводит к повышению влажности соломы, что резко активизирует биологические и экзотермические процессы внутри рулонов, в результате чего сни-

жается исходное технологическое качество стеблей льна. С понижением температуры воздуха тепловые процессы внутри рулонов становятся более слабые, а при температуре ниже +5 °С прекращаются совсем и льносолума переходит в состояние естественной консервации [5].

Климат Херсонской области умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет 11,2 °С, наиболее низкая она в январе (-2,4 °С), наиболее высокая – в июле (24,8 °С). Относительная влажность воздуха в среднем составляет 74 %, наименьшая она в августе (62 %), наибольшая – в декабре (87 %). Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 420 мм, меньше всего их в марте и апреле, больше всего – в июне. Характеристика климатообразующего режима последних 5-ти лет Херсонской области представлена в таблице 1.

Анализируя показатели климата в южном регионе Украины, видно, что наиболее критическим для хранения льносолумы является осенне-весенний период, когда повышается относительная влажность воздуха и при этом температура окружающей среды остается высокой. Средняя температура в осенний период составляет 11,3 °С при относительной влажности воздуха 77 %. Средняя температура в весенний период составляет 10,9 °С при относительной влажности воздуха 71 % [6].

Льносолума повышенной влажности является благоприятной питательной средой для многих микроорганизмов, в ней быстро развиваются гнилостные и плесневые грибы и бактерии. Под действием ферментов, выделяемых микроорганизмами, сложные органические соединения – целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, содержащиеся в волокне и окружающих его тканях, – разлагаются до простых соединений. В результате микробиологических процессов происходит ферментативное разложение и,

Таблица 1 – Среднегодовая температура, относительная влажность воздуха и количество осадков по месяцам

Наименование	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура, °С	-2,4	-1,6	3,1	11,2	18,4	22,6	24,8	23,7	18,0	11,0	4,9	1,1	11,2
Влажность, %	86	83	78	69	66	66	63	62	69	77	85	87	74
Количество осадков, мм	37	36	21	14	44	65	30	22	37	36	33	45	420

как следствие, ослабление механической прочности, вплоть до полной ее потери, и уменьшение выхода волокна. Если своевременно не приостановить микробиологический процесс при хранении, то дальнейшая жизнедеятельность патогенной микрофлоры приводит к разрушению лубоволокнистых пучков [7].

Существует несколько способов сохранности льносолумы повышенной влажности. Сушка является самой надежной технологией консервирования продукции. Сушку льносырья осуществляют двумя путями: естественным и искусственным. Однако процессы естественной сушки в рулонах, исключая наружную зону, затруднены из-за высокой их плотности, а также неблагоприятных условиях окружающей среды. Продолжительное время сушки рулонов соломы естественным способом приводит к подгниванию стеблей и снижению качества волокна.

Искусственную сушку проводят на предприятиях с использованием специального сушильного оборудования. При искусственной сушке качество льняной соломы полностью сохраняется. К сожалению, такой способ консервирования стеблей льна не нашел применения на практике из-за значительной энергоемкости и высоких финансовых затрат [8].

Значительно меньшую зависимость технологии хранения от изменения погодных условий может обеспечить химическое или биологическое консервирование. Консерванты приостанавливают развитие патогенной микрофлоры, разлагающей клетчатку стеблей, что значительно уменьшает потери волокнистого сырья. Результаты микробиологических наблюдений показали, что в процессе разрушения льносырья повышенной влажности берут участие более 140 видов микроорганизмов, которые принадлежат к разным типам и классам. Большинство известных консервантов не являются универсальными, так как влияют только на отдельные микроорганизмы. Повышение температуры внутри рулонов льносолумы во время хранения также снижает эффективность консервантов. Многие химические консерванты, применяемые ранее, обладают токсичным действием, оказывая негативное влияние на льнопродукцию и окружающую среду.

Из вышеизложенного следует, что технология консервирования льносолумы требует дальней-

ших основательных исследований. Поиск новых химических и биологически-активных препаратов для применения их в процессе хранения сырья основывается на выявлении их ингибирующего, бактерицидного и фунгицидного действия, определении механизмов взаимодействия между консервантом и исходным сырьем в процессе хранения, оценки их токсичности, а также изменения качества сырья во времени.

Цель данной работы состоит в разработке рекомендаций для повышения сохранности соломы льна масличного в условиях повышенной влажности с применением эффективных экологически чистых консервантов.

Для решения данной проблемы был проведен многофакторный эксперимент и серия лабораторных и полупроизводственных опытов в условиях лаборатории и на опытном участке кафедры товароведения, стандартизации и сертификации Херсонского национального технического университета.

В качестве консервирующих веществ был выбран ряд экологически безопасных препаратов, которые обладают способностью подавлять развитие патогенной микрофлоры и практически полностью ингибировать гнилостные, плесневые грибы и бактерии, которые быстро развиваются на стеблях льна при повышенной влажности и негативно влияют на сохранность льносолумы. Для исследований использовались следующие препараты: карбамид, композиционный препарат на основе фосфата карбамида и оксиэтилированного нонилфенола АФ 9-10, биологически-активные препараты «Триходермин» и «Фитоспорин - М».

Исследования проводились на соломе льна масличного сорта Вера после комбайновой уборки. Сорт Вера был создан и выращен в климатических условиях южного региона Украины на полях Государственного предприятия Опытного хозяйства «Асканийское» Института масличных культур НААН Украины в Херсонской области. Испытуемая льносолома имела следующие качественные характеристики: группа цвета – I; отделяемость – 1,3 ед.; содержание луба – 18,1 %; линейная плотность луба – 14,32 текс; разрывная нагрузка – 131,7 сН; относительная разрывная нагрузка – 9,2 сН/текс.

Сохранность льносырья повышенной влажности во многом обеспечивается качеством

обработки соломы препаратами. Способы нанесения консервирующих веществ и их дозирование predeterminedены местом внесения консервантов и их агрегатным состоянием. При обработке соломы жидкими препаратами, в процессе формирования рулона, достигается более равномерное распределение консервирующих веществ по всей массе стеблей [9].

Для эксперимента были взяты образцы льно-соломы с влажностью 19 %, которые увлажняли до 25 %, 30 % и 35 %, а потом обрабатывали консервантами. Выбранные консерванты наносились путем равномерного опрыскивания стеблей соломы водными растворами. Объем водного раствора определяли экспериментально – способом нанесения его на 50 г сырья до приобретения желто-оранжевого цвета, что указывает на полное покрытие льно-соломы и необходимость прекращения обработки. Концентрации исследуемых консервантов были различны и зависели от вида препарата. Для сравнительной оценки качественных показателей образцов

несколько проб без обработки консервантами с влажностью 25 %, 30 % и 35 % оставили в качестве контрольных вариантов. После этого солому прессовали в паковки со средней плотностью 120 кг/м³, которая наилучшим образом способствует сохранности льносырья в рулонах. Пробы помещались в полиэтиленовые пакеты, которые не герметизировались для создания аэробных условий и выдерживались при температуре 12–18 °С в течение 1, 2 и 3-х месяцев. По окончании указанного срока хранения сохранность сырья оценивали по органолептическим и физико-механическим характеристикам. Сравнивали качественные показатели исходного сырья, контрольных проб и образцов, обработанных препаратами.

Показатели качества соломы повышенной влажности, которая хранилась на протяжении 1, 2 и 3-х месяцев, представлены в таблицах 2–4. В таблицах приведены концентрации препаратов, которые оказали наилучшее консервирующее воздействие на стебли льна.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики соломы льна масличного с влажностью 25 %

№ раствора	Наименование	Срок хранения, мес.	Концентрация препарата	Группа цвета соломы	Отделяемость, ед.	Содержание луба, %	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс
1	Контрольный вариант	1	-	I	3,2	19,4	7,35	50,0	6,8
		2	-	I	4,3	20,1	6,88	38,5	5,6
		3	-	II	5,3	20,5	6,42	30,8	4,8
2	Солома, после обработки карбамидом	1	6 %	I	2,7	19,2	8,31	63,2	7,6
		2	6 %	I	3,8	19,6	7,86	55,8	7,1
		3	6 %	II	4,3	20,1	7,23	47,0	6,5
3	Солома, после обработки композицией	1	0,2 г/л	I	2,6	19,1	8,50	73,1	8,6
		2	0,2 г/л	I	3,3	19,6	8,05	64,4	8,0
		3	0,2 г/л	I	4,2	20,0	7,38	54,6	7,4
4	Солома, после обработки «Триходермином»	1	0,5 %	I	2,3	18,4	9,12	80,3	8,8
		2	0,5 %	I	3,2	18,8	8,63	73,3	8,5
		3	0,5 %	I	4,0	19,3	7,93	64,2	8,1
5	Солома, после обработки «Фитоспорином - М»	1	1,25 %	I	2,1	18,2	10,54	94,8	9,0
		2	1,25 %	I	2,9	18,7	9,20	81,9	8,9
		3	1,25 %	I	3,5	19,1	8,67	74,5	8,6

Таблица 3 – Физико-механические характеристики соломы льна масличного с влажностью 30 %

№ раствора	Наименование	Срок хранения, мес.	Концентрация препарата	Группа цвета соломы	Отделяемость, ед.	Содержание луба, %	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс
1	Контрольный вариант	1	-	I	3,9	19,9	6,91	42,1	6,1
		2	-	II	4,8	20,6	6,54	32,0	4,9
		3	-	III	5,9	21,0	5,94	23,7	4,0
2	Солома, после обработки карбамидом	1	6 %	I	3,0	19,7	7,93	55,5	7,0
		2	6 %	II	4,4	20,2	7,55	48,3	6,4
		3	6 %	II	5,3	20,6	6,71	38,9	5,8
3	Солома, после обработки композицией	1	0,2 г/л	I	2,9	19,5	8,24	65,1	7,9
		2	0,2 г/л	I	4,1	19,9	7,77	56,7	7,3
		3	0,2 г/л	II	5,1	20,3	6,97	46,7	6,7
4	Солома, после обработки «Триходермином»	1	0,5 %	I	2,6	19,0	8,78	75,5	8,6
		2	0,5 %	I	3,7	19,4	8,34	66,7	8,0
		3	0,5 %	II	4,8	19,7	7,56	56,7	7,5
5	Солома, после обработки «Фитоспорином - М»	1	1,25 %	I	2,4	18,6	9,98	87,8	8,8
		2	1,25 %	I	3,5	19,0	8,92	75,8	8,5
		3	1,25 %	II	4,4	19,3	8,41	68,9	8,2

Анализ полученных данных показывает, что льносолома повышенной влажности, обработанная консервантами и хранившаяся на протяжении 3-х месяцев, имеет более высокие показатели физико-механических свойств по сравнению с соломой без обработки. При хранении соломы льна масличного с повышенной влажностью при температуре 12 – 18 °С резко активизируются микробиологические процессы внутри паковок. Уже к концу 1-го месяца хранения образцы соломы без обработки с влажностью 35 % и образцы с влажностью 25 % и 30 % к концу 2-го месяца имели бурый цвет с очагами плесневых грибов и серой пятнистости. На сырье, обработанном консервантами, плесневые грибы не развивались.

После 3-х месяцев хранения льносырья с влажностью 25 % все испытуемые образцы соломы, обработанные консервантами, остались без видимых изменений и практически полностью сохранили свои первоначальные технические свойства. Во время хранения льна с влажностью 30 % и 35 % в условиях повышен-

ных температур наблюдается медленное изменение цвета стеблей соломы, повышение показателей отделяемости и выхода луба, снижение линейной плотности и разрывной нагрузки, что указывает на процесс мацерации стеблей, который способствует интенсивному микробиологическому преобразованию соломы в тресту. На стеблях льна, обработанных консервантами, этот процесс протекал значительно медленнее.

Проведенные исследования показали, что все качественные характеристики льняной соломы в процессе хранения изменяются по-разному, в зависимости от вида консерванта. По результатам инструментальной оценки лубоволокнистого материала, полученного после 3-х месяцев хранения соломы, определены консервирующие свойства препаратов, которые в убывающем порядке можно расположить следующим образом: биологически-активные препараты «Фитоспорин-М», «Триходермин», далее, уже ранее известные, композиция на основе фосфата карбамида и нонилфенола АФ 9-10 и карбамид. Приведенные данные показывают, что под дей-

Таблица 4 – Физико-механические характеристики соломы льна масличного с влажностью 35 %

№ раствора	Наименование	Срок хранения, мес.	Концентрация препарата	Группа цвета соломы	Отделяемость, ед.	Содержание луба, %	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс
1	Контрольный вариант	1	-	I	4,3	20,5	6,47	36,2	5,6
		2	-	II	5,4	21,1	5,74	25,3	4,4
		3	-	III	6,6	21,6	4,62	16,2	3,5
2	Солома, после обработки карбамидом	1	6 %	I	3,5	20,2	7,53	48,9	6,5
		2	6 %	II	4,9	20,7	6,97	40,3	5,8
		3	6 %	II	5,8	21,2	6,20	32,3	5,2
3	Солома, после обработки композицией	1	0,2 г/л	I	3,3	20,0	7,88	57,5	7,3
		2	0,2 г/л	II	4,6	20,5	7,15	47,2	6,6
		3	0,2 г/л	II	5,7	20,9	6,36	38,2	6,0
4	Солома, после обработки «Триходермином»	1	0,5 %	I	3,0	19,4	8,37	66,9	8,0
		2	0,5 %	I	4,1	19,9	7,83	58,7	7,5
		3	0,5 %	II	5,4	20,2	7,25	50,0	6,9
5	Солома, после обработки «Фитоспорином - М»	1	1,25 %	I	2,7	18,9	9,62	82,7	8,6
		2	1,25 %	I	3,9	19,4	8,79	72,1	8,2
		3	1,25 %	II	5,0	19,7	8,08	63,0	7,8

ствием консервантов происходит замедление основных биологических и экзотермических процессов внутри испытуемых образцов льно-соломы. Это положительно влияет на состояние растительных тканей и способствует длительному сохранению их физико-механических свойств.

Установлено, что наиболее высокая степень сохранности качественных показателей луба отмечена во всех вариантах с разной влажностью сырья при обработке льно-соломы биологически-активным препаратом «Фитоспорин-М». Так, отделяемость у стеблей льна с влажностью 35 % после 3-х месяцев хранения и обработки указанным консервантом составила 5,0 ед., что на 1,6 ед. меньше чем в контрольном варианте – 6,6 ед.; содержание луба – 19,7 %, что на 1,9 % меньше, чем в контроле – 21,6 %; относительная разрывная нагрузка – 7,8 сН / текс, что на 4,3 сН / текс больше, чем в соломе без обработки консервантами – 3,5 сН / текс.

Во время хранения льно-соломы с влажностью 35 % происходит интенсивное снижение

всех качественных показателей. Исследования показали, что в 1-й месяц хранения изменения физико-механических характеристик протекали наиболее заметно, особенно в контрольном варианте. В последующие месяцы хранения биологические процессы, проходящие на льно-соломе, а соответственно и изменения качественных показателей были замедлены.

В вариантах, где обработку соломы с влажностью 35 % проводили биологически-активным препаратом «Фитоспорин-М», сохранность линейной плотности луба после 1-го месяца хранения составила 67 %, или снизилась соответственно на 33 %. В то же время сохранность линейной плотности в контрольном варианте составила 45 %, или снизилась на 55 %. При увеличении срока хранения сохранность линейной плотности несколько снижалась. Через 3 месяца сохранность данного показателя в соломе, обработанной консервантом, составила 57 %, или снизилась на 10 % за предыдущие 2 месяца хранения, в контрольном варианте этот показатель составил 32 %, или снизился на 13 %.

Снижение прочности луба происходило более интенсивно даже в 1-й месяц хранения. Наиболее высокая сохранность разрывной нагрузки отмечена при обработке соломы с влажностью 35 % указанным выше препаратом, которая составила 63 %, или снизилась на 37 % за 1-й месяц. После 3-х месяцев хранения сохранность разрывной нагрузки составила 48 %, или снизилась на 15 % за предыдущие 2 месяца. В контрольном варианте после 1-го месяца хранения сохранность прочности луба составила 28 %, или снизилась на 72 %, после 3-х месяцев сохранность этого показателя составила 12 %, или снизилась на 16 % за предыдущие 2 месяца.

Довольно высокие результаты были получены и в вариантах, где льносолону обрабатывали биологически-активным препаратом «Триходермин». Все физико-механические характеристики соломы после обработки указанным консервантом ненамного уступают показателям, где солому обрабатывали препаратом «Фитоспорин-М». Так, в вариантах, где образцы льносолумы с влажностью 35 % обрабатывали препаратом «Триходермин», сохранность линейной плотности после 3-х месяцев хранения составила 51 %, а сохранность разрывной нагрузки составила 38 %, что на 6 % и на 10 % меньше, чем в вариантах, где солому обрабатывали препаратом «Фитоспорин-М».

Проведенные исследования показали, что интенсивность снижения физико-механических параметров соломы увеличивалась пропорционально возрастанию влажности льносырья как в вариантах без обработки консервантами, так и при обработке. После 3-х месяцев хранения льносолумы во всех изучаемых вариантах влажности наименьшее снижение качественных показателей установлено при обработке стеблей льна экологически безопасным биологически-активным препаратом «Фитоспорин-М». Солома, не обработанная консервантами, практически потеряла технологическое качество.

В процессе хранения соломы льна масличного с повышенной влажностью происходит частичное преобразование соломы в тресту. В результате оптимизации микробиологических ферментативных процессов, происходящих при деструкции стеблей льна, обработанных консервантами, улучшается качество полученной полутресты и повышается сохранность образовавше-

гося лубоподобного волокна.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований рекомендованы новые биологически-активные препараты «Триходермин» и «Фитоспорин-М», обладающие способностью приостанавливать развитие патогенной микрофлоры, развивающейся на льносолومه повышенной влажности в процессе хранения. Изучено действие выбранных консервантов на сохранность льносолумы в аэробных условиях и установлены оптимальные концентрации применения, условия и сроки их действия. Анализ физико-механических характеристик соломы льна масличного, обработанной консервантами, свидетельствуют о возможности ее хранения с влажностью 25 % – 35 % в условиях южного региона Украины в течение 3-х и более месяцев на вполне удовлетворительном уровне.

Получение тресты во время хранения льносолумы значительно облегчает процесс последующей ее механической переработки, что позволяет получить короткое лубоподобное волокно в основном для технических целей, использование которого можно рекомендовать в различные отрасли народного хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Элементы технологии выращивания льна масличного. Доступ к ресурсу: <http://www.apk-inform.com.ru/oilprocessing/59032>
2. Заець С.О., Заверюхін В.І. *Льон олійний на півдні України. Деловий агрокомпас: Херсонський обласний ежесечасний журнал*, 2005, № 3, с. 28-31.
3. Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А., Горач О.О., Янюк Т.І. *Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного*. Монографія. – Херсон: Олді-плюс, 2011. 356 с.
4. Бобирь С.В., Островська А.В., Кузьміна Т.О. *Зміна параметрів соломи льону олійного в процесі зберігання*. *Міжвузівський вісник «Наукові нотатки»*, 2011, Вип. № 34, с. 21–23.
5. Моторина Р.И., Иванова Л.А. *Хранение льносоломы в рулонах*. *Тр. ВНИИЛ*. – Торжок, (XXIV), 1987, с. 107-110.
6. *Погода и климат Херсонской области*. Доступ к ресурсу: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>
7. Лесик Б.В., Хилевич В.Х., Сеньков А.Н. *Сохраняемость льносоломы с повышенной влажностью. Селекция, семеноводство и агротехника возделывания льна-долгунца*. Москва: Агропромиздат, 1985, с. 148–151.
8. Дідух В.Ф., Дударев І.М., Кірчук Р.В. *Збирання та первинна переробка льону-довгунца*. Монографія. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2008, 215 с.
9. Мухин В.В. *Дозирование жидких химических консервантов при прессовании льна в рулоны. Экономика, механизация и первичная обработка*. Киев: ВНИИЛ, (XXII), 1985, с. 64-68.

REFERENCES

1. Elements of oil flax cultivation technology. Access to the resource: <http://www.apk-inform.com.ru/oilprocessing/59032>
2. Hare S.A., Zaveryuhin V. I. Oil flax in the southern of Ukraine. *Business agrocompass: Kherson regional monthly magazine*. 2005, № 3, pp. 28-31.
3. Chursina L.A., Tihosova A.A., Gorach O.O., Yanyuk T.I. *Scientific basis of complex processing of stems and of seed of oil flax*. Monograph. – Kherson: Oldie-plus, 2011. 356 p.
4. Bobyr S.V., Ostrovsky A.V., Kuzmina T.A. *Change of parameters of straw of oil flax during storage*. *Intercollegiate Journal of «Research zametki»*, 2011, № 34, pp. 21-23.
5. Motorina R.I., Ivanova L.A. Storage of straw flax in rolls. *Tr.VNIIL*. – Torzhok, (XXIV), 1987, pp. 107-110.
6. Weather and climate of the Kherson region. Access to the resource: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>
7. Lesik B.V., Hilevich V.H., Sen'kov A.N. *Retentive of straw flax with high humidity. Breeding, seed and agricultural machinery cultivation of flax*. Moscow: Agropromizdat, 1985, pp. 148-151.
8. Didukh V.F., Dudarev I.M., Kirchuk R.V. *Harvesting and primary processing of flax*. Monograph. Lutsk: Red.-pub. department LNTU, 2008, 215 p.
9. Mukhin V.V. (1985). Dosing with liquid chemical preservatives of flax in pressing of rolls. *Economy, mechanization and primary processing*. Kiev: VNIIL, (XXII), 1985, pp. 64-68.

Статья поступила в редакцию 14. 11. 2013 г.

РАСЧЁТ СКОРОСТЕЙ ШИТЬЯ ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Д.В. Грот, А.Г. Кириллов, Б.С. Сункуев

УДК 687.053.68-52

РЕФЕРАТ

ПОЛУАВТОМАТ МНОГОЦВЕТНОЙ ВЫШИВКИ, СКОРОСТЬ ШИТЬЯ, ПРИЖИМНАЯ ЛАПКА

Предметом исследования является скорости шитья вышивального полуавтомата с различными прижимными лапками, подвижной и неподвижной. Цель этой статьи заключается в подборе скорости шитья для подвижной и неподвижной прижимных лапок.

В статье приведена методика расчета скоростей шитья для полуавтоматов многоцветной вышивки с использованием различных способов прижима материала: подвижной и неподвижной лапок. Используемая методика ведет учет интеграции узла прижима в циклограмму работы петлеобразующих органов полуавтомата.

Приведенная методика применена для расчета скоростей шитья полуавтомата ПВ-1-5М многоцветной вышивки, разработанного в 2008 году кафедрой машин и аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ» совместно с ОАО «НП ОКБМ».

В результате расчета установлено, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 – 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой.

ABSTRACT

SEMI-AUTOMATIC, MULTICOLOR, MACHINE EMBROIDERY, PRESSER FOOT, SEWING SPEED

The aim of this article is to select the sewing speed for fixed and movable presser foot.

For semiautomatic multicolor embroidery PV-1-5-M developed in 2008, calculated these speed sewing developed by using different presser feet: mobile and stationary.

The disadvantage of mobile presser foot is noise at work. The advantage of fixed presser foot is the lack of noise at work.

The calculation revealed that the sewing speed when using fixed presser foot is 18 – 25 % higher than with moving the presser foot. Velocities sewing enable operations to assess the complexity of machine embroidery.

УО «ВГТУ» совместно с ОАО «НП ОКБ машиностроения» (г. Витебск) разработан полуавтомат ПВ-1-5М многоцветной вышивки на изделиях из кожи. В состав полуавтомата входит пятиигольная головка [1] и координатный механизм с числовым программным управлением (ЧПУ) для сообщения материалу старт-стопного перемещения, заимствованный из серийно выпускаемого полуавтомата ПВ-1-1 [2]. В полуавтомате предусмотрена возможность установки двух вариантов лапки: подвижной и неподвижной.

Цель этой статьи заключается в подборе скорости шитья для подвижной и неподвижной прижимных лапок. Подбор оптимальных скоростных режимов шитья ведется с целью увели-

чения производительности труда.

Подвижная прижимная лапка совершает вертикальное движение и прижимает материал только в периоды прокола материала иглой. Достоинством подвижной прижимной лапки является возможность вышивки на заготовках, имеющих разную толщину в поле вышивания, а также возможность базирования кассеты с заготовкой относительно иглы по метке, нанесённой на кассету. Недостатком подвижной прижимной лапки является шум при работе.

Кинематическая схема механизмов иглы и подвижной прижимной лапки показана на рисунке 1. Прижимная лапка 10 получает движение от ползуна 11 кривошипно-ползунного механиз-

ма иглы ABC. Лапка 10 прижимается к ползуну 11 пружиной 12. Игла 6 получает движение от пальца 9 ползуна 11 через поводок 8, игловодитель 7 и иглодержатель 5. При движении ползуна 11 из крайнего верхнего положения вниз подошва 3 прижимной лапки достигает поверхности материала 2 и останавливается, при этом пружина 12 прижимает лапку к материалу. Игла 6 продолжает движение вниз, достигает крайнего нижнего положения и двигается вверх. В определённый момент ползун 11 сообщает движение прижимной лапке 10, преодолевая действие пружины 12.

Подошва 3 (рисунок 1) неподвижной прижимной лапки устанавливается с зазором не менее 0,5 мм над поверхностью материала. Неподвижная прижимная лапка применяется при вышивании на заготовке постоянной толщины. При этом требуется, чтобы в базовом положении кассеты игла находилась в поле вышивания, а метку, с которой совмещается игла, в базовом положении кассеты приходится наносить на материал при каждом цикле вышивания. Преимуществом неподвижной прижимной лапки является отсутствие шума при работе. При неподвижной прижимной лапке время перемещения материала на длину стежка лимитируется временем нахождения иглы в материале, а при подвижной – временем прижатия материала прижимной лапкой.

Положения иглы 6 и подошвы 3 подвижной прижимной лапки в их поступательных движениях будем представлять соответственно точкой **G** острия иглы и точкой **H**, расположенной в центре отверстия для прохода иглы. Координаты точек **G** и **H** будем отсчитывать по оси **Oy** с началом в точке **O**, лежащей на поверхности игольной пластины 1, в центре отверстия для прохода иглы. За начало отсчёта углов φ , определяющих положения ведущего кривошипа **AB**, принимаем ось **Ay**. Графики зависимости y от φ для точек **G** и **H** приведены на рисунке 2 в виде кривых I и II. Кривая I построена исходя из установки иглы относительно носика челнока: $y_G = 13$ мм при $\varphi = 60^\circ$, соответствующем моменту автоматического останова полуавтомата.

Проведём на графике прямую, параллельную оси y , на расстоянии, равном толщине h пошиваемого материала 2 (рисунок 1), на пересечении этой прямой с кривыми I и II отметим точки 2,

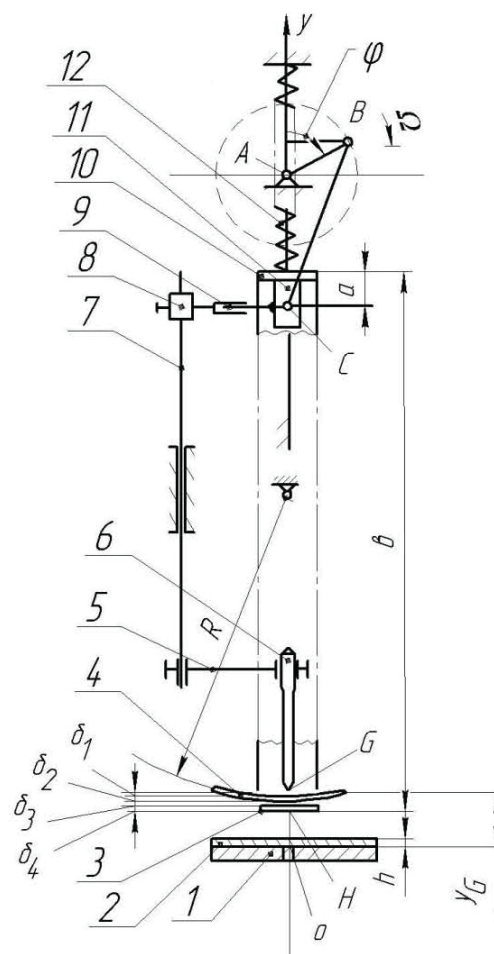


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизмов иглы и прижимной лапки

3, 4, 5. Абсциссы φ_2, φ_3 точек 2 и 3 на графике I соответствует началу вхождения острия иглы в материал и выходу его из материала. Абсциссы φ_4, φ_5 точек 4, 5 на графике II соответствуют началу прижима материала подвижной прижимной лапкой и его окончанию.

Отметим также на графике I точку 1 с ординатой $y_G = 13$ мм, соответствующей моменту автоостанова. Абсциссу точки 1 обозначим φ_1 . Начало перемещения материала координатным механизмом с ЧПУ настраивается установкой на главном валу швейной машины диска, входящего в профиль оптопары. При этом кривошип **OA** должен находиться в положении, определяемом координатой φ_H . Угол поворота φ_p кривошипа **OA** за время t_{nep} перемещения материала зависит от динамики координатного механизма. Для подвижной прижимной лапки должны удовлетворяться неравенство:

$$\varphi_H \leq \varphi_5, \quad (1)$$

$$\varphi_P = \varphi_{P1} \leq 360^\circ - (\varphi_5 - \varphi_4), \quad (2)$$

для неподвижной прижимной лапки – неравенства

$$\varphi_H \leq \varphi_5, \quad (3)$$

$$\varphi_P = \varphi_{P1} \leq 360^\circ - (\varphi_5 - \varphi_4), \quad (4)$$

Выведем соотношение для определения φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 . Сначала определим длину b прижимной лапки. На рисунке 2 механизм иглы показан при $\varphi = \varphi_1$, то есть в момент автоостанова, в том же положении показана игла 6, ловитель игольной нити 4, подошва прижимной лапки 3. При известном y_G расстояние b определяется из равенства (см. рисунок 1)

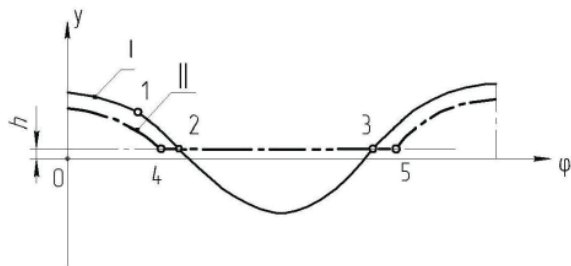


Рисунок 2 – Графики пути иглы (кривая I) и прижимной лапки (кривая II)

$$B = CG + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + a, \quad (5)$$

где δ_1 – зазор между остриём G иглы и ловителем игольной нитки; δ_2 – толщина ловителя нитки 4; δ_3 – зазор между ловителем и подошвой прижимной лапки; δ_4 – толщина подошвы прижимной лапки 3; a – расстояние между центром шарнира C и верхней плоскостью прижимной лапки; $CG = y_{C1} - y_{G1}$.

Координата y_{C1} при известном $\varphi = \varphi_1 = 60^\circ$ определится из соотношения

$$y_C = y_A + r \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (r \sin \varphi)^2}, \quad (6)$$

где y_A – координата неподвижного шарнира A; $r = AB$; $L = BC$.

Для определения углов φ_2 и φ_4 воспользуемся соотношением, полученным из теоремы косинусов, составленной для ΔABC (рисунок 1)

$$\varphi = 180^\circ - \arccos \frac{f^2 + r^2 - L^2}{2f \cdot r}, \quad (7)$$

где $f = AC$.

Для определения φ_2 в (7) следует подставить

$$f = y_A - CG - h, \quad (8)$$

где h – толщина вышиваемого материала.

Для определения φ_4 в (7) подставляется

$$f = y_A - CG - h - \delta_1 - \delta_2 - \delta_3 - \delta_4, \quad (9)$$

Углы φ_3 и φ_5 определяются из равенств:

$$\varphi_3 = 360^\circ - \varphi_2, \quad (10)$$

$$\varphi_5 = 360^\circ - \varphi_4, \quad (11)$$

В таблице 1 приведены результаты расчётов φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 , φ_{P1} , φ_{P2} при $h = 1...5$ мм для разработанного полуавтомата при следующих параметрах $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 1$ мм; $\delta_4 = 2$ мм; $a = 8$ мм; $\varphi_1 = 60^\circ$; $r = 17,5$ мм; $L = 42$ мм; $y_A = 160$ мм.

Из таблицы 1 следует, что угол рабочего хода механизма перемещения при неподвижной лапке φ_{P1} превышает аналогичную величину φ_{P2} для подвижной лапки на 18...24 % при увеличении толщины материала от 1 до 5 мм, что существенно влияет на скорость шитья.

Влияние толщины материала на φ_{P1} и φ_{P2} столь же существенно, так при изменении h от 1 до 5 мм φ_{P1} уменьшается на 13,7 %, а φ_{P2} на 19,8 %.

Результаты расчётов углов φ_{P1} и φ_{P2} приведены в таблице 1.

В [2] приведена методика определения ско-

Таблица 1 – Результаты расчётов углов φ_{P1} и φ_{P2}

h, мм	Неподвижная лапка			Подвижная лапка		
	φ_2 , град	φ_3 , град	φ_{P1} , град	φ_4 , град	φ_5 , град	φ_{P2} , град
1	103,3	256,7	206,6	87,5	272,5	175
2	100,2	259,8	200,5	84,1	275,9	168,2
3	97,1	262,9	194,3	80,6	279,4	161,1
4	94,0	266,0	188,0	76,9	283,1	153,8
5	90,8	269,2	181,6	73,1	286,9	146,1

рости шитья для координатного устройства при известных φ_p . Согласно этой методике сначала минимизируется целевая функция:

$$t_{nep} = \frac{\varphi_{cm}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m}, \quad (12)$$

при ограничениях

$$M_d \geq I_{np} \cdot \varepsilon_m + M_{СПР}, \quad (13)$$

$$\omega_{min} \leq \omega_m \leq \omega_{max}, \quad (14)$$

$$\varepsilon_{min} \leq \varepsilon_m \leq \varepsilon_{max}, \quad (15)$$

где $\varphi_{CT} = S_{CT} \cdot U_{общ}$; S_{CT} – шаг стежка, м; $U_{общ}$ – общее передаточное число координатного механизма для ПВ-1-1, $U_{общ} = 628,42$ РАД/М; $I_{ПР}$ – приведённый к валу шагового электродвигателя момент инерции звеньев координатного механизма; $I_{ПР} = 34,7 \cdot 10^{-6}$ Кг·м²; ω_m – максимальная угловая скорость ротора шагового электродвигателя при выбранном трапецеидальном законе изменения скорости ротора; ε_m – максимальное угловое ускорение ротора при выбранном законе движения; $M_{СПР}$ – приведенный к валу шагового электродвигателя момент сил сопротивления, $M_{СПР} = 0,028$ Н·м.

При решении задачи минимизации t_{nep} использовались аппроксимированные механические характеристики шагового электродвигателя ШД-200-0,5 [2]. Минимизация t_{nep} выполнялось для $S_{cm} = (1...6)$ мм и $h = (1...5)$ мм для n_p скорость шитья при подвижной прижимной лапки и для n_2 , скорость шитья при неподвижной прижимной лапки по специально разработанной программе. После определения t_{nep} , ω_m и ε_m скорость шитья определялась из соотношения:

$$n = \frac{60 \cdot k_{nep}}{t_{nep}}, \quad (16)$$

где $k_{nep} = \varphi_p / 360^\circ$;

Результаты вычислений представлены в таблице 2. Из таблицы следует, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 - 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой. Таблица 2 может быть использована для подбора скорости шитья при заданных S_{cm} и n .

Выводы: из таблицы 1 следует, что угол рабочего хода механизма перемещения при неподвижной лапке φ_{P1} превышает аналогичную величину φ_{P2} для подвижной лапки на 18...24 % при увеличении толщины материала от 1 до 5 мм, что существенно влияет на скорость шитья. Из таблицы 2 следует, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 - 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой.

Таблица 2 – Результаты вычислений

h , мм	S_{cm} , мм	n_1 , об/мин, подв. лапка	n_2 , об/мин, неподв. лапка
1,0	1,0	1362,8	1609,3
1,0	2,0	821	969,5
1,0	3,0	587,4	693,7
1,0	4,0	457,3	540,1
1,0	5,0	374,4	442,1
1,0	6,0	317	374,3
2,0	1,0	1309,9	1561,6
2,0	2,0	789,1	940,8
2,0	3,0	564,6	673,1
2,0	4,0	439,6	524,1
2,0	5,0	359,9	429
2,0	6,0	304,6	363,2
3,0	1,0	1255	1513,3
3,0	2,0	756,1	911,7
3,0	3,0	541	652,3
3,0	4,0	421,2	507,9
3,0	5,0	344,8	415,8
3,0	6,0	291,9	352
4,0	1,0	1197,9	1464,3
4,0	2,0	721,7	882,1
4,0	3,0	516,4	631,2
4,0	4,0	402	491,4
4,0	5,0	329,1	402,3
4,0	6,0	278,6	340,6
5,0	1,0	1138,1	1414,2
5,0	2,0	685,6	851,9
5,0	3,0	490,6	609,6
5,0	4,0	381,9	474,6
5,0	5,0	312,7	388,5
5,0	6,0	264,7	328,9

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дервояд, О.В. Структура одноголовочного полуавтомата многоцветной вышивки на изделиях из кожи / О. В. Дервояд, Б. С. Сункуев, Д. В. Грот // Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности: материалы международной научно-технической конференции. Витебск, ноябрь 2013 г. / УО «ВГТУ»– Витебск 2013 – 420 с.
2. Сункуев, Б.С. Проектирование систем управления машин-автоматов лёгкой промышленности: учебное пособие/ Б.С. Сункуев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2008. – 146 с.

REFERENCES

1. Dervoed O.V, Sunkuev B. S., Grot D.V. (2013), Structure semiautomatic multicolor singlehead embroidery on leather [Struktura odnogolovochnogo poluavtomata mnogocvetnoj vyshivki na izdelijah iz kozhi], New techniques and technologies in the textile and light industry, *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Vitebsk, November 2013*, VSTU, Vitebsk, 420 p.
2. Sunkuev B.S. (2008), *Proektirovanie sistem upravlenija mashin-avtomatov ljogkoj promyshlennosti* [Designing control systems of automatic machines light industry], VSTU, Vitebsk, 146 p.

Статья поступила в редакцию 30.12.2013 г.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОПИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОЯСОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ НА СЛУЦКОЙ МАНУФАКТУРЕ

Г.В. Казарновская, Н.А. Абрамович

УДК 677.024.1: 004

РЕФЕРАТ

СЛУЦКИЙ ПОЯС, ТЕХНОЛОГИЯ, ЦВЕТОВОЙ ЭФФЕКТ, ПЕРЕПЛЕТЕНИЕ, АЛГОРИТМ

Предметом исследования является слуцкий пояс, изготовленный на слуцкой мануфактуре способом ручного ткачества в первой половине XIX века. Работа посвящена созданию технологии слуцкого пояса на современном ткацком оборудовании с использованием информационных технологий. Изучена структура исторического аналога, включающая вид сырья и линейные плотности нитей основы и утка, плотности по основе и утку, переплетения. Разработаны заправочные параметры для выработки пояса на шестичелночном ткацком станке, схема заправки жаккардовой машины, порядок прокладывания челноков. Для воспроизведения рисунка двухстороннего четырехлицевого пояса разработано более девяноста переплетений, которые реализованы в качестве алгоритмов для управления работой жаккардовой машины. Разработанная технология позволила впервые воспроизвести аутентичный аналог слуцкого пояса.

ABSTRACT

A SLUTSK SASH, TECHNOLOGY, COLOR EFFECT, INTERLACING, ALGORITHM

Studied the historic structure of the slutsk belts, set the color and weaving effects, the commodity composition and the linear density of warp and weft threads. Developed technological parameters refills and production of the slutsk belts to loom company "Mageba", designed taking into account features of the ways of weaving, used in Slutsk belts. The created file to programmatically control the operation of the machine: the work platin jacquard machines, shuttle boxes, commodity regulator, stops of the machine to change the colors of threads in the shuttle boxes. The developed technology was first allowed to play a slutsk belts on modern weaving machinery.

Слуцкие пояса признаны во всем мире национальной реликвией белорусского народа как уникальный вид ручного ткачества и символ самоопределения нации.

Технологии создания поясов на сегодня утрачены. Однако потеря оригинала не должна мешать отстаивать свой исторический символ. Слуцкий пояс может стать символом целой страны наряду с другими национальными достопримечательностями.

Предлагаемая к разработке проблема не решена в республике, странах СНГ и за рубежом. Технологии ткачества, которые использовались при производстве слуцких поясов, потребовали скрупулезного научного восстановления. Речь идёт не о воссоздании аутентичных слуцких поясов, а производстве копий слуцких поясов на современном ткацком оборудовании [1].

Целью работы является возрождение этого феномена белорусской самобытности и продолжение традиций производства слуцких поясов.

Технология изготовления аналогов поясов включает следующие разделы:

- анализ структуры исторических образцов слуцких поясов;
- анализ и подбор сырья в основе и утке;
- разработка структуры, вида переплетений для всех цветовых эффектов рисунка слуцких поясов;
- разработка технологических параметров заправки и изготовления слуцких поясов по переходам ткацкого производства;
- обоснование выбора ткацко-приготовительного и ткацкого оборудования для выработки слуцких поясов;
- выполнение заправочного расчета для

изготовления слущких поясов на ткацком станке современной конструкции.

В качестве аналога для первого образца выбран пояс, сотканный на слущкой мануфактуре во второй половине XVIII в. и хранящийся в музее древнебелорусской культуры ГНУ «Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Двусторонний четырехлицевой слущкий пояс

Слущкие пояса отличаются большей сложностью технологии изготовления, нежели пояса, сотканные на других мануфактурах. Технологической особенностью данного исторического аналога является то, что прокладывание утков в середине и в бордюре осуществляется не по всей ширине пояса, а также наличие большого числа утков, выполняющих роль «броше». И только в кайме золотые и черные утки прокладываются по всей ширине пояса. В ручном ткачестве такой характер прокладывания уточин представляет особую сложность, в машинном способе его реализовать практически невозможно. При разработке технического задания для конструирования ткацкого станка учитывались все особенности структуры пояса.

Станок оснащен шестичелночным прибором, с произвольной сменой челночных коробок, которые приводятся в движение рапирами. Жаккардовая машина «Staubli» рассчитана на 5120

крючков, что при небольшой заправочной ширине станка 50 см позволяет вырабатывать не только узкие основоуплотненные ткани, но и ткани многократной ширины любого назначения.

Ширина исторического аналога составляет 35 см. Пояс сохранился не полностью – разрезан на две части. Анализ аналогичных поясов позволил сделать вывод о предположительной длине – 350 см. Как и в историческом поясе, число нитей основы в заправке для выработки копии 1130: 560 настилочных, 560 прижимных и 10 басовых нитей, 4 из которых – кромочные, 6 нитей позволяют соединить пояс в цельное полотно в местах прокладывания утков не по всей ширине.

В качестве настилочной основы использованы шелковые нити линейной плотностью 30 текс, в качестве прижимной – 10 текс, в качестве басовых – шелковая пряжа линейной плотностью 65 текс, в качестве утка – шелковые нити линейной плотностью 20 текс и золотая – линейной плотностью 60 текс.

Пояс состоит из трех слоев: двух внешних и среднего, слои сформированы нитями утка. В кайме пояса 5 систем уточных нитей, две из которых в каждом цветовом эффекте являются узоробразующими, то есть выполняют роль «броше», три – формируют средний слой (рисунок 2).

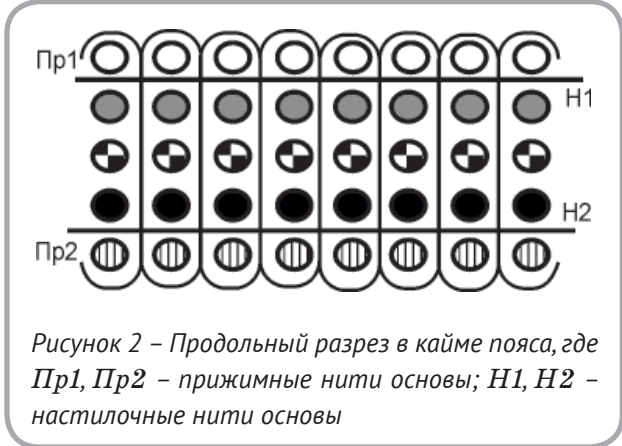


Рисунок 2 – Продольный разрез в кайме пояса, где Пр1, Пр2 – прижимные нити основы; Н1, Н2 – настилочные нити основы

Все утки в кайме пояса прокладываются по всей ширине, как и в историческом аналоге, но в отличие от него их пять, а в аналоге – два, остальные – броше. Чередование между уточными прокидками 1:1:1:1:1.

В середине пояса три системы уточных нитей, одна из которых зарабатывается в пояс на половине его ширины, две – по всей ширине по-

яса, две уточины одного вида прокладываются в один зев (рисцнок 3). Чередование между уточными прокидками 2:2:2.

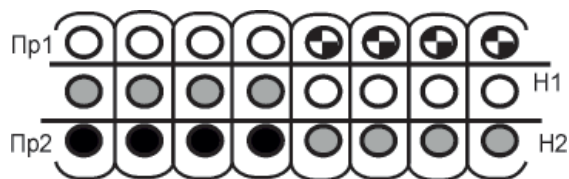


Рисунок 3 – Продольный разрез в середине пояса

Для воспроизведения структуры и рисунка слущкого пояса разработан технический рисунок (сокращенный патрон), в котором заложено более ста ткацких эффектов (рисунок 4).



Рисунок 4 – Фрагмент сокращенного патрона

На одной из сторон пояса присутствует восемь цветовых эффектов, на другой – семь (рисунок 5).



Рисунок 5 – Верхняя и нижняя стороны пояса

Число ткацких эффектов увеличивается за счет того, что каждому цветовому эффекту на верхней поверхности соответствуют разные

цветовые эффекты на нижней.

Например, для оранжевого цветового эффекта на верхней стороне приходится несколько цветовых эффектов на нижней (таблица 1).

В середине для оранжевого цветового эффекта присутствует еще один аналогичный набор ткацких переплетений, то есть один цветовой эффект в машинном способе производства может быть получен несколькими видами ткацких переплетений.

Большое число ткацких эффектов вытекает из сложности структуры слущких поясов. Наиболее сложным участком в данном поясе является середник (рисунок 6).

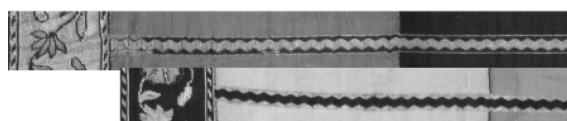


Рисунок 6 – Фрагмент пояса (середник)

В нем утки прокладываются не по всей ширине. Несмотря на симметричный характер рисунка левого и правого краев пояса, для аналогичных цветовых эффектов с левой и правой сторон в бордюре ткацкие эффекты будут различными.

На определенных участках пояса часть челночных коробок станка отключалась, часть совершала двойной ход, вытягивая за собой незаработанные уточины. Последовательность расстановки шпуль с определенным цветом уточин в челночные коробки составлена таким образом, чтобы уточины, совершая обратный ход, не перекрещивались между собой.

На участке в поясе с полосой, орнаментированной зигзагом, прокладываются уточные нити по всей ширине. Для этого последовательно отключаются три челночные коробки.

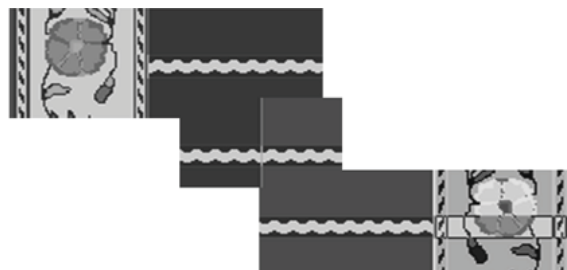

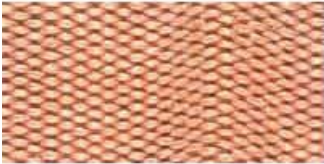


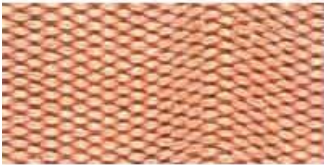





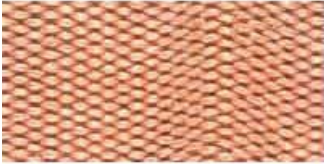






Рисунок 7 – Фрагмент сокращенного патрона

Таблица 1 – Цветовые эффекты на нижней стороне пояса для оранжевого цветового эффекта на верхней поверхности в кайме

Цвет в сокращенном патроне	Цветовой эффект на лицевой поверхности пояса	Цветовой эффект на изнаночной поверхности пояса
	 Оранжевый (получен нитями основы)	 Эффект потертости (золото+черный)
	 Оранжевый (получен нитями утка)	 Золото
	 Оранжевый (получен нитями утка)	 Бежевый
	 Оранжевый (получен нитями утка)	 Эффект потертости (золото+черный)
	 Оранжевый (получен нитями основы)	 Бежевый

На сокращенном патроне (рисунок 7) можно увидеть, во сколько раз увеличилось число ткацких эффектов в сравнении с цветовыми эффектами.

Проект по разработке технологии изготовления исторического аналога слущкого пояса на современном ткацком оборудовании производился с использованием информационных тех-

нологий. Реализовать особенности изготовления пояса стало возможным благодаря программному продукту «DesignScope victor» фирмы EAT (Германия), управляющему работой ткацкого станка (жаккардовая машина, челночные коробки, остановы станка при замене шпуль в челночных коробках, товарный регулятор).

На рисунке 8 представлен код работы челноч-

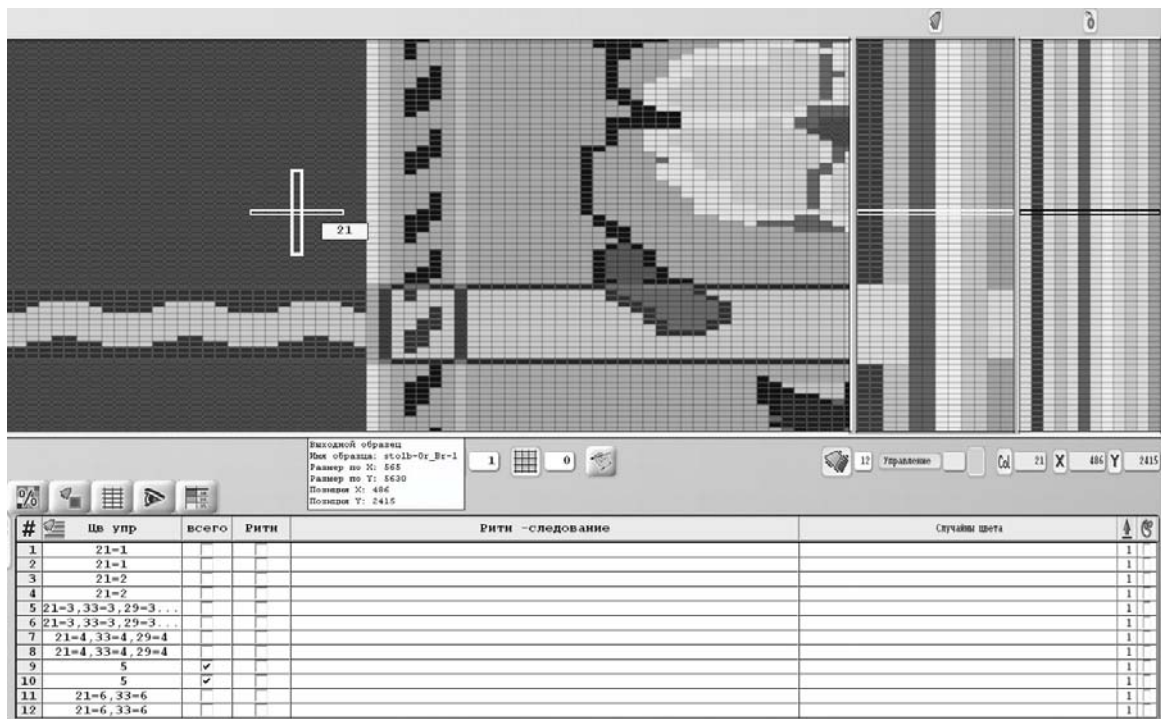


Рисунок 8 – Программирование работы челноков в середине пояса



Рисунок 9 – Программирование работы челноков и остановки в кайме пояса

ных коробок, товарного регулятора для участка пояса, показанного на рисунке 6.

Чтобы получить все цветовые эффекты в кайме пояса и при этом облегчить структуру и плотность на этом участке, в программном коде отмечены остановами места, на которых необходимо заменить шпулю одну на другую (с другим цветом). Поочередно их меняя, можно снизить число систем утка. Таким образом, в кайме пояса за счет смены цвета нитей утков в челночных коробках присутствует 5 систем уточин вместо 6. Одна челночная коробка на этом участке находится в отключенном состоянии.

На рисунке 9 отображено программирование количества систем нитей основы и утка, работы челночных коробок, регулятора, остановов работы станка для смены цвета нитей в челночных коробках.

В файл, адаптированный для программного управления работой станка – *.js5, входит программирование работы платин в соответствии с разработанной заправкой нитей основы (рисунок 10).

Пояс вырабатывался лицом вниз, что способствовало лучшим условиям для нитей основы. Развернутый патрон представлен на рисунке 11.

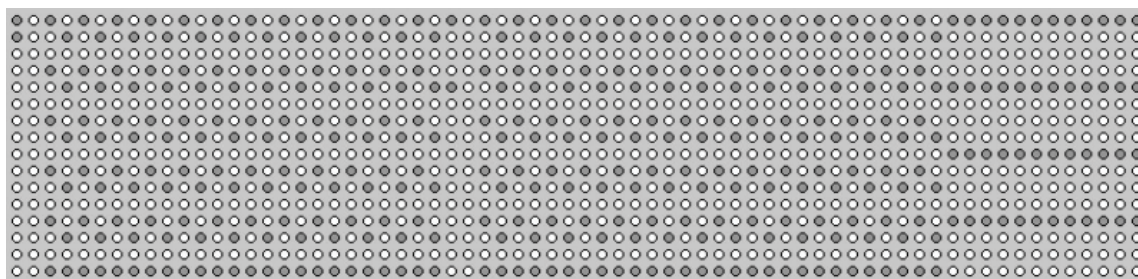


Рисунок 10 – Фрагмент управления платинами жаккардовой машины

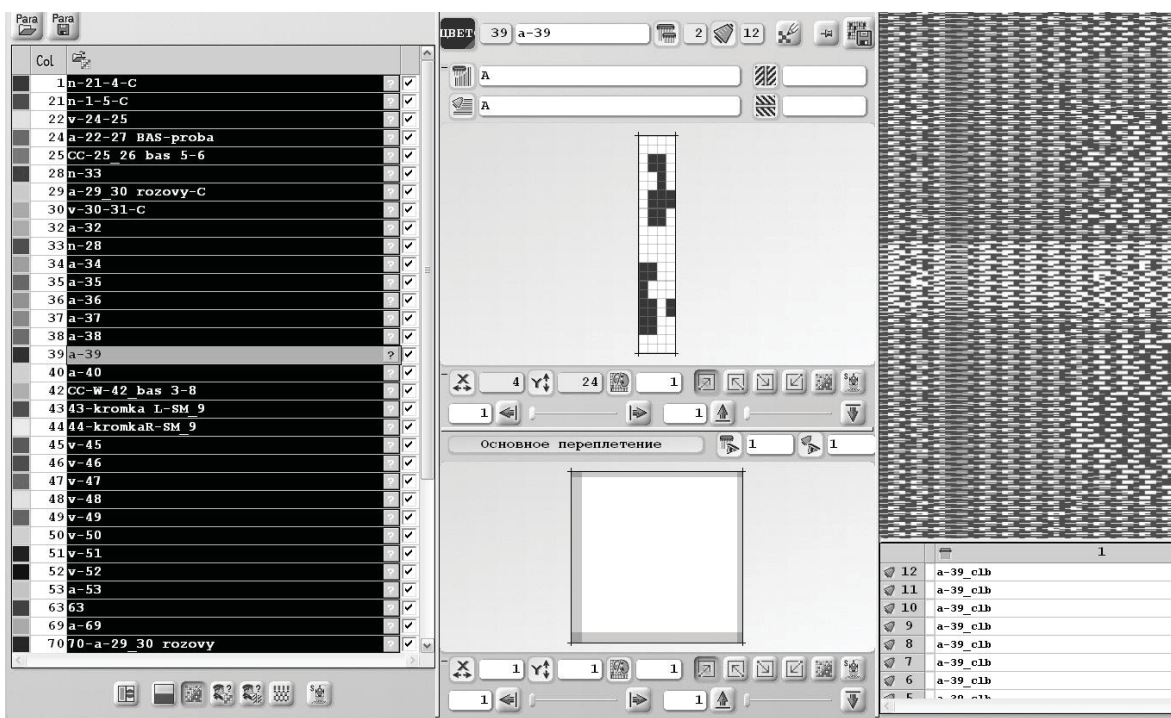


Рисунок 11 – Программирование работы челноков и остановки в кайме пояса

На РУП «Слуцкие пояса» произведена наработка как опытного образца аналога слущкого пояса с использованием в основе и утке полиэфирных нитей (в качестве одного из утков применен люрекс, по цвету и линейной плотности близкий к золотой нити), так и аналога с использованием шелковых и золотых нитей. В заправке ткацкого станка 5 ткацких навоев: два с настильной основой, два – с прижимной, на пятом навое – кромочные и басовые нити. Частота вращения главного вала станка 20 мин⁻¹ при макси-

мальной скорости станка 60 оборотов в минуту. В поясе сформирован на концах и в середине рисунок, не отличающийся от рисунка аналога исторического пояса.

Таким образом, разработанная технология и файл, содержащий код для управления работой ткацкого станка, позволили впервые воспроизвести аутентичный аналог слущкого пояса, исторически выполнявшегося в технике ручного ткачества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казарновская, Г. В. Технология слущких поясов на современном ткацком оборудовании / Г. В. Казарновская // Художественная культура армянских общин на землях Речи Посполитой: Материалы Международной научной конференции. – Минск, 9 – 11 октября 2012. – Минск: Арт Дизайн, 2013. – с. 22–23.

REFERENCES

1. Kazarnovskaya, G.V. (2013), Slutsk belts technology on modern weaver's equipment, Art culture of Armenian communities in the lands of Polish-Lithuanian Commonwealth, Material of international research conference, Minsk, October 9 – 11, 2012, Art Design, Minsk, pp. 22–23.

Статья поступила в редакцию 15.04.2014 г.

РАСЧЕТ РЫЧАЖНОГО УСИЛИТЕЛЯ ПРЕССА ДЛЯ ФАЛЬЦЕВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОДЕЖДЫ

Д. В. Корнеенко

УДК 687.053:678.057

РЕФЕРАТ

РЫЧАЖНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ, ФАЛЬЦПРЕСС, КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ, ДЕФОРМАЦИЯ СЖАТИЯ

Предметом исследования является рычажный усилитель фальцпресса легкой промышленности. Целью статьи служит разработка расчетной методики проектирования рычажного усилителя фальцпресса и подбора пневмоцилиндра для его работы.

В статье дано описание методик, применяемых при расчете рычажных усилителей прессов легкой промышленности, рассмотрены способы ограничения коэффициента усиления при распрямлении рычагов рычажного усилителя. Описана методика проведения экспериментального исследования деформации сжатия загнутого края текстильного материала, приведены результаты экспериментального исследования для сорочечного материала. На основании экспериментальных данных разработано программное обеспечение, служащее для расчета потребного усилия на поршне пневмоцилиндра и подбора соответствующего пневмоцилиндра.

Разработанная методика расчета и программное обеспечение могут быть применены не только при проектировании рычажных усилителей прессов легкой промышленности, но и при проектировании рычажных усилителей в различных силовых механизмах и машинах.

ABSTRACT

LEVER-TYPE BOOSTER, FOLDING PRESS, GAIN RATIO, COMPRESSION DEFORMATION

The aim of this article is to develop the methods for calculation of lever-type booster of creasing presses. The subject of the article is the lever-type booster of creasing presses.

The article describes the necessity in use of arresters while gaining the force of lever-type boosters of creasing presses; it gives formulas for determining the gaining ratio and describes the results of assay of compression of folded edge of textile materials, which was used in the development of special software, capable to determine the piston force of pneumatic cylinder. The developed software is used for selection of pneumatic actuators.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Прессы с гидроприводом или пневмоприводом, использующиеся в легкой промышленности, часто оснащены рычажным усилителем, выполненным в виде спрямляющихся рычагов. Методики расчета рычажных усилителей таких прессов изложены схематически с помощью известных графических способов кинематического и динамического анализа [1–5]. Предложенные методики, прежде всего, дают аналитический результат, то есть они не предназначены для синтеза рычажных усилителей, а к тому же

пренебрегают механическими свойствами обрабатываемого материала, в результате технологическое усилие, или усилие полезного сопротивления, в них считается постоянным. Такое допущение возможно в силу того, что механические свойства текстильных материалов, подвергнутых влажно-тепловому воздействию, то есть переведенных из так называемого застеклованного состояния в высокоэластическое, сильно отличаются от свойств материалов, не подвергнутых влажно-тепловому воздействию. Однако при прессовании «на холодную», как это

происходит при холодном фальцевании, такое допущение будет грубым и дающим значительные погрешности расчета и проектирования рычажных усилителей.

В известных конструкциях рычажных усилителей коэффициент усиления (или передаточное отношение сил), теоретически возрастающий до бесконечности при спрямлении рычагов, практически ограничивается использованием различных технических решений: пружинного мата в нижней гладильной подушке, подвижной нижней гладильной подушки прессования, пружин возврата верхней гладильной подушки закрытия и прочими средствами амортизации. В фальцпрессе использование пружинного мата невозможно ввиду того, что пресс-форма, обеспечивающая загибку краев деталей, должна быть достаточно жесткой для работы исполнительных органов. Использование дополнительного привода для пресс-формы возможно, однако это усложняет и удорожает конструкцию фальцпресса и усложняет возможность введения технических средств для повышения производительности пресса: карусельного стола или прочих многопозиционных решений.

В работе [6] предложена методика проектирования рычажного усилителя пресса для холодного фальцевания деталей одежды с применением средств кинематической геометрии и с учетом механических свойств обрабатываемых изделий. Однако предложенная методика не оговаривает способы ограничения коэффициента усиления, не вводит в рассмотрение угол, учитывающий потери трения в шарнирах. В работе [7] изложено аналитическое выражение хода рабочего органа от хода входного звена механизма фальцпресса с рычажным усилителем для идеальной схемы механизма и для схемы, учитывающей точность изготовления шарнирных соединений (кинематических пар), однако в предложенных схемах расчета также отсутствуют ограничители коэффициента усиления.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ

Ввиду вышеизложенного состояния в области методических средств расчета рычажных усилителей фальцпрессов назрела потребность в обобщении известных аналитических методик и создании расчетного обеспечения синтеза рычажного усилителя пресса, отсутствие которого

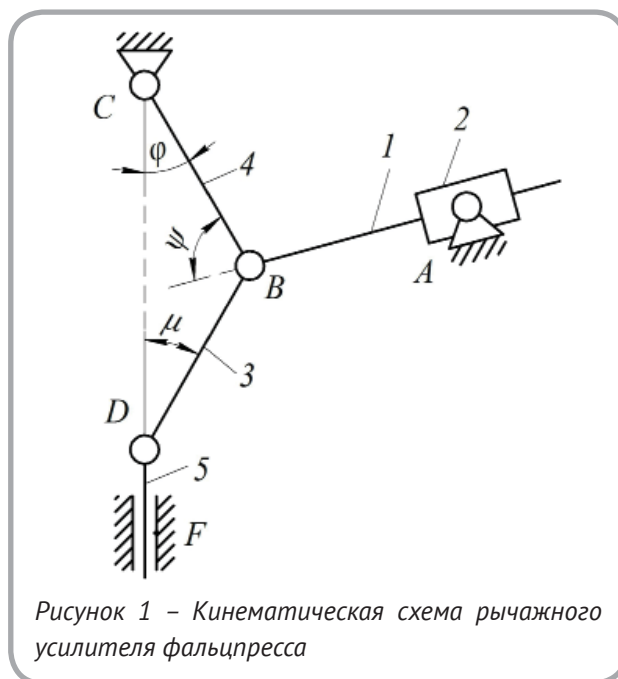
требовало для конструкторских бюро легкого машиностроения использования неметодичного подхода постоянных конструкторских правок.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика проведенных исследований опирается на известные методы синтеза рычажных механизмов, кинематического и силового анализа рычажных механизмов, а также на оптико-измерительные средства определения диаграмм сжатия анизотропных материалов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Кинематическая схема рычажного усилителя фальцпресса приведена на рисунке 1. Поршень со штоком пневмоцилиндра обозначен на схеме входной кулисой 1, входящей в кулисную пару с камнем 2 (так представлен корпус пневмоцилиндра), качающимся относительно опоры А (опора качания пневмоцилиндра). Рычажный усилитель образуется с помощью коромысла 4 и шатуна 3, сообщающего поступательные перемещения ползуну 5, воздействующему на пресс-форму [8] фальцпресса.



В соответствии со схемой коэффициент усиления определяется по формуле [3]

$$k = \frac{\cos \mu \sin \varphi}{\sin(\varphi + \mu)}, \quad (1)$$

где μ , ψ , φ – текущие углы между звеньями механизма. Как правило, в формулу (1) вводят учет углов трения [9], тогда формула (1) приобретает вид

$$k = \frac{\cos \mu \sin \psi}{\sin(\varphi + \mu + \beta)} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{инп}}, \quad (2)$$

где β – угол, учитывающий потери на трение в шарнире D ; $\varphi_{\text{инп}}$ – приведенный коэффициент трения, учитывающий потери на трение в направляющих ползуна 5.

Вспользуемся средними значениями этих углов [9]: $\beta = 1^\circ 10'$, $\operatorname{tg} \varphi_{\text{инп}} = 0,21$. Обнаруживаем, что при спрямлении рычагов, то есть при $\varphi = \mu = 0$, и при перпендикулярном расположении штока 1 пневмоцилиндра относительно коромысла 4 значение коэффициента усиления, рассчитанного по формуле (2), составит 48,8, что дает значительный выигрыш в силе. Однако на практике при применении таких механизмов используют коэффициент усиления в пределах до 20 [9].

Для ограничения коэффициента усиления возможны следующие варианты исполнения механизма, представленные на рисунке 2: в первом случае (рис. 2 а) предусмотрены пружины 7, установленные в подошве пресс-формы 6; во втором случае – пружина 6 воздействует непосредственно на шток 1 пневмоцилиндра. Таким

образом, если в первом случае пружинное выключение рычажного усилителя выполнено для выходного звена, то во втором – для входного звена. Жесткость пружин должна подбираться таким образом, чтобы при достижении максимально требуемого технологического усилия механизм обеспечивал бы задержку этого усилия, при этом для первого варианта это достигается и при полном распрямлении рычагов 3, 4, а во втором варианте – путем ограничения распрямления рычагов. Для второго варианта необязательно использование пружины, возможно использование любого другого ограничителя хода штока цилиндра, однако использование пружинного возврата облегчает обратный ход штока цилиндра. К примеру, в работе [6] изложен порядок геометрического синтеза механизма, в котором в качестве исходных данных задано, что при крайнем нижнем положении ползуна угол φ должен составлять 10° , то есть полного распрямления рычагов 3 и 4 не должно происходить. При таком положении механизма коэффициент усиления может составлять от 2,5 (при углах $\mu = 10^\circ$ и $\psi = 90^\circ$) до 4,9 (при углах $\mu \approx 0$ и $\psi = 90^\circ$, которые является конструктивно слабо достижимыми). Такие низкие значения доказывают необходимость использования полного распрямления рычагов, поэтому в исходных данных при геометрическом синтезе предпочтительнее использовать угол φ , близкий к 0, при достиже-

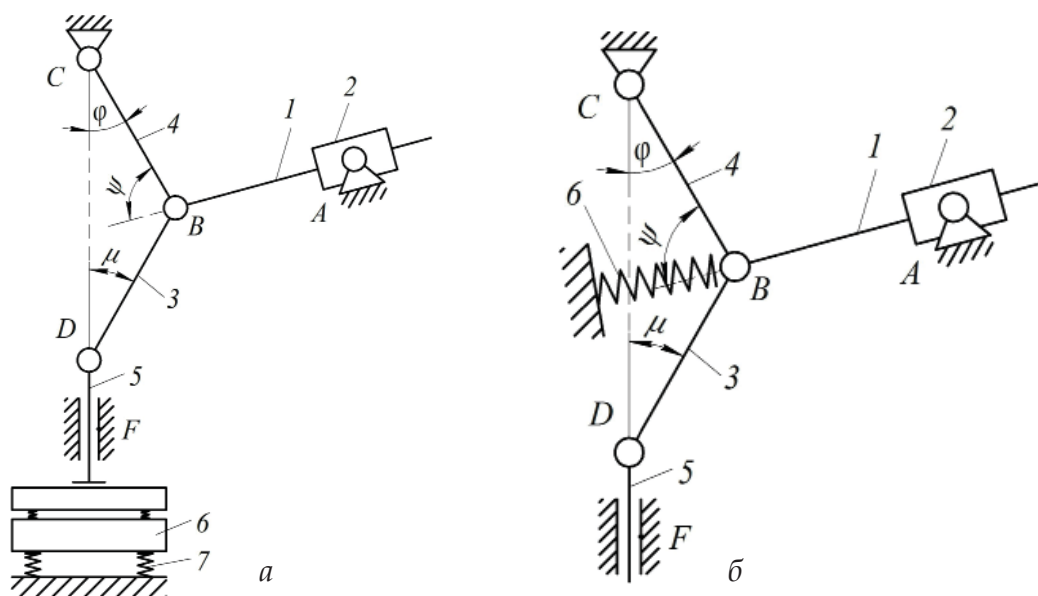


Рисунок 2 – Исполнения рычажного усилителя с ограничением коэффициента усиления

нии крайнего нижнего положения ползуна 5.

Для определения усилия на поршне цилиндра требуется знать технологическое усилие, которое, как утверждалось выше, носит переменный характер. На холостом участке хода пуансона 5 пневмоцилиндру требуется лишь преодолеть усилия вредного сопротивления: силы трения в направляющих самой пресс-формы 6 (рис. 2 а), силы упругости от пружин сжатия в пресс-форме и так далее. Во время рабочего хода возникает сопротивление сжатию текстильного материала. Для определения усилия сопротивления сжатию текстильного материала необходимо построить кривую сжатия загнутого края текстильного полотна. Для этого использовался прибор оригинальной конструкции [10], однако в качестве измерительного инструмента в нем был применен микроскоп USB Digital Microscope, дающий увеличение в 220 раз и снабженный специальным программным интерфейсом измерительной обработки полученных в ходе замеров фотографий. На рисунке 3 показана фотография увеличенного изображения загнутого вокруг шаблона края текстильного материала. Исследованию подвергались три варианта загнутого края материала: загнутого края без шаблона; края текстильного материала, загнутого вокруг картонного шаблона с толщиной $h = 1$ мм; края текстильного материала, загнутого вокруг картонного шаблона с толщиной $h = 0,5$ мм. Для большего приближения постановки эксперимента к реальному протеканию процесса фальцевания было принято использовать в качестве сжимающего инструмента металлическую пластинку с шириной $f = 5$ мм (длина может быть какой угодно, однако ее необходимо учитывать при определении давления, созданного пластинкой на материал). При холодном фальцевании такая ширина оказывается конструктивно и технологически приемлемой при проектировании и создании загибочных пластин в пресс-форме: увеличение же ширины приведет к необходимости увеличения усилия, с которым необходимо будет загибочным пластинам воздействовать на загнутый край детали.

Выбор текстильных материалов для экспериментального исследования проводился по моделям сорочек, изготавливаемых на ОАО «Дзержинская швейная фабрика «Элиз» из коллекции «Осень-зима 2013»: образец № 1 – ткань

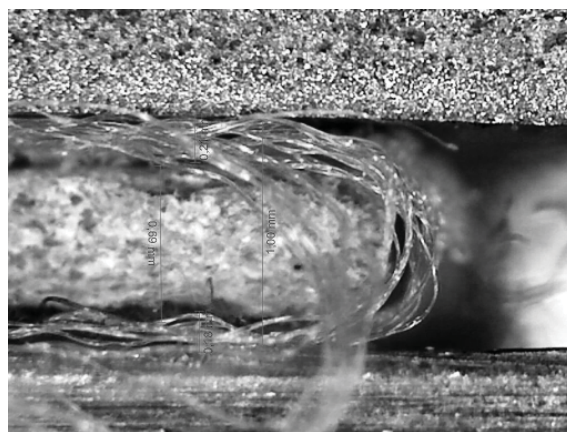


Рисунок 3 – Фотография загнутого вокруг шаблона и подвергнутого сжатию края текстильного материала

арт. 8842-317 (сырьевой состав: 60% – хлопок, 40% – ПЭ); образец № 2 – ткань арт. 0409-16242 (сырьевой состав: 100% – хлопок); образец № 3 – ткань арт. 4727-16352 (сырьевой состав: 63,5% – хлопок, 32% – нейлон, 5% – эластан).

По полученным значениям измерений построены графики зависимости абсолютной деформации t сжатия загнутого края текстильного материала от давления q , приложенного к материалу. Поскольку для различных вариантов исполнения шаблонов возникают различные предельные деформации, то нагляднее представить не графики функций $t = t(q)$, а графики функций $q = q(t)$. Соответствующие графики приведены на рисунках 4–6. Величина абсолютной деформации сжатия загнутого края, при которой возникают пластические деформации, ведущие к нераскрытию загнутого края, и определяет рабочий ход пуансона фальцпресса.

Анализ графиков позволяет обнаружить очень малое значение рабочего хода: в случае использования шаблона с толщиной $h = 1$ мм максимально необходимый рабочий ход составляет около 0,75 мм, а в случае бесшаблонного фальцевания – достигает 0,5 мм. Значение технологического усилия в течение рабочего хода возрастает, для его определения следует пользоваться формулой

$$P_{\text{тех}} = qS, \quad (3)$$

где q – давление, потребное для фальцевания загнутого края (рис. 4 – 6), Па; S – площадь за-

гнутого края материала, подвергаемого сжатию, м^2 .

В случае различных типоразмеров деталей

швейных изделий (к примеру, накладных карманов) площадь загнутого края будет разной: от $0,5 \times 10^{-3} \text{ м}^2$ до $2,5 \times 10^{-3} \text{ м}^2$. Для расчета меха-

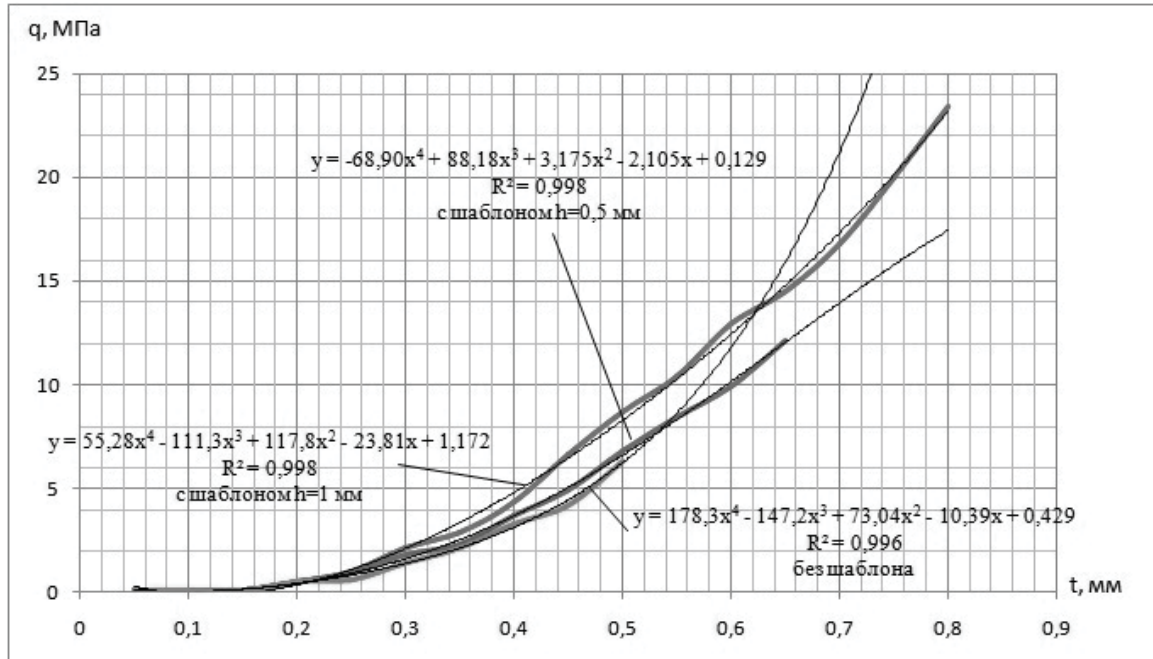


Рисунок 4 – Графики зависимости абсолютной деформации (t , мм) сжатия от давления (q , МПа) на загнутый край для образца № 1

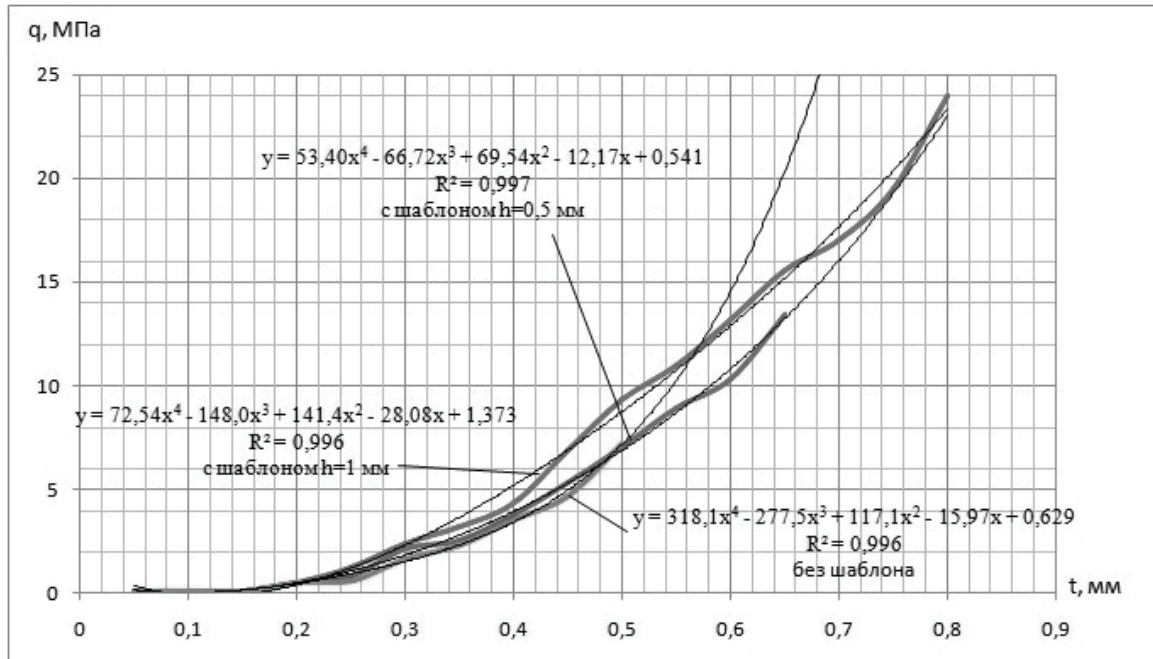


Рисунок 5 – Графики зависимости абсолютной деформации (t , мм) сжатия от давления (q , МПа) на загнутый край для образца № 2

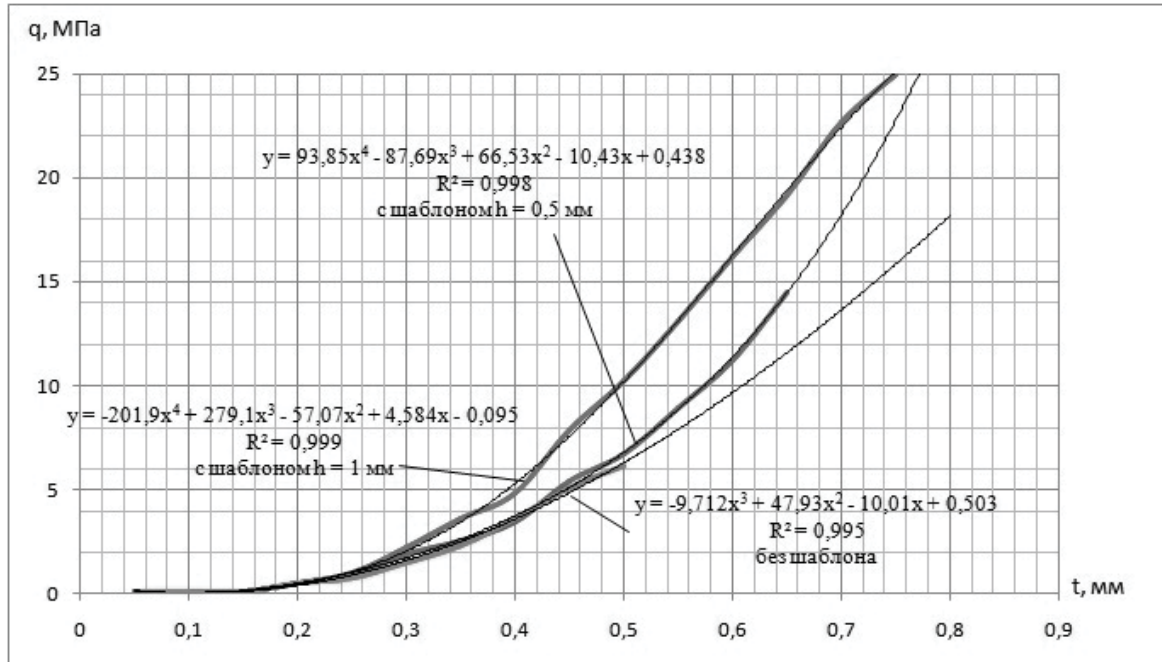


Рисунок 6 – Графики зависимости абсолютной деформации (t , мм) сжатия от давления (q , МПа) на загнутый край для образца № 3

низма необходимо ориентироваться на большее значение из интервала площадей.

Используя формулы (2) и (3), определяем усилие на поршне пневмоцилиндра для механизма по схеме, представленной на рисунке 1:

$$Q = \frac{P_{max} + P_{nom}}{k} = \frac{qS + P_{nom}}{k} \approx \frac{qS}{k}, \quad (4)$$

где P_{nom} – усилие, учитывающее потери при работе пресс-формы.

Однако это усилие незначительно по сравнению с технологическим усилием, поэтому им можно пренебречь. В формуле (4) q и k являются функциями хода пуансона (или штока пневмоцилиндра), в связи с чем и усилие на поршне цилиндра будет носить переменный характер. Для схемы, изображенной на рисунке 2 а, формула (4) останется без изменений, а для схемы, изображенной на рисунке 2 б, формула (4) потребует учета пружинного выключателя, связанного непосредственно с поршнем пневмоцилиндра, то есть примет вид

$$Q = \frac{qS}{k} + k_{np}s, \quad (5)$$

где k_{np} – жесткость пружины сжатия, Н/м; s – ход

поршня пневмоцилиндра, м.

Как видим, из формул (4) и (5) при использовании пружинного выключателя на поршне пневмоцилиндра возрастает усилие на нем за счет действия пружины, что потребует увеличения размеров пневмоцилиндра. Предпочтительным представляется использование пружинного выключателя, представленного на рисунке 2 а.

Для расчета усилия на поршне пневмоцилиндра используются аналитические выражения зависимостей, представленных на рисунках 4–6, которые были получены с помощью полиномиальных линий тренда с достаточно высокой степенью приближения аналитических выражений к экспериментальным (наименьшее значение составило $R^2 = 0,995$). Для автоматизации расчета разработана программа на языке Delphi, позволяющая производить расчеты для любого типоразмера кармана, способа фальцевания и одного из трех сорочечных материалов, выбранных в экспериментальной части работы. С помощью разработанной программы ведется расчет переменного усилия на поршне пневмоцилиндра, по которому с достаточной точностью подбирается пневмоцилиндр.

К примеру, проведен геометрический синтез рычажного усилителя по методике, изложенной в [6], для следующих исходных данных: $CD_0 =$

400 мм, где D_0 – крайнее верхнее положение шарнира D ; $\varphi = 0$, то есть требуется полное распрямление рычагов 3 и 4 усилителя; $s_{12} = 25$ мм – полный ход пуансона 5 механизма; $\varphi_{12} = 20^\circ$ – угол качания коромысла 4. По результатам синтеза получены следующие размеры рычагов 3 и 4 соответственно: $l_3 = 195$ мм; $l_4 = 203,5$ мм. Для полученных размеров механизма угол μ для исходного и конечного положения механизмов будет принимать значения: $\mu_1 = 20^\circ 44'$; $\mu_2 = 0$. Затем следует определить площадь технологического воздействия. К примеру, для накладного кармана, периметр загнутого края которого составляет $L = 0,24$ м, площадь технологического воздействия составит $S = L \times f = 0,24 \times 5 \times 10^{-3} = 1,2 \times 10^{-3}$ м². Пользуясь формулой (4) и кривой деформации загнутого края (рис. 4–6), строится график изменения усилия Q на поршне ци-

линдра от хода s пуансона прессы. На рисунке 7 изображен один из таких графиков для образца материала № 1 и при использовании шаблона с толщиной 1 мм. Значение экстремума функциональной зависимости и служит основанием для подбора пневмоцилиндра.

ВЫВОДЫ

В статье дано описание потребности в использовании ограничителей при усилении силы в рычажных усилителях фальцпрессов, дана формула определения коэффициента усиления, описаны результаты экспериментального исследования сжатия загнутого края текстильного материала, с помощью которых разработано программное обеспечение для определения усилия на поршне пневмоцилиндра для его подбора при проектировании фальцпресса.

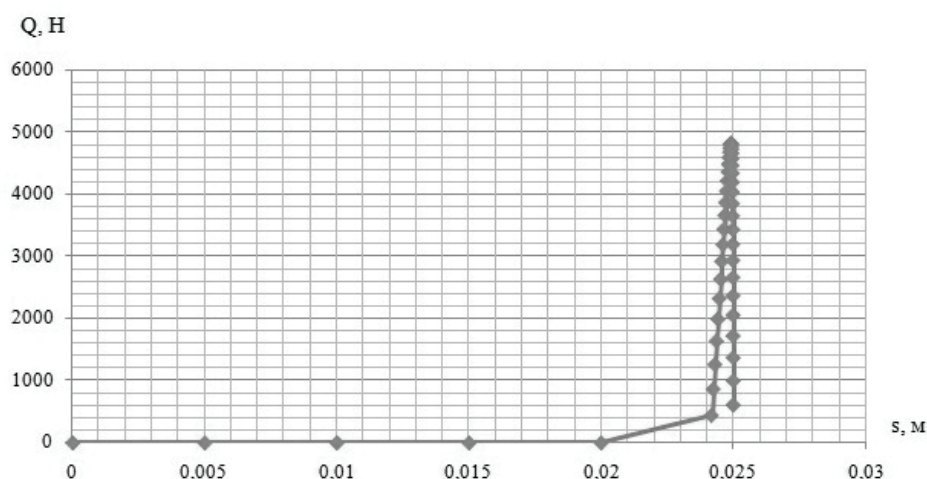


Рисунок 7 – График зависимости усилия на поршне пневмоцилиндра от хода пуансона фальцпресса для образца материала № 1 при использовании шаблона с толщиной 1 мм

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эппель, С.С. Оборудование для влажно-тепловой обработки в швейном производстве / С.С. Эппель. – Москва : Легкая индустрия, 1970. – 152 с.
2. Монтаж, наладка и ремонт прессов на швейных предприятиях / В.А. Архангельский, В.Н. Салищев, В.И. Семенихин и др. ; под ред.

REFERENCES

1. Appel, S.S. (1970), *Wet-heat processing equipment in garment manufacture* [Oborudovaniye dlya vnažno-teplovei obrabotki v shveinom proizvodstve]. Moscow: Legkaya Industriya, 152 pages.
2. Arkhangelski, V.A., Savischev, V.N., Semenikhin, V. I. et al; edited by S.S.Appel (1973), *Installation, set-up and repair of presses*

- С.С. Эппеля. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 168 с.
3. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств : учеб. пособие для вузов по спец. «Машины и аппараты легкой промышленности» / А.И. Комиссаров, В.В. Жуков, В.М. Никифоров, В.В. Сторожев ; под ред. А.И. Комиссарова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 431 с.
 4. Вальщиков, Н.М. Расчет и проектирование машин швейного производства / Н.М. Вальщиков, Б.А. Зайцев, Ю.Н. Вальщиков. – Ленинград: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1973. – 344 с.
 5. Маракушев, Е.А. Машины швейного производства. Конструкция, расчет и основы проектирования: учебное пособие для студентов технологических институтов легкой промышленности / Е.А. Маракушев, С.И. Русаков, С.С. Эппель. – Киев : Техніка, 1967. – 321 с.
 6. Корнеенко, Д.В. Методы проектирования оборудования для холодного фальцевания текстильных изделий / Д.В. Корнеенко, Б.С. Сункуев // Вестник Киевского национального университета технологий и дизайна. – 2012. – № 3. – С. 13–18.
 7. Корнеенко, Д.В. Учет точности кинематических пар при проектировании прессов для фальцевания деталей одежды / Д.В. Корнеенко, Б.С. Сункуев // Вестник Хмельницкого национального университета. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 137-140.
 8. Механизм фальцевания срезов накладных карманов : пат. 6364 РБ : МПК (2009) D 06F 71/00 / О.В. Дервоед, Д.В. Корнеенко, Б.С. Сункуев; заявитель и патентообладатель УО «ВГТУ». – № и 20091037; заявл. 07.12.2009; опубл. 30.06.2010 // Афіційны бюл. / Нац. центр інтелектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 185.
 - at garment enterprises [Montaj, naladka I remont pressov na shveinykh predpriyatiyakh]. Moscow: Legkaya Industriya, 168 pages.
 3. Komissarov, A.I., Jukov, V.V., Nikiforov, V.M., Storojev, V.V.; edited by Komissarov A.I. (1978), *Development and calculation of shoe-making and garment manufacturing machines: textbook for higher educational institutions specialized in machines and devices for garment industry* [Projektirovaniye I rastchet machin obuvnykh I shveinykh proizvodstv: uchebnoye posobiye dlya vuzov po spetsialnosti «Mashiny I apparaty legkoi promyshlennosti». Moskva, Mashinostrojeniyе, 431 pages.
 4. Val'schikov, N.M., Zaitsev, B.A., Val'schikov, Ju.N. (1973), *Calculation and development of garment manufacture machines* [Raschet I projektirovanie mashin shveinogo proizvodstva]. Leningrad: Machinostrojenie (Leningrad branch), 344 pages.
 5. Marakushev, E.A., Rusakov, S.I., Appel, S.S. (1967), *Garment manufacture machines. Design, calculation and basics of development: textbook for students of technological institutions of garment industry* [Machiny shveinogo proizvodstva. Konstruktsiya, raschet I osnovy projektirovaniya: utchebnoye posobiye dlya studentov technologicheskikh institutov legkoi promyshlennosti]. Kiev: Technika, 321 pages.
 6. Korneyenko, D.V., Sunkuyev, B.S. (2012), Methods of development of equipment for cold folding of textile goods [Methody projektirovaniya oborudovaniya dlya kholodnogo faltsevaniya textilnykh izdelij], *Vestnik Kiyevskogo natsionalnogo univversiteta technologii I dizaina*, № 3, pp. 13–18.
 7. Korneyenko, D.V., Sunkuyev, B.S. (2013), Accuracy allowance for kinematic couples in the development of garment folding presses [Uchet totchnosti kinematicheskikh par pri projektirovanii pressov dlya faltsevaniya detalei odejdy], *Vestnik Khmel'nitskogo natsionalnogo*

9. Антонюк, В.Е. Конструктору станочных приспособлений : справочное пособие / В.Е. Антонюк. – Минск: Беларусь, 1991. – 400 с.
10. Корнеенко, Д.В. Экспериментальные исследования деформаций сжатия текстильных материалов / Д.В. Корнеенко, Н.М. Прохоров, Б.С. Сункуев // Материалы докладов 44 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – С. 300-302.
- universiteta. Technicheskie nauki, № 3, pp. 137 – 140*
8. Dervoed, O.V., Korneyenko, D.V., Sunkuyev, B.S. (2009), *Mechanism for folding of slip pocket edges*: patent no. 6364 RB: MPK (2009) D 06F 71/00. No. u 20091037, applied 07.12.2009 published 30.06.2010 // Official Bulletin / National Center of Intellectual Propriety – 2010, № 3, 185 pages.
9. Antonyuk, V. E. (1991), *The reference guide to the designer of machine accessories* [Konstruktoru stanochnych prispособlenij: spravotchnoye posobiye]. Minsk, Belarus, 1991, 400 pages.
10. Korneyenko, D.V., Prokhorov, N.M., Sunkuyev, B.S. (2011), Experimental research of compression deformations of textile materials [Experimental'nye issledovaniya deformatsii szhatiya tekstilnykh materialov], *Proceedings of 44th scientific & technological conference of lecturers and students of the university, UO «VGTU»*, Vitebsk, pp. 300-302.

Статья поступила в редакцию 03.01.2014 г.

КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА АСИММЕТРИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАСС ОТРЕЗКОВ ПРЯЖИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ НЕРОВНОТЫ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

Е.В. Назаренко, Д.Б. Рыклин

УДК 677.017.31

РЕФЕРАТ

НЕРОВНОТА ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ, ДИАГРАММА МАСС, АСИММЕТРИЯ, КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА, КВАДРАТИЧЕСКАЯ НЕРОВНОТА, ЛИНЕЙНАЯ НЕРОВНОТА, ГИСТОГРАММА МАСС

Объект исследования – образцы хлопчатобумажной пряжи, выработанной по кардной системе прядения на кольцевых и пневмомеханических прядильных машинах. Оценка показателей неровноты образцов пряжи проводилась при помощи прибора Uster® Tester 5-S400.

Целью работы было установление взаимосвязи между значениями асимметрии распределения масс отрезков пряжи и показателями неровноты по линейной плотности для возможности последующей оценки степени влияния значения асимметрии на прочность пряжи.

Для достижения указанной цели были использованы методы математической статистики и обработки данных, а также прикладные программы MATLAB 7.11.0, Statistica for Windows, MS Excel.

В результате исследований было установлено, что с увеличением численного значения отношения квадратической неровноты кардной пряжи кольцевого способа формирования к ее линейной неровноте увеличивается и значение асимметрии.

Получена математическая зависимость, позволяющая определить значение асимметрии с помощью показателей неровноты, получаемых на приборе Uster® Tester. Данная зависимость позволяет косвенно оценить численное значение отклонения распределения масс отрезков пряжи на основе имеющихся данных.

Одним из важнейших показателей, характеризующих качество пряжи, выступает относительная разрывная нагрузка, которая позволяет осуществлять контроль производства и прогнозировать прочностные характеристики тканей.

ABSTRACT

LINEAR DENSITY UNEVENNESS, DIAGRAM MASS, SKEWNESS, INDIRECT ESTIMATION, QUADRATIC IRREGULARITIES, LINEAR IRREGULARITIES, HISTOGRAM MASS

The quadratic (CV) and the linear (U) measures of irregularity are based on the standard deviation and the mean deviation. The CV/U ratio is 1,25 for Gaussian distribution, but the distribution of the weights of cut pieces of cotton yarns is slightly skewed. Skewness is a measure of the asymmetry of the probability distribution of a real-valued random variable about its mean. The skewness value can be positive or negative. The CV/U ratio for cotton yarns can be determined according to the USTER® TESTER data. The relation between the skewness value and the CV/U ratio for carded ring-spun cotton yarns was investigated. It's necessary for subsequent determination of the relation between tenacity and skewness. The mathematical model for calculating the skewness value based on the unevenness parameters was developed. The relative error between the results of calculations does not exceed 5 %.

Априорный расчет относительной разрывной нагрузки пряжи позволяет оценить правильность составления сортировки. Поэтому разрывная нагрузка является наиболее часто применяемым оценочным критерием качества пряжи [1].

На прочность пряжи существенное влияние оказывают линейная плотность пряжи и ее неровнота по данному показателю, свойства волокон (относительная разрывная нагрузка, линейная плотность, штапельная длина), а также состояние оборудования, используемого в процессе производства.

Влияние неровноты по линейной плотности на прочностные характеристики пряжи обуславливается наличием утоненных участков, содержащих меньшее количество волокон в сечении. Кроме того, при кручении волокнистого продукта, имеющего неровноту по линейной плотности, различным его участкам сообщается различная крутка в связи с тем, что утолщенные участки, содержащие большее количество волокон в сечении имеют большую жесткость на кручение, чем утоненные [2]. В формулах профессоров Соловьёва А.Н. и Усенко В.А. для расчета разрывной нагрузки пряжи введен коэффициент, учитывающий снижение прочности при критической крутке, вызванное неровнотой по линейной плотности [3].

Однако в большинстве случаев при оценке влияния неровноты на разрывную нагрузку пря-

жи расчет осуществляется без учета информации о законе распределения масс отдельных ее отрезков, что снижает точность прогноза.

В настоящее время для оценки неровноты продуктов прядения используются электронно-емкостные приборы Uster Tester или их аналоги. На рисунке 1 приведены диаграммы изменения масс отрезков хлопчатобумажной пряжи, полученной по кардной системе прядения. Вертикальная ось диаграммы представляет собой отклонение массы в процентах от нулевой линии, соответствующей среднему значению массы отрезка. Горизонтальная ось диаграммы соответствует длине материала, прошедшего через емкостной датчик прибора [4].

Анализируя рисунок 1, можно отметить положительную асимметрию распределения масс отрезков пряжи кольцевого способа формирования (б). Распределение масс отрезков пряжи, полученной пневмомеханическим способом формирования, можно считать симметричным.

Асимметрия закона распределения оказывает влияние на физико-механические свойства пряжи кольцевого способа прядения. Разрывная нагрузка пряжи определяется прочностью наи-

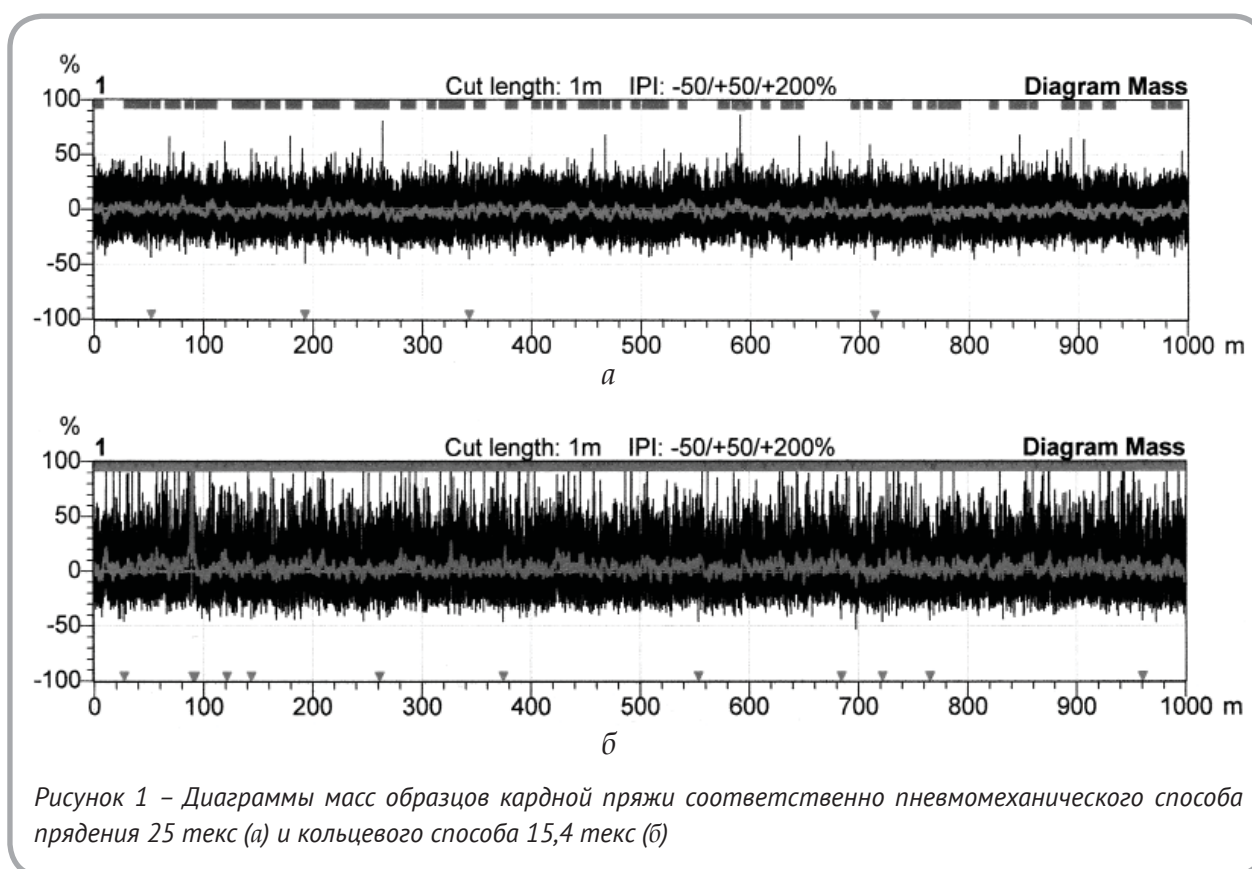


Рисунок 1 – Диаграммы масс образцов кардной пряжи соответственно пневмомеханического способа прядения 25 текс (а) и кольцевого способа 15,4 текс (б)

более слабого ее места на участке зажимной длины. В большинстве случаев таким местом является наиболее тонкое сечение пряжи, в котором находится минимальное количество волокон. При отсутствии асимметрии распределения количество волокон в наиболее утоненном месте можно определить как

$$n_{min} = \bar{n} - \Delta, \quad (1)$$

где \bar{n} – среднее количество волокон в сечении пряжи; Δ – половина поля рассеяния случайной величины (количества волокон в сечении).

При асимметрии закона распределения формула (1) может быть записана в следующем виде:

$$n_{min} = \bar{n} - k \cdot \Delta, \quad (2)$$

где k – коэффициент, характеризующий асимметрию закона распределения.

Так как при положительной асимметрии $k < 1$, в сечение утоненного участка попадает большее количество волокон, чем в случае нормального закона распределения. Таким образом, можно утверждать, что асимметричность распределения масс отрезков пряжи кольцевого способа прядения может рассматриваться как упрочняющий фактор, оказывающий существенное влияние на ее разрывную нагрузку.

На приборах USTER® TESTER для исследуемых образцов пряжи можно оценить такие показатели неровноты, как коэффициент вариации по массе, линейная неровнота, индекс неровноты и другие. Для численного определения значения асимметрии необходимо осуществлять экспорт на внешние носители информации данных по каждому образцу, представляющих собой крупные массивы значений процентного отклонения масс отрезков от среднего значения, и при помощи программ математической статистики обрабатывать их. Ввиду указанной трудоемкости определения численного значения асимметрии, поиск возможностей ее косвенной оценки является актуальной задачей.

Целью данной работы было определение взаимосвязи асимметрии распределения масс отрезков и показателей неровноты пряжи по линейной плотности, определяемых при помо-

щи прибора USTER® TESTER, для возможности последующей оценки степени влияния значения асимметрии на прочность пряжи. Разработка современной методики прогнозирования прочности пряжи с учетом данных об асимметричности распределения масс отрезков текстильных нитей разного состава и структуры позволит значительно усовершенствовать существующие методы оценки прочности пряжи.

Для определения возможной взаимосвязи значений неровноты и асимметрии были исследованы образцы хлопчатобумажной пряжи, произведенной по кардной системе прядения, по данным, полученным на приборе USTER®TESTER 5-S400. Объектами исследований являлись образцы пряжи линейной плотности от 10 до 20 текс, полученной кольцевым способом прядения, и образцы пряжи линейной плотности от 25 до 29 текс, выработанной на пневмомеханических прядильных машинах. Как было указано выше, исследуемые данные представляют собой одномерный массив процентного отклонения масс отрезков от среднего значения массы. По полученным данным становится возможным рассчитать показатели неровноты пряжи.

Неравномерность пряжи по линейной плотности можно оценить при помощи значения асимметрии распределения масс отрезков относительно среднего значения. Данный показатель позволяет определить симметричность распределения вариантов в выборочных статистических совокупностях по отношению к среднему [5].

В общем случае асимметрия A определяется следующим выражением [6]:

$$A = \frac{\mu^3}{\sigma^3} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot \sigma^3}, \quad (3)$$

где μ – среднее отклонение вариантов от среднеарифметического; σ – среднее квадратическое отклонение; \bar{x} – среднее значение из вариантов, x_i – значение варианта; n – количество вариантов.

Распределение считается почти симметричным, если $|A| < 0,1$, и сильно асимметричным, если $|A| > 0,5$.

На значения асимметрии распределения оказывают влияние многочисленные факторы. Как

показали результаты предварительных исследований, асимметрия выше у нитей с меньшей линейной плотностью, то есть с большей неровнотой по линейной плотности на коротких отрезках. Кроме того, на асимметричность распределения влияет качественный и количественный состав многокомпонентной смеси. Для хлопкольнай пряжи распределение масс отрезков характеризуется повышенной асимметрией, что связано с тем, что льняное волокно обладает большей неровнотой по длине и линейной плотности, чем хлопковое.

Помимо значений асимметрии неравномерность пряжи можно оценить при помощи показателей квадратической и линейной неровноты. Квадратическая неровнота по линейной плотности CV определяется как отношение среднеквадратического отклонения к среднему арифметическому. На приборах USTER® TESTER можно найти линейную неровноту U , которая характеризует среднеарифметическое отклонение показателя в процентах относительно среднего значения и рассчитывается как отношение двух площадей следующим образом (рисунок 2):

$$U = \frac{S_1}{S_2} \cdot 100 \% , \quad (4)$$

где S_1 – площадь поверхности, ограниченной кривой изменения массы и отрезком BC, проходящим через среднее значение массы; S_2 – площадь прямоугольника ABCD, ограниченного отрезком, проходящим через среднее значение массы, длиной измеряемого участка пряжи и осями координат.

Приближенно линейную неровноту можно определять по формуле Зоммера [7]:

$$U = \frac{2 \cdot (\bar{x} - \bar{x}_1) \cdot n_1}{n \cdot x} \cdot 100 \% , \quad (5)$$

где \bar{x}_1 – среднее минимальное значение (среднее из показателей, меньших общего среднего значения \bar{x}); n_1 – число значений, меньших общего среднего значения.

Известно, что если результаты испытаний имеют нормальное распределение, то между значениями среднеквадратической и линейной неровноты будет следующая зависимость [7]:

$$\frac{CV}{U} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,25, \quad (6)$$

При асимметричном распределении отношение $CV/U > 1,25$. Для пряжи, вырабатываемой на прядильных фабриках, характерна определенная неровнота от вытягивания и механических повреждений. Поэтому численное значение отношения CV/U может варьироваться от 1,27 до 1,4 [8].

В работе [9] исследовалась взаимосвязь между квадратической и линейной неровнотой для джутовой пряжи. Асимметрия распределения варьировалась от +0,6 до +0,4 при изменении длины измеряемых отрезков от 2 дюймов до 24 дюймов. Для отрезков длин 12 дюймов и выше было отмечено снижение численного значения отношения CV / U от 1,30 до 1,28 в соответствии со снижением асимметрии. Можно заключить, что при увеличении длин измеряемых отрезков уменьшается асимметрия и, соответственно, отношение квадратической и линейной неровноты.

По полученным на приборе USTER® TESTER 5-S400 одномерным массивам данных при по-

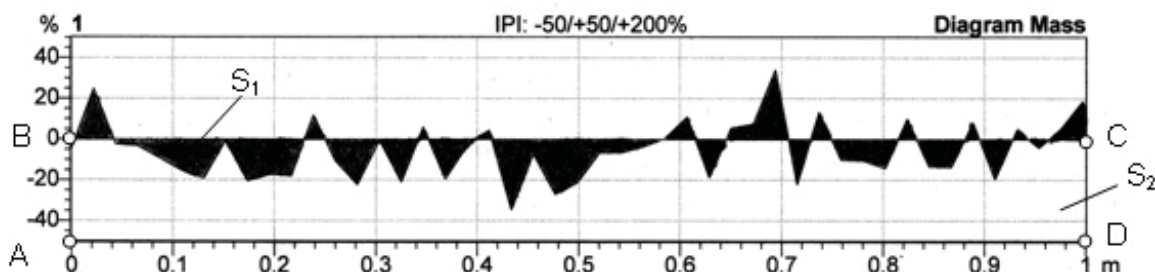


Рисунок 2 – Схема для расчета линейной неровноты продукта прядения

Таблица 1 – Показатели линейной неровноты исследуемых образцов пряжи

№ образца	Линейная плотность, текс	Способ формирования	Линейная неровнота U , %		
			Результаты испытаний на Uster Tester	Метод площадей (формула (4))	Формула Зоммера (5)
I	18,5	кольцевой	13,45	12,81	17,77
II	14	кольцевой	12,10	10,73	10,42
III	15,4	кольцевой	13,06	12,20	8,46

мощи вышеприведенных формул можно рассчитать значения линейной неровноты методом площадей (формула (4)) и с применением формулы Зоммера (5). Данные сведены в таблицу 1.

Анализ полученных данных показывает, что формула (4) дает численные результаты, наиболее приближенные к экспериментальным данным. При расчетах по формуле Зоммера отклонения варьируются от 13,9 % до 35,2 %, при применении формулы (4) варьирование составляет от 4,8 % до 11,3 %. Можно предположить, что погрешность вычислений связана с тем, что на приборе USTER® TESTER 5-S400 расчет неровноты ведется с учетом масс отрезков длиной 1 см, в то время как используемый для вычислений массив данных характеризует значения изменения масс на интервале, приблизительно равном 4,33 см. Можно сделать вывод о том, что увеличение интервала оценки приводит к сглаживанию диаграммы масс и, соответственно, к закономерному уменьшению значений неровноты.

В таблице 2 сведены численные данные по отношению CV/U , полученные теоретически и экспериментально. Линейная неровнота рассчитывалась по формуле (4), квадратическая – как отношение среднеквадратического отклонения к среднему арифметическому.

Максимальное отклонение расчетного значения отношения CV/U от значения, полученного

при помощи прибора Uster Tester, составляет 3,88 %. Небольшая величина отклонения позволяет использовать данные с прибора USTER® TESTER 5-S400 для дальнейших расчетов, в частности, для определения асимметрии распределения масс отрезков.

Данные по исследуемым образцам пряжи, полученной на пневмомеханических и кольцевых прядильных машинах, приведены в таблице 3.

Анализируя данные таблицы 3, можно сделать вывод, что для пряжи пневмомеханического способа формирования отмечается повышенная равномерность и невысокие значения асимметрии, соответственно, отношение CV/U близко к значению 1,25, характерному для симметричного распределения. В случае кардной пряжи кольцевого способа формирования можно отметить, что с увеличением численного значения отношения CV/U увеличивается и значение асимметрии.

Для графической визуализации полученных результатов в прикладном математическом пакете MATLAB 7.11.0 по имеющимся массивам данных были построены гистограммы изменения масс. На рисунке 3 приведены примеры гистограмм для образцов пряжи пневмомеханического и кольцевого способа формирования, которые наглядно показывают степень асимметрии двух образцов.

Таблица 2 – Значения отношения среднеквадратической неровноты к линейной CV/U

№ образца	Данные с Uster Tester			Расчетные данные		
	U , %	CV , %	CV/U	U , %	CV , %	CV/U
I	13,45	17,30	1,29	12,81	15,94	1,24
II	12,10	15,84	1,31	10,73	13,95	1,30
III	13,06	17,36	1,33	12,20	16,45	1,35

Таблица 3 – Исследуемые образцы пряжи

№ образца	Номинальная линейная плотность, текс	Способ формирования	Отношение CV / U	Асимметрия A
I	18,5	кольцевой	1,29	0,57
II	14	кольцевой	1,31	0,79
III	15,4	кольцевой	1,33	1,21
IV	20	кольцевой	1,27	0,45
V	16,8	кольцевой	1,29	0,57
VI	10	кольцевой	1,27	0,42
VII	25	пневмомеханический	1,26	0,21
VIII	29	пневмомеханический	1,26	0,28
IX	25	пневмомеханический	1,26	0,22

С целью установления взаимосвязи между указанными выше величинами была проведена аппроксимация данных для образцов кардной пряжи кольцевого способа формирования. Коэффициент корреляции составил 0,98. По результатам аппроксимации получена степенная регрессионная модель следующего вида:

$$A = \left(0,758 \frac{CV}{U} \right)^{2,3} \quad (7)$$

Проверка адекватности уравнения регрессии осуществляется с помощью средней ошибки аппроксимации, величина которой не должна превышать 12 – 15 %. Для полученной модели средняя ошибка аппроксимации составила 3,1 % (отклонения расчетных значений асимметрии от значений, полученных по формуле (7), варьировались в интервале от 1,3 % до 5 %). Также для полученного уравнения регрессии определен коэффициент детерминации, показывающий, какая часть дисперсии результативного признака объяснена уравнением регрессии. Коэффициент детерминации R^2 принимает значения в диапазоне от нуля до единицы, причем, чем больше R^2 , тем большая часть дисперсии результативного признака объясняется уравнением регрессии и тем лучше уравнение регрессии описывает исходные данные. Коэффициент детерминации регрессионной модели (7) составил 0,991. Рассчитанные значения критерия Стьюдента превысили табличное значение 2,776, соответствующее выбранной доверительной вероятности 0,95 и числу степеней свободы, равному 4. Из

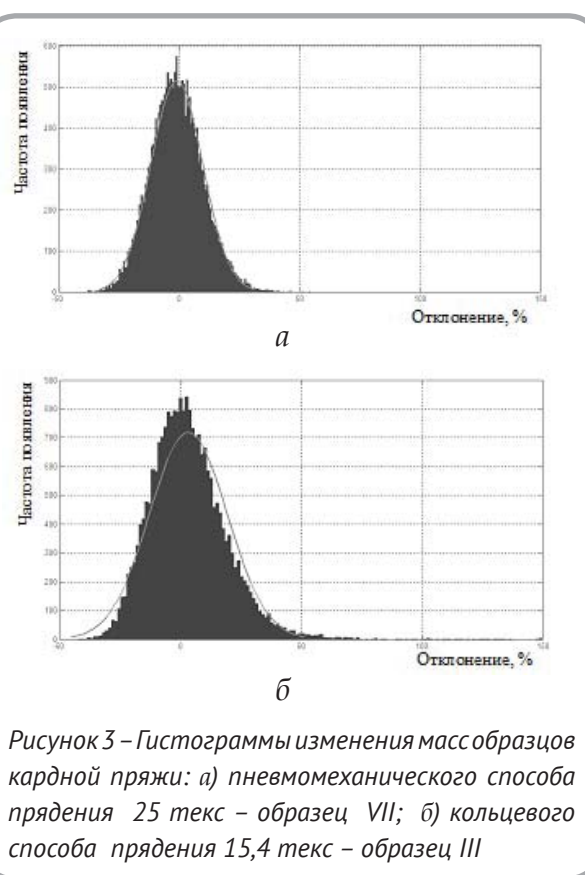


Рисунок 3 – Гистограммы изменения масс образцов кардной пряжи: а) пневмомеханического способа прядения 25 текс – образец VII; б) кольцевого способа прядения 15,4 текс – образец III

чего можно заключить, что коэффициенты регрессионной модели являются значимыми с данной доверительной вероятностью.

Графическая интерпретация полученной модели (7) представлена на рисунке 4.

Полученная модель будет использована при дальнейшем проведении работ по созданию методики прогнозирования физико-механических свойств пряжи.

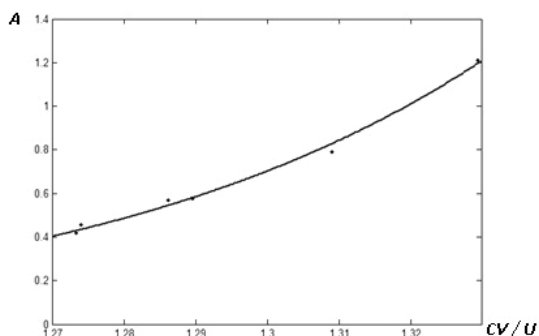


Рисунок 4 – Зависимость асимметрии от отношения квадратической неровности к линейной для образцов кардной пряжи

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что асимметрия распределения масс отрезков пряжи является фактором, оказывающим существенное влияние на разрывную нагрузку пряжи.

2. Сопоставляя результаты испытания различных образцов пряжи на приборе Uster Tester 5, отмечено, что пряжа кольцевого способа прядения отличается существенной асимметрией распределения масс отрезков по сравнению с пряжей, полученной пневмомеханическим способом формирования.

3. На основании анализа результатов испытания пряжи установлено, что отношение ее квадратической и линейной неровности по линейной плотности может служить косвенным показателем для оценки асимметрии распределения масс отрезков пряжи. Получена регрессионная модель, которая будет использована при дальнейшем проведении работ по созданию методики прогнозирования физико-механических свойств пряжи. Использование данных об асимметричности распределения масс отрезков текстильных нитей позволит повысить точность прогноза разрывной нагрузки пряжи по сравнению с существующими методами оценки ее прочности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коган, А. Г., Рыклин Д. Б., Скобова Н. В., Баранова А. А., Медveckий С. С., Соколов Л. Е. (2011), Проектирование хлопкопрядильного производства, УО «ВГТУ», Витебск, 395 с.
2. Рыклин, Д. Б., Коган, А. Г. (2002), Производство многокомпонентных праж и комбинированных нитей, УО «ВГТУ», Витебск, 215 с.
3. Борзунов, И. Г. (1982), Прядение хлопка и химических волокон, Легкая и пищевая промышленность, Москва, 376 с.
4. Uster Tester 5 : Application Handbook (2007), Uster Technologies AG.
5. Виноградов, Ю.С. (1970), Математическая статистика и ее применение в текстильной и швейной промышленности, Легкая индустрия, Москва, 312 с.

REFERENCES

1. Kogan, A. G., Ryklin, D. B., Skobova, N. V., Baranova, A. A., Medveckiy S. S., Sokolov L. E. (2011), Design of cotton spinning manufacturing [Proektirovanie hlopkoprjadil'nogo proizvodstva]. UO Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet - Educational Institution Vitebsk State Technological University, 395 p.
2. Ryklin, D. B., Kogan, A. G. (2002), Manufacturing of blended and hybride yarns [Proizvodstvo mnogokomponentnyh prjazh i kombinirovannyh nitej]. UO Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet - Educational Institution Vitebsk State Technological University, 215 p.
3. Borzunov, I. G. (1982), Spinning of cotton and man-made fibers [Prjadenie hloпка i himicheskikh volokon]. Legkaja i pishhevaja promyshlennost' - Light and Food industry, 376 p.

6. Хан, Г., Шапиро, С. (1969), Статистические модели в инженерных задачах, «Мир», Москва, 400 с.
7. Рыклин, Д.Б. (2010), Технология и оборудование для приготовления волокнистого настила, УО «ВГТУ», Витебск, 239 с.
8. Balasubramanian, N. "Yarn Irregularity – Concept and Measurement" [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://balajamuna.hpage.co.in/yarn-irregularity_40750954.html
9. Mukhopadhyay, S.K., Bandyopadhyay, S.K. (1962), Relation between Quadratic (CV) and Linear (U) Irregularities in Jute Yarns, Technological Research Laboratory, Indian Central Jute Committee, India, p. 247.
4. Uster Tester 5 : Application Handbook (2007), Uster Technologies AG.
5. Vinogradov, U. S. (1970), The mathematical statistics and its application in the textile and sewing industry [Matematicheskaja statistika i ee primenenie v tekstil'noj i shvejnoj promyshlennosti]. Legkaja industrija, Moskva - Light industry, Moscow, 312 p.
6. Han, G., Shapiro, S. (1969), Statistical models in engineering [Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah]. «Mir», Moskva – “Mir”, Moscow, 400 p.
7. Ryklin, D. B. (2010), Technology and equipment for card mat manufacturing [Tehnologija i oborudovanie dlja prigotovlenija voloknistogo nastila]. UO Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet - Educational Institution Vitebsk State Technological University, 239 p.
8. Balasubramanian, N. "Yarn Irregularity – Concept and Measurement", available at: http://balajamuna.hpage.co.in/yarn-irregularity_40750954.html
9. Mukhopadhyay, S.K., Bandyopadhyay, S.K. (1962), Relation between Quadratic (CV) and Linear (U) Irregularities in Jute Yarns, Technological Research Laboratory, Indian Central Jute Committee, India, p. 247.

Статья поступила в редакцию 14. 04. 2014 г.

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОЛОЧИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В.Ю. Новиков, В.В. Рубаник

УДК 621.778: 621.372.8

РЕФЕРАТ

УЛЬТРАЗВУК; КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА; ANSYS; ВОЛОЧЕНИЕ; БИМЕТАЛЛ

Объектом исследования являются волноводные акустические системы, применяемые в процессе волочения биметаллической медно-серебряной проволоки.

Цель работы – синтез и анализ волноводных систем позволяющий исключить операции их подгонки в процессе изготовления и используемых для волочения проволоки.

Получены новые данные посредством модального анализа в CAE-системе ANSYS резонансных характеристик акустических систем, используемых для волочения биметаллической проволоки медицинского назначения. Предложен новый способ получения представления о форме и характере колебаний на этапе разработки колебательных систем. Предложена методика разработки волноводных систем, исключающая операцию подгонки в процессе их изготовления. Результаты исследований расширяют представления о методике проектирования ультразвуковых колебательных систем волочильных установок.

ABSTRACT

ULTRASOUND, OSCILLATING SYSTEM, ANSYS, DRAWING, BI-METAL

Object of study is an acoustic waveguide systems used in the process of drawing the bimetallic copper silver wire.

Purpose – is the synthesis and analysis of waveguide systems which eliminates the operation of their fit and used for drawing wire.

New data were obtained by modal analysis in ANSYS CAE-system resonance of acoustic systems used for drawing bimetallic wire for medical purposes. A new way to get an idea about the shape and nature of the fluctuations in the design phase of oscillatory systems. The technique of developing waveguide systems, eliminating the operation fit during their manufacture. Research results extend the idea of the modeling for the preparation of drawing ultrasonic systems installations.

Ультразвуковые установки, используемые для волочения проволоки, состоят из ультразвукового генератора электрических колебаний, преобразователя электрических колебаний в механические, колебательной системы, подводящей колебания в очаг деформации и волочильной машины, осуществляющей процесс деформирования и соединенной с акустической системой. Колебательная система, используемая для интенсификации процесса волочения должна обеспечивать максимальный отбор акустической энергии от преобразователя и передачу ее деформируемому материалу. В зависимости от закона изменения сечения волновода колебательные системы бывают цилиндрические, ступенчатые, конические, экспоненциальные и

различные их комбинации [1]. Для усиления колебаний используют также сложение колебаний от нескольких преобразователей через один или несколько концентраторов. В основном применяют продольные колебания, однако известно большое количество концентраторов, использующих колебания других типов: изгибные, крутильные, радиальные или их комбинации [2 - 6].

В настоящее время существует достаточное количество численно-аналитических методов расчета ультразвуковых колебательных систем (УЗКС), построенных на основе дифференциальных уравнений, решение которых представляет сложную задачу [7]. Есть методы, которые изложены в удобной для инженерного расчета форме, но не дающие полного представления о

форме и характере колебаний, которые за счет ряда допущений требуют в процессе изготовления колебательной системы производить ее подгонку под резонансные размеры. Имеются также компьютерные пакеты программ, позволяющие произвести анализ УЗКС при помощи приближенных численных методов, дать представление о форме и характере колебаний и позволить исключить операции подгонки УЗКС. Одной из таких является САЕ-система ANSYS (Computer Aided Engineering)[8].

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА СТАТЬИ

Целью работы является синтез и анализ волноводных систем, используемых для волочения биметаллической проволоки медицинского назначения, позволяющий исключить операции их подгонки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- отработана методика синтеза численно-ана-

литическими методами и анализа методом Блока-Ланкроста волноводных систем;

- получено представление о форме и характере колебаний УЗКС на этапе их анализа в ANSYS;

- изготовлены и апробированы волноводные системы на промышленном ультразвуковом оборудовании.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве объекта исследований рассмотрены наиболее распространенные виды исполнения УЗКС, применяемые при волочении различных материалов (рисунок 1): *a* – ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волокни; *б* – ступенчатый концентратор с запрессованной волокой; *в* – ступенчатый концентратор со свободной волокой; *г* – конический концентратор с отверстиями в виде волочильных каналов. Исходные параметры концентраторов: резонансная частота $f = 18$ кГц, материал нержавеющей

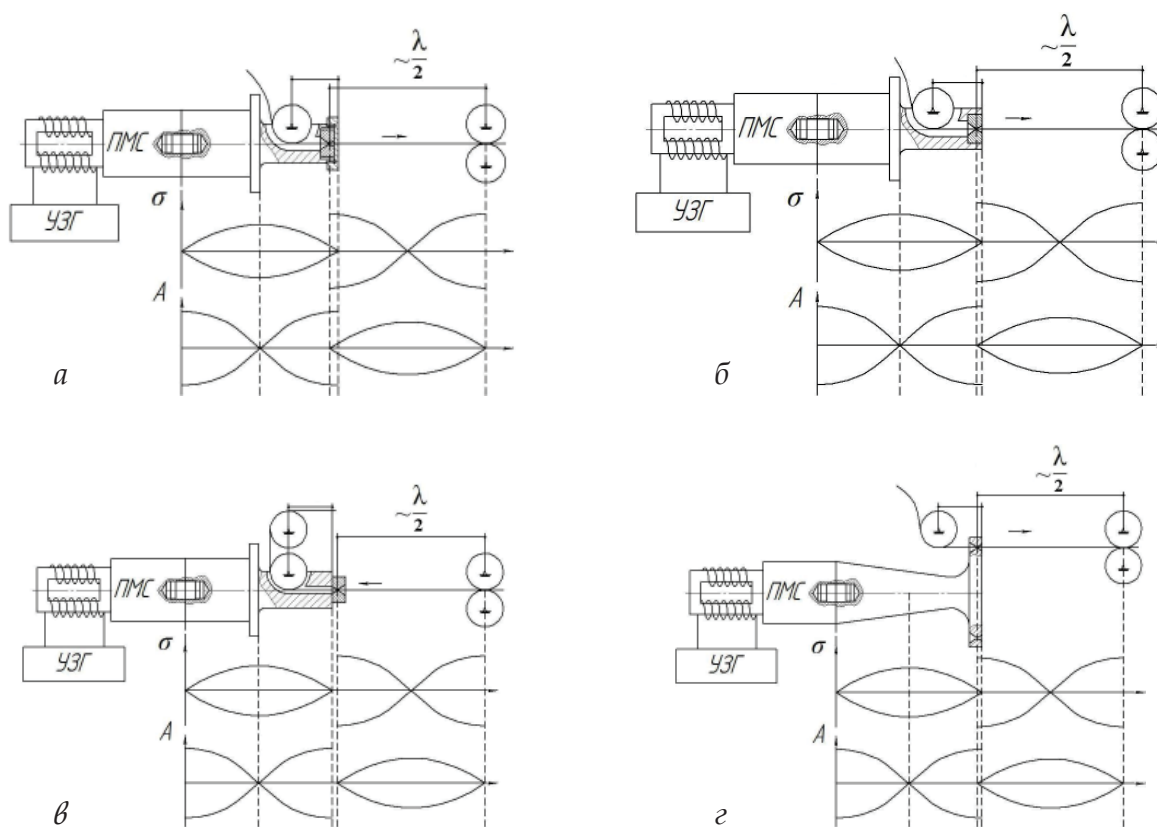


Рисунок 1 – Схемы ввода ультразвуковых колебаний в очаг деформации и графики распределения знакопеременных напряжений и смещений

шая сталь: плотность – 7800 кг/м³; модуль Юнга – 2,1х10¹¹ Па; коэффициент Пуассона – 0,30. Резонансные характеристики рассматриваемых волноводных систем, полученные численно-аналитическим методом, предложенным И.И. Теуминым [6], применялись для построения волноводов в CAE-системе ANSYS. Трехмерным моделям исследуемых волноводов задавалась плотность сетки конечных элементов, от которой зависит точность измерений. После всех построений производили анализ волноводных систем методом Блока-Ланкроса. В зависимости от режима отображения результата получали резонансные характеристики волноводных систем и графическое отображение формы и характера колебаний волновода.

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД СИНТЕЗА ВОЛНОВОДНЫХ СИСТЕМ

Продольные колебания концентраторов описывали волновым уравнением [7]:

$$\frac{d^2 \xi_m}{dx^2} + \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dx} \cdot \frac{d\xi_m}{dx} + \frac{w^2}{v^2} \xi_m = 0, \quad (1)$$

где ξ_m – амплитуда продольных смещений, м; S – площадь поперечного сечения концентратора, м²; v – скорость распространения упругой волны в материале, м/с; w – волновое сопротивление колебательной системы, кг/м²·с.

Расчет колебательной системы проводили для установившегося процесса, который можно описать в виде общих выражений, для распределения сил и скоростей в различных точках этой системы [7]:

$$\begin{cases} F_m = F_{ml} ch\gamma x + \dot{\xi}_{ml} w sh\gamma x \\ \dot{\xi}_m = \dot{\xi}_{ml} ch\gamma x + \frac{F_{ml}}{w_0} sh\gamma x \end{cases}, \quad (2)$$

где F сила и $\dot{\xi}$ скорость (с индексом m – на расстоянии x от конца системы, с индексом ml – на конце системы); γ – постоянная распространения, м⁻¹.

Выражение, связывающее собственную частоту колебательной системы с ее длиной, можно написать из условия обращения в нуль относи-

тельной деформации на концах колебательной системы (граничное состояние) [7]:

$$\begin{aligned} \left. \frac{d\xi_{ml}}{dS_l} \right|_{l=0} &= 0; \\ \left. \frac{d\xi_{ml}}{dS_l} \right|_{l=1} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В соответствии с этим выражения можно представить в удобной для инженерного расчета форме, которые приведены ниже.

Волновое сопротивление среды определяли с помощью следующего выражения:

$$w = \rho \cdot c, \quad (4)$$

где ρ – плотность материала волновода, кг/м³; c – скорость звука в среде, м/с.

Скорость распространения упругой волны в стержне:

$$v_{ml} = v \cdot \left(1 - \frac{\gamma^2 \cdot \alpha \cdot S^2}{\pi} \right), \quad (5)$$

где $\alpha = w / v$ – волновое число, кг/м³.

Длина для однородной стержневой колебательной системы:

$$l = \frac{v_{ml}}{2f}, \quad (6)$$

Для конической стержневой колебательной системы:

$$l = \frac{v}{2f} \sqrt{\frac{(\eta\pi)^2 + 4 \left(\frac{d_0 - d_l}{d_0 + d_l} \right)^2}{\pi^2}}, \quad (7)$$

где η – количество полуволн; d_0 и d_l – диаметры широкого и узкого концов системы, м.

Амплитуду механических колебаний выходного торца волновода определяли посредством выражения

$$\xi_{ml} = k \cdot \xi_{m0} \quad (8)$$

где k – коэффициент усиления волновода; ξ_{m0} – амплитуда механических колебаний на входном торце волновода, м.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По трехмерным моделям рассматриваемых волноводных систем проанализированных в САЕ-системе ANSYS, представленных на рисунке 2, отчетливо видна форма и характер суммарных колебаний УЗКС. Из этого, а также резонансных характеристик рассматриваемых волноводных систем, полученных численно-аналитическим методом, посредством модального анализа в САЕ-системе ANSYS и изготовленным УЗКС можно утверждать, что форма и характер колебаний на этапе анализа акустических систем практически соответствует изготовленной УЗКС и отличие составляет 1 – 5,3 % от реальных значений, которые приведены в таблице 1.

По результатам анализа расчетные значения

резонансных частот ступенчатых концентраторов отличаются от реальных значений на 0,6 – 2,5 %, значения коэффициентов усиления на 0,7 – 4 %. А значение резонансных частот ступенчатых концентраторов, полученные численно-аналитическим методом, отличаются от реальных значений на 1,1 – 8,6 %, значения коэффициентов усиления на 7,4 – 10 %. В случае с коническим концентратором отличие резонансных характеристик, полученных численно-аналитическим методом и посредством анализа, составляет 0,6 % от реальных значений, значение коэффициента усиления на этапе синтеза 14,9 % и 0,8 % на этапе анализа от значений изготовленного. Можно сделать вывод о том, что модальный анализ в САЕ-системе ANSYS позволяет получить достоверные значения резонансных характеристик, коэффициентов усиления и представление о форме и характере колебаний УЗКС на этапе разработки.

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно утверждать, что синтез численно-аналитиче-

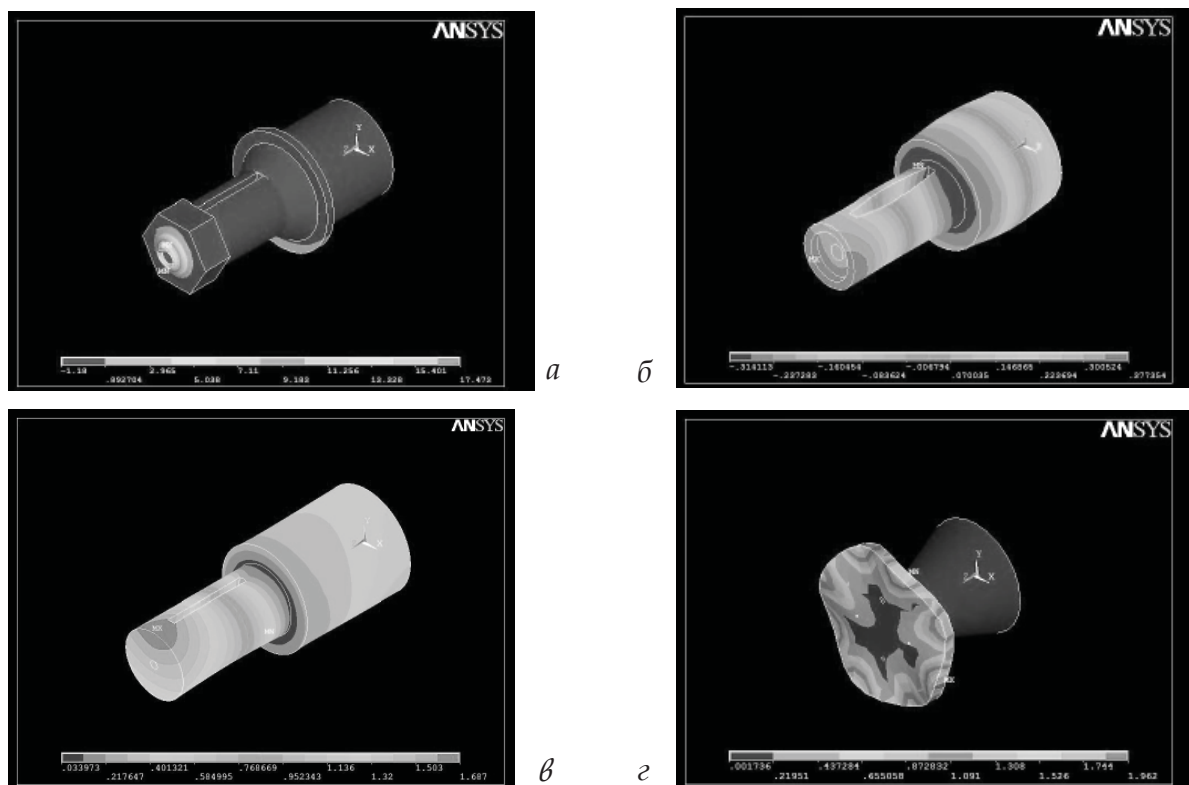


Рисунок 2 – Трехмерные модели волноводных систем, форма и характер колебаний

ским методом, предложенным И.И. Теуминым, и анализ в CAE-системе ANSYS волноводных систем позволяет исключить операцию подгонки в процессе их изготовления, за счет точности результатов анализа с откликом в 0,56 – 2,53 %. Также не мало важным является то, что посредством модального анализа в CAE-системе ANSYS возможно получить представление о форме и характере колебаний с откликом в 1 ÷ 5 % от реальных значений.

Оптимальной для волочения биметаллической проволоки колебательной системой является ступенчатый концентратор со свободной волокой, позволяющий производить смену волок без каких-либо дополнительных операций [9], а также конический концентратор с отверстиями в виде волочильных каналов обеспечивающий максимальный отбор акустической энергии от излучателя.

Таблица 1 – Значения резонансных характеристик исследуемых УЗКС

Тип УЗКС	Наименование параметра	Значение параметра		
		Расчет численно-аналитическим методом	Расчет с помощью ANSYS	Измеренные
Ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волоки	Длина концентратора, мм	141,6	141,6	141,6
	Коэффициент усиления	1,50	1,75	1,62
	Резонансная частота, кГц	18,0	19,2	19,7
	Форма и характер колебаний	-	преимущественно продольные 97 %, присутствуют поперечные 3 %	преимущественно продольные 98 %, присутствуют поперечные 2 %
Ступенчатый концентратор с запрессованной волокой	Длина концентратора, мм	141,6	141,6	141,6
	Коэффициент усиления	1,50	1,36	1,35
	Резонансная частота, кГц	18,0	17,7	17,8
	Форма и характер колебаний	-	преимущественно продольные 88 %, присутствуют поперечные 12 %	преимущественно продольные 93 %, присутствуют поперечные 7 %
Ступенчатый концентратор со свободной волокой	Длина концентратора, мм	141,6	141,6	141,6
	Коэффициент усиления	1,50	1,69	1,63
	Резонансная частота, кГц	18,0	17,1	17,3
	Форма и характер колебаний	-	преимущественно продольные 99 %, присутствуют поперечные 1 %	преимущественно продольные 100%
Конический концентратор с отверстиями в виде волочильных каналов	Длина концентратора, мм	148	148	148
	Коэффициент усиления	2,82	2,38	2,40
	Резонансная частота, кГц	18,0	17,8	17,9
	Форма и характер колебаний	-	преимущественно продольные 94 %, присутствуют поперечные 6 %	преимущественно продольные 91 %, присутствуют поперечные 9 %

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко, А.В. *Прокатка и волочение с ультразвуком*. Минск: Наука и техника, 1970. 410 с.
2. Розенберг, Л.Д. Источники мощного ультразвука. Москва: Машиностроение, 1967. С. 149 – 206.
3. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко, А.В. *Обработка металлов давлением с ультразвуком*. Минск: Наука и техника, 1973. 288 с.
4. Пат. RU 2271889 Российская Федерация, МПК (2009) В 21 С1 / 04. *Устройство для волочения труб с применением радиальных ультразвуковых колебаний*. Сучков А.Г.; заявитель и патентообладатель Сучков А.Г.
5. Пат. SU 1731334 СССР, МПК В 21 С3 / 00. *Устройство для волочения изделий с использованием ультразвуковых колебаний*. Асташев В.К., Семенова Е.Б.; заявитель и патентообладатель Институт машиноведения им. А.А. Благонравова.
6. Рубаник В.В. Волочение металла через незакрепленную волоку с наложением ультразвука. *Прочность и пластичность материалов в ультразвуковом поле*. Алма-Ата, 1980, С. 16 – 17.
7. Теумин И.И. *Ультразвуковые колебательные системы*. Москва: Машгиз, 1959. 331 с.
8. Абрамова А.В. *Анализ методов расчета и конструирования волноводных систем для ультразвуковых установок технологического назначения*. Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2012, Т.17, № 3. С. 90 – 96.
9. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. *Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей*. Минск: Белорусская наука, 2012. 294 с.

REFERENCES

1. Severdenko V.P., Klubovich V.V., Stepanenko, A.V. *Rolling and drawing with ultrasound*. Minsk: Science and Technology, 1970. 410 p.
2. Rosenberg L.D. *Sources of high-intensity ultrasound*. Moscow: Mechanical Engineering, 1967. pp. 149 - 206.
3. Severdenko V.P., Klubovich V.V., Stepanenko, A.V. *Metal Forming with ultrasound*. Minsk: Science and Technology, 1973. 288 p.
4. Pat. RU 2271889 Russian Federation, IPC (2009) B 21 C1 / 04. *Device for tube drawing using radial ultrasonic vibration*. Suchkov, A.G.; applicant and patentee Suchkov, A.G.
5. Pat. SU 1731334 USSR, IPC B 21 C3 /00. *Device for drawing products using ultrasonic vibrations*. Astashev, V.K. Semenov, E.B.; applicant and patentee Institute of Mechanical Engineering. A.A. Blagonravova.
6. Rubanik, V.V. Drawing the metal through a die with a loose overlay ultrasound. *Strength and ductility of materials in an ultrasonic field*. Alma-Ata, 1980, pp. 16 - 17.
7. Teumin, I.I. UOS. Moscow: Mashgiz, 1959. 331 p.
8. Abramova, A.V. *Analysis of methods for analysis and design of waveguide systems for ultrasonic devices for technological purposes*. Gomel: MPRI NASB, 2012. V.17, № 3, pp. 90-96.
9. Klubovich, V.V., Rubanik, V.V., Carenko, Y. V. *Ultrasound technology in production of composite cables*. Minsk: Belarusian Science, 2012. 294 p.

Статья поступила в редакцию 12.05.2014 г.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ СУШКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

А.И. Ольшанский, С.В. Жерносек,
В.И. Ольшанский

УДК 66.047.37

РЕФЕРАТ

КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДИАЦИОННАЯ СУШКА, ТЕПЛОВЛАГООБМЕН, КИНЕТИКА, СКОРОСТЬ СУШКИ, РЕЖИМЫ, ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА

Объектом исследования является процесс конвективно-терморadiaционной сушки технических тканей.

Целью работы является установление основных закономерностей процесса сушки технических тканей, получение зависимостей для определения основных параметров процесса сушки и разработка графического метода расчета.

На основе теории регулярного теплового режима нагревания твердых тел авторами проведено исследование кинетики теплообмена в процессе сушки технических тканей при трех режимах: температурах излучателя 150, 190, 250°C ; температурах теплоносителя (воздуха) 80, 100, 120°C и скорости воздуха $v \approx 0,8 - 1,1$ м/с. В результате исследования и обработки экспериментальных данных авторами установлены обобщенные зависимости для темпа нагревания влажных тканей и темпа убыли влагосодержания. Установлены закономерности изменения темпа удаления влаги из материала от начальной влажности тканей и скорости сушки в первом периоде. Получены эмпирические уравнения для расчета продолжительности процесса сушки и среднеинтегральной температуры в периоде падающей скорости.

Установлены закономерности изменения плотности тепловых потоков от текущего влагосодержания и времени сушки для заданных режимов. На основе полученных авторами результатов исследований разработан графический метод расчета основных параметров кинетики сушки тканей. Графический метод расчета позволяет определять все основные характеристики процесса сушки, не прибегая к расчет-

ABSTRACT

THE COMBINED DRYING, METHOD OF A REGULAR MODE, DRYING SPEED, KINETICS, MODES, CURVE OF SPEED OF DRYING, GRAPHIC METHOD OF CALCULATION

The purpose of the work is research of drying process of fabrics with the combined electricity cable, a method of a regular thermal mode. The authors established dependences of heating rate of a damp body and a decrease of moisture content from the initial moisture content and main parameters of process of fabrics drying. Use of a regular mode method allows to carry out calculation of the main parameters of drying kinetics by a graphic method, which saves a lot of time on the settlement work. Without resorting to construction and integration of drying curve speed, it is possible to receive the experimental equations for calculation of main parameters of drying kinetics of fabrics and to carry out calculations by a graphic method.

On the base of the results of researches and processing of experimental data in the form of the empirical equations and the schedules generalized variables of process of drying are constructed.

The method of a regular thermal mode for the description of drying kinetics process can be used with success at various ways of energy supply to a material.

ным уравнениям, определению коэффициентов теплообмена и интегрированию кривой скорости сушки, что значительно сокращает время на проведение эксперимента и объем расчетной работы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко применяются декоративные многослойные материалы с использованием технических тканей, которые после специальной технологической обработки подвергаются сушке. Такие декоративные ткани используются в обувной промышленности, при производстве высококачественных обоев, при создании декоративно-отделочных покрытий в строительстве.

Ткани проходят технологическую обработку специальными полимерными аппретами и клевыми пропитками для обеспечения жесткости и каркасности. Нанесение аппрета на ткань с одновременным увлажнением производится в плюсовочных ваннах, затем ткани подвергаются каландрированию для обеспечения равномерной влажности.

Сушка тканей термоизлучением относится к одним из перспективных методов термического обезвоживания материалов. Эффективность конвективно-терморadiационной сушки заключается в значительной интенсификации процесса влагообмена, обеспечивает высоко-темпе-

ратурный нагрев ткани, уменьшает миграцию красителей и аппретов и создает высокую интенсивность испарения влаги с поверхности материала за счет максимальной глубины проникновения инфракрасных лучей в ткань [1].

Графические методы широко используются при расчетах нагрева и охлаждения твердых тел, в процессах сушки зернистых и сыпучих материалов, в пневматических трубах-сушилках, в сушилках с кипящим слоем, аэрофонтанных сушилках. Расчеты по графикам и номограммам значительно сокращают время, трудоемкость и объем расчетной работы. Графики и номограммы строятся на основе обширного числа экспериментальных исследований и требуют достоверных данных по теплообменным и теплофизическим характеристикам различных материалов. Теплофизические характеристики тканей хорошо изучены и даны в таблице 1 [2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Сушка тканей проводилась на металлической поверхности стола экспериментальной установки в условиях вынужденного теплообмена. Ткань

Таблица 1 – Зависимость коэффициента температуропроводности для тканей от влажности

Вискоза $\lambda = 0,058 \text{ Вт / м} \cdot \text{°С}; c_0 = 1600 \text{ Дж / кг} \cdot \text{°С}$					Лен $\lambda = 0,046 \text{ Вт / м} \cdot \text{°С}; c_0 = 1500 \text{ Дж / кг} \cdot \text{°С}$				
W, %	$\lambda, \text{ Вт / м} \cdot \text{°С}$	$\rho, \text{ кг / м}^3$	$c, \text{ Дж / кг} \cdot \text{°С}$	$a \cdot 10^4, \text{ м}^2 / \text{ч}$	W, %	$\lambda, \text{ Вт / м} \cdot \text{°С}$	$\rho, \text{ кг / м}^3$	$c, \text{ Дж / кг} \cdot \text{°С}$	$a \cdot 10^4, \text{ м}^2 / \text{ч}$
90	0,187	759	2825	3,14	160	0,276	675	3150	4,67
80	0,173	713	2750	3,17	140	0,248	637	3060	4,58
60	0,144	640	2569	3,15	120	0,219	587	2960	4,537
50	0,13	600	2462	3,16	100	0,9	537	2840	4,49
40	0,116	556	2339	3,24	80	0,161	482	2690	4,48
20	0,087	488	2031	3,16	60	0,132	430	2500	4,47
10	0,072	453	1835	3,11	40	0,104	374	2260	4,1
					20	0,075	321	1946	4,32
					10	0,06	294	1744	4,27

располагалась параллельно близко расположенным (250 мм) излучающим светлым источникам излучения. В качестве излучателей использовались лампы с нихромовой спиралью со степенью черноты окисленного нихрома $\varepsilon \approx 0,75 - 0,8$ и стекла $\varepsilon \approx 0,85 - 0,9$. При принятом расположении ткани от излучателей угловые коэффициенты излучения, определяющие эффективность поверхности излучения, $\varphi = 1$. Степень черноты тканей $\varepsilon \approx 0,75 - 0,85$. Исследование комбинированной сушки тканей проводилось с трехкратной повторяемостью эксперимента для каждого режима сушки для избежания ошибок и случайных результатов.

Сушка тканей проводилась при трех режимах при скорости воздуха $v \approx 0,8 - 1,1$ м/с:

1. $t_c = 80^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 150^\circ\text{C}$;
2. $t_c = 100^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 190^\circ\text{C}$;
3. $t_c = 120^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 250^\circ\text{C}$.

На рисунке 1 представлены кривые сушки $W = f(\tau)$ и температурные кривые $t = f(\tau)$ при комбинированной сушке тканей из вискозы и льна для указанных режимов сушки. Видно, что сушка тканей протекает в периоде убывающей скорости как по влагосодержаниям, так и по температурам с кратковременным периодом прогрева тканей до $t \approx 30 - 35^\circ\text{C}$ за 10 - 15 с.

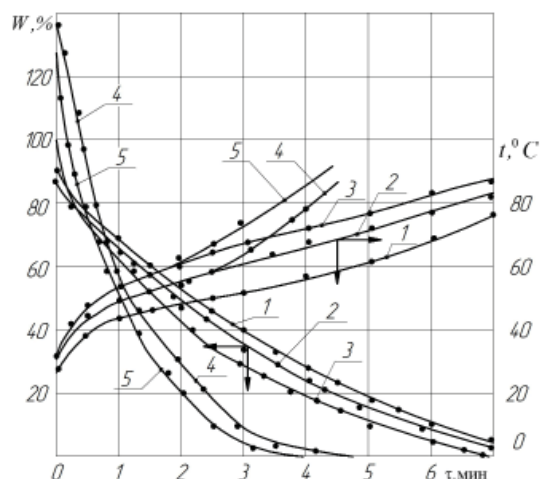


Рисунок 1 – Кривые сушки и температурные кривые для процесса сушки вискозной и льняной тканей при режимах сушки.

- Вискоза: 1. $t_c = 80^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 150^\circ\text{C}$;
 2. $t_c = 100^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 190^\circ\text{C}$;
 3. $t_c = 120^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 250^\circ\text{C}$;
 Лён: 4. $t_c = 100^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 190^\circ\text{C}$;
 5. $t_c = 120^\circ\text{C}$; $t_{u3л} = 250^\circ\text{C}$

Терморadiационная конвективная сушка тканей при принятом способе расположения материала на металлической поверхности за счет максимальной глубины проникновения излучения в ткань представляет крайне сложный процесс с переменной температурой на металлической поверхности стола, что вызывает дополнительный процесс кондуктивной сушки. Установлено [1], что влажность материала снижает глубину проникновения лучей только в периоде постоянной скорости сушки, когда поглощение излучения происходит с поверхности материала. Для тонких тканей с толщиной $\delta \approx 0,8 - 1,2$ мм в результате проникновения излучения в ткань градиенты температуры и влагосодержания совпадают по направлению, что значительно интенсифицирует процесс влагообмена [1].

Примечание: λ_0 – теплопроводность сухой ткани; c_p, c – теплоемкости сухой и влажной ткани; ρ – плотность влажной ткани; a – коэффициент температуропроводности.

Механизм такой комбинированной сушки материалов – сложный процесс теплообмена и строгая математическая постановка задачи на нахождение полей влагосодержаний и температуры на основе решения дифференциальных уравнений влагопереноса – представляет большие трудности [1, 3, 4]. Поэтому задачу исследования комбинированной сушки тканей ограничиваем только исследованием внешнего механизма процесса сушки на основе обработки и анализа экспериментальных данных методом теории регулярного режима и обобщенных параметров процесса.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ВЫВОД РАСЧЕТНЫХ УРАВНЕНИЙ

Практикой сушки установлено, что интенсивность испарения влаги, плотность тепловых потоков и среднеинтегральные температуры влажного тела в периоде убывающей скорости сушки изменяются по экспоненциальным зависимостям. А. В. Лыков [3, 4] считает, что нагрев влажного тела при условии $t_c = \text{const}$ в процессах сушки представляет собой регулярный режим, поскольку кривые сушки, температурные кривые и тепловые потоки являются экспонентами [4, 5]. В стадии регулярного режима изменение температуры и влагосодержания выражаются линей-

ными соотношениями вида $\ln(t_c - \bar{t}) = f(\tau)$ и $\ln(W_0 - W) = f(\tau)$. Основным признаком регулярного режима для изменения температуры и влагосодержания являются соотношения

$$-\frac{d\bar{t}}{d\tau} = m_t(t_c - \bar{t}); \quad (1)$$

$$-\frac{dW}{d\tau} = m_u(W_0 - W), \quad (2)$$

где $d\bar{t}/d\tau$ и $dW/d\tau$ – скорости изменения температуры и влагосодержания во времени; m_t и m_u – темп нагревания влажного тела и темп убыли влагосодержания, мин^{-1} ; t_c и \bar{t} – температура среды (теплоносителя) и среднеинтегральная температура материала; W_0 и W – начальное и текущее влагосодержание, %; τ – время сушки, мин.

Темп нагревания влажного тела m_t и темп удаления влаги m_u находятся экспериментально из соотношений [3 – 5]

$$\text{tg } \gamma = \frac{\ln(t_c - \bar{t}_1) - \ln(t_c - \bar{t}_2)}{\tau_2 - \tau_1} = m_t; \quad (3)$$

$$\text{tg } \gamma = \frac{\ln(W_0 - W_2) - \ln(W_0 - W_1)}{\tau_2 - \tau_1} = m_u. \quad (4)$$

Отсчетом температуры влажной ткани для всех режимов принята температура $t_0 \approx 30^\circ\text{C}$ от стадии прогрева тканей при $\tau = 10 - 15$ с.

Из решения уравнений (1) – (4) находится время сушки тканей [5]:

$$\tau = \frac{1}{m_t} \ln \left(\frac{t_c - \bar{t}_0}{t_c - \bar{t}} \right); \quad (5)$$

$$\tau = \frac{1}{m_u} \ln \left(\frac{W_0 - W_p}{W - W_p} \right). \quad (6)$$

Решением уравнения (5) определяется средняя температура тканей в процессе сушки [5]

$$\bar{t} = t_c - \frac{t_c - t_0}{\exp(m_t \tau)}. \quad (7)$$

В результате обработки опытных данных методом наименьших квадратов найдены значения m_t и m_u для тканей.

Величина темпа нагревания влажного тела m_t в условиях регулярного режима является постоянной для среднеинтегральных значений температуры и не зависит ни от режима сушки, ни от начального влагосодержания для тела заданной формы.

Темп убыли влагосодержания m_u является сложной функцией режима сушки и начального влагосодержания W_0 . Режим сушки зависит от режимных параметров процесса, способа подвода теплоты, начального влагосодержания материала W_0 и прочих факторов, влияющих на процесс. Следовательно, отношение максимальной скорости сушки $N_{max} = (dW/d\tau)_{max}$ к начальному влагосодержанию W_0 можно считать обобщенной переменной, учитывающей влияние всех факторов, воздействующих на процесс сушки.

Обработкой экспериментальных кривых сушки при начальных влагосодержаниях W_0 85, 93, 100, 120, 130, 137 % и зависимости (4) установлены соотношения, отражающие влияние и связь темпа убыли влагосодержания m_u от режима сушки и начального влагосодержания W_0 :

$$m_u = \frac{N_{max}}{W_0} = 8,7 \cdot 10^{-3} N_{max}$$

или

$$m_u = \frac{N_{max}}{W_0} = 8,7 \cdot 10^{-3} W_0 - 0,5. \quad (8)$$

Значение темпа нагревания влажных тканей m_t , вычисленное по зависимости (3) и опытных данных, приведенных на рисунке 2, оказалось равным $m_t \approx 0,24 \text{ мин}^{-1}$.

При решении задач по нагреванию твердых тел, решении дифференциальных уравнений теплообмена, теории регулярного режима, температура задается в безразмерной форме в виде соотношения [3, 4]

$$\Theta = \frac{t_c - \bar{t}}{t_c - t_0}. \quad (9)$$

На рисунке 2 дана зависимость $\text{lg } \Theta = f(\tau)$

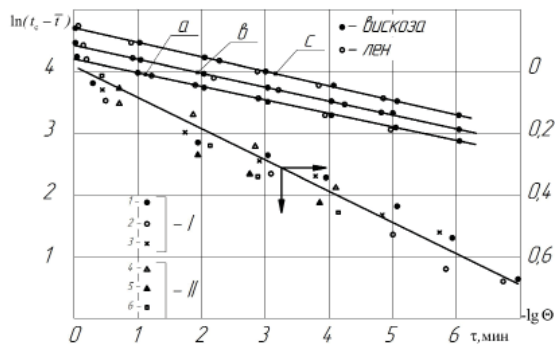


Рисунок 2 – Зависимости $\ln(t_c - \bar{t}) = f(\tau)$ и $\lg \Theta = f(\tau)$ для процесса сушки вязкой и льняной тканей при различных режимах. I и II:

1. $t_c = 80^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 150^\circ\text{C}$;
2. $t_c = 100^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 190^\circ\text{C}$;
3. $t_c = 120^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 250^\circ\text{C}$;
- a. $t_c = 80^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 150^\circ\text{C}$;
- б. $t_c = 100^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 190^\circ\text{C}$;
- в. $t_c = 120^\circ\text{C}$; $t_{узн} = 250^\circ\text{C}$

для процесса сушки вязкой и льняной тканей. Обработка этой зависимости дала выражение

$$\Theta = \frac{t_c - \bar{t}}{t_c - t_0} = \exp(-0,24\tau). \quad (10)$$

Значение темпа нагревания m_t при обработке эксперимента по зависимости (3) $m_t = 0,24$ совпадает со значением коэффициента в уравнении (10), что подтверждает равенство темпа нагревания m_t для вязкой и льняной тканей.

Для практики сушки представляет значительный интерес обработка экспериментальных данных в обобщенных переменных, позволяющих, независимо от режима сушки, выявлять наиболее общие закономерности кинетики сушки и значительно сокращать число трудоемких и сложных экспериментов. На основе зависимости (8) и произведения $m_u \cdot \tau$ можно построить обобщенную кривую сушки, аналогичную обобщенной кривой сушки Ф. К. Филоненко в координатах $W - W_p = f(N \cdot \tau)$, где W_p – равновесное влагосодержание; N – скорость сушки в первом периоде, и на основе обобщенных переменных процесса проводить графический расчет основных параметров кинетики сушки влажных тканей.

На рисунке 3 б дана зависимость $W_p = f(m_u \cdot \tau)$ для процесса сушки исследуемых тканей в диапазоне влагосодержаний $W_0 \approx 90 - 137\%$ при равновесном влагосодержании $W_p = 0$.

Все опытные точки удовлетворительно ложатся на одну кривую для всех режимов сушки. В результате обработки эксперимента получено уравнение

$$W = W_0 \exp(-m_u \cdot \tau), \quad (11)$$

где темп убыли влагосодержания m_u находится по выражениям (8).

Из уравнения (11) находится время сушки от начального влагосодержания W_0 до равновесного $W_p \approx 0$.

$$\tau = -\frac{1}{m_u} \cdot \ln \frac{W - W_p}{W_0 - W_p}. \quad (12)$$

Температурные кривые для процесса сушки тканей (рисунок 1) при построении в координатах $t = f(m_t \cdot \tau)$ представляют прямые, выражаемые простыми линейными зависимостями, изображенными на рисунке 4. Для расчета среднеинтегральной температуры получено уравнение

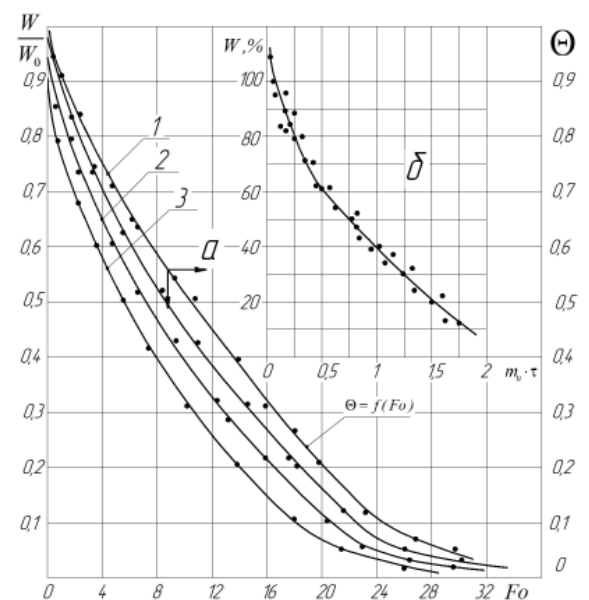


Рисунок 3 – Обобщенные зависимости $W / W_0 = f(Fo)$; $\Theta = f(Fo)$ и $W = f(m_u \cdot \tau)$ для процесса сушки вязкой и льняной тканей при режимах, указанных на рисунке 2

$$\bar{t} = 0,24t_c + 30m_1\tau \quad (13)$$

Рассмотрим два варианта построения графиков для расчета основных параметров кинетики сушки тканей.

На рисунке 5 а представлены зависимости $\Theta = f(\tau)$ и обобщенные кривые сушки $W/W_0 = f(\tau)$ для процесса сушки тканей.

Графический расчет кинетики сушки тканей проводится по заданному текущему значению W . Находится время сушки, относительная Θ и средняя температура \bar{t} в процессе. По второму варианту строятся зависимости $W/W_0 = f(Fo)$ и $\Theta = f(Fo)$ для каждого режима сушки тканей, где критерий Фурье $Fo = a\tau / R_v^2$; a – коэффициент температуропроводности; R_v – характерный размер влажного материала, равный толщине ткани δ .

На рисунке 3 а изображены зависимости $W/W_0 = f(Fo)$ и $\Theta = f(Fo)$ для процесса сушки тканей для заданных режимов. Графический расчет по рисунку 3 а проводится в такой же последовательности, как и по рисунку 5 а с опре-

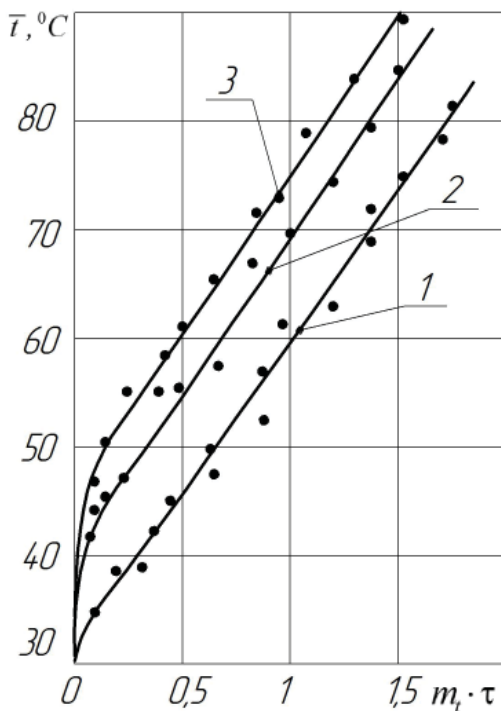


Рисунок 4 – Зависимости среднеинтегральной температуры $\bar{t} = f(m_1 \cdot \tau)$ для процесса сушки тканей при режимах, указанных на рисунке 1

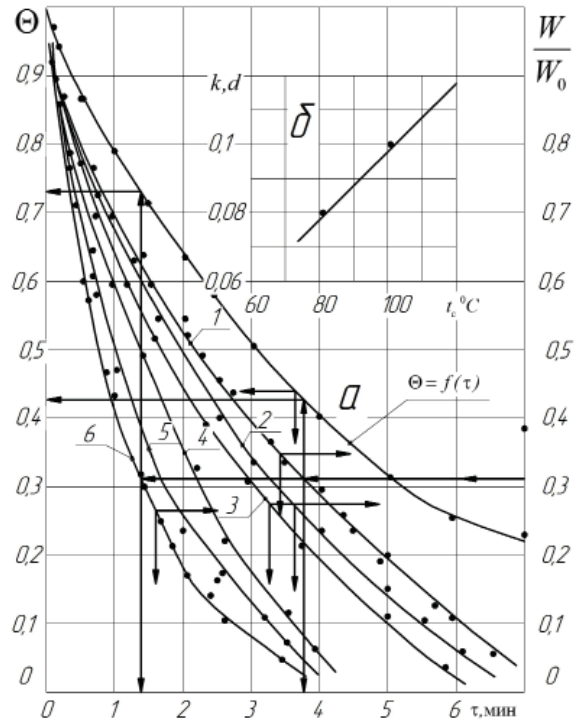


Рисунок 5 – Рисунок 5 (а, б) – Обобщенные кривые сушки $W/W_0 = f(\tau)$ и температурная кривая $\Theta = f(\tau)$ для процесса сушки тканей и зависимость постоянных k, d от температуры среды t_c . (Режимы указаны на рисунке 2)

делением времени сушки τ по критерию Фурье Fo , относительной Θ и средней температуры \bar{t} в процессе по значениям $W/W_0 = f(Fo)$. Анализ данных таблицы 1 показал, что при заданном характерном размере $R_v = \delta \approx 0,8 - 1,2$ мм для тканей величина комплекса a / R_v^2 в критерии Fo принимает вполне определенные значения: для вязкой ткани $a / R_v^2 \approx 0,06$, для льняной $a / R_v^2 \approx 0,16$ и критерий Фурье соответственно принимает значения $Fo \approx 0,06\tau$ и $Fo \approx 0,16\tau$, где время τ в секундах, а графический расчет кинетики сушки упрощается.

Обработкой эксперимента для процесса сушки тканей методом наименьших квадратов получены расчетные уравнения

$$\frac{W}{W_0} = \exp(-k Fo), \quad (14)$$

$$\Theta = \exp(-d Fo), \quad (15)$$

где значения коэффициентов k и d совпадают и находятся по зависимости $[k], d = 1 \cdot 10^{-3} t_c$.

Закономерности изменения коэффициентов k и d в уравнениях (14) и (15) даны на рисунке 5 б.

При графическом расчете кинетики сушки тканей по рисунку 3 а длительность сушки вискозной ткани находится как $\tau \approx Fo / 0,06$, льняной $\tau \approx Fo / 0,16$, где время τ в секундах.

Для более полного описания кинетики сушки влажных материалов необходимо знать закономерности изменения тепловых потоков q как функцию $q = f(\tau, W)$.

Для избежания ошибок и неточностей при обработке эксперимента вычисление тепловых потоков производилось по двум независимым формулам.

Тепловые потоки в процессе сушки определялись по уравнению теплообмена

$$q = \bar{\alpha}_k (t_{изл} - t_n), \quad (16)$$

где $\bar{\alpha}_k$ – коэффициент теплообмена в процессе сушки Вт/(м²°C); t_n – температура поверхности материала, °C.

Коэффициент теплообмена $\bar{\alpha}_k$ вычислялся по критериальному уравнению [6]

$$Nu = 0,87 Re^{0,5} \cdot \left(\frac{T_c}{T_n}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_{изл}}{T_c}\right)^{0,45} \cdot \left(\frac{W}{W_0}\right)^{0,5}, \quad (17)$$

где $Nu = \bar{\alpha} l / \lambda_{воз}$ – критерий Нуссельта; $\lambda_{воз}$ – коэффициент теплопроводности воздуха; l – длина образца ткани по набеганию потока воздуха; $T_c, T_{изл}, T_n$ – абсолютные температуры среды, излучателя и мокрого термометра; критерий Рейнольдса $Re = Wl / \nu_{воз}$; W – скорость воздуха, $\nu_{воз}$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха.

С другой стороны, тепловые потоки определялись по формуле излучения Стефана-Больцмана с поправкой на конвекцию [6, 7]:

$$q_{изл} = (\varepsilon_{np} + \varepsilon_k) \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_{изл}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_n}{100}\right)^4 \right] \cdot \varphi \cdot \left(\frac{W}{W_0}\right)^{0,5} \quad (18)$$

Угловой коэффициент излучения $\varphi = 1$.

Отношение $(W / W_0)^{0,5}$ поправка на уменьшение коэффициента теплообмена $\bar{\alpha}_k$ и тепловых потоков q с уменьшением влагосодержания W .

Приведенная степень черноты системы находится из выражения

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + \varphi(1/\varepsilon_2 - 1)},$$

где ε_1 и ε_2 – степени черноты поверхностей излучателя и ткани.

Участие конвективного теплообмена учитывается увеличением степени черноты системы за счет конвекции

$$\varepsilon_k = \frac{\alpha_k (t_c - t_n)}{C_0 \left[\left(\frac{T_{изл}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_n}{100}\right)^4 \right]},$$

где α_k – коэффициент теплообмена, определяемый формулой (17), Вт/(м²°C); C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²К⁴).

Расчеты показали суммарное значение $(\varepsilon_{np} + \varepsilon_k) \approx 0,59 - 0,62$ для всех режимов сушки тканей. Несовпадение значений тепловых потоков, вычисленных по формулам (16) и (18), находятся в пределах точности проведения эксперимента.

На рисунке 6 дана зависимость тепловых потоков q от влагосодержания W и времени сушки τ , полученная совместной обработкой эксперимента по уравнениям (16), (18) и кривых сушки тканей (рисунок 1). График, представленный на рисунке 6, может использоваться совместно с графиками на рисунке 3 и рисунке 5 при графическом расчете кинетики сушки тканей.

Плотность тепловых потоков находится по формуле

$$q = m \cdot \exp(0,016 W), \quad (19)$$

$$m = \left(1,7 - 1,6 \left(\frac{T_0}{T_{изл}} \right) \right) \cdot 10^3.$$



Рисунок 6 – Зависимость плотности теплового потока q от влагосодержания W и времени сушки τ для процесса сушки тканей при режимах, указанных на рисунке 2

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЭМПИРИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

На точность эмпирических уравнений, полученных на основе эксперимента, накладываются неизбежно ошибки, полученные при проведении и обработке эксперимента. Обработка экспериментальных данных проводилась наиболее точным методом, методом наименьших квадратов с минимальным разбросом опытных точек. Сопоставление результатов расчетных значений параметров, полученных по эмпирическим формулам, с экспериментом дано в таблицах.

В таблице 2 приведено сравнение расчетных значений времени сушки τ тканей из вискозы и льна с экспериментом, а в таблице 3 дано сопоставление расчетных значений среднеинтегральной температуры с экспериментом. Точность эмпирических уравнений находится в границах ошибки при проведении эксперимента. Обработку эксперимента в виде зависимостей, изображенных на рисунке 4, можно считать номограммой, поскольку при этом используются геометрические, внутренние и внешние характеристики теплопереноса, критерии подобия и обобщенные переменные.

ВЫВОДЫ

Исследование процесса сушки тканей с комбинированным энергоподводом методом регулярного теплового режима позволяет, не прибегая к построению и интегрированию кривой скорости сушки, получить экспериментальные уравнения для расчета основных параметров

кинетики сушки тканей и проводить расчеты графическим методом.

Установлены зависимости темпа нагревания влажного тела m_t и темпа убыли влагосодержания m_u от начального влагосодержания W_0 и основных параметров процесса сушки тканей. Использование метода регулярного режима дает возможность проводить расчет основных параметров кинетики сушки графическим методом по графикам, что позволяет значительно экономить время на проведение расчетной работы.

Результаты исследований и обработки экспериментальных данных в виде эмпирических уравнений и графиков, построенных на основе обобщенных переменных процесса сушки, могут использоваться в инженерной практике при расчетах конвективно-терморadiационной сушки тканей.

Метод регулярного теплового режима для описания кинетики процесса сушки может с успехом использоваться при различных способах подвода энергии материалу.

Таблица 2 – Сравнение расчетных значений времени сушки τ для тканей из вискозы и льна по уравнениям (5), (6), (12) и графикам рисунка 3 и рисунка 5 с экспериментом при разных режимах сушки

Вискоза. Режим сушки $t_c = 80^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 423 \text{ K}$						
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{C}$	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (6)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (12)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (5)	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 3	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 5
70	62	58	57	64	64	66
60	88	86	85	91	90	88
40	178	169	163	175	175	180
20	303	302	289	310	295	293
10	420	413	416	425	409	412
Вискоза. Режим сушки $t_c = 100^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 463 \text{ K}$						
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{C}$	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (6)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (12)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (5)	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 3	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 5
70	62	58	57	64	64	66
60	88	86	85	91	90	88
40	178	169	163	175	175	180
20	303	302	289	310	295	293
10	420	413	416	425	409	412
Вискоза. Режим сушки $t_c = 120^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 523 \text{ K}$						
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{C}$	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (6)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (12)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (5)	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 3	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 5
70	46	51	42	49	43	42
60	61	57	65	68	69	65
40	138	141	132	129	128	132
20	218	224	225	220	221	222
10	295	305	298	310	306	306
Лен. Режим сушки $t_c = 100^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 463 \text{ K}$						
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{C}$	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (6)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (12)	$\tau_{\text{рас}}, \text{C}$ (5)	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 3	$\tau_{\text{граф}}, \text{C}$ рис. 5
80	45	43	43	41	42	43
60	62	64	65	59	62	59
40	95	95	96	89	93	87
20	149	154	155	145	150	146
10	198	205	207	189	191	189

Таблица 3 – Сравнение расчетных значений среднеинтегральной температуры \bar{t} при сушке тканей из вискозы и льна по уравнениям (7), (10), (13), (15) и графикам рисунка 3 и рисунка 5 с экспериментом

Вискоза. Режим сушки $t_c = 80^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 423 \text{ K}$								
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{мин}$	$\bar{t}_{\text{экс}}, ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (7)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (10)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (13)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (15)	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 3	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 5
70	1,06	40	42	42	42	43	41	42
60	1,46	46	46	45	44	47	44	46
40	1,98	55	55	55	52	52	54	55
20	5,07	67	65	65	68	68	63	66
10	7	73	71	72	74	74	70	473
Вискоза. Режим сушки $t_c = 100^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 463 \text{ K}$								
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{мин}$	$\bar{t}_{\text{экс}}, ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (7)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (10)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (13)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (15)	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 3	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 5
70	0,77	46	42	42	47	44	44	44
60	1,31	53	50	50	52	54	49	51
40	2,57	66	62	6	61	68	62	3
20	4,41	76	72	72	73	78	73	77
10	6	80	77	78	83	82	82	85
Лён. Режим сушки $t_c = 100^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 463 \text{ K}$								
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{мин}$	$\bar{t}_{\text{экс}}, ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (7)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (10)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (13)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (15)	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 3	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 5
80	0,76	47	45	46	43	–	44	45
60	1,1	51	48	51	49	–	49	55
40	1,5	54	52	55	54	–	58	62
20	2,5	62	61	67	62	–	69	70
10	3,3	67	68	73	66	–	76	78
Лён. Режим сушки $t_c = 120^\circ\text{C}$; $T_{\text{изл}} = 523 \text{ K}$								
W, %	$\tau_{\text{экс}}, \text{мин}$	$\bar{t}_{\text{экс}}, ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (7)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (10)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (13)	$\bar{t}_{\text{рас}}, ^\circ\text{C}$ (15)	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 3	$\bar{t}_{\text{граф}}, ^\circ\text{C}$ рис. 5
80	0,51	49	46	46	45	–	45	46
60	0,76	52	51	51	49	–	49	55
40	1,24	56	55	55	54	–	58	61
20	2	64	67	67	63	–	68	70
10	2,5	72	74	74	68	–	77	79

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лыков, А.В. (1968). Теория сушки, Москва, Энергия, 472 с.
2. Колесников, П.А. (1965). Теплозащитные свойства одежды, Москва, Легкая индустрия, 340 с.
3. Лыков, А.В. (1967). Теория теплопроводности, Москва, Высшая школа, 600 с.
4. Лыков, А.В. (1961). Теоретические основы строительной теплофизики, Минск, Издательство Академии наук БССР, 520 с.
5. Ольшанский, А.И., Ольшанский, В.И. (2011). «Исследование процесса сушки тонких материалов методом регулярного режима», Весті НАН Беларусі. Серія фізіко-тэхнічэскіх навук, № 2, С. 75 – 81.
6. Ганин, Е.А. (1989). Теплоиспользующие установки в текстильной промышленности, Москва, Легпромбытиздат, 392 с.
7. Михеев, М.А., Михеева, И.М. (1979). Основы теплопередачи, Москва, Энергия, 344 с.

REFERENCES

1. Lykov, A.V. (1968), Drying theory [Teorija sushki], Moscow, Energy, 472 p.
2. Kolesnikov, P.A. (1965), Heat-shielding properties of clothes [Teplozashhitnye svojstva odezhdy], Moscow, 340 p.
3. Lykov, A.V. (1967), Heat conductivity theory [Teorija teploprovodnosti], Moscow, 600 p.
4. Lykov, A.V. (1961), Theoretical fundamentals of construction thermophysics [Teoreticheskie osnovy stroitel'noj teplofiziki], Moscow, 520 p.
5. Ol'shanskij, A.I. (2011), Probe of process of drying of thin materials by a method of a regular mode [Issledovanie processa sushki tonkih materialov metodom reguljarnogo rezhima], Vesti Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija fiziko-tehnicheskikh nauk – Vestie of National academy of Sciences of Belarus. Series of physics and technology sciences, pp. 75-81.
6. Ganin, E.A. (1989), Heat using installations in the textile industry [Teploispol'zujushhie ustanovki v tekstil'noj promyshlennosti], Moscow, 392 p.
7. Miheev, M.A., Miheeva, I.M. (1979), Heat transfer bases [Osnovy teploperedachi], Moscow, 344 p.

Статья поступила в редакцию 14. 11. 2013 г.

Триботехнические исследования пластичных сред

В.В. Пятов

УДК 621.762

РЕФЕРАТ

ПОРОШОК, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ, ТРИБОМЕТР, ПЛАСТИФИКАТОР

Разработана оригинальная методика измерения коэффициентов трения пластичных материалов. Изготовлен трибометр, позволяющий реализовать эту методику. Исследовано влияние давления, концентрации пластификатора и температуры на коэффициенты внутреннего и внешнего трения пластифицированных парафином металлических порошков. Установлено, что с увеличением давления прессования коэффициенты внешнего и внутреннего трения уменьшаются. Показано, что с увеличением концентрации пластификатора различие в триботехнических свойствах между различными порошками уменьшается.

ABSTRACT

POWDER, FRICTION COEFFICIENT, TRIBOMETER, PLASTICIZER

An original method for measuring the coefficient of friction of plastic materials is developed. The made tribometer allows to implement this technique. The influence of pressure, temperature and concentration of the plasticizer on the coefficients of internal and external friction plasticized paraffin metallic powders is investigated. It is found that with increasing compaction pressure coefficients of external and internal friction decrease. It is shown that with increasing concentrations of plasticizer difference in tribological properties between different powders decreases.

Теория уплотнения пластичных сред и основанная на ней технология проектирования шнековых устройств для формования пластифицированных порошков разработаны довольно давно [1]. Однако практическое применение полученных соотношений в конструкторских расчетах сдерживает отсутствие в справочной литературе данных о триботехнических свойствах обрабатываемых материалов, в частности, металлических порошков с термопластичным наполнителем.

В статье описана конструкция трибометра, позволяющего измерять коэффициенты внутреннего и внешнего трения термопластичных материалов, а также приведена методика и результаты исследования зависимости коэффициентов трения от напряженного состояния в материале и его температуры.

Традиционно триботехнические характеристики чистых (непластифицированных) порошков измеряют на трибометрах с цилиндрическим пуансоном [2]. Порошок сжимают в закрытой прессформе, один из пуансонов которой может вращаться на опорном подшипнике. Измеряя вращающий момент, необходимый для поворота

пуансона, вычисляют коэффициенты внешнего и внутреннего трения. Такой прибор, после некоторой модификации, можно использовать и для измерения коэффициентов трения пластифицированных порошков.

Схема модифицированного трибометра изображена на рисунке 1. Прибор содержит станину, механизм нагружения, измерительный узел и механизм вращения подвижных деталей. Он полностью автономен и не нуждается во внешних источниках усилий. Станина прибора состоит из верхней 1 и нижней 2 плит, соединенных между собой стойками 3. На верхней плите закреплен механизм нагружения, а на нижней установлен измерительный узел. Механизм нагружения выполнен в виде рычага 4, на котором шарнирно закреплен боек 5, передающий усилие на измерительный узел трибометра своей сферической поверхностью.

Усилие к рычагу прикладывается с помощью подвески 6 с гирями 7. Может быть выбрано одно из пяти возможных передаточных отношений: 1:50, 1:25, 3:50, 2:25 и 1:10. Для этого предусмотрена возможность дискретного перемещения бойка вдоль рычага с интервалом 10

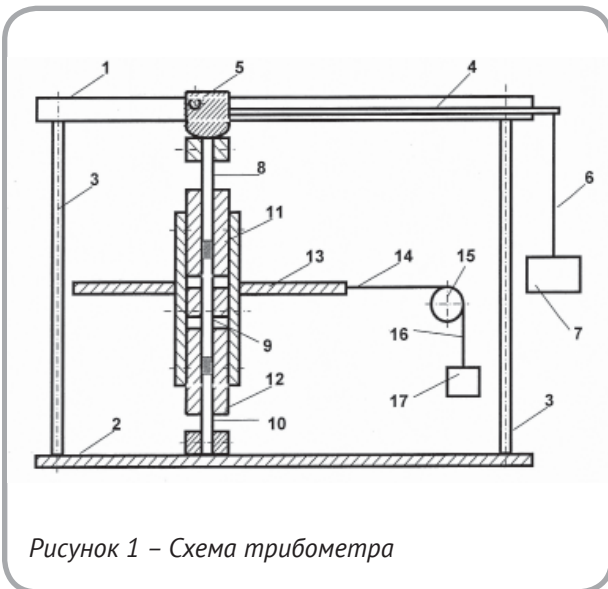


Рисунок 1 – Схема трибометра

мм (измерительный узел при этом перемещается на соответствующее расстояние по нижней плите). Измерительный узел состоит из трех пуансонов (верхнего 8, среднего 9 и нижнего 10) и двух матриц (верхней 11 и нижней 12). Средний пуансон выполнен двухсторонним и сопрягается сразу с двумя матрицами. Такая конструкция позволяет исключить использование опорного подшипника и повысить точность измерений. Пуансоны и матрицы изготовлены из одного и того же материала и имеют одинаковую шероховатость; это обеспечивает идентичные условия трения на всех контактных поверхностях, что необходимо при некоторых измерениях. Прибор снабжен двумя комплектами пуансонов: с гладкими и рифлеными торцами (для исследования внешнего и внутреннего трения соответственно). Механизм вращения подвижных элементов состоит из диска 13, тросика 14, блока 15 и подвески 16 с грузами 17. Ступица диска может закрепляться на любом из пяти подвижных элементов с помощью штифта.

Исследование внешнего трения проводят с помощью гладких (нерифленых) пуансонов. Порции исследуемого материала помещают в верхнюю и нижнюю матрицы. С помощью рычажного пресса собранный прибор нагружают осевым усилием P_z , создающим в материале нормальные напряжения $\sigma = P_z / \pi r^2$, где r – радиус пуансонов. К среднему пуансону через диск прикладывают усилие F , создающее вращающий момент FR , (где R – радиус диска), достаточный для поворота пуансона. Этот момент уравни-

вается моментом, создаваемым силой трения материала о торцы пуансона:

$$FR = 4\pi\tau \int_0^r r^2 dr. \quad (1)$$

Отсюда находят касательные напряжения на поверхности трения:

$$\tau = 3FR / 4\pi r^3, \quad (2)$$

и коэффициент внешнего трения:

$$f = \tau / \sigma = 3FR / 4P_z r, \quad (3)$$

Исследование внешнего трения на боковой поверхности прессовки проводят с помощью рифленых пуансонов, что исключает нежелательное проскальзывание материала. Рифления на торцах пуансонов выполнены радиально, имеют треугольный профиль для лучшего сцепления с материалом и глубину около 1 мм. Средний пуансон и нижняя матрица при проведении измерений могут отсутствовать, тогда верхняя матрица сопрягается непосредственно с нижним пуансоном. При сведенных пуансонах устанавливают нуль на индикаторе часового типа, регистрирующем высоту прессовки (на схеме не показан). Затем снимают верхний пуансон и в матрицу засыпают порцию материала. После этого прикладывают необходимое давление и делают выдержку для выхода газов. Через тросик к диску прикладывают усилие, создающее момент, необходимый для поворота матрицы. Этот момент уравнивается моментом, создаваемым трением материала о боковую поверхность матрицы:

$$FR = 2\pi r^2 h \tau, \quad (4)$$

где h – высота прессовки в момент измерения. Отсюда находят касательные напряжения, действующие на боковой поверхности прессовки.

Результаты исследования зависимости коэффициентов внешнего и внутреннего трения от давления прессования, содержания пластификатора в порошке и температуры материала представлены в таблицах 1–4.

Результаты исследований показывают, что пластификация порошка сильнее влияет на внешнее трение. Коэффициенты внешнего тре-

Таблица 1 – Коэффициенты внешнего трения медного порошка ПМС-1

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,35	0,28	0,23	0,19	0,15	0,13
150	0,32	0,25	0,20	0,16	0,13	0,11
250	0,30	0,23	0,18	0,15	0,13	0,11
350	0,30	0,22	0,17	0,15	0,12	0,11

Таблица 2 – Коэффициенты внутреннего трения медного порошка ПМС-1

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,32	0,42	0,51	0,59	0,66	0,70
150	0,34	0,44	0,53	0,61	0,68	0,73
250	0,36	0,46	0,55	0,63	0,70	0,75

Таблица 3 – Коэффициенты внешнего трения медного порошка ПМС-1

Температура материала, °С	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
20	0,35	0,28	0,23	0,19	0,15	0,13
30	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14	0,13
40	0,34	0,26	0,21	0,17	0,13	0,12
50	0,34	0,21	0,14	0,10	0,07	0,06
60	0,34	0,20	0,13	0,09	0,06	0,05
70	0,34	0,20	0,13	0,09	0,06	0,05

Таблица 4 – Коэффициенты внутреннего трения медного порошка ПМС-1

Температура материала, °С	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
20	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21	0,20
30	0,40	0,32	0,28	0,23	0,21	0,20
40	0,40	0,31	0,27	0,23	0,20	0,19
50	0,40	0,36	0,35	0,35	0,30	0,25
60	0,40	0,38	0,36	0,35	0,35	0,29
70	0,40	0,36	0,34	0,34	0,34	0,32

ния могут падать до величин 0.11...0.12, что характерно для трения со смазкой: легкоплавкий парафин расплавляется на поверхности трения и смазывает ее. Рост давления прессования приводит к уменьшению коэффициентов как внешнего, так и внутреннего трения. С увеличением концентрации пластификатора различие меж-

ду порошками уменьшается. При достаточно высокой степени пластификации (около 40 % об.), когда парафин занимает все межчастичное пространство, разница в коэффициентах трения практически исчезает.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пятюв В.В. *Теоретические и технологические основы холодной экструзии порошковых материалов*. Витебск, 2002. 237 с.
2. Жданович Г.М. *Теория прессования металлических порошков*. Москва: Металлургия, 1969. 160 с.

REFERENCES

1. Pyatov, V. *Theoretical and technological bases of cold extrusion powder new materials* [Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy holodnoj jekstruzii poroshkovyh materialov]. Vitebsk, 2002. 237 p.
2. Zhdanovich, G. *Theory pressing metal powders* [Teorija pressovanija metallicheskih poroshkov]. Moscow, 1969. 160 p.

Статья поступила в редакцию 16. 12. 2013 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н.В. Радоман, О.И. Александров,
Д.Н. Свирский

УДК 677.11.044.4

РЕФЕРАТ

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ, АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СКОЛЬЖЕНИЕ, СОВМЕЩЕННЫЙ МАКСИМУМ НАГРУЗКИ, СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАГРУЗКИ, ЭНЕРГОЕМКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, ЭНЕРГОСИСТЕМА

В статье рассмотрена проблема снижения электропотребления на энергоёмком машиностроительном предприятии. Комплексное рациональное использование топливно-энергетических ресурсов предполагает оптимальные режимы работы всех звеньев энергетического хозяйства. В статье сформулирован критерий минимума электропотребления в часы максимума и ограничивающие условия. Приведены различные оценки по распределению оптимальной величины суммарной мощности между субъектами технологического процесса. Снижение величины электропотребления особенно востребовано при прохождении максимальной нагрузки энергосистемы, так как превышение первоначально заявленных величин ведет к штрафным санкциям, а недобор – к возможному ущербу промышленного предприятия. Решение этой задачи подразумевает комплексный подход к компонентам технологического процесса, включающий рассмотрение характеристик всех звеньев производства, в том числе и таких, как оптимальное регулирование возбуждения синхронных двигателей, настройка систем защиты и режимное взаимодействие энергоёмкого предприятия с диспетчерским управлением энергосистемы. В этом случае можно получить наиболее рациональные значения регулирующих параметров в стоимостных величинах, что позволит выполнять эксплуатацию оборудования производства в оптимальном режиме. Таким образом, полное решение всей проблемы возможно при переходе от отдельных режимно-экономических и орга-

ABSTRACT

AUTOMATIC CONTROL OF EXCITATION, ASYNCHRONOUS MOTOR, SYNCHRONOUS MOTOR, SLIP, COMBINED MAXIMUM OF LOAD, STATIC LOAD CHARACTERISTIC, ENERGY-INTENSIVE INDUSTRIES, ENERGY SYSTEM

The paper considers the problem of reduction of power consumption for power-intensive machine-building enterprise. The criterion of minimum of a power consumption in peak hours and limiting conditions are formulated. Various estimates of the distribution of the optimal value of the total power between subjects of the technological process are given.

Integrated management of fuel and energy resources assumes optimum operating modes of all parts of the energy sector. The reduction of the power consumption is actual at the maximum load of a power supply system, because excess of initially declared quantity leads to penalties, and a shortage – to the possible detriment of the industrial enterprise. The solution of this problem involves an integrated approach to components of technological process. It includes consideration of characteristics of all production phases, including such as the optimal regulation of excitation of synchronous motors, the control of protection systems and the regime interaction power-intensive enterprise with dispatching management of a power supply system. In this case, the most rational values of regulating parameters in cost sizes can be received. It will allow to carry out operation of the production equipment in an optimum mode. Thus, a complete solution of this problem is possible at the transition from separate mode-economic, organizational and technical measures to their system interaction on the basis of dynamic information model creation. Currently, this task is not fully resolved due to the need to develop a set of interrelated tasks. It includes the creation of a monitoring system of flow characteristics of industrial enterprises: definition of

низационно-технических мероприятий к их системному взаимодействию на основе создания динамической информационной модели. Поставленная задача в полном объеме пока не решена в связи с необходимостью разработки комплекса взаимосвязанных задач, включающего создание системы мониторинга расходных характеристик промышленных предприятий, в том числе и определение их резервов регулирования с учетом дифференцированных по зонам суток тарифов, создание базы данных расходных характеристик удельного электропотребления и выработку механизма контроля за его соблюдением.

reserves of regulation taking into account differentiated tariffs for time zones, the creation of a database of flow characteristics of a power consumption and development of the mechanism of control of its observance.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов энергосбережения, то есть снижения максимума нагрузки на промышленном предприятии (ПП) может быть оптимизация режимов напряжения в заводской распределительной сети. Результат достигается путем использования регулирующего эффекта нагрузки, который определяется ее статическими и динамическими характеристиками по напряжению и частоте, найденными экспериментально или аналитически (при отсутствии опытных данных). В проектной практике обычно пользуются альбомами типовых характеристик, которые составляются и периодически обновляются. Поскольку само ПП не может целенаправленно воздействовать на частоту сети, статические и динамические характеристики по частоте могут применяться только энергосистемой для регулирования собственной суммарной нагрузки. Что касается использования для регулирования нагрузки динамических характеристик по напряжению, то они жестко связаны с режимно-технологическим процессом и требуют проведения углубленных исследований на конкретном ПП в рамках его взаимодействия с энергосистемой. Поэтому наибольший практический интерес представляет взаимосвязь режимов напряжения и нагрузки, которая определяется статическими характеристиками нагрузок (СХН). СХН обычно получают путем активного или пассивного эксперимента с использованием соответствующих измерительных устройств.

По результатам ряда экспериментов можно сделать вывод, что при снижении напряжения в узле нагрузки на стороне 6 кВ на 1 – 3 % от номинального уменьшается потребляемая ак-

тивная мощность асинхронных двигателей на 2 – 5 %. На отдельных ПП эта величина может изменяться от – 0,3 до + 2,0 % (в зависимости от состава нагрузки). Кроме того, с уменьшением коэффициента загрузки двигателя регулирующей эффект активной мощности по напряжению возрастает, причем он может быть как положительным, так и отрицательным. По-видимому, это можно объяснить нелинейностью соотношения потерь в стали двигателей и трансформаторов с нагрузочными потерями. Потому для получения реального экономического эффекта необходимо экспериментально определить оптимальное значение напряжения в распределительной сети ПП в различных режимах загрузки основного оборудования. Особенно это востребовано при прохождении максимума нагрузки энергосистемы, так как превышение заявленных величин ведет к большим штрафам, а недобор к возможному ущербу ПП. Решение этой задачи подразумевает комплексный подход к компонентам технологического процесса, включающий рассмотрение характеристик всех звеньев производства, в том числе и таких, как оптимальное регулирование возбуждения синхронных двигателей, настройка систем защиты и режимное взаимодействие ПП с диспетчерским управлением энергосистемы. В этом случае можно получить наиболее рациональные значения регулирующих параметров в стоимостных величинах, что позволит выполнять эксплуатацию оборудования ПП в оптимальном режиме [1].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Выбор необходимой величины изменения напряжения зависит от многих факторов, опре-

деляемых СХН и степенью надежности работающего оборудования. В детерминированной постановке эффект снижения электропотребления от изменения напряжения можно выразить следующим соотношением, у.е.:

$$C = \sum_{i=1}^T [1/k_U \Delta P_i(\Delta U) + \xi k_H Y_i(\Delta U)] J, \quad (1)$$

где τ – плата за заявленный максимум, у.е.; k_U – регулирующий эффект активной нагрузки по напряжению, выраженный в относительных единицах; $\Delta P_i(\Delta U)$ – фактическое снижение нагрузки, вызванное изменением напряжения на величину ΔU в распределительной сети ПП, кВт; ξ – коэффициент приведения стоимости к текущему значению рублевого эквивалента; k_H – коэффициент, определяющий надежность работы электрооборудования, в том числе и устойчивость крупных синхронных машин; $Y_i(\Delta U)$ – величина ущерба, вызванного отклонением уровня надежности от оптимального значения при изменении напряжения ΔU , у.е.; t – время работы основного оборудования, для которого определяется ущерб, час; T – полный расчетный период времени, год.

Условие оптимизации режима напряжений получит вид: найти минимум функционала (1) при ограничениях

$$U_{min} \leq U \leq U_{max},$$

где границы напряжений, кВт, соответствуют крайним значениям, регламентированными «Инструкцией по проектированию силового и осветительного оборудования промышленных предприятий», которая ограничивает возможный диапазон кратковременных понижений напряжения при управлении электропотреблением десятью процентами.

Сформулированная задача вписывается в математическую модель нелинейного программирования. В результате ее решения находится оптимальный вектор ΔU , который в соответствии с СХН дает максимальный эффект снижения активной мощности ПП. Наибольшая сложность при решении – определение вполне правдоподобных значений k_H и $Y_i(\Delta U)$, которые можно найти при достаточно богатом статистическом материале. Решение выполняется по одному из

стандартных алгоритмов теории нелинейного и динамического программирования [2].

При рассмотрении данной задачи в динамической постановке формируются уравнения состояния для переходных процессов и решаются системы дифференциальных уравнений. В качестве критерия оптимальности обычно принимается минимум суммы квадратов отклонений напряжений с учетом ограничений на мощность управления. При учете нестационарного характера значений напряжений в узловых точках распределительной сети завода могут быть реализованы методы стохастического программирования с использованием алгоритмов, составленных на основе известной методики игровых или квазиградиентных методов. Поскольку на предприятиях химической промышленности основная нагрузка – асинхронные двигатели (АД), изменение режима напряжений влияет, прежде всего, на скольжение двигателей. При снижении подводимого напряжения с U_1 до U_2 , кВт, увеличивается скольжение АД от s_1 до s_2 , %. Величина нового значения скольжения s_2 с достаточной для практики точностью определяется исходя из соотношений:

$$U_1^2 s_1 \cong U_2^2 s_2; s_2/s_1 = (U_1/U_2)^2; s_2 \cong s_1 (U_1/U_2)^2.$$

При условии $M = M_H$ оптимальное значение напряжения соответствует оптимальному скольжению:

$$U_{opt} = U_H \sqrt{s_H/s_{opt}},$$

где U_H, s_H – номинальные значения напряжения и скольжения соответственно; M, M_H – текущее и номинальное значение моментов АД, Н·м. Это напряжение изменяется в зависимости от момента в соответствии с соотношением

$$U_1^2 / U_{opt(M=M_H)}^2 = M/M_H.$$

Поскольку потребляемая активная мощность явным образом зависит от скольжения, а реактивная – от скольжения и напряжения, описанные процессы в реальных электротехнических установках аккумулируются в СХН для асинхронной двигательной нагрузки и легко могут быть проиллюстрированы совместным рассмотрением известных зависимостей $P(s), Q(s)$ и

$Q(U)$. Потому эти характеристики могут быть использованы в расчетах при снижении потребляемой активной нагрузки ПП в часы прохождения максимума за счет оперативного регулирования величины напряжения в распределительной сети завода.

Что касается активной мощности синхронных двигателей (СД), то принципиально она не зависит от изменений напряжения за счет постоянства частоты вращения, то есть крутизна СХН для синхронной двигательной нагрузки $k_{PU}^{СД} = 0$. При отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ) и питания обмоток ротора двигателя от машинного возбудителя ток возбуждения СД не зависит от напряжения сети. Однако у СД с возбуждением от выпрямительных установок, питающихся от выводов статора при отсутствии трансформаторов тока, создающих дополнительную ЭДС, пропорциональную току статора, а также при отсутствии АРВ ток в обмотке возбуждения СД примерно пропорционален напряжению сети, то есть при снижении напряжения уменьшается.

При наличии АРВ зависимость тока возбуждения определяется законом регулирования, обеспечивающим увеличение тока возбуждения при снижении напряжения на выводах статора. Результирующий магнитный поток в воздушном зазоре и потери в стали статора СД при изменении напряжения сети определяются так же, как и у АД, то есть при снижении напряжения уменьшаются. Потери мощности в обмотках статора определяются полным током, нагрузочная составляющая которого с уменьшением напряжения возрастает, а составляющая тока возбуждения снижается.

При снижении напряжения первичной обмотки трансформатора магнитный поток уменьшается, что приводит к снижению потерь в стали. При работе цеховых трансформаторов на осветительную нагрузку уменьшается ток нагрузки, что приводит, в свою очередь, к снижению потерь в меди трансформатора. При работе трансформатора на двигательную нагрузку характер изменения потребляемой мощности трансформатора определяется величиной статического момента. Для осветительной нагрузки снижение напряжения в сети завода всегда уменьшает потери мощности.

Как показали теоретические и эксперимен-

тальные исследования, выполненные авторами, оперативное регулирование напряжения в распределительной сети предприятий машиностроительного производства позволяет получить снижение суммарной нагрузки ПП на 1 – 1,5 %, что заметно повысит эффективность производства.

Получение оптимального значения суммарной мощности машиностроительного комплекса требует дальнейшей детализации совмещенного максимума нагрузки между субъектами технологического процесса. Далее приведено описание нескольких вариантов воздействия на первоначальный график нагрузки отдельных групп электроприемников всего ПП.

СПОСОБ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАЗБИЕНИЯ ФИКСИРОВАННОГО ЗНАЧЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОУЗЛА

Решение задачи этим способом сводится к пропорциональному распределению ограниченной мощности, рассчитанной на предыдущем этапе, между всеми потребителями, подключенными к данному энергоузлу. Долевое участие каждого потребителя в совмещенном графике нагрузки определяется исходя из величины регулировочного диапазона этого потребителя. Для нахождения этой доли вначале вычисляется суммарный регулировочный диапазон по мощности для всех предприятий данного энергоузла:

$$P_{\Sigma J}^{p0} = \sum_{\alpha=1}^{AJ} P_{\alpha}^{p0} = \sum_{\alpha=1}^{AJ} (P_{\alpha}^{max} - P_{\alpha}^{m0}), \alpha \in \{AJ\}, \quad (2)$$

где $P_{\Sigma J}^{p0}$ – суммарная мощность регулировочных диапазонов всех приемников, подключенных к j -му энергоузлу, кВт; P_{α}^{p0} – располагаемая мощность регулировочного диапазона α -го приемника, кВт; P_{α}^{max} – максимальная нагрузка α -го предприятия в вечерний (утренний) максимум наиболее нагруженного зимнего (летнего) дня, кВт; P_{α}^{m0} – величина минимально допустимой мощности α -го предприятия, при которой сохраняется устойчивость технологического процесса (технологическая броня), кВт; AJ – общее число приемников j -го энергоузла, между которыми распределяется величина P_j^{st} ; P_j^{st} – суммарная единовременная мощность без учета потерь в распределительной сети j -го энергоузла, зада-

ваемая энергосистемой для t -го режима.

Долевое участие каждого предприятия, пропорциональное его регулировочному диапазону, характеризуется коэффициентом λ_α , который вычисляется следующим образом:

$$\lambda_\alpha = P_\alpha^{p0} / P_{\Sigma J}^{p0}, \quad \alpha \in \{AJ\}.$$

При этом участие каждого приемника в совмещенном графике нагрузки j -го энергоузла определяется тривиально для t -го режима:

$$P_\alpha^t = P_j^{st} \lambda_\alpha, \quad \alpha \in \{AJ\};$$

$$P_j^{st} = \sum_{\alpha=1}^{AJ} P_\alpha^t; \quad \alpha \in \{AJ\}$$

где P_α^t – действительная активная мощность, кВт, α -го предприятия (группы потребителей) в режиме t .

Расчитанные этим способом мощности электроприемников пропорциональны регулировочным диапазонам потребителей или (с некоторым приближением) максимальным нагрузкам. При расчете спектра мощностей для осенне-зимнего периода используется величина P_α^{max} для наиболее загруженного зимнего (декабрь) дня. При составлении графика для весенне-летнего периода более целесообразным является использование P_α^{max} для летнего режимного дня.

Для отдельных временных интервалов в аварийных условиях величина P_α^{m6} в формуле (2) может быть заменена на P_α^{a6} , что позволит увеличить диапазон регулирования мощности потребителей и соответственно их резервы. Тогда (2) приобретает вид

$$\sum_{\alpha=1}^{AJ} P_\alpha^{p0} = \sum_{\alpha=1}^{AJ} (P_\alpha^{max} - P_\alpha^{a6}) = P_j^{st},$$

где P_α^{a6} – аварийная бронь α -го потребителя, кВт.

СПОСОБ РАЗБИЕНИЯ ЗАДАННОЙ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОУЗЛА ПО МИНИМУМУ УЩЕРБА

В этом случае решение задачи сводится к оптимальному распределению мощности между предприятиями промышленного комплекса по условиям минимального суммарного ущерба. Оптимально распределяемая мощность опреде-

ляется регулировочным диапазоном, величина которого составляет

$$P_{\Sigma J}^{p0} = P_{\Sigma J}^{st} - \sum_{\alpha=1}^{AJ} P_\alpha^{m6}.$$

Общий ущерб промышленного энергоузла от вероятного снижения мощности будет равен:

$$Y_{\Sigma J}^t(\Delta P_\alpha) = \sum_{\alpha=1}^{AJ} y_\alpha(\Delta P_\alpha) P_\alpha, \quad \alpha \in \{AJ\},$$

где $\Delta P_\alpha = (P_\alpha^H - P_\alpha)$ – величина снижения мощности α -го потребителя относительно номинальной; $y_\alpha(\Delta P_\alpha)$ – удельный ущерб α -го промышленного предприятия при отклонении его режима работы от номинального, руб/(кВт·ч).

Функции ущербов

$$y_\alpha = f(\Delta P_\alpha), \quad (3)$$

считаются известными или, по крайней мере, определяемыми. Математическая модель формулируется как общая оптимизационная задача нелинейного программирования с целевой функцией

$$\sum_{\alpha=1}^{AJ} y_\alpha(\Delta P_\alpha) P_\alpha \rightarrow \min, \quad \alpha \in \{AJ\}$$

и соответствующей системой ограничений-равенств и неравенств

$$\begin{cases} \sum_{\alpha=1}^{AJ} P_{j\alpha} = P_{\Sigma J}^{st}, & \alpha \in \{AJ\}; \\ P_\alpha^{m6} \leq P_\alpha \leq P_\alpha^H, & \alpha \in \{AJ\}. \end{cases} \quad (4)$$

В первом приближении элементарным ранжированием кривых ущерба можно получить тривиальное решение, в соответствии с которым потребители с меньшим ущербом ограничиваются на большую мощность согласно крутизне кривой (3).

В общем случае функции ущербов в зависимости от ограничений (4) являют собой нелинейные кривые, которые могут быть представлены аналитически в виде полинома второй степени

(квадратичного трехчлена):

$$y_a(\Delta P_a) = x' + x''\Delta P_a + x'''\Delta P_a^2, \quad (5)$$

где x' , x'' , x''' – коэффициенты, характеризующие кривую (3).

Суммарный же ущерб всего энергоузла определяется не только составом потребителей, но и способом ограничения. Однако при наличии некоторой свободы выбора состава потребителей можно встретиться с неопределенностью величины ущерба. В этом случае, очевидно, необходимо предусмотреть систему приоритетов на ограничение (отключение) потребителей с регулировочным диапазоном за пределами действия системной автоматики.

Оптимальное ранжирование потребителей со сходными характеристиками ущербов определяется стоимостью системы управления, их мощностью, формой, объемом и скоростью передачи управляющей информации, а также величинами дискретных ступеней мощности, частотой отключений и возможностью резервной компенсации в аварийных условиях. В общем случае коэффициенты x' – x''' выбираются для каждого конкретного потребителя в соответствии с режимно-технологическим циклом его работы и интегральным показателем уровня надежности электроснабжения последнего, причем коэффициенты x' и x'' характеризуют точку отсчета и линейный отрезок кривой (наклон), а x''' – крутизну и количественную оценку степени компенсации от аварийных отключений.

Переходя к матричным обозначениям, получим формулу (5) в виде

$$Y_{\Sigma J}^t(\Delta P_a) = I^*X' + X''*\Delta P_a + \Delta P_a^*diag[X''']\Delta P_a, \quad (6)$$

где $Y_{\Sigma J}^t$ – суммарный ущерб промышленного энергоузла от снижения его мощности на величину ΔP_j , руб (т. у. т.); X' X'' – столбцовые матрицы, компоненты которых составлены из соответствующих коэффициентов x' и x'' ; $diag X'''$ – диагональная матрица, составленная из коэффициентов x''' ; I – столбцовая единичная матрица размером $A \times 1$.

Система ограничений теперь примет вид

$$E^* \Delta P_a \leq G, \Delta P_a \geq 0, \quad (7)$$

где $E = [1/1^*]$ – прямоугольная матрица размером $(A+1) \times A$, составленная из коэффициентов ограничивающих уравнений; $G = [P_a^{m6}/P_{\Sigma J}]$ – столбцовая матрица ограничивающих констант размером $(A+1) \times 1$; P_a^{m6} – вектор-столбец, составленный из величин технологической брони.

Минимизация целевой функции (6) при условиях (7) вписывается в классическую задачу выпуклого квадратичного программирования, которая решается за конечное число шагов известными методами. В результате решения этой задачи находим вектор-столбец оптимальных величин снижения мощности каждого потребителя, дающий в целом минимальный ущерб энергоузла в течение соответствующего временного диапазона. Получение спектра значений ограничиваемой (отключаемой) мощности для отдельных производств на нижней ступени производственной иерархии в ряде случаев с достаточной степенью точности может быть определено с использованием элементарного способа пропорционального разбиения, рассмотренного выше. Описанный метод позволяет применять функции (3) любого вида, в том числе и разрывные.

СПОСОБ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СУТОЧНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

В данной постановке активное воздействие на прогнозируемый график нагрузки энергоузла подразумевает управление электропотреблением не как следствие дефицита мощности в часы максимума ЭЭС, а как способ проведения энергосберегающей политики. Метод предполагает оптимальное взаимодействие поставщиков и потребителей электрической энергии, причем в определении рациональной структуры графика нагрузки приоритет, несомненно, принадлежит энергосистеме, а не потребителю, как это фактически имеет место в настоящее время. В целях выравнивания совмещенного графика нагрузки иногда полезно деформировать график потребителя в сторону его ухудшения, что справедливо было замечено около 80 лет назад [3]. В этом случае управление электропотреблением подразумевает построение принудительно-

го графика нагрузки потребителя оптимальной формы и плотности, который соответствовал бы критерию минимального суммарного удельного расхода энергоресурсов. Это предопределяет поворот от директивно устанавливаемых ограничений в часы максимума нагрузки к дискретно-непрерывному регулированию мощности потребителя по фиксированным значениям соответствующего договора с энергосистемой, смысл которого заключается в добровольном учете каждым потребителем режимных факторов, то есть в стремлении его к уплотнению собственных графиков активной нагрузки и, соответственно, совмещенного графика нагрузки энергосистемы. В этом случае целевая функция характеризуется следующими показателями: коэффициентом участия потребителя в максимуме нагрузки энергосистемы; коэффициентом неравномерности (колебательности) графика нагрузки потребителя, коэффициентом отклонения плотности этого графика от оптимального значения, коэффициентом, учитывающим степень рационального резервирования потребителя в аварийных условиях, коэффициентом формы графика. Таким образом, критерий оптимизации является многокритериальной аддитивной функцией как минимум пяти типов переменных величин:

$$F = f(h^{max}, h^{откл}, h^{отм}, h^{рез}, h^{\phi}),$$

где h^{max} – коэффициент попадания в максимум нагрузки; $h^{откл}$ – то же, отклонения нагрузки от своего среднего значения, учитывающий неравномерность графика активной нагрузки потребителя электроэнергии; $h^{отм}$ – то же, отклонения плотности графика активной нагрузки от оптимального значения; $h^{рез}$ – то же, учитывающий степень резервирования потребителя и качество системы управления его мощностью; h^{ϕ} – коэффициент формы графика нагрузки электроприемника.

Каждый из коэффициентов определяется с помощью проведения обследования структуры электропотребления для конкретного производства. В общем случае совместное использование всех указанных выше величин учитывает режимные, экономические и надежные показатели, которые необходимо нормировать:

$$h_{AJ} = \frac{\prod_{\xi} v_{\xi} h_{\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{AJ} \prod_{\xi} v_{\xi} h_{\alpha}}, \quad \alpha \in \{AJ\}, \quad \xi = \overline{1,4},$$

где v_{ξ} – показатели важности целей (весовые коэффициенты), причем $0 \leq h_{AJ} \leq 1$, а величина оптимизируемой мощности α -го потребителя определяется тривиально:

$$\Delta P_{\alpha}^{opt} = h_{AJ} \Delta P_{\Sigma J}^{opt}, \quad \alpha \in \{AJ\}$$

где $P_{\Sigma J}^{opt}$ – величина оптимальной мощности j -го энергоузла, полученная как результат решения задачи минимизации (6).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров О. И. Снижение электропотребления с помощью регулирования напряжения в заводской сети / О.И. Александров, Н.В. Радоман, Ю.А. Литвак // Актуальные вопросы модернизации химической и нефтехимической промышленности в современных условиях: проблемы и пути решения. – Гродно, «Гродно Азот». – 2012. – С. 134 – 138.
2. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы / М. Мину. – Москва: Наука. – 1990. – С. 487.
3. Дарманчев А. К. Основы оперативного управления энергосистемами. – Москва – Ленинград: Госэнергоиздат. – 1960. – С. 396.

REFERENCES

1. Aleksandrov, O.I., Radoman, N.V., Litvak, Y.A. (2012), "The reduction of power consumption by voltage regulation in the plant network" [Snizhenie jelektropotreblenija s pomoshh'ju regulirovanija naprjazhenija v zavodskoj seti], Aktual'nye voprosy modernizacii himicheskoj i neftehimicheskoj promyshlennosti v sovremennyh uslovijah: problemy i puti reshenija – Topical issues of modernization of the chemical and petrochemical industries in modern conditions: problems and solutions, Grodno, pp. 134 – 138.
2. Minu, M. (1990), Mathematical Programming. Theory and Algorithms [Matematicheskoe programmirovanie. Teorija i algoritmy], Nauka – Science, Moscow, 487 pp.
3. Darmanchev, A.K. (1960), Bases of operational management of power supply systems [Osnovy operativnogo upravlenija energosistemami], Gosenergoizdat, 396 pp.

Статья поступила в редакцию 12.09.2013 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОКНИСТОЙ ЧАСТИ СТЕБЛЕЙ СОЛОМЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПОСЛЕ УБОРКИ КОМБАЙНОМ

Л.А. Чурсина, Г.А. Бойко

УДК 621.778: 621.372.8

РЕФЕРАТ

ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ, ДЛИНА ВОЛОКОН, ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ

Статья направлена на исследование волокнистой части стеблей соломы льна масличного после уборки комбайном, с целью получения отечественного, доступного сырья для целлюлозной, нетканой и текстильной промышленности.

В результате проведенных исследований физико-механических характеристик волокнистой части стеблей льна масличного, были получены усреднённые результаты длины волокна – 30-55 мм и линейной плотности – 0,80 текс. Также была представлена диаграмма распределения волокон льна масличного по длине в зависимости от их общей массы в процентном соотношении, которая свидетельствует о неравномерности волокон по длине.

На основе изучения физико-механических свойств волокнистой части стеблей соломы льна масличного после уборки комбайном, было установлено, что волокно льна масличного имеет потребительскую ценность и в целлюлозной, и в текстильной промышленности.

ABSTRACT

SEED FLAX, FIBERS LENGTH, LINEAR DENSITY, TEXTILE INDUSTRY

The article is devoted to studying the physical and mechanical characteristics of the fibrous stems of oil flax straw after combine harvesting and their further application. The most important quality factors of the fibrous stems of oil flax straw are examined. They are the fiber length, the linear density and the mass fraction of fibers having different lengths. The parameters given below have been experimentally determined. The length of the fibres is unequal and ranges from 30 to 55 mm. The linear density of fibres having different lengths is 0,80 tex, being almost uniform. The percentage of fibre mass in oil flax stems is 30 %.

It has been also proved that all the physical and mechanical characteristics of the fibrous stems of oil flax straw after combine harvesting meet the quality factors of flax fibre suitable for manufacturing not only cellulose-containing materials, but textiles.

ВВЕДЕНИЕ

Лен масличный – ценная техническая культура разностороннего использования. При его выращивании получают три ценных вида продукции – семена, содержащие в себе до 50 % масла, которое является источником незаменимых жирных кислот Омега-3 и Омега-6, целлюлозосодержащее волокно и техническое сырьё (костру). В Украине основные посевные площади льна масличного сосредоточены в Херсонской, Николаевской, Днепропетровской и Запорожской областях. В последние годы выращивание льна масличного в Украине имеет динамику постоянного роста. Если в 2003 году площади посевов льна масличного занимали 12,97 тыс. га, в 2005 г. – 25,1 тыс. га, то в 2012 году льном было засеяно 60 тыс. га [1-2]. При таком значительном урожае

льна масличного на экспорт идут только семена, а солома в Украине промышленно практически не использовалась, чаще всего после уборки она сжигалась и запахивалась либо становилась частичным удобрением ежегодно, а это около 120 тыс. тонн, чем наносит большие экологические проблемы для льносеющих хозяйств [3]. Из-за этого теряется большое количество ценного сырья для текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности Украины – почти 24 тыс. тонн волокна и 19,2 тыс. тонн целлюлозы [2]. В связи с вышесказанным немалую актуальность приобретает задание, связанное с изучением свойств волокнистой части стеблей соломы льна масличного после комбайновой уборки и дальнейшего её применение.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сегодня на Юге Украине при уборке льна масличного используются высокопродуктивные сельскохозяйственные машины общего назначения: зерноуборочные комбайны и рулонные прессы (рис. 1) [5]. При такой уборке стебли льна масличного срезаются на высоте 5 см от поверхности грунта, также происходит обмолот семян, при котором верхняя часть стебля частично теряет свои первичные свойства, после чего вся солома сворачивается в рулоны и остаётся на полях.

Для того, чтобы определить пригодность волокнистой части стеблей соломы льна масличного после комбайновой уборки и его дальнейшее использование, в лаборатории лубяных волокон кафедры товароведения, стандартизации и сертификации Херсонского национального технического университета были проведены более детальные опыты физико-механических характеристик волокнистой части стебля льна масличного сорта «Вера» после комбайновой уборки [5-6]. Технологические процессы в области переработки соломы льна масличного не могут быть внедрены без расчетов физико-механических показателей волокна. Из-за отсутствия нормативной документации определения качественных показателей стеблей соломы льна масличного, содержание количественной части луба в стеблях опытного сырья определяли весовым методом, используя ГОСТы и ДСТУ на

солому и тресту льна-долгунца: ГОСТ 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках», ДСТУ 4149:2003 «Треста лляна. Технічні умови», на лён-долгунец [8, 9].

Для расширения рекомендаций по поводу использования волокон льна масличного было проведено детальное изучение распределения волокон по длине, полученных из стеблей соломы льна масличного. Для проведения опытов была выбрана проба волокон льна масличного сорт «Вера» массой 2 г. После этого проводился промер отдельных распрямлённых волокон, который осуществлялся вручную с помощью масштабной линейки. После у выбранных проб различной длины измерялась масса на аналитических весах и математически рассчитывалась тонина волокон. Расчеты физико-механических характеристик волокон льна масличного представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 свидетельствует о том, что волокна по длине неравномерные и их длина колеблется от 5 мм до более 100 мм, в зависимости от длины и количества волокон в группе меняется и их масса, которая находится в пределах от 0,087 г до 0,288 г. Также в таблице видно, что наибольшее количество волокон длиной от 20 мм до 70 мм. Можем сделать выводы, что волокнистая часть стеблей соломы льна масличного содержит в себе достаточно длинные волокна, которые можно рекомендовать для изготовления не только бумаги и композитов, но и нетканых и текстильных материалов. На осно-



а



б

Рисунок 1 – Высокопродуктивные сельскохозяйственные машины общего назначения: а – зерноуборочный комбайн, б – фронтальный погрузчик ПФ-0,5 с приспособлением ПРЛ-0,5

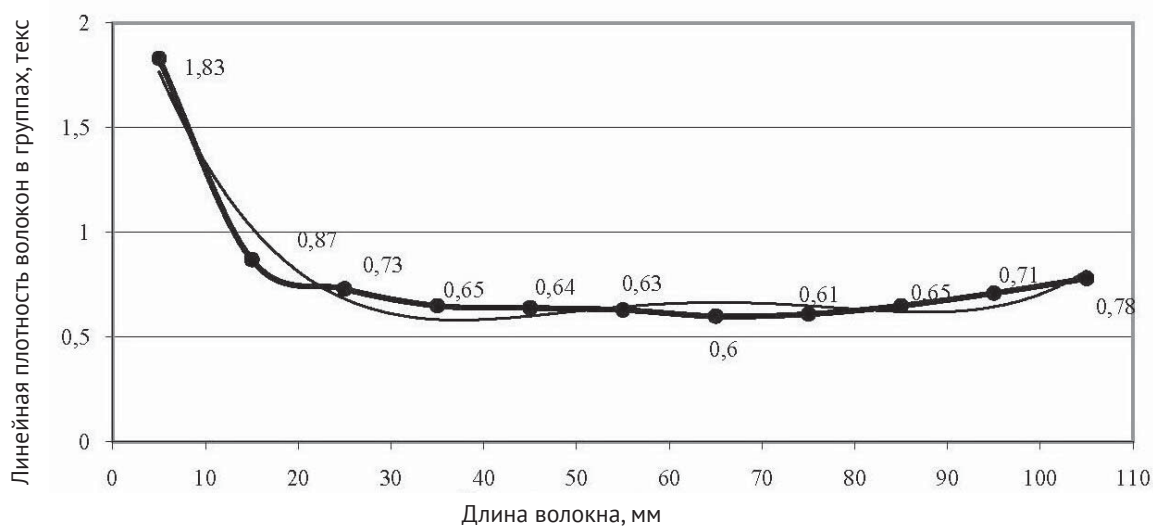
Таблица 1 – Физико-механические характеристики волокнистой части льна масличного

№ п/п	Интервал длин волокон, мм	Средняя длина волокна, мм	Количество волокон в группе, шт	Масса волокон в группе, г
1	0-10	5	1038	0,095
2	10-20	15	1139	0,149
3	20-30	25	1404	0,259
4	30-40	35	1258	0,288
5	40-50	45	895	0,258
6	50-60	55	777	0,269
7	60-70	65	415	0,163
8	70-80	75	274	0,126
9	80-90	85	178	0,099
10	90-100	95	128	0,087
11	100 и длиннее	100	190	0,157
Общ.			Общ. = 7696	Общ. = 2
Ср.			Ср. = 699,6	Ср. = 0,18

ве экспериментальных данных была построена диаграмма распределение волокон льна масличного по длине с учётом линейной плотности волокон, которая представлена на рисунке 2.

Полученная диаграмма свидетельствует о том, что волокна, полученные из стеблей льна масличного сорт «Вера», имеют линейную плотность, практически равномерную по всем длинам, средняя тонины волокон составляет 0,80

текст. Теоретические расчёты и опытные данные показывают, что чем тоньше волокно, тем больше прочность вырабатываемой из него пряжи. Из этого можем сделать выводы, что опытный образец волокон стеблей льна масличного после комбайновой уборки имеет тонины намного ниже, чем техническое волокно льна-долгунца (5,01 текст) [11]. Таким образом, учитывая вышесказанное, льноволокно с данной линейной



$$y = 07 x^4 - 05 x^3 + 0.003 x^2 - 0.134 x + 2.353$$

$$R^2 = 0.961$$

Рисунок 2 – График распределения линейной плотности по длине волокон льна масличного

плотностью можно считать достаточно тонким волокном и рекомендовать его для использования в текстильной промышленности.

Для того, чтобы детальнее проанализировать проделанную работу, была построена диаграмма распределения волокон льна масличного по длине в зависимости от их общей массы в процентном соотношении (рис. 3)

Из представленной диаграммы можно сделать следующие выводы: в стеблях соломы льна масличного находятся волокна различной длины, пригодные для использования в различных сферах производства. Короткие волокна от 5 мм – 15 мм – в целлюлозно-бумажном производстве, от 15 мм – 20 мм – для изготовления композитных материалов, 30 мм и выше – для

изготовления нетканых материалов и текстиля [10]. Таким образом, что в стеблях льна масличного после уборки комбайном залегают около 30 % ценного, высококачественного волокна, которое можно рекомендовать для использования в текстильной промышленности.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено, что льноволокно, полученное после уборки комбайном льна масличного сорт «Вера», является длинным качественным волокном, имеющим потребительскую ценность как для изготовителей целлюлозы, так и для изготовителей текстильных товаров из льна.

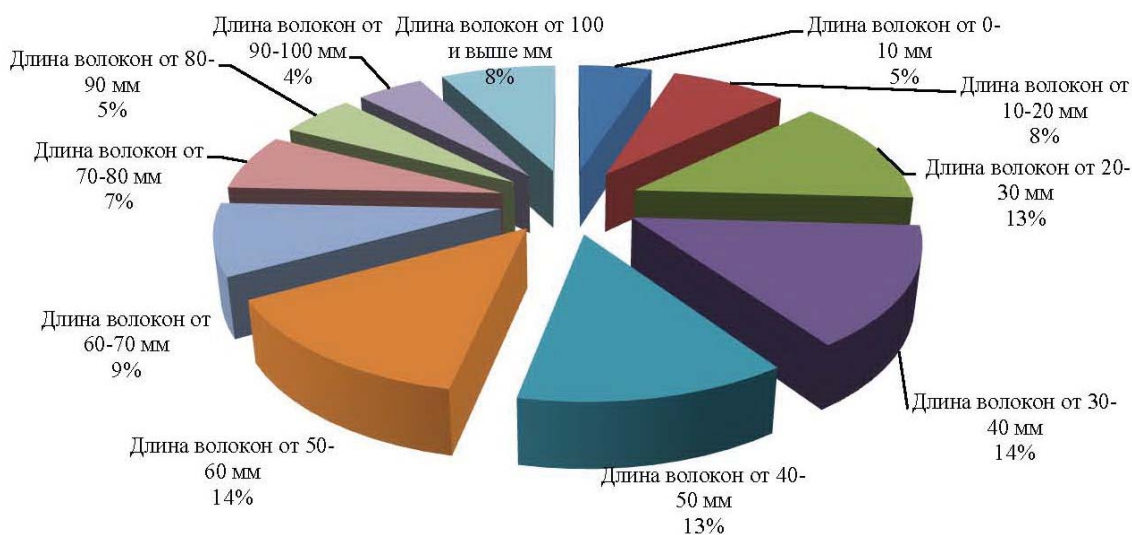


Рисунок 3 – Диаграмма процентного распределения волокон льна масличного сорт «Вера» по длине в зависимости от общей массы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Заєць, С.О., Заверюхін, В.І. (2005). Льон олійний на півдні України. Деловой агрокомпас: Херсонский областной ежемесечный журнал. – Херсон: ЧП Издательский Дом "Компас", (3), сс. 28-31.
2. Тіхосова, Г.А., Князєв, О.В., Надєєва, Т.М. (2010). Теоретичні передумови створення інноваційної технології переробки стебел льону олійного: Легка промисловість. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, (2), сс. 27-28.
3. Живетин, В.В., Гинзбург, Л.Н. (2000). Масличный лен и его комплексное развитие. – Москва: ЦНИИЛКА, с. 389.
4. Тіхосова, Г.А., Князєв, О.В., Головенко, Т.М. (2010). Формування якісних характеристик волокна льону олійного в процесі вирощування: Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – Херсон: ХНТУ, (1), сс. 101-106.
5. Тіхосова, Г.А., Головенко, Т.М., Князєв, О.В. (2011). Наукове обґрунтування технології та обладнання для поглибленої механічної обробки трести льону олійного: Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, (3), сс. 125-129.
6. Чурсіна, Л.А., Тіхосова, Г.А., Горач, О.О., Янюк, Т.І. (2011). Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного. Монографія. – Херсон: Олді-плюс, 356 с.
7. ГОСТ 28285-89. (1990). Солома льняная. Требования при заготовках; введ. – Москва: Изд-во стандартов, 22с.
8. ДСТУ 4149:2003. (2004). Треста лляна. Технічні умови; введ. – Київ: Держспоживстандарт України, 14с.
9. Федосова, Н.М. (2010). Расширение возможностей использования масличного льна: Пробле-

REFERENCES

1. Zaish, S.O., Zaveryuhin V.I. (2005), Lion maslichniy na pivdni Ukrainy. Delovoi agrokompas [Oil flax in the southern of Ukraine. Business agrocompass], PE Publishing House "Compass", Kherson, Ukraine, 3, pp. 28-31.
2. Tihosova, G.A., Knyazev A.V., Nadyeyeva, T.N. (2010), Teoretichni peredumovi stvorenij inovasiinoi tehnologii pererobki stebel lony oliinogo. [Theoretical background of the innovative processing technology stems of oil flax Light Industry]. Kherson, Ukraine, 2, pp. 27-28
3. Zhivetin V.V., Ginzburg L.N. (2000). Oil flax and its comprehensive development. - M.: TNIILKA p. 389.
4. Tihosova, G.A., A.V. Knyazev, Golovenko, T.N. (2010), Formuvanj jikisnih harakteristik volokna lonu oliinogo v prosesi virochuvaniy. [Formation of the qualitative characteristics of fiber oil flax during breeding]. Problems and mild light industry of Ukraine, Kherson, Ukraine, 1, pp. 101-106.
5. Tihosova, G.A., Golovenko, T.N., Knyazev, A.V. (2011), Naukove obgryntyvanij tehnologii ta obladnanij dlj pogliblenoi mehanichnoi obrobki tresti lonu oliinogo. [Scientific substantiation of technology and equipment for deep machining trusts oil flax] Vesnik of Khmel'nitsky National University, Khmel'nitsk, Ukraine, 3, pp. 125-129.
6. Chursina, L.A., Tihosova, A.A., Gorach, O.O., Yanyuk, T.I. (2011), Naukovi osnovi kompleksnoi pererobki stebel ta nasinj lonu oliinogo. Monografij. [Scientific basis of complex processing of stems and of seed of oil flax. Monograph]. Oldie-plus, Kherson, Ukraine, 356 p.
7. Russian state standards (1990), 28285-89. Soloma l'naj. Trebovanij pri zagotovkah. 28285-89 Straw linen. Requirements for state

мы легкой и текстильной промышленности Украины. – Київ, (1), сс.115-116.

10. Кукин, Г.Н., Соловьев, А.Н. (1964). Текстильное материаловедение: учеб. для высших учебных заведений. – Москва: Легкая индустрия, с.380

purchases [Introduced 01 05 1990]. Standards Press Moskov, Russian, p. 22.

8. Ukraine state standards (2004), 4149:2003. Tresta ljnaij. Tehnichni umovi. 4149:2003. Linen trusts. Specifications. [Introduced 12 08 2004]. State Committee of Ukraine, Kiev, Ukraine p. 14.

9. Fedosov, N.M. (2010), Raschirenje wozmognosti ispolzovanij maslichnogo lna. [Empowering use oil flax], Problems of Light and Textile Industry of Ukraine. Kiev, Ukraine 1, pp.115-116.

10. Kukin, G.N., Soloviev, A.N. (1964). Tekstilnoe materialovedense. Uchebnik dlj vishih uchebnih zavedenii. [Textile Materials. Textbook for higher education institutions.], Light industry, Moskov, Russian, p.380

Статья поступила в редакцию 14. 04. 2014 г.

ИНВЕРСИОННО-ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ФИЛЬТРАХ СИГАРЕТ

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

УДК 543.253

РЕФЕРАТ

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, СОДЕРЖАНИЕ, ФИЛЬТРЫ СИГАРЕТ, ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ

Методом инверсионной вольтамперометрии изучено содержание ртути, цинка, кадмия, свинца и меди в образцах фильтров сигарет до и после курения.

Установлено, что материалы фильтров сигарет содержат цинк, свинец, медь и ртуть, причем в концентрациях иногда выше, чем в табаке сигарет.

Показано, что в ряде случаев в материале фильтра до курения количество тяжелых металлов выше, чем в материале фильтра выкуренной сигареты. Это свидетельствует о том, что фильтры не всегда снижают содержание тяжелых металлов в сигаретном дыме, могут являться дополнительным источником поступления тяжелых металлов в организм человека.

ABSTRACT

HEAVY METALS, CONTENT, FILTERS OF CIGARETTES, STRIPPING VOLTAMMETRY

The method of stripping voltammetry studied the content of mercury, zinc, cadmium, lead and copper in samples of filters of cigarettes before and after smoking.

It is established that materials of filters of cigarettes contain zinc, lead, copper and mercury, and in concentration, sometimes higher than in tobacco of cigarettes.

It is shown that in some cases in a filter material before smoking the amount of heavy metals is higher, than in a filter material of smoked cigarette. It shows that filters do not always reduce the content of heavy metals in a cigarette smoke, and can be an additional source of heavy metals in an organism of the person.

Исследования, выполненные нами ранее, показали, что в табаке сигарет содержатся такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, медь и цинк [1], среди которых свинец и кадмий являются канцерогенами [2]. Было также установлено, что в процессе выкуривания сигарет эти тяжелые металлы в том или ином количестве переходят в сигаретный дым, а значит, могут через легкие попасть в организм человека.

Для снижения токсичности сигаретного дыма применяют фильтры, которые обычно изготавливают из ацетатного или целлюлозосодержащего волокна с нанесением на его поверхность веществ, обладающих адсорбционными свойствами, или пропитанного этими веществами [3]. В качестве таких веществ обычно используют растворимые в воде соли двухвалентных метал-

лов, ацетат железа, ацетат меди, сульфат цинка и другие, которые уменьшают в сигаретном дыме никотин, а также органические кислоты (аскорбиновая, лимонная и др.), снижающие содержание в табачном дыме альдегидов [3].

Для изготовления фильтров сигарет все большее распространение получают импрегнированные адсорбенты – пористые алюмосиликаты, в том числе природные цеолиты с импрегнирующими добавками ацетата цинка, ионов свинца и ионов олова. Такие фильтры связывают до 95 % окиси углерода, содержащейся в табачном дыме [3].

Основным недостатком фильтров сигарет является то, что эти фильтры практически не улавливают из сигаретного дыма тяжелые металлы. Кроме того, они при нагревании могут сами де-

структурировать с образованием токсичных соединений [3].

В этой связи представляло интерес провести исследования, направленные на определение содержания цинка, кадмия, свинца, меди и ртути в фильтрах сигарет до и после курения, и тем самым оценить возможность снижения содержания тяжелых металлов в сигаретном дыме с помощью фильтров.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для определения тяжелых металлов в фильтрах сигарет применяли метод инверсионной вольтамперометрии (ИВА). Этот метод включает электрохимическое концентрирование определяемых металлов на индикаторном электроде в течение заданного времени и регистрацию вольтамперной кривой процесса анодного растворения накопленных металлов. Возникающий в процессе растворения ток имеет форму пика. Потенциалы пиков позволяют идентифицировать металл (качественная характеристика), а максимальный ток пропорционален концентрации металла в растворе (количественная характеристика) [4].

В качестве объектов исследования выбраны фильтры различных марок сигарет, приобретенных в розничной сети магазинов. Наименования сигарет приведены в таблице 1. Выкуривание сигарет осуществляли посредством их подсоединения к водоструйному насосу. Подготовку проб каждого фильтра до и после выкуривания сигарет проводили методом мокрой минерализации с использованием двухкамерной программируемой печи марки ПДП – 18М [5]. Фильтры, массы которых составляли от 0,113 г до 0,298 г, брали целиком. Проводили высушивание проб при температуре 150 – 160 °С в течение 5 часов. Затем пробы обрабатывали концентрированной азотной кислотой, 30 %-ным раствором пероксида водорода и выпаривали до сухого остатка при температуре 120 °С. Пробы озоляли при температуре 450 °С в течение 30 минут. Обработку пробы концентрированной азотной кислотой и 30 %-ным раствором пероксида водорода, выпаривание и озонирование проводили неоднократно (обычно 3 раза) до получения однородной золы серого цвета. Золу растворяли в 10 мл 0,45 М раствора муравьиной кислоты, приготовленного на основе дважды дистиллированной воды (би-

дистиллят).

Для определения в фильтрах сигарет *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* применяли анализатор вольтамперометрический марки ТА-4 («Томьаналит», Томск), а для определения *Hg* – анализатор марки АВА-3 («Буревестник», Санкт-Петербург). В качестве индикаторного электрода при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* применяли амальгамированный серебряный электрод, а при определении *Hg* – углеситалловый электрод. Электродом сравнения во всех исследованиях являлся хлорсеребряный электрод в 1М растворе хлорида калия. Хлорсеребряный электрод выполнял также роль вспомогательного электрода при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu*. Вспомогательным электродом при определении *Hg* являлась платиновая проволока.

Определение тяжелых металлов проводили методом добавок, для чего использовали стандартный раствор, содержащий по 2 мг/л цинка, кадмия, свинца и меди, который был приготовлен на основе государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистиллята. Отдельно из оксида ртути марки «чда» готовили стандартный раствор, содержащий 2 мг/л ртути. Каждую пробу анализировали не менее четырех раз. Расчет содержания *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в фильтрах сигарет до и после курения выполняли по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью программы “VALabTx” и персонального ЭВМ. Среднее значение (\bar{x}), дисперсию (V), стандартное отклонение (S), относительное стандартное отклонение (Sr) и интервальное значение с доверительной вероятностью 95 % ($\pm \Delta x$) рассчитывали по методике, изложенной в работе [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определение тяжелых металлов методом инверсионной вольтамперометрии требует выбора оптимальных условий анализа, а именно: состава фонового электролита, потенциала и продолжительности всех стадий анализа, а также скорости развертки потенциала при регистрации вольтамперной кривой. С этой целью был выполнен комплекс исследований модельных растворов (растворы с известным содержанием металлов) по определению в них цинка, кадмия, свинца, меди и ртути. Определены следующие

условия выполнения анализа фильтров сигарет: электрохимическую очистку индикаторного электрода при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* на анализаторе ТА-4 необходимо проводить при потенциале +100 мВ в течение 20 секунд. Накопление металлов на поверхности амальгмированного серебряного электрода следует выполнять при потенциале -1400 мВ в течение 20–40 секунд. Успокоение раствора проводить при потенциале -1100 мВ в течение 10 секунд. Развертку потенциала осуществлять со скоростью 80 мВ/с в интервале потенциалов от -1100 мВ до +100 мВ. В качестве фонового электролита использовать раствор муравьиной кислоты концентрацией 0,45 моль/л.

Определение ртути (*Hg*) выполняли на анализаторе АВА-3 в следующих условиях: потенциал очистки углеситаллового электрода +450 мВ, время очистки 10 секунд; накопления ртути на поверхности индикаторного электрода в интервале потенциалов от -1200 до -1000 мВ в течение 40–60 секунд; потенциал успокоения раствора -1100 мВ, время успокоения - 3 секунды. Регистрация анодной вольтамперной кривой в интервале потенциалов от -1100 мВ до +450 мВ при скорости развертки потенциала 5000 мВ/с на фоне водного раствора электролита, содержащего 0,3 моль/л H_2SO_4 , 0,1 моль/л KNO_3 и 0,0005 моль/л трилона Б.

Для всех проб фильтров сигарет до и после курения с использованием выбранных условий получены анодные вольтамперные кривые. На рисунках 1 и 2 такие кривые, как пример представлены при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* в пробах фильтров сигарет № 1 KENT CLICK SWITCH REFRESH до и после курения.

Из рисунков видно, что на вольтамперной кривой фонового электролита в интервале потенциалов от -1100 мВ до +100 мВ отсутствуют пики тока окисления (кривая 1). Это свидетельствует о чистоте фонового электролита, а именно об отсутствии в нем цинка, кадмия, свинца и меди, поскольку в условиях регистрации вольтамперной кривой возможно анодное растворение ранее сконцентрированных на индикаторном электроде только этих металлов. На вольтамперных кривых проб (кривая 2) имеется три максимума тока при потенциалах -850, -350 и -40 мВ, которые соответствуют окислению цинка, свинца и меди, сконцентрированных на индикаторном электро-

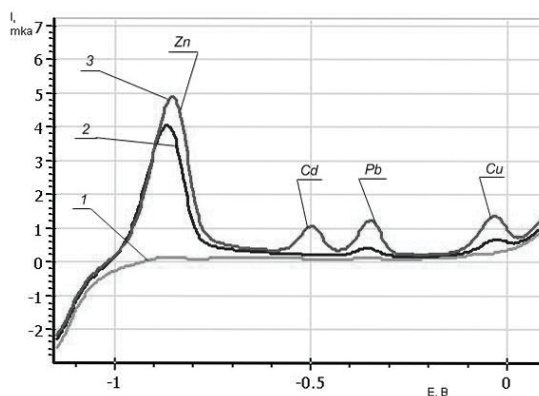


Рисунок 1 – Анодные вольтамперные кривые: 1 – фонового электролита, 2 – пробы фильтра сигарет № 1 KENT CLICK SWITCH REFRESH до курения, 3 – пробы фильтра с добавкой стандартного раствора. Температура 250 °С

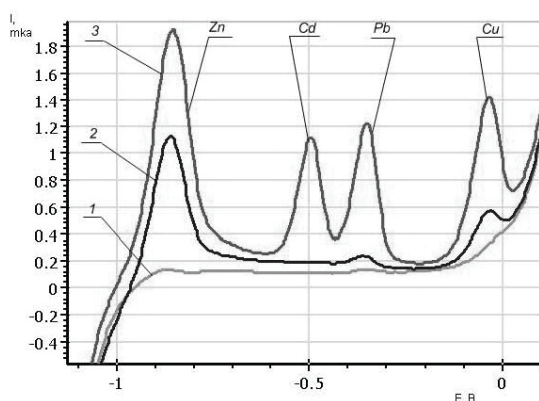


Рисунок 2 – Анодные вольтамперные кривые: 1 – фонового электролита, 2 – пробы фильтра сигарет № 1 KENT CLICK SWITCH REFRESH после курения, 3 – пробы фильтра с добавкой стандартного раствора. Температура 250 °С

де. При введении в раствор добавки стандартного раствора максимумы тока окисления цинка, свинца и меди на вольтамперной кривой (кривая 3) увеличиваются, а также регистрируется максимум тока окисления кадмия. На основании этого можно сделать вывод о том, что в пробах фильтра сигарет № 1 KENT CLICK SWITCH REFRESH как до, так и после курения содержатся цинк, свинец и медь, но практически отсутствует кадмий. Такой же вид кривых фонового электролита, пробы и пробы с добавкой стандартного раствора характерен для всех изученных проб фильтров сигарет при определении цинка, кадмия, свинца и меди.

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 пробы фильтра сигарет № 6 PALL MALL NANOKINGS BLUE на содержание ртути, в качестве примера представлены на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что на кривой пробы (кривая 1) при потенциале -15 мВ имеется максимум тока, который соответствует окислению сконцентрированной на углеситалловом индикаторном электроде ртути. При введении в раствор добавки стандартного раствора ртути этот максимум тока возрастает. Отсюда следует, что в пробе фильтра сигареты № 6 PALL MALL NANOKINGS BLUE после курения содержится ртуть.

Результаты определения содержания цинка, кадмия, свинца, меди и ртути в мг на 1 кг материала фильтра до и после курения приведены в таблицах 1 и 2, а в мкг на одну сигарету – в таблицах 3 и 4 соответственно.

Из таблиц 1 и 2 видно, что в фильтрах сигарет до курения содержатся цинк, свинец, медь, ртуть, но отсутствует кадмий. При этом содержание этих металлов в фильтре (мкг на одну сигарету таблица № 3) зачастую превышает их содержание в табаке сигареты [1].

Из данных таблицы 1 следует, что наибольшее количество (мг/кг) цинка ($52 \pm 0,6$),

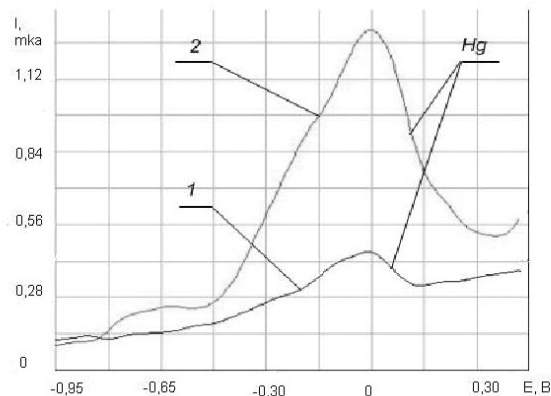


Рисунок 3 – Кривые разности вольтамперных кривых: 1 – пробы и фонового электролита; 2 – пробы с добавкой стандартного раствора и фонового электролита, зарегистрированные с на анализаторе марки АВА-3 при анализе фильтра сигареты №6 PALL MALL NANOKINGS BLUE на содержание ртути. Температура 250 °С

свинца ($3,9 \pm 0,14$) и ртути ($36,7 \pm 0,5$) содержится в материале фильтра образца сигареты № 2 (KENT SILVER), а меди ($5,4 \pm 0,19$) – в материале фильтра образца сигареты № 4 (CAMEL WHITE). Меньше всего цинка, свинца и меди содержится в фильтре образца сигареты № 3 (KENT HD (4)).

В расчете на фильтр одной сигареты (таблица 3) наибольшее количество (мкг) цинка ($8,3 \pm 0,12$), меди ($0,72 \pm 0,058$) и ртути ($6,95 \pm 0,09$) обнаружено в образце сигареты № 1 (KENT CLICK SWITCH

Таблица 1 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg (мг/кг) в материале фильтра до курения

№ образца, название сигарет	Содержание металла, мг/кг материала фильтра									
	Zn	$S_r, \%$	Cd	$S_r, \%$	Pb	$S_r, \%$	Cu	$S_r, \%$	Hg	$S_r, \%$
1. KENT CLICK SWITCH REFRESH	$28 \pm 0,4$	1,0	–	–	$1,9 \pm 0,07$	2,7	$2,4 \pm 0,11$	3,2	$23,3 \pm 0,3$	0,9
2. KENT SILVER	$52 \pm 0,6$	0,8	–	–	$3,9 \pm 0,14$	2,6	$3,9 \pm 0,14$	2,6	$36,7 \pm 0,5$	1,0
3. KENT HD (4)	$16 \pm 0,3$	1,3	–	–	$1,3 \pm 0,06$	3,3	$2,6 \pm 0,11$	3,0	$10,5 \pm 0,2$	1,5
4. CAMEL WHITE	$29 \pm 0,4$	1,0	–	–	$2,6 \pm 0,11$	3,0	$5,4 \pm 0,19$	2,5	$26,3 \pm 0,3$	0,8
5. LUCKY STRIKE	$20 \pm 0,3$	1,1	–	–	$3,6 \pm 0,14$	2,8	$3,6 \pm 0,14$	2,8	$11,7 \pm 0,2$	1,2
6. PALL MALL NANOKINGS BLUE	$17 \pm 0,3$	1,3	–	–	$2,3 \pm 0,10$	3,1	$2,7 \pm 0,11$	2,9	$11,6 \pm 0,2$	1,2

Таблица 2 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg (мг/кг) в материале фильтра после курения

№ образца	Содержание металла, мг/кг материала фильтра									
	Zn	S _r , %	Cd	S _r , %	Pb	S _r , %	Cu	S _r , %	Hg	S _r , %
1	9,4±0,2	1,5	0,009±0,0008	6,7	0,56±0,03	4,2	2,2±0,10	3,2	12,1±0,20	1,2
2	52±0,6	0,8	-	-	3,8±0,14	2,6	0,58±0,03	4,2	14,7±0,50	1,0
3	18±0,3	1,3	-	-	0,42±0,03	4,3	2,0±0,09	3,2	2,4±0,07	2,1
4	29±0,4	1,0	0,0003±0,00003	7,9	0,39±0,02	4,5	3,7±0,13	2,6	12,5±0,07	1,1
5	26±0,4	1,0	-	-	1,33±0,06	3,3	1,4±0,06	3,3	8,1±0,20	1,8
6	25±0,3	1,0	-	-	1,01±0,05	3,5	2,7±0,11	3,0	6,2±0,10	1,2

REFRESH), а свинца (0,66±0,025) – в образце сигареты № 5 (LUCKY STRIKE). Минимальное же количество всех металлов в фильтре одной сигареты содержится в образце № 6 (PALL MALL NANOKINGS BLUE).

Сопоставление данных таблицы 3 и 4 показывает, что после выкуривания сигарет содержание свинца в фильтре (мкг на 1 сигарету) во всех изученных образцах снизилось в среднем на 77 %, меди – на 79 %. Содержание цинка в образцах фильтров сигарет № 1 и № 2 также снизилось на 68 и 33 % соответственно. В то же время в фильтрах образцов сигарет № 3, № 4, № 5 и № 6 содержание цинка (мкг на одну сигарету) после выкуривания возросло в среднем на 28 % по сравнению с содержанием этого металла в фильтрах до курения. В материале фильтров образцов сигарет № 1 и № 4 после выкуривания сигарет был обнаружен кадмий, в то время как до курения этот металл в фильтре отсутствовал во всех изученных образцах (см. таблицу №3). Что касается ртути, то содержание этого метал-

ла в материале фильтров после выкуривания сигарет снизилось в образцах №№ 1–4 и 6, в то время как в фильтре образца сигареты № 5 содержание ртути после выкуривания сигареты возросло примерно на 10 %.

Анализ результатов, представленных в таблицах 1–4, показывает, что содержание цинка в материалах фильтров после курения образцов № 2–6 возрастает в сравнении с содержанием металла в материалах фильтров до курения, либо остается неизменным. Исключение составляет образец № 1, в котором содержание цинка в материале фильтра после курения снизилось более чем на 66 %.

В материалах фильтров до курения всех образцов не обнаружено содержание кадмия, в то время как после курения в образцах № 1 и № 4 обнаружены следовые количества кадмия.

Содержание свинца и меди в материалах фильтров после курения всех образцов снижается в сравнении с содержанием этих металлов в материалах фильтров до курения. Исключение

Таблица 3 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg (мкг на 1 сигарету) в материале фильтра до курения

№ образца	Содержание металла, мкг				
	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
1	8,3±0,12	-	0,57±0,021	0,72±0,058	6,95±0,09
2	8,1±0,09	-	0,60±0,022	0,60±0,022	5,69±0,08
3	4,3±0,08	-	0,35±0,016	0,70±0,030	2,95±0,06
4	3,3±0,05	-	0,29±0,012	0,61±0,021	3,66±0,04
5	3,6±0,05	-	0,66±0,025	0,66±0,025	2,59±0,04
6	2,3±0,04	-	0,31±0,014	0,37±0,015	1,85±0,03

составляет лишь образец фильтра № 6 после курения, где содержание меди остается неизменным.

Содержание ртути во всех образцах материалов фильтров после курения снижается в сравнении с содержанием Hg в материалах фильтров до курения.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что материалы фильтров сигарет содержат цинк, свинец, медь и ртуть, причем в концентрациях иногда выше, чем в табаке си-

гарет.

2. Показано, что в ряде случаев в материале фильтра до курения содержание тяжелых металлов выше, чем в материале фильтра выкуренной сигареты. Это свидетельствует о том, что фильтры могут являться дополнительным источником поступления тяжелых металлов с дымом в организм человека.

3. Фильтры сигарет не являются гарантией исключения попадания в организм человека тяжелых металлов, большинство из которых обладают канцерогенными свойствами.

Таблица 4 – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg (мкг) на 1 сигарету в материале фильтра после курения

№ образца	Содержание металла, мкг				
	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
1	2,7±0,06	0,0026±0,0002	0,16±0,009	0,64±0,028	3,61±0,06
2	5,5±0,06	–	0,40±0,014	0,06±0,003	2,28±0,03
3	5,1±0,09	–	0,12±0,016	0,56±0,025	0,65±0,02
4	4,0±0,05	0,00004±0,000004	0,05±0,007	0,51±0,018	1,41±0,04
5	5,7±0,08	–	0,29±0,013	0,31±0,014	1,47±0,04
6	4,0±0,06	–	0,16±0,008	0,43±0,018	0,84±0,02

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвейко, Н.П. Определение некоторых тяжелых металлов в табачном материале /Н.П. Матвейко, А.М. Брайкова, В.В. Садовский // Материалы докладов 46 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, ВГТУ. – Витебск, 2013. С. 198-199.
2. Тиво, П.Ф. Тяжелые металлы и экология /П.Ф. Тиво, И.Г. Быцко. – Минск: Юнипол, 1996. – 230 с.
3. Воронков, М.Г. Фильтр для сигарет: пат. РФ № 2113810, МПК 8 А24D3/00 / М.Г. Воронков, И.В. Жигачева, Л.С. Евсеенко [и др.]; заявитель Институт биохимической физики РАН; заявл. 10.09.1996; опубл. 27.06.1998.

REFERENCES

1. Matveiko, N.P., Braikova, A.M., Sadovski, V.V. (2013), Definition of some heavy metals in a tobacco material, Materials of reports 46 Republican scientific and technical conferences of teachers and students, VGTU. Vitebsk, pp. 198-199.
2. Tivo, P. F., Bytsko, I.G. (1996), Heavy metals and ecology. Minsk: Yunipol, 230 pages.
3. Voronkov, M.G., Zhigacheva, I.V., Evseenko, L.S. Filter for cigarettes: patent of Russian Federation No. 2113810, МПК 8 А24D3/00; applicant is Institute of biochemical physics of the Russian Academy of Sciences; declared 10.09.1996; published 27.06.1998.
4. Vydra, F., Shtulik, K., Yulakova, E. (1980), Inversion

4. Выдра, Ф. Инверсионная вольтамперометрия /Ф Выдра, К. Штулик, Э. Юлакова. – Москва: Мир, 1980. – 278 с.
voltammetry. – Moscow: Mir, 278 pages.
5. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929. – Введ. 01.01.1996. – Минск: Изд-во стандартов, 1995. – 16 с.
5. Raw materials and foodstuff. Preparation of tests. Mineralization for definition of the maintenance of toxic elements: GOST 26929. – Vved. 01.01.1996. – Minsk: Publishing house of standards, 1995. – 16 pages.
6. Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания: МИ 2336-95. – Введ. 09.12.1997. – Екатеринбург, 1995. – 45 с.
6. Characteristics of an error of results of the quantitative chemical analysis. Algorithms of estimation: MI 2336-95. – Vved. 09.12.1997. – Yekaterinburg, 1995. – 45 pages.

Статья поступила в редакцию 27.01.2014 г.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВ-ПРЕКУРСОРОВ СИСТЕМЫ МЕДЬ-ОЛОВО И СПЛАВОВ, СПЕЧЕННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

П.А. Витязь, В.И. Жорник, С.А. Ковалева,
Т.Ф. Григорьева

УДК 546.56+546.681+546.87

РЕФЕРАТ

СПЛАВ СИСТЕМЫ МЕДЬ-ОЛОВО, МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ, СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ, ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЕ СПЕКАНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Объект исследования – порошки-прекурсоры системы медь-олово, подвергнутые механической активации и сплавы, спеченные на их основе. Предмет исследования – структурно-фазовые превращения в порошках-прекурсорах системы медь-олово в процессе их механической активации, процессы спекания порошков-прекурсоров, а также взаимосвязь структурно-фазового состояния спеченного сплава с его механическими и триботехническими свойствами. Цель работы – изучение влияния предварительной механической активации порошков системы $Cu - Sn$ на структурно-фазовое состояние, а также механические и триботехнические свойства сплава, полученного методом электроконтактного спекания механоактивированных порошков.

В статье показано, что предварительная интенсивная механическая активация порошковой композиции $Cu + 20\% Sn$ приводит к изменению ее гранулометрического состава и структурно-фазового состояния. Формирование порошков-прекурсоров проходит через ряд стадий: измельчение частиц порошка; протекание пластических деформаций в них с образованием (твердый раствор $Cu (Sn)$ и интерметаллиды ($\eta - Cu_{6,26} Sn_5$ и $\delta - Cu_{41} Sn_{11}$)) и распадом (интерметаллид $\eta - Cu_{6,26} Sn_5$) новых фазовых составляющих; образование агрегатов с фазовым составом, соответствующим твердому раствору $Cu (Sn)$. Установлено, что при электроконтактном спекании порошков-прекурсоров, полученных с длительностью активации до 8 мин, формирование сплава проходит по механизму жидкофазного спекания с появлением расплава легко-

ABSTRACT

ALLOY OF SYSTEM "COPPER-TIN", MECHANICAL ACTIVATION, STRUCTURE-PHASE STATE, ELECTRO CONTACT SINTERING, MECHANICAL AND TRIBOTECHNICAL PROPERTIES

The mechanism of formation of structural-phase state in the precursor powders of $Cu + 20\% Sn$ during intensive mechanical activation in a planetary ball mill is shown. It is shown that the formation of precursor powders consists of a range of stages: the grinding of the powder particles, the passing of plastic deformation processes in them with the formation and decay of the new phase components, the formation of aggregates. It is found that the formation of the alloy is realized by the mechanism of liquid phase sintering with the advent of low-melting molten tin at electrocontact sintering of the precursor powders prepared by activation during up to 8 minutes.

The electrocontact sintering of monophase powders with the structure consisting of a solid solution $Cu (Sn)$ formed after mechanical activation during 20 min is realized by the mechanism of solid phase sintering and results to the formation of a homogeneous alloy based supersaturated solid solution $Cu (Sn)$ with a macrogranular structure and many voids. The most rational duration of mechanical activation to produce a sintered copper-tin alloy tribotechnical purpose is 4–8 min.

плавкой фазы олова, которая присутствует в прекурсорах. Спекаемый сплав имеет достаточно высокую износостойкость ($I = 0,053$ мг/м) и относительно низкий коэффициент сухого трения ($f = 1,0-1,1$). Электроконтактное спекание однофазного порошка со структурой твердого раствора $Cu(Sn)$, формируемого после механоактивации в течение 20 мин, проходит по механизму твердофазного спекания и приводит к формированию гомогенного сплава на основе пересыщенного твердого раствора $Cu(Sn)$ с крупнозернистой структурой и значительным количеством несплошностей. При этом сплав характеризуется более низким коэффициентом сухого трения ($f = 0,8-0,85$), но при повышенной интенсивности изнашивания ($I = 0,087$ мг/м).

ВВЕДЕНИЕ

Спекание порошковых материалов относится к числу технологических процессов консолидации порошковых систем, позволяющих в значительной степени сохранить в спеченном материале исходную мелкодисперсную структуру порошков, обеспечивающую повышенный уровень свойств получаемых композиций. При этом наибольший эффект с точки зрения сохранения исходных параметров структуры реализуется в случаях применения энергонапряженных технологий с интенсивным термическим и деформационным воздействием на спекаемый материал. К числу подобных технологий относится электроконтактное спекание порошковых материалов, осуществляемое при нагреве прямым пропусканием электрического тока с одновременным приложением давления на спекаемую систему. Принципиальным отличием этого способа спекания порошковых материалов от традиционных технологий является высокая концентрация выделяемой энергии на контактах между спекаемыми частицами порошка. Большим преимуществом электроспекания является совмещение формования и спекания порошка в одной операции, что дает значительное сокращение как временных, так и энергетических затрат. Скорость нагрева при электроконтактном спекании достигает 10^3-10^4 град/с, уровень удельных усилий – до 100 МПа, продолжительность спекания может составлять несколько секунд, что позволяет реализовывать процесс электроконтактного спекания без со-

здания специальной защитной атмосферы [1, 2].

Формирование изделий из порошков бронзы традиционными методами спекания через формирование жидкой фазы имеет ряд недостатков, связанных с высокой степенью ликвиции в системе медь-олово и высокой степенью гетерогенности. Качество порошковых изделий, независимо от способа их получения, в первую очередь определяется величиной плотности, равномерностью распределения фаз и пористости по объему, так как эти параметры влияют на анизотропию свойств материалов и вероятность дефектообразования. Гомогенность структуры определяется видом легирующих добавок и способом их введения, а также параметрами технологического процесса получения материалов и изделий.

Активно развиваемый в последние годы механохимический подход к получению материалов позволяет не только получать дисперсные материалы, но и синтезировать композиты на основе разнородных классов материалов [3]. Фазовый состав, форма и размеры получаемых таким способом порошков определяются режимами механической активации (МА).

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния предварительной механической активации порошков системы $Cu - Sn$ на структурно-фазовое состояние, а также механические и триботехнические свойства сплава, полученного методом электроконтактного спекания механоактивированных порошков.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходного материала для исследования структурно-фазовых превращений при механоактивации и электроконтактном спекании, а также оценки свойств спеченных композиций использовалась шихта, состоящая из порошков меди марки ПМС-1 (ГОСТ 4960-75) и олова марки ПОЭ (ГОСТ 9723-73) грануляцией 20–40 мкм с соотношением медь: олово, по массе, равным 4 : 1. Механическая активация смеси $Cu + 20 \text{ мас. \% } Sn$ проводилась в высокоэнергетической шаровой планетарной мельнице АГО-2 в атмосфере аргона (объем барабана 250 см^3 , диаметр шаров 5 мм, загрузка 200 г, навеска обрабатываемого образца 10 г, скорость вращения барабанов вокруг общей оси ~ 1000 об/мин. Длительность обработки порошковой смеси составила: 20 с, 40 с, 4 мин, 8 мин и 20 мин.

Электроконтактное спекание порошковых образцов размером $\varnothing 10 \times 10 \text{ мм}$ осуществлялось с помощью установки ССМ-02 при плотности тока 10 кА/см^2 и давлении 10 МПа в течение 45 с. Длительность импульсов и пауз составляла 0,02 с.

Рентгенодифракционные измерения полученных образцов выполнены на дифрактометре D8 Advance Bruker (Германия) в конфигурации θ - 2θ с шагом $0,05^\circ$ в CuK_α излучении (1,54051

Å) с временем накопления на точке 3 с. Рентгенофазовый анализ получаемых продуктов проведен с использованием базы данных PDF-2 и программного обеспечения «EVA». Рентгеноструктурный анализ (РСА) получаемых фаз проведен по методу Ритвельда с выполнением полнопрофильного анализа дифрактограмм в программном обеспечении «Torus».

Для изучения структуры полученных образцов использовали оптический микроскоп МИКРО 200 и сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) высокого разрешения MIRA\TESCAN с приставкой для микрорентгеноспектрального анализа (МРСА). Диаметр электронного зонда составил 5,2 нм, область возбуждения – 100 нм.

Триботехнические испытания проводились в режиме трения без смазки на автоматизированном трибометре АТВП [4], работающем по схеме возвратно-поступательного перемещения призматического образца по контртелу. В качестве контртела использовалась пластина, изготовленная из закаленной углеродистой стали 60 Г с твердостью $HV = 7840$ МПа. Средняя скорость перемещения образца относительно контртела в процессе испытаний составляла $\sim 0,1$ м/с. Номинальное контактное давление испытаний составляло $p = 1$ МПа. Измерение величины износа по массе образцов осуществлялось на

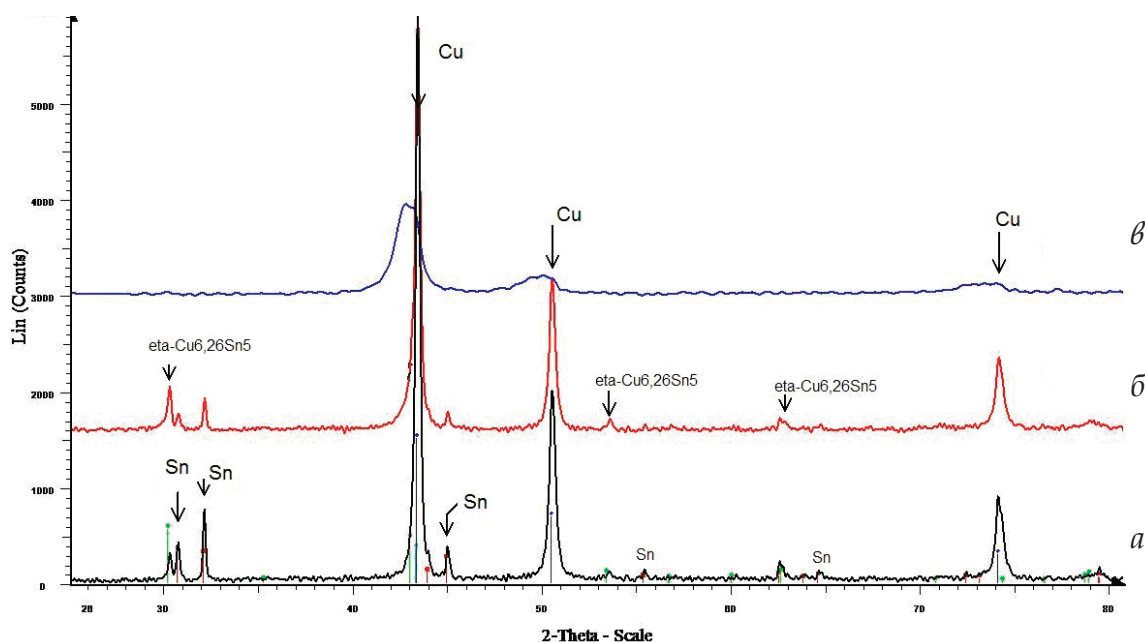


Рисунок 1 – Дифрактограммы порошков состава $Cu + 20 \text{ \% } Sn$ механоактивированных в течение: а – 40 с, б – 4 мин, в – 20 мин

аналитических весах АДВ-200М. Интенсивность изнашивания I_q определялась на стадии установившегося изнашивания, как отношение потери массы к пути трения.

Механические свойства исследовались на гидравлической испытательной машине Instron Satec 300LX.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные рентгеноструктурные исследования порошков-прекурсоров показали, что уже на ранних этапах механоактивации (в течение 20 с) смеси порошков Cu и Sn начинает формироваться промежуточный интерметаллид $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$, и при активации в течение 40 с фазовый состав порошков определяется как медь (PDF №04-0836), олово (PDF №04-0673) и некоторое количество интерметаллида $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$ (PDF №47-1575) (рис.1).

Максимальное содержание олова на начальной стадии активации составляет ~ 6 об. %. С увеличением длительности механической активации до 8 мин содержание олова уменьшается до его полного исчезновения. При этом содержание интерметаллического соединения $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$ достигает максимального значения (~ 12 об. %).

На рисунке 2 приведены данные по изменению параметра кристаллической решетки меди в порошке-прекурсор в зависимости от продолжительности его механоактивации. Видно, что параметры решетки меди практически не меняются при активации в течение 8 мин, из чего можно сделать вывод: на этой стадии МА твердый раствор олова в меди в порошке пре-

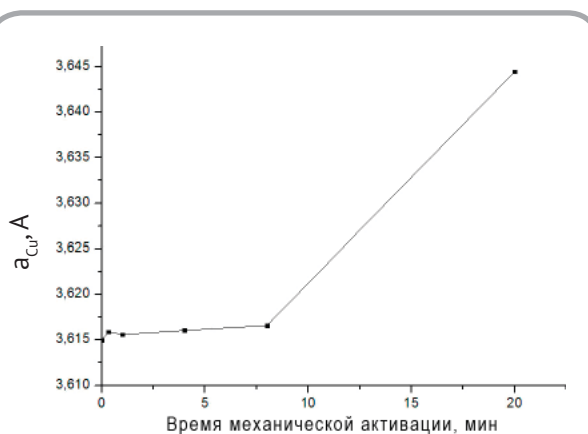


Рисунок 2 – Зависимость параметра a решетки меди от длительности механоактивации

курсоре состава $Cu - Sn$ образуется в незначительном количестве.

На рисунке 3 представлены СЭМ изображения (в обратно рассеянных электронах), микроструктуры порошков, получаемых при различной длительности механической активации. Можно отметить, что при активации в течение 40 с происходит измельчение частиц медного порошка в среднем до 1–2 мкм и образование агломератов разветвленной формы с большим разбросом размеров (от 5 до 60 мкм) (рис. 4). Также образуются чешуйчатых крупные агрегаты (~ 1 % по количеству и ~ 19 % по массе), содержащие олово с размерами 80 – 200 мкм. Изучение микроструктур и рентгеноспектральный анализ распределения элементов по поверхности показали, что олово распределено неравномерно (рис. 3 а, б).

Увеличение длительности механоактивации до 4 мин приводит к формированию чешуйчатых

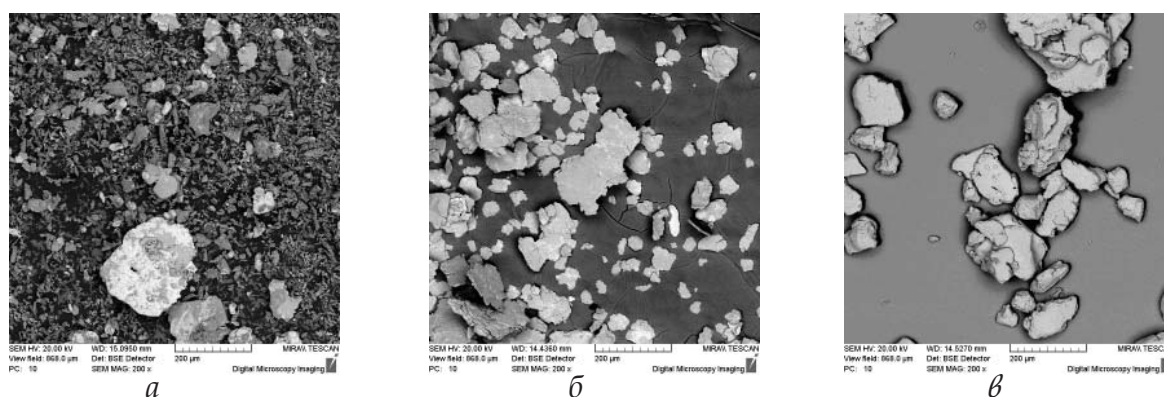


Рисунок 3 – СЭМ изображение порошков, полученных при различной длительности механоактивации: а – 40 с; б – 4 мин; в – 20 мин

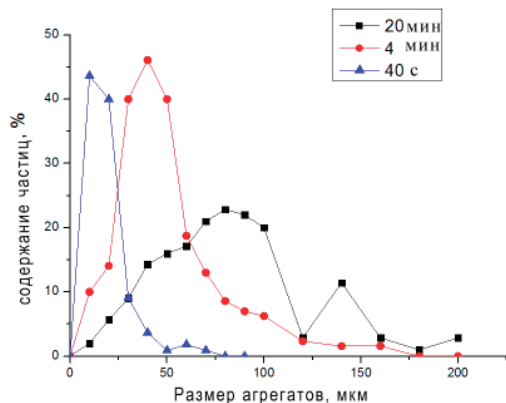


Рисунок 4 – Распределение размеров агрегатов порошков $Cu + 20\% Sn$ с различной продолжительностью механоактивации

слоистых агрегатов, в которых также наблюдается неоднородность распределения олова. Средний размер агрегатов при этом увеличивается до 60 мкм. Размер агрегатов твердого раствора $Cu (Sn)$ после 20 мин механоактивации составил 60 – 150 мкм. Несмотря на то, что размер агрегатов при механоактивации в течение 20 мин значительно больше, чем на начальной стадии активации, насыпная плотность механоактивированного порошка в этом случае выше и составляет $3,76 \text{ г/см}^3$ (насыпная плотность порошка после 40 с механоактивации – $3,04$

г/см^3). Более низкая насыпная плотность может быть обусловлена образованием агрегатов дендритных форм на ранней стадии активации. Однако с увеличением длительности механоактивации снижается прессуемость порошка, что связано, вероятно, с увеличением содержания более прочной фазы твердого раствора $Cu (Sn)$.

Таким образом, на начальных стадиях механической активации порошков состава $Cu + 20\% Sn$ происходит измельчение частиц от 20 – 40 мкм до 1–2 мкм и формирование преимущественно небольших агрегатов (до 60 мкм), состоящих из крупных кристаллитов. Порошки неоднородны по составу и размеру частиц. При увеличении продолжительности активации происходит формирование и рост слоистых агрегатов (размером до 150 мкм), но при этом уменьшается размер кристаллитов и наблюдается гомогенизация гранулометрического и фазового состава. В случае активации в течение 20 мин формируется однофазный состав наноструктурированных порошков твердого раствора $Cu (Sn)$ с размером кристаллитов (D) ~ 8 нм.

Электроконтактное спекание характеризуется физическими процессами, протекающими в контактных зонах, что приводит к высокой пространственной неоднородности и нестацио-

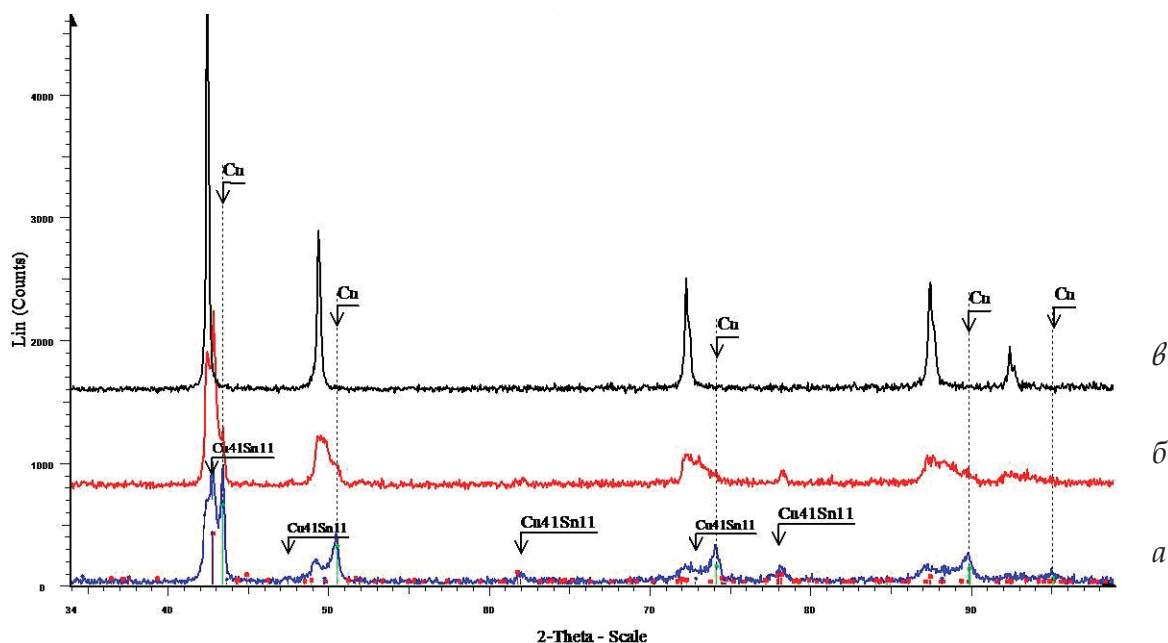


Рисунок 5 – Дифрактограммы порошков состава $Cu + 20\% Sn$, механоактивированных в течение: а – 40 с, б – 4 мин, в – 20 мин

нарности процессов во времени. При кратковременном электрическом разряде материал в зоне воздействия разогревается до очень высоких температур, что может приводить к расплавлению наиболее легкоплавких фаз и протеканию реакций взаимодействия компонентов.

Для изучения влияния исходного состояния порошков на формирование сплава при электроконтактном спекании были выбраны прекурсоры, полученные при различной длительности механоактивации и характеризующиеся различной степенью завершенности протекающих при механоактивации порошковой композиции $Cu - Sn$ физико-химических процессов: измельчения исходных компонентов, формирования промежуточных интерметаллических соединений типа $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$, формирования однофазного твердого раствора $Cu (Sn)$. Дифрактограммы полученных электроконтактным спеканием сплавов системы $Cu - Sn$ представлены на рисунке 5.

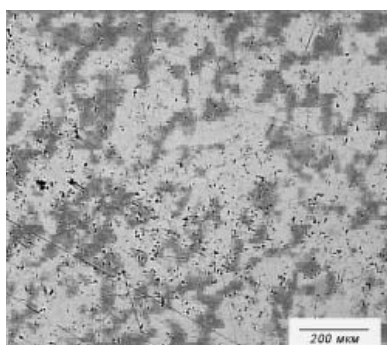
Можно отметить, что в композитах, спекае-

мых из порошков с длительностью механоактивации 40 с и 4 мин, фаза промежуточного интерметаллида $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$ отсутствует. В них формируются интерметаллическое соединение $Cu_{41}Sn_{11}$ (PDF № 30-0510), а также твердый раствор на основе меди с переменной концентрацией олова. Количество твердого раствора с максимальным содержанием олова увеличивается для прекурсора со временем механоактивации 4 мин. При электроконтактном спекании порошка, подвергнутого механоактивации в течение 20 мин и имеющего однофазный состав в виде твердого раствора $Cu (Sn)$, в спеке также формируется однофазный состав твердого раствора на основе меди с концентрацией олова ~ 8 ат. % $Sn (a_{Cu(Sn)} = 3.694 \text{ \AA} [5])$. Значения параметров структуры спеченных сплавов, уточненные по методу Ритвельда, приведены в таблице 1.

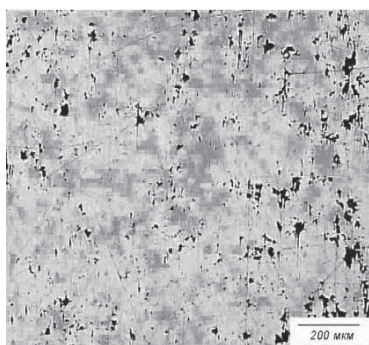
В зависимости от длительности механоактивации прекурсоров значительно изменяется и микроструктура сплавов. На рисунке 6 пред-

Таблица 1 – Данные рентгеноструктурного анализа сплавов, полученных на основе прекурсоров $Cu + 20\% Sn$ с различной длительностью механоактивации

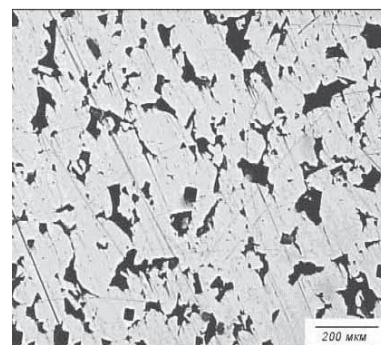
Длительность активации прекурсора	Параметр решетки a , Å			Размер кристаллитов D , нм		
	Cu	$Cu (Sn)$, 8 ат.% Sn	$Cu_{41}Sn_{11}$	Cu	$Cu (Sn)$, 8 ат.% Sn	$Cu_{41}Sn_{11}$
без активации	3,615	3,694	17,98	-	-	-
40 с	3,616(9)	3,702(0)	17,991(4)	153	123	17
4 мин	3,624(3)	3,698(7)	17,977(3)	76	64	16
20 мин	-	3,697(8)	-	-	157	-



а

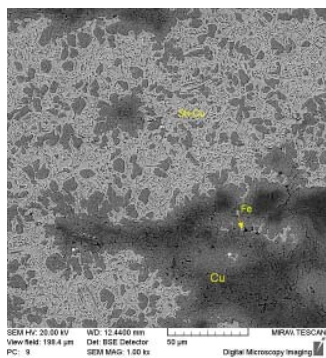


б

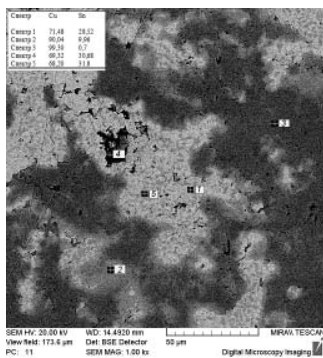


в

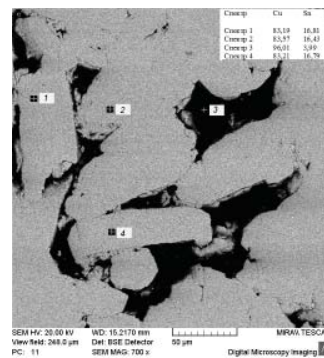
Рисунок 6 – Структура поверхности сплавов, спеченных на основе прекурсоров $Cu + 20\% Sn$, подвергнутых механоактивации в течение: а – 40 с, б – 4 мин, в – 20 мин



а



б



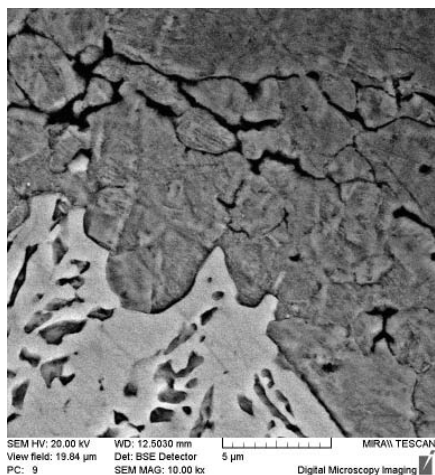
в

Рисунок 7 – СЭМ в обратно рассеянных электронах с приведенными данными микрорентгеноспектрального анализа покрытий на основе $Cu + 20\% Sn$ прекурсоров без механоактивации (а) и с механоактивацией в течение 40 с (б) и 20 мин (в)

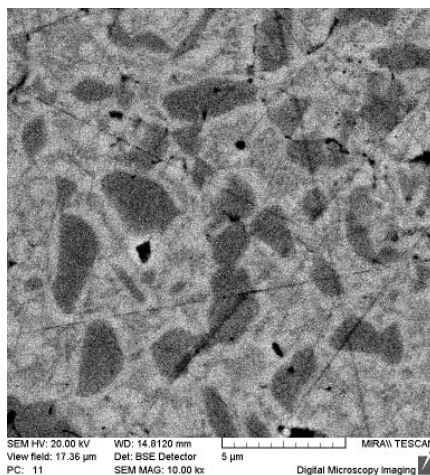
ставлена структура поверхности сплавов, зафиксированная с помощью методов оптической микроскопии. Можно отметить, что сплавы, получаемые электроконтактным спеканием порошковых прекурсоров с меньшей длительностью механоактивации, имеют более плотную структуру с незначительной рассеянной пористостью (порядка 2 – 3 %). Для сплавов, полученных из прекурсоров с более продолжительной механоактивацией (в течение 20 мин), пористость резко увеличивается, составляя ~ 15 – 20 %, при этом размер пор достигает 80 – 100 мкм. Пористость носит межчастичный характер.

Проведенные микрорентгеноспектральные исследования позволили установить, что для порошков, полученных при непродолжительной механоактивации (до 4 мин), формируется

структура на основе α -фазы твердого раствора олова в меди с гранцентрированной кубической решеткой (пр.гр. $Fm\bar{3}m$) и эвтектоида состава интерметаллическое соединение δ -фаза $Cu_{41}Sn_{11} + \alpha - Cu$. Интерметаллическое соединение $Cu_{41}Sn_{11}$ характеризуется высокой твердостью и хрупкостью. Можно также отметить, что даже непродолжительная механоактивация смеси исходных порошков Cu и Sn приводит к значительному уменьшению размеров вторичных зерен твердого раствора Cu (Sn) в составе эвтектоида механоактивированного прекурсора системы $Cu-Sn$ (рис. 7 б) по сравнению с неактивированными аналогичными по составу порошками бронзы (рис. 7 а). При этом меняется и субструктура самого эвтектоида (рис. 8). Применение механосинтезированного од-



а



б

Рисунок 8 – Структура эвтектоида сплавов $Cu - 20 Sn$, полученных при спекании порошков: а – без механоактивации, б – после механоактивации 40 с

Таблица 2 – Результаты испытаний на сжатие спеченных сплавов

№ сплава	Фазовый состав прекурсоров	Продолжительность МА прекурсоров	Предел текучести σ_T , МПа	Деформация δ , %	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа
1	$Cu + Sn + \eta - Cu_{6,26}Sn_5$	40 с	530,9	21,49	892,5
2	$Cu (Sn) + Cu_{41}Sn_{11}$	4 мин	523,8	19,58	910,7
3	$Cu (Sn)$	20 мин	512,9	15,78	795,3
4	Cu+Sn	без МА	518,7	17,47	830,2

нофазного твердого раствора, полученного при активации в течение 20 мин, позволяет достичь гомогенного распределения олова в спеченном сплаве (рис. 7, в) при общем его содержании ~16,7 мас. % (9,7 ат. %).

Таким образом, сравнивая параметры структур исходных порошков-прекурсоров системы $Cu-Sn$ и спеченных на их основе сплавов, можно утверждать, что исходная структура оказывает существенное влияние на механизм спекания и формирование структуры сплава. Наличие фазы олова в порошках-прекурсорах приводит к появлению расплава при электроконтактном спекании, и формирование идет преимущественно через спекание в присутствии жидкой фазы с образованием эвтектоида. Спекание порошков, состоящих из твердого раствора $Cu (Sn)$, образующегося после 20 мин механоактивации, происходит на межчастичных границах через твердофазную реакцию. При этом формируется крупнозернистая структура и остаются несплошности размерами до 80–100 мкм. Можно отметить, что при спекании происходит рекристаллизация кристаллитов твердого раствора меди и их рост от 8 нм в порошке прекурсором до

157 нм в спеченном сплаве.

Результаты механических испытаний образцов спеченных сплавов на сжатие, представленные в таблице 2, показывают, что сплав № 1, полученный спеканием порошков-прекурсоров, подвергнутых механоактивации в течение 40 с и имеющих фазовый состав $Cu + Sn + (Cu) Sn$, имеет наибольшую пластичность ($\delta = 21,49\%$) при достаточно высоком уровне предела текучести ($\sigma_T = 530,9$ МПа) и предела прочности ($\sigma_{сж} = 892,5$ МПа). Сплав № 2, спеченный из порошков-прекурсоров с продолжительностью МА 4 мин, имеет меньшую пластичность ($\delta = 19,58\%$) при несколько увеличенном пределе прочности ($\sigma_{сж} = 910,7$ МПа), а механоактивация порошков меди и олова в течение 20 мин приводит к снижению как пластичности ($\delta = 15,78\%$), так и прочности ($\sigma_{сж} = 795,3$ МПа) сплава, спеченного из этих порошков-прекурсоров (сплав № 3). При этом прочностные свойства сплава № 4, спеченного из неактивированной смеси порошков меди и олова, соответствуют $\sigma_T = 518,7$ МПа, $\delta = 17,47\%$ и $\sigma_{сж} = 830,2$ МПа.

Высокая пластичность сплава, спеченного из порошков-прекурсоров с продолжительностью

Таблица 3 – Микротвердость и трибологические параметры покрытий на основе механоактивированных прекурсоров $Cu - Sn$

№ сплава	Фазовый состав прекурсоров	Продолжительность МА прекурсоров	Микротвердость $H\mu$, МПа	Коэффициент трения, f	Интенсивность изнашивания, мг/м
1	$Cu + Sn + \eta - Cu_{6,26}Sn_5$	40 с	1430–1450	1,02–1,11	0,0049
2	$Cu (Sn) + Cu_{41}Sn_{11}$	4 мин	1460–1490	1,00–1,04	0,053
3	$Cu (Sn)$	20 мин	2320–2360	0,8–0,85	0,087

МА 40 с обусловлена жидкофазным механизмом его спекания и особенностями фазового состава, включающего пластичную α – фазу твердого раствора олова в меди и незначительное количество эвтектоида с хрупкой интерметаллической δ – фазой $Cu_{41}Sn_{11}$. В сплаве из порошков-прекурсоров с продолжительностью МА, равной 4 мин, доля более твердого и прочного по сравнению с фазой $Cu (Sn)$ эвтектоида несколько возрастает, что повышает предел прочности сплава при некотором снижении пластичности последнего. Низкие показатели прочности и пластичности сплава, спеченного из частиц порошка, подвергнутых МА в течение 20 мин, объясняются особенностями его твердофазного спекания, при котором структура спека характеризуется низкой прочностью межчастичных связей и наличием большого количества несплошностей, выступающих в роли концентраторов напряжений при приложении нагрузки.

Результаты определения микротвердости, коэффициента трения и интенсивности изнашивания сплавов $Cu + 20 \% Sn$, спеченных на основе механоактивированной по различным режимам смеси порошков медь-олово, приведены в таблице 3 и на рисунке 9.

Трибологические испытания, проведенные в режиме сухого трения, показали, что механическая активация порошков $Cu + 20 \% Sn$ оказывает влияние на стадию приработки (рис. 9, б). Сплав № 2, полученный на основе порошков, имеющих механоактивацию в течение 4 мин, характеризуется более длительным периодом

приработки, чем сплавы на основе порошков с продолжительностью механоактивации прекурсоров в течение 40 с и 20 мин (сплавы № 1 и № 3). Следует отметить, что на стадии стационарного режима изнашивания коэффициент сухого трения для сплава № 3, полученного спеканием порошков с фазовым составом в виде твердого раствора $Cu (Sn)$, ниже ($f = 0,8 - 0,85$), чем сплава № 2 с эвтектоидной структурой порошков-прекурсоров ($f = 1,00 - 1,04$). Однако интенсивность изнашивания сплава № 3 значительно (в ~1,7 раза) больше, чем у сплава № 2, что обусловлено, по всей видимости, выкрашиванием зерен твердого раствора из сплава. Электроконтактное спекание твердого раствора носит твердофазный характер, при котором частицы сохраняют свою индивидуальность, а сплавы характеризуются высокой межчастичной пористостью.

ВЫВОДЫ

Проведенные структурные исследования механосинтезируемой порошковой композиции $Cu + 20 \% Sn$ и сплава на ее основе, получаемого методом электроконтактного спекания, показали, что предварительная интенсивная механическая активация порошков приводит к изменению их гранулометрического состава и структурно-фазового состояния. Формирование порошков-прекурсоров проходит через ряд стадий: измельчение частиц порошка; протекание пластических деформаций в них с образованием (твердый раствор $Cu (Sn)$) и интерметаллиды

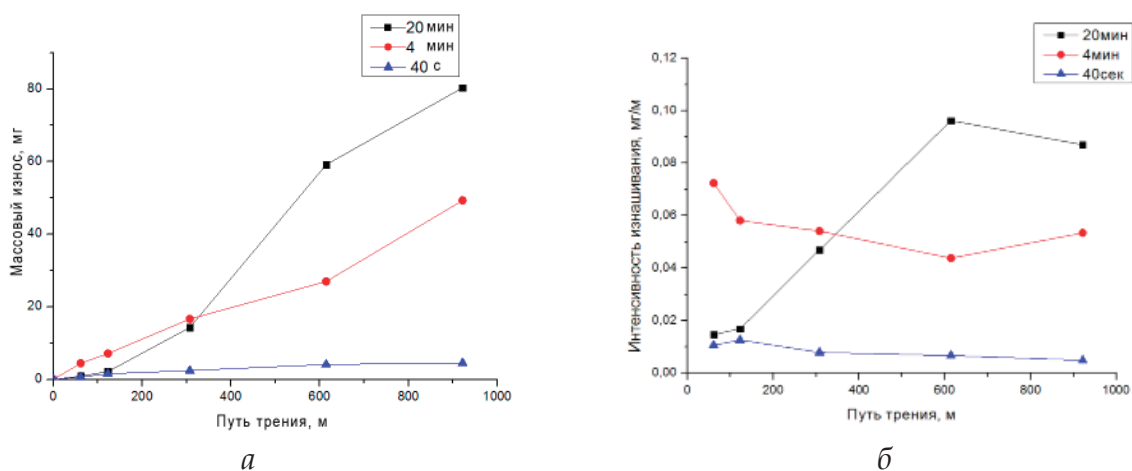


Рисунок 9 – Массовый износ (а) и интенсивность изнашивания (б) спеченных сплавов на основе порошков $Cu + 20 \% Sn$ с различной длительностью механоактивации

($\eta - Cu_{6,26}Sn_5$ и $\delta - Cu_{41}Sn_{11}$) и распадом (интерметаллид $\eta - Cu_{6,26}Sn_5$) новых фазовых составляющих; образование агрегатов с фазовым составом, соответствующим твердому раствору $Cu(Sn)$.

Установлено, что при электроконтактном спекании порошков-прекурсоров, полученных с длительностью активации до 8 мин, формирование сплава проходит по механизму жидкофазного спекания с появлением расплава легкоплавкой фазы олова, которая присутствует в прекурсорах. В результате формируется структура α – твердого раствора олова в меди и эвтектоида типа $\alpha - Cu(Sn) + Cu_{41}Sn_{11}$. Спекаемый сплав имеет достаточно высокую износостойкость ($I = 0,053$ мг/м) и относительно низкий коэффициент сухого трения ($f = 1,0 - 1,1$). Микротвердость сплава соответствует оловянистой бронзе ($H\mu = 1450 - 1490$ МПа). Электроконтактное спекание однофазного порошка со структурой твердого раствора $Cu(Sn)$, формируемого после механоактивации в течение 20 мин, проходит по механизму твердофазного спекания и приводит к формированию гомогенного сплава

на основе пересыщенного твердого раствора $Cu(Sn)$ с крупнозернистой структурой и значительным количеством несплошностей. При этом сплав характеризуется более высокой микротвердостью ($H\mu = 2320 - 2360$ МПа) и низким коэффициентом сухого трения ($f = 0,8 - 0,85$), но при повышенной интенсивности изнашивания ($I = 0,087$ мг/м). Оптимальное сочетание прочностных свойств при испытаниях на сжатие ($\sigma_{сж} = 910,7$ МПа) и пластичности ($\delta = 19,58$ %) характерно для сплава, спеченного из порошков-прекурсоров, прошедших механоактивацию в течение 4 мин.

Таким образом, по результатам проведенных исследований структурно-фазового состояния и согласно данным механических и триботехнических испытаний можно заключить, что при выбранных параметрах энергонагруженности механического активирования смеси порошков меди и олова состава $Cu + 20\% Sn$ наиболее рациональная продолжительность механоактивации для получения спеченного медно-оловянистого сплава триботехнического назначения составляет 4–8 мин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хасанов, О.Л., Двилис, Э.С., Качаев, А.А. (2009). Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 102 с.
2. Полуян, А.И., Жорник, В.И. (2005). Реализация метода электроконтактного спекания в режиме термостабилизации для получения металлоалмазных композитов. Вестник ПТУ. Серия С. Фундаментальные науки. Физика. (10), с.75-77.
3. Григорьева, Т.Ф., Баринаева, А.П., Ляхов, Н.З. (2008). Механохимический синтез в металлических системах. Новосибирск: Параллель, 311 с.
4. Караваев, М.Г., Кукареко, В.А. (2001). Автоматизированный трибометр с возвратно-посту-

REFERENCES

1. Khasanov, O.L., Dvilis, E.S., Kachaev, A.A. (2009), Compacting nano- and polydisperse powders by the collector method [Metod kollektornogo kompaktirovaniya nano- i polydispersnykh poroshkov]. Izd-vo Tomskogo polytechnicheskogo universiteta. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 102 p.
2. Polujan, A.I., Zhornik, V.I. (2005), Implementation of the electric-sintering method in the thermostabilization mode for production of metall-diamond composites [Realizatsiya metoda elektrokontaktного spekaniya v rezhime termostabelizatsii dlya polutcheniya metallalmaznykh kompozitov]. Vestnik PGU. Seriya C. Fundamental'nye nauki. Fizika. - Bulletin of PSU. C. Fundamental Science. Physics (10), p. 75-77.

- пательным движением. Надежность машин и технических систем (1), с. 37-39.
5. De M. (1969). Thermal expansion of some Cu- and Ag-base alloys at high temperatures. Indian Journal of Physics (or Proceedings of the Indian Association for the Cultivation of Science), (43) p. 367-376.
3. Grigorieva T.F., Barinova A.P., Lyakhov N.Z. (2008), Mechanochemical synthesis in metal systems [Mekhanokhimitseskiy sintez v metallicheskih sistemakh]. Novosibirsk: Parallel' - Novosibirsk: Parallel, 311 p.
4. Karavaev, M.G., Kukareko, V.A. (2001), Automated tribometer with reciprocating [Avtomatizirovanny tribometr s vozvratno-postupaterym dvizheniyem]. Nadezhnost mashin i tekhnicheskikh sistem - Reliability of machines and technical systems, (1), pp. 37-39
5. De M. (1969), Thermal expansion of some Cu- and Ag-base alloys at high temperatures. Indian Journal of Physics (or Proceedings of the Indian Association for the Cultivation of Science), (43) p. 367-376.

Статья поступила в редакцию 11.01.2014 г.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНОГО СЛОЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ХРОМИРОВАНИЕМ И ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ В ВОДНОЙ ОКСИДОСОДЕРЖАЩЕЙ СУСПЕНЗИИ

В.И. Жорник

УДК 621.357.74

РЕФЕРАТ

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ, КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ, НАНОАЛМАЗНАЯ ДИСПЕРСНАЯ ФАЗА, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ВОДНАЯ ОКСИДОСОДЕРЖАЩАЯ СУСПЕНЗИЯ, ОКСИДНАЯ ПЛЕНКА, ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Объект исследования – композитный слой триботехнического назначения, включающий износостойкое электрохимическое хромноалмазное покрытие и поверхностную антифрикционную оксидную пленку. Предмет исследования – процессы структурообразования композитного слоя триботехнического назначения, состоящего из электрохимического хромового покрытия, осаждаемого из электролита с наноалмазной дисперсной фазой, и поверхностной оксидной пленки, формируемой при низкотемпературной химической обработке хромноалмазного покрытия в водной оксидосодержащей суспензии. Цель работы – разработка метода повышения эксплуатационных характеристик электрохимических хромноалмазных покрытий триботехнического назначения.

В статье показано, что характер протекания катодных реакций при электрохимическом осаждении хромноалмазных покрытий зависит от типа вводимого в электролит наноалмаза, следствием чего является изменение структуры получаемых покрытий. В частности, установлено, что добавление в электролит очищенного ультрадисперсного алмаза УДА приводит к формированию структуры покрытия с большей твердостью и износостойкостью, а покрытия, полученные электрохимическим осаждением в присутствии алмазно-графитовой шихты ША-А, имеют мелкодисперсную микропористую структуру, наиболее благоприятную с точки зрения формирования антифрикционных свойств. Установлено, что структура хромноалмазно-

ABSTRACT

ELECTROCHEMICAL CHROMING, COMPOSITE ELECTROLYTE, NANODIAMOND, DISPERSED PHASE, LOW TEMPERATURE CHEMICAL TREATMENT, AQUEOUS OXIDE, CONTAINING SUSPENSION, OXIDE FILM, TRIBOLOGICAL PROPERTIES

The features of the structure and properties of composite layer including a coating deposited from the chromium electrolyte with nanodiamond dispersed phase and a thin (5-10 μm) film formed by the low temperature chemical treatment in an aqueous oxide containing suspension are proposed. It is shown that the concentration of nanosized dispersed phase of electrolyte is a significant technological factor of deposition of chrome-nanodiamond coating and the structure with minimal size of the spheroids (grains) is formed at the concentration of nanodiamonds in the electrolyte corresponding to $C_a \approx 5-6 \text{ g/l}$. It is shown that the positive effect from the formation of the composite layer "chrome-nanodiamond coating - oxide film" compared to the "blank" chrome coating is the reduction of friction coefficient by 40 – 55 % and the increase of wear resistance up to 1.8 – 2.4 times.

го покрытия с минимальными размерами сфероида (зерна) формируется при концентрации наноалмазов в электролите, соответствующей $C_a \approx 5-6$ г/л. Представлены особенности формирования композитного слоя триботехнического назначения, включающего износостойкое электрохимическое покрытие, осажденное из хромового электролита с наноалмазной дисперсной фазой, и тонкую (5-10 мкм) антифрикционную пленку, сформированную низкотемпературной химической обработкой в оксидосодержащей водной суспензии. Показано, что положительный эффект от формирования композитного слоя «хромалмазное покрытие – оксидосодержащая пленка» по сравнению с «чистым» хромом состоит в снижении на 40–55 % коэффициента трения и в повышении в 1,8–2,4 раза износостойкости.

ВВЕДЕНИЕ

Нанесение защитных покрытий на рабочие поверхности деталей машин является одним из эффективных методов повышения ресурса техники и снижения затрат на ее эксплуатацию. Электрохимическое осаждение покрытий, в частности хромирование, занимает особое место в ряду методов инженерии поверхности благодаря широким функциональным возможностям наносимых покрытий (износостойкость, коррозионностойкость, декоративные качества), возможности формирования композиционных покрытий соосаждением наряду с ионами хрома различных микро- и наноразмерных добавок, имеющимся технологическим возможностям формирования покрытий в широком диапазоне толщин и др. [1, 2]. К числу эффективных методов повышения свойств электрохимических хромовых покрытий относятся использование в качестве наполнителя детонационных наноалмазов (ДНА) и применение комбинированной обработки покрытий, в частности, нанесение многофункциональных пленок различной природы на поверхность осажденного металла [3 – 5]. Нанесение износостойких хромовых покрытий с наноалмазами известно с 80-х годов прошлого века и апробировано для упрочнения широкого класса деталей различного функционального назначения: элементы узлов трения; металло- и деревообрабатывающий режущий инструмент; инструмент для деформационной

обработки металлов и литья полимеров, резины и др. [4, 5]. Однако высокая концентрация наноалмаза в электролите (до 40 г/л) в существующих технологиях и обусловленные этим значительные первоначальные экономические затраты, недостаточная седиментационная устойчивость дисперсной фазы (ДФ) в таких электролитах, нестабильность качества осаждаемых покрытий, а также относительно невысокие антифрикционные свойства хромнаноалмазных покрытий сдерживают широкое применение ДНА в практике электрохимического хромирования. Повысить эффективность применения наноалмазов для модифицирования хромовых покрытий и улучшить эксплуатационные характеристики покрытий возможно повышением седиментационной устойчивости наноалмазной ДФ за счет снижения содержания наноалмазов в электролите, а также применением дополнительных физико-химических методов обработки осажденного металла, в частности, нанесением оксидных пленок низкотемпературной химической обработкой (НХО) в оксидосодержащей водной суспензии.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследовании процесса осаждения электрохимических хромнаноалмазных покрытий в качестве дисперсной фазы использовались порошок химически очищенных ультрадисперсных алмазов УДА и шихта алмазосодержащая марки

ША-А (ТУ РБ 1000561180.003–2003). В качестве материала катода использовалась сталь Ст. 3 после стандартной предварительной подготовки поверхности. Дисперсная фаза в виде ультрадисперсных алмазов УДА и ультрадисперсной алмазно-графитовой шихты ША-А вводилась в электролит в составе суспензии после проведения специальной активации, направленной на повышение их устойчивости к агрегированию и седиментации. Состав электролитов приведен в таблице 1.

При приготовлении водной суспензии для НХО применялись оксид титана (ТУ 6-09-4860-80) и оксид молибдена (ТУ 6-09-4471-77) в виде порошка, алмазосодержащая шихта ША-А, а также тиомочевина (ГОСТ 6344-73) в качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ).

Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализы образцов выполнялся на дифрактометре ДРОН 3.0. Съёмки проводили в монохроматизированном CoK_{α} излучении при ускоряющем напряжении 30 кВ и анодном токе 10 мА. Параметр кристаллической решетки сплавов определялся по дифракционным линиям, расположенным на больших углах рассеяния. Для фазового анализа использовалась стандартная картотека PDF-2. Твердость сплавов по Виккерсу измерялась на приборе ТП при нагрузке 294 кН, микротвердость – на микротвердомере «Micromet-II» с нагрузкой 980 Н. Исследование морфологии образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе «Miga» фирмы «Tescan» (Чехия) и атомно-силовом микроскопе НАНОТОП-206 (ИММС НАН Беларусь). Исследование элементного состава проводилось с помощью микро-рентгеноспектрального анализатора «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия). Металло-

графические исследования осуществлялись на микроскопе Альтами МЕТ1МТ.

Для рентгенографического определения внутренних напряжений в хромовом покрытии использовался способ наклонной съёмки [6]. Рентгеновская съёмка выполнялась на дифрактометре ДРОН 2.0 в монохроматизированном CoK_{α} излучении при ускоряющем напряжении 30 кВ и анодном токе 10 мА в режиме сканирования (по точкам) с шагом 0,10 и временем набора импульсов на точку, равном 20 с.

Триботехнические испытания проводились на автоматизированном трибометре АТВП, работающем по схеме возвратно-поступательного перемещения призматического образца по контртелу. В качестве контртела использовалась пластина, изготовленная из закаленной углеродистой стали 60Г с твердостью $HV=7840$ МПа. Средняя скорость перемещения образца относительно контртела в процессе испытаний составляла ~0,1 м/с. Номинальное контактное давление испытаний составляло $p = 1,0$ МПа. Измерение величины износа по массе образцов осуществлялось на аналитических весах АДВ-200М. Интенсивность изнашивания Iq определялась на стадии установившегося изнашивания как отношение потери массы к пути трения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Электрохимическое нанесение хромноалмазных покрытий направлено, в первую очередь, на повышение износостойкости рабочих поверхностей элементов трибосопряжений. В силу малого размера частиц наноалмазов и невысокого их содержания в металлическом покрытии (0,05 – 1,0 мас. %) существенное повышение износо-

Таблица 1 – Состав электролитов для осаждения покрытий, г/л

Компоненты	Условное обозначение электролита							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6*	№ 7	№ 8
	Концентрация, г/л							
Оксид хрома CrO_3	250							
Серная кислота H_2SO_4	2,5							
Ультрадисперсный алмаз УДА	-	1,2	-	5,1	-	5,1	15,0	-
Ультрадисперсная шихта ША-А	-	-	1,2	-	5,1	-	-	15,0

Примечание: *срок эксплуатации электролита 12 месяцев.

стойкости, микротвердости, коррозионной стойкости не может быть обусловлено только чрезвычайно высокой твердостью алмаза. В основе благоприятного нарастания эксплуатационных свойств электрохимических покрытий, модифицированных наноалмазами, лежит целый ряд позитивных изменений структуры металлонаноалмазного осадка. Наличие в покрытии чрезвычайно развитых по площади и прочных по химическим связям граничных слоев «металл-алмаз» обеспечивает не только износостойкость, но и повышенную микротвердость. Расчеты показывают, что в композиционном электрохимическом покрытии, содержащем 1 мас. % наноалмазов со средней удельной поверхностью порядка 300 м²/г, площадь граничных слоев достигает 20 – 25 м²/см [7]. Высокая химическая и адсорбционная активность поверхности частиц наноалмазов обеспечивает более высокий уровень упрочнения покрытия, чем поверхность любых других известных ультрадисперсных частиц. Таким образом, частицы наноалмазов обеспечивают формирование таких свойств поверхности раздела фаз в покрытии, при которых граница раздела «металл-наноалмаз» служит не слабым элементом, как это бывает в случае с обычными примесями, а напротив, усиливающим и упрочняющим элементом в структуре композиционного покрытия.

Катодный процесс при электрохимическом осаждении покрытий включает параллельное протекание трех восстановительных реакций на катоде:

1) восстановление ионов $Cr(VI)$ до металла:
 $Cr^{6+} + 6e \rightarrow Cr^0$;

2) неполное восстановление ионов хрома $Cr(VI)$ до $Cr(III)$: $Cr^{6+} + 3e \rightarrow Cr^{3+}$;

3) восстановление ионов водорода:



Исследование катодного процесса показало, что введение в электролит хромирования очищенных частиц УДА приводит к смещению потенциала катода в область более электроотрицательных значений, и с возрастанием концентрации УДА это смещение увеличивается. При этом изменяется скорость катодного процесса, которая определяется величиной тока на катоде. После введения частиц УДА в электролит хромирования в процессе электроосаждения наблюдается увеличение скорости реакции

восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} , и в области осаждения металлического хрома скорость катодного процесса в электролите с содержанием УДА также выше, чем в электролите без наноалмаза. При использовании в качестве дисперсной фазы электролита хромирования алмазно-графитовой шихты ША-А при концентрации $C_a = 1,2-5,1$ г/л потенциал катода смещается в область менее отрицательных значений. В области частичного восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} и образования жидкофазной катодной пленки скорости реакций примерно такие же, как и в электролитах № 1 и № 4, однако эти процессы начинаются при менее отрицательных значениях потенциала катода. При повышении концентрации алмазно-графитовой шихты до $C_a = 15$ г/л скорость реакции $Cr^{6+} + 3e \rightarrow Cr^{3+}$ несколько уменьшается. По-видимому, шихта, являясь проводящим материалом, при повышении концентрации замедляет и частично блокирует процессы образования жидкофазной катодной пленки и восстановления ионов хрома.

Влияние частиц наноалмаза на процессы, протекающие при электроосаждении хромовых, обусловлено их высокой химической активностью и большой адсорбционной способностью. При образовании катодной пленки частицы наноалмазов включаются в ее состав и оказывают влияние на формирование структуры покрытия. Полученные результаты сравнительной съемки с помощью атомно-силовой микроскопии показывают различную дисперсность и текстуру образцов покрытия с применением УДА и ША-А (рис. 1).

Способ срастания кристаллов существенно влияет на характер дефектной структуры покрытия, включая тип, плотность и взаимное расположение дефектов кристаллической решетки. От механизма коллективного роста кристаллов в осадке зависит характер преимущественной ориентации зерен относительно поверхности катода, то есть текстура покрытий. Присутствие в электролите хромирования графита способствует измельчению кристаллов хрома и образованию явно выраженной текстуры поверхности. При объяснении полученных данных необходимо иметь в виду, что формирование структуры электрохимического покрытия в значительной степени обусловлено соотношением скоростей зарождения и роста кристаллов, и оно опреде-

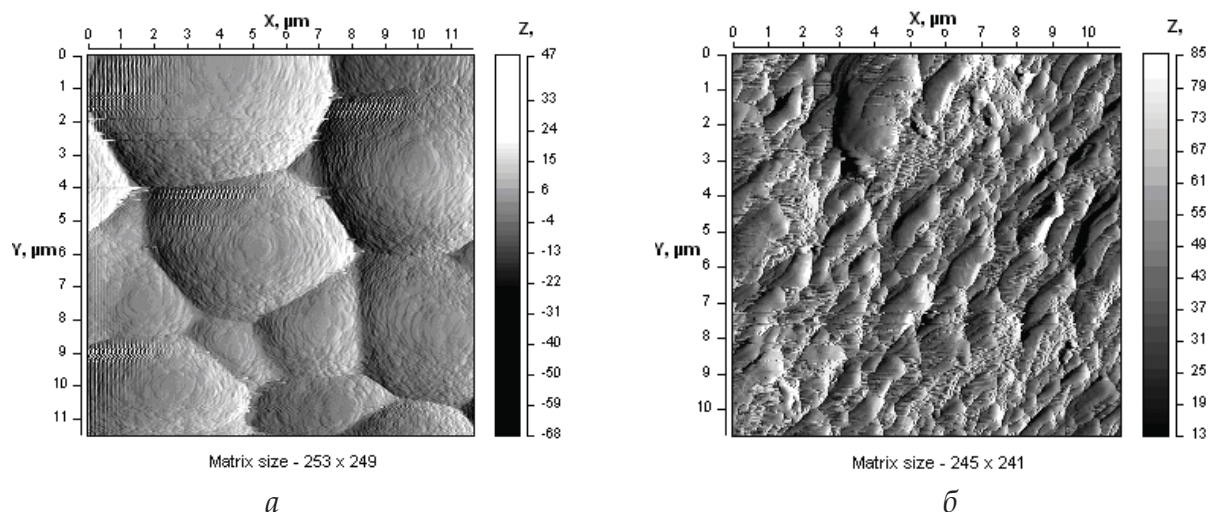


Рисунок 1 – Текстура поверхности хромового покрытия, модифицированного различными видами наноалмазов: а – УДА; б – ША-А

ляет такую важную структурную характеристику покрытий, как дисперсность, то есть размер зёрен. Вероятно, при модифицировании электролита частицами ультрадисперсной алмазно-графитовой шихты ША-А, скорость первого процесса превалирует над скоростью второго, что обуславливает в данном случае формирование мелкокристаллических осадков. Специфическое влияние дисперсной фазы на условия катодной поляризации приводит к изменению структуры получаемых покрытий. В частности, установлено, что покрытия, полученные электрохимическим осаждением в присутствии алмазно-графитовой шихты ША-А, имеют мелкодисперсную микропористую структуру, наиболее благоприятную с точки зрения формирования антифрикционных свойств. Добавление в электролит очищенного ультрадисперсного алмаза УДА приводит к формированию структуры покрытия с большей твердостью и износостойкостью.

Исследование влияния концентрации наноалмазов на структурно-фазовое состояние хромовых покрытий проводилось на образцах, полученных в базовом электролите, а также в электролитах, модифицированных добавками УДА или ША-А с концентрациями $C_a = 1,2, 5,1$ и $15,0$ г/л, продолжительность осаждения электрохимических слоев составляла 3600 с. На рисунке 2 представлены фрагменты рентгеновских дифрактограмм, полученные в $C_o K_a$ излучении от поверхности хромовых покрытий, полученных в базовом электролите и электролитах с различ-

ным содержанием УДА, а в таблице 2 приведены значения микротвердости исследованных покрытий и величины физического уширения рентгеновской дифракционной линии (211). Покрытие, полученное в базовом электролите, содержит хром с ОЦК кристаллической решеткой ($a = 0,2884$ нм), микротвердость его составляет $H_\mu = 7000$ МПа, а величина физического уширения рентгеновской дифракционной линии (211) равняется: $\beta_{211} = 19,5 \cdot 10^{-3}$ рад. Повышенный уровень физического уширения рентгеновских линий указывает на искаженность кристаллической решетки хромового покрытия, что приводит к его высокой твердости. Высокая интенсивность дифракционной линии (211) и относительно низкая интенсивность линии (110) свидетельствуют о текстурованности осажденного слоя (рис. 2 а).

Небольшие концентрации модифицирующих добавок в электролите хромирования ($C_a = 1,2$ г/л) не изменяют фазовый состав осажденного покрытия (рис. 2 б). Вместе с тем регистрируется возрастание физического уширения β_{211} рентгеновских дифракционных линий и увеличение микротвердости сформированных покрытий до значений $H_\mu = 9000$ МПа при введении в электролит ультрадисперсных алмазов и до значений $H_\mu = 8000$ МПа при модифицировании покрытия алмазно-графитовой шихтой (табл. 2).

Увеличение концентрации модифицирующих добавок в электролите до $C_a = 5,1$ г/л не изменяет фазовый состав покрытия (рис. 2 в), однако приводит к увеличению его микротвердости до

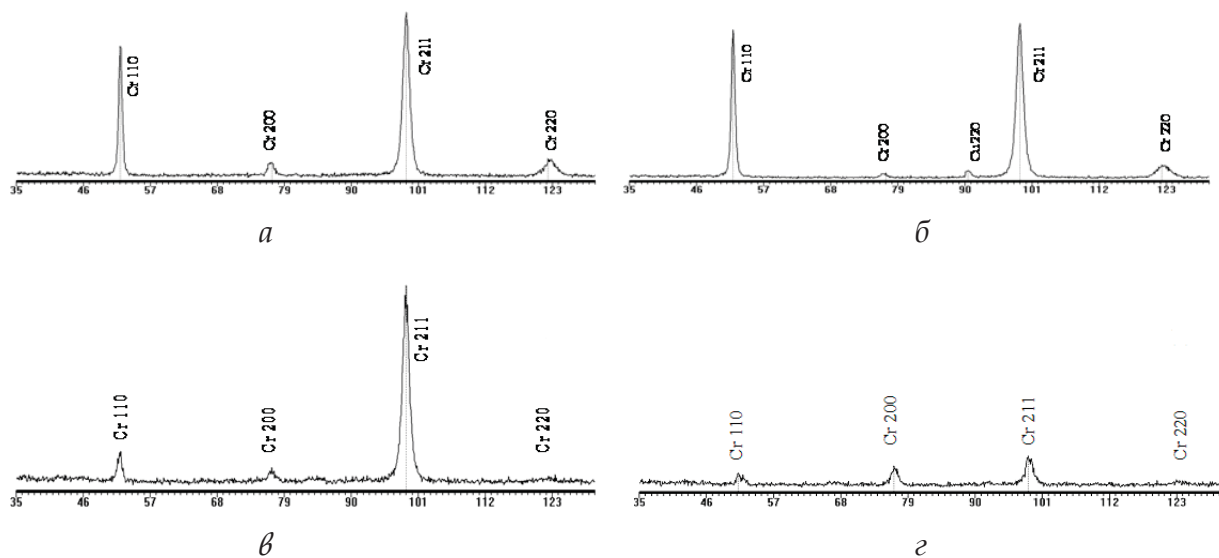


Рисунок 2 – Фрагменты рентгеновских дифрактограмм (CoK_{α}) от электрохимических хромовых покрытий, осажденных из электролитов с различным содержанием УДА: а – $C_a = 0$; б – $C_a = 1,2$ г/л; в – $C_a = 5,1$ г/л; г – $C_a = 15,0$ г/л

уровня $H_{\mu} = 9500 - 12000$ МПа. Величины физического уширения рентгеновской дифракционной линии (211) достигают значений $\beta_{211} = (22,0 - 23,2) \cdot 10^{-3}$ рад. Указанное изменение микротвердости и физического уширения дифракционных линий матричной фазы связано с измельчением размеров зерен хромнаноалмазных покрытий и увеличением концентрации в них дефектов кристаллической решетки. Оба эти фактора приводят к увеличению микротвердости полученного электрохимического покрытия.

Наиболее существенные изменения в структурном состоянии хромовых покрытий регистри-

руются после их осаждения из электролитов, модифицированных высокими концентрациями добавок УДА/ША-А ($C_a = 15,0$ г/л). Присутствие в электролите высокой концентрации наноалмазов существенно изменяет условия осаждения. На рентгеновской дифрактограмме для покрытия, полученного осаждением из электролита, содержащего $C_a = 15,0$ г/л УДА (рис. 2 г) обнаруживается значительное (примерно в 5 раз) по сравнению с дифракционной картиной, полученной от обычного хромового покрытия, снижение интенсивности рентгеновских дифракционных линий (110), (220), (211) при некотором возрастании интенсивности линии (200),

Таблица 2 – Значения микротвердости и физического уширения рентгеновских дифракционных линий хромовых покрытий, осажденных из электролитов различного состава

Концентрация УДА/ША-А в электролите, г/л	Микротвердость H_{μ} , МПа	Физическое уширение $\beta_{211} \cdot 10^{-3}$, рад
0	7000	19,5
1,2 УДА	9000	21,6
1,2 ША-А	8000	20,9
5,1 УДА	12000	23,2
5,1 ША-А	9500	22,0
15,0 УДА	9500	26,1
15,0 ША-А	9300	30,2

что свидетельствует об изменении в данном случае механизма кристаллизации и роста кристаллов хрома. Обнаруженный факт может свидетельствовать об исключительно высокой концентрации дефектов кристаллической решетки хромового покрытия, осажденного из электролита с концентрацией УДА $C_a = 15,0$ г/л. В пользу подобного вывода также свидетельствует и высокий уровень величин физического уширения дифракционных линий (211), достигающий значений $\beta_{211} = (26,1 - 30,2) \cdot 10^{-3}$ рад, что указывает на весьма высокую искаженность кристаллической решетки осажденного хрома и измельчение зеренной структуры. Однако текстурированность осажденных покрытий уменьшается, и их твердость понижается до уровня $H_\mu = 9300 - 9500$ МПа.

Возрастание микротвердости покрытий, полученных из электролитов с добавками УДА/ША-А, по сравнению с базовым хромовым покрытием, объясняется меньшими размерами микрокристаллитов и дисперсным упрочнением в результате включения наночастиц алмаза в состав покрытий. Более низкий уровень микротвердости покрытий, полученных из электролитов с шихтой ША-А, по сравнению с покрытиями, осажденными из хромового электролита с УДА, может быть связан с особенностями структуры покрытий с ША-А, представляющей собой скопление отдельных агломератов микрокристаллитов, и наличием микропор в этих покрытиях.

Концентрация наноразмерной дисперсной фазы электролита относится к числу значимых технологических факторов осаждения хромноалмазного покрытия. Установлено, что структура покрытия с минимальными размерами сфероидов (зерна) формируется при концентрации наноалмазов в электролите, соответствующей $C_a \approx 5 - 6$ г/л. С одной стороны, уменьшение размера сфероидов (зерен) хромноалмазного покрытия с повышением концентрации ДФ в электролите обусловлено увеличением количества наноразмерных углеродных частиц в хромовом покрытии, выступающих в качестве дополнительных центров кристаллизации. С другой стороны, при превышении концентрации ДФ в электролите $C_a > 5 - 6$ г/л осаждаемые в виде крупных агломератов частицы ДФ начинают играть экранирующую роль, затормаживая рост

зерен в нормальном направлении и способствуя их росту в латеральном направлении. Это в результате приводит к снижению скорости роста толщины покрытия (рис. 3 и 4) и увеличению размера зерна.

Высокая твердость модифицированных добавками наноалмазов электрохимических хромовых покрытий обуславливают в значительной степени повышенные противоизносные их свойства, в то же время антифрикционные свойства этих покрытий зачастую оказываются недостаточными. Применяемые методы улучшения антифрикционных свойств электрохимических хромовых покрытий связаны либо с введением в их состав антифрикционных компонентов (дисульфида молибдена, графита и др.), либо с повышением маслосдерживающей способности электрохимического хрома путем применения специальных технологических приемов (нанесение искусственного микрорельефа на их поверхность, формирование сетки микротрещин и др.), что снижает усталостную прочность деталей с покрытиями [8]. Избежать этих негативных последствий при одновременном снижении коэффициента трения хромовых покрытий можно путем нанесения на поверхность покрытия тонкой оксидной пленки в процессе низкотемпературной химической обработки в водной оксидосодержащей суспензии.

В основу процесса низкотемпературной химической обработки положен эффект Ребиндера, который обуславливает влияние среды на механические свойства твердых тел. Данный эффект носит адгезионный характер взаимодействия поверхности твердого тела с окружающей средой и достигается при взаимодействии твердых тел с поверхностно-активными веществами [9, 10]. Для реализации процесса НХО используется насыщающая порошковая смесь на основе оксидов тугоплавких металлов (титана и молибдена), наноразмерная алмазно-графитовая шихта ША-А и тиомочевина. Для приготовления рабочего водного раствора применяются специальные технологические приемы для диспергирования конгломератов и повышения поверхностной активности компонентов. Оксиды титана и молибдена дисперсностью 0,02 – 10 мкм перед введением в воду подвергаются активации путем обработки в энергонапряженном диспергаторе (аттриторе). Контроль степени

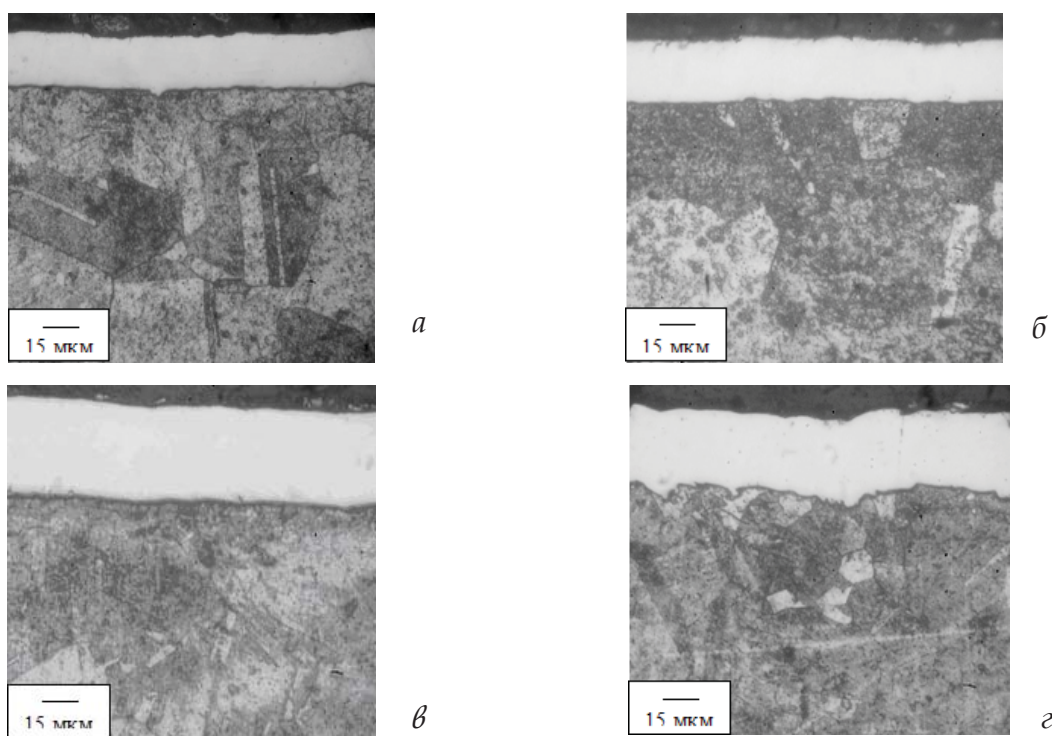


Рисунок 3 – Структура электрохимических хромовых покрытий, осажденных в течение 3600 с из электролитов с различным содержанием нанодIAMONДОВ: а – $C_a = 0$; б – $C_a = 1,2$ г/л; в – $C_a = 5,1$ г/л; г – $C_a = 15,0$ г/л

диспергирования порошка оксида проводился визуальным способом с помощью оптического микроскопа. Затем компоненты подвергались кипячению в течение 4 – 8 ч до достижения кислотности раствора при температуре 96 – 98 °С, pH = 4,5 – 5,0. Водный концентрат ал-

мазосодержащей шихты перед добавлением в рабочую суспензию подвергался ультразвуковой обработке. Окончательно рабочая суспензия готовилась путем смешивания суспензий оксида молибдена, оксида титана и шихты ША-А с добавлением ПАВ (тиомочевины). Антифрикционная оксидосодержащая пленка наносилась на поверхность хромноалмазного покрытия путем НХО в оксидосодержащей водной суспензии при температуре 94 – 96 °С в течение 45 – 60 мин и последующей термической обработки на воздухе при температуре 180 – 200 °С в течение 60 – 90 мин.

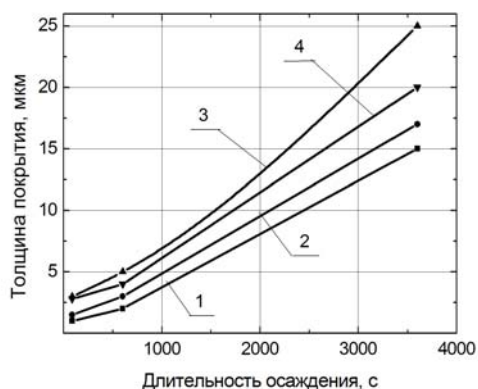


Рисунок 4 – Кинетика роста толщины электрохимического хромового покрытия, осажденного из электролита с различным содержанием нанодIAMONДОВ: 1 – $C_a = 0$; 2 – $C_a = 1,2$ г/л; 3 – $C_a = 5,1$ г/л; 4 – $C_a = 15,0$ г/л

Исследования характера формирования антифрикционной пленки на поверхности хромового покрытия, напряженного состояния последнего и свойств композитного слоя проводились для случаев осаждения гальванического покрытия из базового электролита хромирования, а также композиционных электролитов хромирования с дисперсной фазой в виде частиц УДА или ША-А.

Возникновение внутренних напряжений в электрохимическом покрытии в случае нанесения на его поверхность методом НХО оксидо-

содержащей пленки связано с диффузионными процессами, происходящими в процессе химико-термической обработки. При реализации процесса НХО стадия химической обработки в кипящей водной суспензии сопровождается образованием воздушных пузырьков, их «схлопыванием» и появлением потока энергии, что является необходимым условием вывода системы из состояния равновесия. При низкотемпературной химической обработке электрохимического хромового покрытия в рабочей суспензии при температуре 94 – 96 °С происходит распад молекул рабочих компонентов на активные атомы и адсорбция их поверхностью металла покрытия, а также может происходить их первичная диффузия вглубь металла. Последующая термообработка при температуре 180 – 200 °С способствует дальнейшей диффузии активных ионов в металл.

Рентгеноструктурный анализ позволяет исследовать кристаллическую структуру материала, а также изменения, происходящие в этой структуре в результате различных видов обработки. Перераспределение в упрочненном образце внутренних напряжений приводит к смещению линий на рентгенограмме. Это объясняется одинаковым относительным изменением межплоскостного расстояния у всех плоскостей кристаллической решетки, ориентированных под одним углом к действующим напряжениям. Определение остаточных напряжений рентгеновским методом основано на измерении микродеформации кристаллической решетки материала под действием этих напряжений. Для определения смещения линий съемка рентгенограмм производилась с образцов хромового покрытия в исходном состоянии, а затем с образцов, подвергнутых НХО.

Расчет напряжений в направлении продольной оси пластинчатых образцов проводился по формуле [11]

$$\sigma_{\psi} = \frac{E}{1 + \mu} \cdot \frac{d_{\psi} - d_0}{d_0} \cdot \frac{1}{\sin^2 \psi}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости, μ – коэффициент Пуассона, ψ – угол наклона, d_{ψ} – межплоскостное расстояние для дифракционных линий (311) хромноалмазного покрытия, снятых под углом $\psi = 40^{\circ}$, d_0 – межплоскостное расстояние для дифракционных линий (311) хромноалмазного покрытия, снятых под углом $\psi = 0^{\circ}$.

Для уменьшения инструментальной погрешности юстировки рентгеновского аппарата съемка проводилась под углами $\psi = 0^{\circ}, 20^{\circ}$ и 40° , и затем строился график зависимости углового положения дифракционных линий (311) от угла наклона съемки ψ для образцов покрытия в исходном состоянии (режим G1), а также для образцов, прошедших обработку в водных оксидосодержащих суспензиях без добавки частиц шихты ША-А (режим G2) и с добавкой шихты ША-А в суспензию (режим G3). Поправка на инструментальную погрешность юстировки для $\psi = 40^{\circ}$ составляла $2\theta = 0,1^{\circ}$. Кроме того, осуществлялась рентгеновская съемка эталонного порошка, нанесенного на поверхность исследуемого образца хромового покрытия. В качестве эталона использовался порошок фазы Fe_3W_3C , выделенной из закаленной быстрорежущей стали P12. Значения d_{ψ} , d_0 и $\sin^2 \psi$ приведены в таблице 3.

В результате рентгеноструктурных исследований выявлено, что при нанесении поверхностной оксидосодержащей пленки в электрохимическом хромноалмазном покрытии макронапряжения растяжения (порядка +50 МПа) заменяются напряжениями сжатия (порядка –180 МПа). Известно, что под действием остаточных растягивающих напряжений происходит самопроизвольное зарождение и распространение трещин, возникновение объемных

Таблица 3 – Результаты рентгеновской съемки (при $\psi = 40^{\circ}$)

Режим обработки	Тип покрытия	$2\theta_{\psi}^{(311)}$, град	$2\theta_0^{(311)}$, град	$d_{\psi}^{(311)}$, нм	$d_0^{(311)}$, нм	$\sin^2 \psi$	σ , МПа
Режим G1	хром-УДА	114,7	114,68	1,0631	1,0632	0,4132	+50
Режим G2	хром-УДА+НХО	114,75	114,68	1,0627	1,0632	0,4132	–180
Режим G3	хром-УДА+НХО (ША-А)	114,75	114,68	1,0627	1,0632	0,4132	–180



а

б

в

Рисунок 5 – Микрорельеф поверхностной пленки (а) и отдельных ее участков (б, в) на обработанном методом НХО хромалмазном покрытии с преимущественным содержанием оксидов молибдена (б) и титана (в)

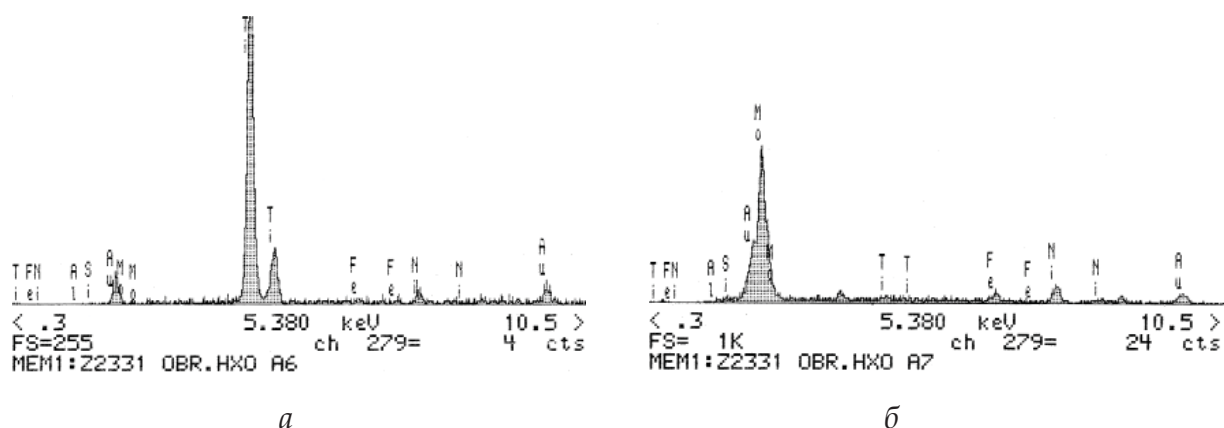
напряженных состояний, стимулирование коррозионно-окислительных процессов, точечной коррозии. В то же время сжимающие напряжения способствуют благоприятному перераспределению напряжений в условиях эксплуатации и приводят к разгрузке поверхностных слоев металла. Таким образом, формирование в процессе НХО в хромнаноалмазном покрытии внутренних напряжений сжатия уменьшает вероятность его разрушения при трении и увеличивает ресурс трибосопряжений, содержащих подобные композитные слои.

Проведенные с помощью методов сканирующей электронной микроскопии и микро-рентгеноспектрального анализа исследования показали, что в результате низкотемпературной химической и последующей термической обработок на поверхности хромнаноалмазного

покрытия формируется пленка толщиной 5–10 мкм, микрорельеф которой представлен на рисунке 5 а (x1000). Из приведенной иллюстрации видно, что структура пленки неоднородна, более гладкие темные участки чередуются со светлыми «коралловыми» образованиями. Эти участки при большем увеличении (x4000) представлены на рисунке 5 б, в.

Рентгеноспектральный анализ этих зон показал их отличие по элементному составу с преобладающим содержанием титана (рис. 6 а) в светлых зонах и молибдена (рис. 6 б) в темных зонах.

Модифицированная подобным образом поверхность обладает улучшенными антифрикционными свойствами и повышенной износостойкостью, так как при трении деформация локализуется в поверхностной оксидной пленке, характеризующейся низким сопротивлением



а

б

Рисунок 6 – Рентгеноспектральный анализ поверхности хромнаноалмазного покрытия с нанесенной оксидной пленкой: а – преобладание оксидов титана; б – преобладание оксидов молибдена

сдвигу, разрушение микроконтактов модифицированных поверхностей происходит без распространения на окружающие области электрохимического покрытия и перехода в задиры.

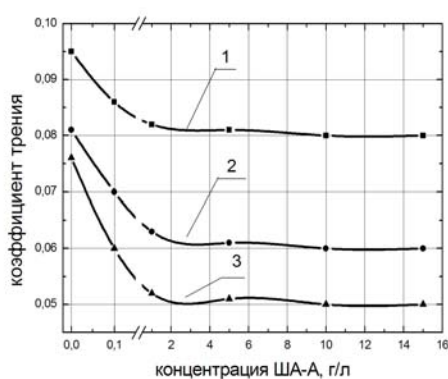
Проведено сравнение антифрикционных и противоизносных свойств покрытий из «чистого» хрома и двух видов хромноалмазных покрытий (хром-УДА, хром-ША-А), имеющих на поверхности антифрикционную пленку, нанесенную методом НХО из водной суспензии оксидов и частиц шихты ША-А при различной концентрации последней (рис. 7). Из полученных данных следует, что добавление частиц ША-А в оксидосодержащую суспензию повышает как антифрикционные, так и противоизносные свойства композитных слоев, состоящих из электрохимических хромовых покрытий и оксидной поверхностной пленки. Антифрикционные свойства резко повышаются уже при небольшой (~ 0,5 г/л) концентрации шихты ША-А в суспензии, и при дальнейшем ее повышении наступает стадия стабилизации коэффициента трения. При повышении концентрации шихты ША-А в водной суспензии от $C_a = 0$ до $C_a = 5$ г/л наблюдается снижение коэффициента трения от $f = 0,096$ до $f = 0,082$ для «чистого» хромового покрытия, от $f = 0,085$ до $f = 0,060$ – для покрытия хром-УДА и от $f = 0,077$ до $f = 0,052$ – для покрытия хром-АШ-А.

Улучшение противоизносных свойств электрохимических покрытий на основе хрома при нанесении на них антифрикционной пленки из водной суспензии с различным содержанием

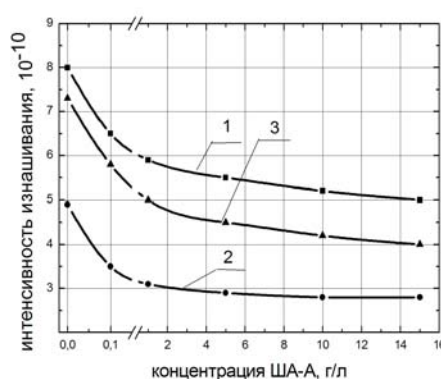
шихты ША-А происходит не так резко, однако тенденция к снижению интенсивности изнашивания покрытий наблюдается во всем исследованном диапазоне концентраций ША-А в оксидосодержащей суспензии ($C_a = 0-15$ г/л). Так, например, по мере увеличения содержания ША-А от $C_a = 0$ до $C_a = 15$ г/л интенсивность изнашивания падает с $I_h = 8,3 \cdot 10^{-10}$ до $I_h = 5,4 \cdot 10^{-10}$ для «чистого» хромового покрытия, с $I_h = 7,5 \cdot 10^{-10}$ до $I_h = 4,2 \cdot 10^{-10}$ для покрытия хром-УДА и с $I_h = 4,9,5 \cdot 10^{-10}$ до $I_h = 3,2 \cdot 10^{-10}$ для покрытия хром-ША-А. В то же время следует отметить, что наиболее резко (до 70 – 80 % от общего роста) снижение интенсивности изнашивания покрытий наблюдается при увеличении концентрации ША-А в суспензии от $C_a = 0$ до $C_a = 5$ г/л.

Таким образом, введение шихты ША-А в состав оксидосодержащих водных суспензий при НХО является эффективным приемом повышения триботехнических свойств композитных слоев, состоящих из электрохимического хромового покрытия и антифрикционной оксидной пленки. Оптимальное содержание ША-А в оксидосодержащей суспензии при НХО электрохимических хромовых покрытий находится в пределах $C_a = 0,5-5,0$ г/л. Использование более концентрированной суспензии экономически нецелесообразно.

Разработанный способ получения композитного покрытия на деталях узлов трения, включающий электрохимическое осаждение из электролита, содержащего взвесь частиц наноалмаза



а



б

Рисунок 7 – Зависимость коэффициента трения (а) и интенсивности изнашивания (б) электрохимических покрытий на основе хрома с нанесенной методом НХО поверхностной антифрикционной пленкой от содержания шихты ША-А в водной суспензии: 1 – хром; 2 – хром-УДА; 3 – хром-ША-А

и хром, отличается тем, что перед приготовлением электролита суспензию частиц наноалмаза подвергают активации путем обработки в диспергаторе при количестве подаваемой механической энергии 10 – 15 кДж/г, а на полученную после электрохимического осаждения поверхность дополнительно наносят антифрикционный слой из суспензии оксидов титана и молибдена в воде в присутствии поверхностно-активных веществ путем низкотемпературной химической обработки при следующих режимах: температура – 90 – 96 °С, концентрация оксидов титана и молибдена в воде – 70 – 100 г/л при соотношении оксид титана/оксид молибдена 1/4, длительность выдержки – 45 – 60 мин. После этого осуществляют термообработку деталей при температуре 180 – 200 °С в течение 60 – 90 мин.

По разработанной технологии были изготовлены экспериментальные образцы элементов узлов трения погружных насосов (рис. 8) с износостойким покрытием хром-УДА и антифрикционной пленкой.

Изготовленные детали с композитным покрытием были подвергнуты стендовым испытаниям в сравнении с деталями, имеющими «чистое» хромовое покрытие и покрытие хром-УДА без пленки. Результаты испытаний сведены в таблице 4.

Анализ приведенных в таблице 4 данных показывает, что формирование на поверхности износостойкого электрохимического хромнано-

алмазного покрытия оксидной пленки толщиной 5 – 10 мкм позволяет для случая сухого трения снизить на 35 – 60 % коэффициент трения материала покрытия и в 1,5 – 2,0 раза интенсивность его изнашивания, для случая граничного трения коэффициент трения снижается на 20 – 35 % и износостойкость повышается на 12 – 25 %, а в целом положительный эффект от формирования композитного слоя «хромнаноалмазное покрытие – оксидная пленка» по сравнению с «чистым» хромом выражается в снижении на 40 – 55 % коэффициента трения и в 1,8 – 2,4 раза интенсивности изнашивания для случая

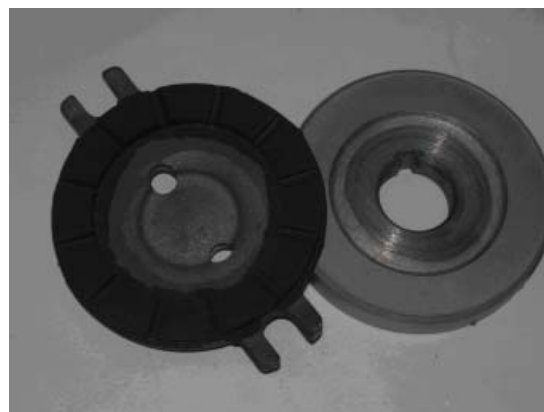


Рисунок 8 – Подпятник и опорная пята с износостойким покрытием хром-УДА и антифрикционной пленкой погружного центробежного насоса марки ЭЦВ

Таблица 4 – Сравнительная характеристика различных типов покрытий

Наименование показателя	Тип покрытия		
	хром	хромнаноалмаз (5г/л)	хромнаноалмаз (5 г/л)+НХО
Толщина, мкм	49 – 53	28 – 30	35 – 37 (общая)
Микротвёрдость, МПа	8500 – 8600	12300 – 12600	11800 – 12000
Коэффициент сухого трения (по стали)	0,65 - 0,67	0,44 – 0,56	0,29 – 0,37
Коэффициент граничного трения (по стали)	0,083 – 0,090	0,075 – 0,078	0,058 – 0,060
Коэффициент трения в воде с резиной	0,10 – 0,12	0,083 – 0,089	0,075 – 0,077
Относительная износостойкость при сухом трении	1	6 – 10	12 – 15
Относительная износостойкость при граничном трении	1	1,5 – 1,6	1,8 – 2,4

граничного трения и повышении в 1,7 – 2,2 раза антифрикционных свойств и в 12 – 15 раз – износостойкости для случая сухого трения.

ВЫВОДЫ

Установлено, что характер протекания катодных реакций при электрохимическом осаждении хромнаноалмазных покрытий зависит от типа вводимого в электролит наноалмаза. При введении очищенного наноалмаза происходит смещение потенциалов в область более отрицательных значений за счет возрастания электрического сопротивления в прикатодной области, что увеличивает катодную поляризацию. Введение в электролит хромирования в качестве дисперсной фазы наноразмерной алмазно-графитовой шихты приводит к смещению потенциала катода в область менее отрицательных значений, причем по мере увеличения концентрации шихты происходит частичное блокирование процессов восстановления ионов хрома в прикатодной области. Такое влияние дисперсной фазы на условия катодной поляризации приводит к изменению структуры получаемых покрытий. В частности, установлено, что добавление в электролит очищенного ультрадисперсного алмаза УДА приводит к формированию структуры покрытия с большей твердостью и износостойкостью, а покрытия, полученные электрохимическим осаждением в присутствии алмазно-графитовой шихты ША-А, имеют мелкодисперсную микропористую структуру, наиболее благоприятную с точки зрения формирования антифрикционных свойств.

Показано, что концентрация наноразмерной дисперсной фазы электролита относится к числу значимых технологических факторов осаждения хромнаноалмазного покрытия, а структура с минимальными размерами сфероида (зерна) формируется при концентрации наноалмазов

в электролите, соответствующей $C_a \approx 5 - 6$ г/л. С одной стороны, уменьшение размера сфероидов (зерен) хромнаноалмазного покрытия с повышением концентрации ДФ в электролите обусловлено увеличением количества наноразмерных углеродных частиц в хромовом покрытии, выступающих в качестве дополнительных центров кристаллизации. С другой стороны, при превышении концентрации ДФ в электролите $C_a > 5 - 6$ г/л осаждаемые в виде крупных агломератов частицы ДФ начинают играть экранирующую роль, затормаживая рост зерен в нормальном направлении и способствуя их росту в латеральном направлении.

Показано, что формируемая в процессе низкотемпературной химической обработки оксидная пленка на поверхности электрохимического хромового покрытия способствует появлению в последнем внутренних напряжений сжатия, уменьшению вероятности его разрушения при трении и увеличению ресурса трибосопряжений, содержащих подобные композитные слои. Формирование на поверхности износостойкого электрохимического хромнаноалмазного покрытия оксидной пленки толщиной 5 – 10 мкм позволяет для случая сухого трения снизить на 35 – 60 % коэффициент трения материала покрытия и в 1,5 – 2,0 раза интенсивность его изнашивания, для случая граничного трения коэффициент трения снижается на 20 – 35 % и износостойкость повышается на 12 – 25 %, а в целом положительный эффект от формирования композитного слоя «хромнаноалмазное покрытие – оксидная пленка» по сравнению с «чистым» хромом выражается в снижении на 40 – 55 % коэффициента трения и в 1,8 – 2,4 раза интенсивности изнашивания для случая граничного трения и повышении в 1,7 – 2,2 раза антифрикционных свойств и в 12 – 15 раз износостойкости для случая сухого трения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витязь, П.А., Жорник, В.И., Кукареко, В.А., Комаров, А.И., Сенють, В.Т. (2011). Модифицирование материалов и покрытий наноразмерны-

REFERENCES

1. Vityaz, P.A., Zhornik, V.I., Kukareko, V.A., Komarov, A.I., Senyut, V.T. (2011), Modification of materials and coatings by nanosized diamond containing additives [Modifitsirovaniye

- ми алмазосодержащими добавками. Минск: Беларус. навука, 527 с.
2. Чекан, В.А., Маркова, Л.В., Пинчук, Т.И., Ивахник, А.В. (2005). Разработка методики приготовления пластичных смазок для исследования их структурного каркаса методом сканирующей электронной микроскопии. Заводская лаборатория, (10), с. 19–21.
 3. Караваев, М.Г., Кукареко, В.А. (2001). Автоматизированный трибометр с возвратно-поступательным движением. Надежность машин и технических систем (1), с. 37–39.
 4. Витязь, П.А., Жорник, В.И., Кукареко, В.А., Камко, А.И. (2006). Формирование износостойких поверхностных структур и механизм фрикционного разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазграфитовыми добавками. Ч. 1. Триботехнические свойства. Трение и износ, (1), с. 61–68.
 5. Витязь, П.А., Жорник, В.И., Кукареко, В.А., Камко, А.И. (2006). Формирование износостойких поверхностных структур и механизм фрикционного разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазграфитовыми добавками. Ч. 2. Модель разрушения. Трение и износ. (2), с. 196–200.
 6. Комяк, Н.И., Мясников, Ю.Г. (1972). Рентгеновские методы и аппаратура для определения напряжений, Л.: Машиностроение, 88 с.
 7. Долматов, В.Ю. (2011). Детонационные наноалмазы. Получение, свойства, применение. С.-Петербург: НПО «Профессионал», 536 с.
 8. Солодкова, Л.Н., Кудрявцев, В.Н. (2007). Электролитическое хромирование. М.: Глобус, 192 с.
 9. Шматов, А.А., Смиловенко, О.О. (2009). Низкотемпературное поверхностное упрочнение materialov i pokrytiy nanorazmernymialmazosoderzhashchimi dobavkami]. Minsk: Belaruskaya. Navuka – Belarusian Science, 527 p.
 2. Chekan, V.A., Markova, L.V., Pinchuk, T.I., Ivakhnik, A.V. (2005), Development of methods for preparation of greases for study of their structural frame by scanning electron microscopy [Razrabotka metodiki preparirovaniya plastichnykh smazok dlya issledovaniya ikh strukturnogo karkasa metodom skaniruyushchey elektronnoy mikroskopii]. Zavodskaya laboratoriya – Factory laboratory, (10), pp. 19-21
 3. Karavaev, M.G., Kukareko, V.A. (2001), Automated tribometer with reciprocating [Avtomatizirovanny tribometr s vozratno-postupatel'nyim dvizheniyem]. Nadezhnost mashin i tekhnicheskikh sistem – Reliability of machines and technical systems, (1), pp. 37-39.
 4. Vityaz, P.A., Zhornik, V.I., Kukareko, V.A., Kamko, A.I. (2006), Formation of wear-resistant surface structures and mechanism of frictional destruction during friction in environment of lubricant modified by ultra dispersed diamond-graphite additives. Part 1. Tribological properties [Formirovaniye iznosostoykikh poverkhnostnykh struktur i mekhanizm friktsionnogo razrusheniya pri trenii v srede smazochnogo materiala, modifitsirovannogo ul'tradispersnymialmazografotovymi dobavkami. Ch. 1. Tribotekhnicheskiye svoystva]. Treniye i iznos - Friction and Wear, (1), pp. 61-68.
 5. Vityaz, P.A., Zhornik, V.I., Kukareko, V.A., Kamko, A.I. (2006), Formation of wear-resistant surface structures and mechanism of frictional destruction during friction in environment of lubricant modified by ultra dispersed diamond-graphite additives. Part 2. Model of destruction [Formirovaniye iznosostoykikh poverkhnostnykh struktur i mekhanizm friktsionnogo razrusheniya pri trenii v srede smazochnogo materiala, modifitsirovannogo ul'tradispersnymialmazografotovymi dobavkami. Ch. 2. Model

- алмазного инструмента. Вестник БНТУ. (1), с. 27–32.
10. Смиловенко, О.О., Жорник, В.И., Штемплук, Р.Г., Корженевский, А.П., Прокопович, Н.Н. (2008). Способ получения композиционного покрытия: патент 11387 Респ. Беларусь.
 11. Жорник, В.И., Верещагин, В.А., Полуян, А.И. (1997). Методы стабилизации температурного режима и снижения напряженного состояния при электроконтактном нанесении порошковых покрытий. Материалы, технологии, инструменты. (3), с. 28-30.
 6. Komyak, N.I., Myasnikov, Yu.G. (1972), X-ray methods and apparatus for measurement of stresses [Rentgenovskiye metody i apparatura dlya opredeleniya napryazheniy]. Mashinostroenie – Engineering, 88 p.
 7. Dolmatov, V.Yu. (2011). Detonation nanodiamonds. Preparation, properties and application [Detonatsionnyye nanoalmazy. Polucheniye, svoystva, primeneniye]. S.-Peterburg: NPO «Professional» - St. Petersburg NGO "Professional", 536 p.
 8. Solodkova, L.N., Kudryavtsev, V.N. (2007), Electrolytic chromium-plating [Elektroliticheskoye khromirovaniye]. Moscow, Globus, 192 p.
 9. Shmatov, A.A., Smilovenko, O.O. (2009), Low-temperature surface hardening of diamond tool [Nizkotemperaturnoye poverkhnostnoye uprochneniye almaznogo instrumenta]. Vestnik BNTU - Bulletin of National Technical University, (1), pp. 27-32.
 10. Smilovenko, O.O., Zhornik, V.I., Shtempluk, R.G., Korzeniowski, A.P. Prokopovych, N.N. (2008), A method for production of composite coating [Sposob polucheniya kompozitsionnogo pokrytiya]. Patent 11387 Resp. Belarus.
 11. Zhornik, V.I., Vereshchagin, V.A., Polujan, A.I. (1997), Methods of stabilization of temperature regime and reduction of stress state for electrocontact formation of powder coating [Metody stabilizatsii temperaturnogo rezhima i snizheniya napryazhennogo sostoyaniya pri elektrokontaktном nanesenii poroshkovykh pokrytiy]. Materialy, tekhnologii, instrumenty – Materials, technologies and tools, (3), pp. 28-30.

Статья поступила в редакцию 11.01.2014 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.А. Москалец, А.С. Ковчур, В.К. Шелег

УДК 539.3:621.726/УДК 620.179.112

РЕФЕРАТ

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ЖИДКОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СМАЗКИ, ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПЛАСТИФИКАТОР, КОЭФФИЦИЕНТ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

В представленной статье с использованием структурной модели неупругого деформирования порошковых материалов описан процесс уплотнения порошковых материалов в замкнутом объеме, уточнено условие пластичности с точки зрения жидкодинамической теории смазки. На основании этого в статье проведен ряд теоретических исследований по обоснованию выбора пластификатора, используемого при подготовке технологических смесей порошковых материалов. Результаты статьи могут быть использованы при экспериментальных исследованиях процессов формования порошковых материалов и проектировании оснастки.

ABSTRACT

PLASTIC DEFORMATION, POWDER MATERIALS, SOFTENER, FACTOR OF AN INTERNAL FRICTION, CONTACT FRICTION IN PROCESSES OF PROCESSING OF METALS BY PRESSURE, LIQUID DYNAMICS GREASING THEORIES

The theoretical substantiation of structural model which describes not elastic deformation of powder materials is determined in the paper. The condition of plasticity and with uses the liquid dynamics greasing theories and friction is specified. The processes of consolidation of a powder material are described in the article. The results of the investigation can be used in the experimental researches of the formation processes of a powder material, for the optimization of softener choice and for equipment designing.

Целью данной статьи является поиск и теоретическое обоснование условий пластичности порошковых материалов. Соответственно ставится и решается следующая задача: используя теоретическое обоснование структурной модели неупругого деформирования порошковых материалов уточнить на ее основе условие пластичности с использованием жидкодинамической теории смазки, описывающее процесс уплотнения порошковых материалов в замкнутом объеме, и формирование предпосылок для оптимального выбора пластификатора.

В общем случае любые реально протекающие процессы включают в себя бесконечно много геометрических особенностей, свойств материала, характера внешних нагружений и т. п. В практических расчетах учесть абсолютно все особенности рассматриваемого объекта, которые как-либо влияют на его поведение, при ограниченной мощности вычислительных средств невозможно, а самое главное, и не нужно. Поэтому мы заменили объект одной из множества име-

ющихся сегодня физических моделей. Выбирая модель, мы исходили из того, что она должна обладать конечным числом особенностей из числа тех, которые присущи исходному объекту. При этом некоторые из свойств объекта при переносе на эту модель могли подвергаться ряду каких либо изменений, которые, оказывая незначительные влияния на интересующие нас стороны поведения исследуемого объекта, смогли бы существенно упростить его теоретически-модельное представление, а значит, упростить и само исследование.

Необходимым условием получения беспористых изделий является способность материала к пластическому деформированию. Соответственно общее условие пластичности для порошковых материалов можно записать как

$$\frac{\sigma^2}{2 \cdot \psi} + \frac{T^2}{\varphi} = \rho \cdot \tau_0^2,$$

где σ – среднее напряжение; T – интенсивность

касательных напряжений сдвига; τ_0 – предел текучести на сдвиг вещества твердой фазы; ψ, φ – функции относительной плотности ρ .

Это условие описывает механическое поведение несплошных тел, которые деформируются во время пластического сдвига твердой фазы. В этом случае предел текучести порошковых материалов в твердой фазе τ_s не зависит от такой величины, как σ (среднее напряжение) [1, 2].

Нужно напомнить, что порошковый материал представляет собой некоторую совокупность частиц, способных пластически деформироваться как за счет пластического сдвига этой совокупности частиц, так и за счет скольжения относительно друг друга этой же совокупности контактирующих частиц. Поэтому для порошкового тела будем рассматривать два предела текучести: это трения скольжения $\tau_{ск}$ и сдвиг τ_s . Предел текучести скольжения $\tau_{ск}$ зависит от величины среднего напряжения σ , эту зависимость примем в форме закона трения Кулона:

$$\tau_{ск} = K_0 - f\sigma, \quad (1)$$

где K_0 – константа сдвигового сцепления; f – коэффициент внутреннего трения. С ростом сжимающего среднего напряжения σ величина $\tau_{ск}$ стремится к своему предельному значению τ_0 , равному пределу текучести сдвига τ_s для пластичных частиц или пределу сдвиговой прочности τ_b для хрупких частиц.

Но для частиц, приближенных к сферической форме и одинакового диаметра, даже при самом плотном размещении невозможно освободиться от образования пор. Уменьшение количества пор можно добиться введением второй фракции частиц, имеющих меньшие размеры, которые могут разместиться в пустотах между более крупными частицами и заполнить места, где потенциально могут образоваться поры. При использовании этого условия тело можно принять как приближенное к гипотетически беспористому. И соответственно условие пластичности гипотетического беспористого тела определим как условно-гладкое и запишем в виде

$$T = K_0 - f\sigma \text{ при } \sigma \leq \sigma^*; T = \tau_0 \text{ при } \sigma > \sigma^*, \quad (2)$$

где σ^* – среднее напряжение, при котором наступает пластическая деформация или разрушение частиц, $\sigma^* = (K_0 - \tau_0)/f$. Условно-гладким будет и условие пластичности для гипотетического пористого тела, которое найдем при предельном переходе из упругой области в пластическую область с использованием гипотезы Бельтрами. В работах [3, 4] при предельном переходе получено следующее условие пластичности:

$$\frac{\sigma^2}{2 \cdot \psi} + \frac{T^2}{f} = \rho(K_0 - f\sigma)^2 \text{ при } \sigma \leq \sigma^*, \quad (3)$$

$$\frac{\sigma^2}{2 \cdot \psi} + \frac{T^2}{f} = \rho\tau_0^2 \text{ при } \sigma > \sigma^*. \quad (4)$$

Условие пластичности предполагает, что в таком предельном состоянии может находиться весь объем твердой фазы, количественной мерой которого может служить относительная плотность ρ в правой части уравнений (3, 4). Но для рассматриваемых порошковых тел желательно определить предельное состояние контактного объема. Тогда условие пластичности запишется в следующем виде:

$$\frac{\sigma^2}{2 \cdot \psi} + \frac{T^2}{f} = \alpha(K_0 - f\sigma)^2 \text{ при } \sigma \leq \sigma^*, \quad (5)$$

где α – относительная доля контактного объема, зависящая от текущей относительной плотности порошка ρ . Это условие пластичности (5) впервые было предложено в работе [5].

При этом коэффициент внутреннего трения f , являющийся одной из составляющих общей теории пластичности порошковых материалов, на первоначальном этапе формования можно рассмотреть с точки зрения жидкодинамической теории смазки. Так как на этом этапе формования частиц порошка часто возникает такой эффект, как образование динамического свода при формовании (так называемый арочный эффект), в общем случае рекомендуется в состав смеси вводить пластификатор. Как указывается в монографии [6], на стадии уплотнения материала избежать образования арок довольно легко – частицы смещаются в свободное пространство под влиянием смазывающего действия введенного пластификатора. Далее рассматривая стадию формования, когда пластическое течение макси-

мально, уже необходимо, чтобы пластификатор занимал все межчастичное пространство. В этом случае введенный пластификатор будет рассекал каждую потенциально возникающую арку хотя бы в одном месте. Эти соображения были учтены при выводе соотношения (1:4) в монографии [6], которое позволяет рассчитать количество пластификатора, нужное для непрерывного формования материала или прессования фасонных изделий. Если в материале пластификатора меньше рекомендуемого количества, то при его уплотнении опять же может возникнуть арочный эффект; и продолжение формования невозможно без пластической деформации частиц, что приводит к резкому увеличению нужного давления прессования. Возникновение этого нежелательного эффекта и обуславливает использование пластификаторов при формовке порошковых изделий.

Но здесь мы опять вернемся к коэффициенту внутреннего трения f и рассмотрим возникающие при прессовке процессы трения частиц порошка между собой и о стенки матрицы пресс-формы в режиме гидродинамической смазки. Вначале предположим, что течение пластификатора подчиняется закону Куэтта. Это предельный случай, соответствующий легко нагруженной прессовке. Этим предположений достаточно для расчета силы трения (напомним, что они непригодны для оценки общей нагрузки), при таком решении задачи можно воспользоваться общими уравнениями гидродинамики. В этом случае мы ограничиваемся рассмотрением элементарных случаев. Пусть матрица неподвижна, а заготовка сжимается с некоторой скоростью V при помощи пуансона. Если между частицами порошка и стенки матрицы пресс-формы состояние пластификатора можно описать ламинарным течением Куэтта, то распределение скорости по толщине смазочной пленки постоянной толщины c (здесь c – зазор) является линейным. В этом случае градиент скорости равен V/c , и согласно определению вязкости, сопротивлению трению на единицу площади равен:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{V}{c},$$

где A – площадь опорной поверхности. Соответственно полная сила трения равна:

$$F = \eta \frac{VA}{c}.$$

Коэффициент трения определяется, как обычно, делением силы трения на нагрузку W . Принимая во внимание, что площадь опорной поверхности равна $A = \pi R^2$, можно найти, что $f = 2\pi\eta \cdot VR^2/Wc$. Обычно используется удельная нагрузка на формующий пуансон, определяемая как нагрузка на единицу площади проекции вала $H = W/(2RL)$. Тогда коэффициент трения можно выразить как

$$f = \pi \frac{\eta V^2 R}{P c}. \quad (6)$$

Безразмерный комплекс $\eta V/P$ с некоторой натяжкой можно назвать числом Гумбеля, то есть значение коэффициента трения может быть представлено прямой линией. Другими словами, уравнение (6) показывает, что коэффициент трения прямо пропорционален вязкости η и скорости перемещения V , и обратно пропорционален нагрузке возникающей при прессовании P , что видно из рисунка 1.

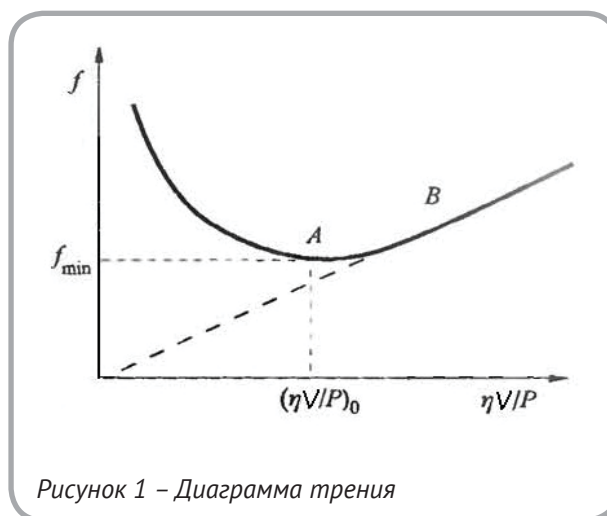


Рисунок 1 – Диаграмма трения

На первый взгляд кажется разумным использовать смазку с наименьшей вязкостью (в общем случае с наименьшим числом Гумбеля) для снижения трения. Но в нашем случае, на финишной стадии формования при снижении вязкости возрастает эксцентриситет, и минимальный зазор между поверхностями уменьшается.

Наличие наиболее высоких неровностей поверхностей частиц порошка приводит к их вза-

имодействию, и происходит изменение механизма трения. Начиная от точки B зависимость f отклоняется от прямой линии графика и при определенном значении числа Гумбеля $(\eta V/P)_0$ достигает своего минимума. Далее при увеличении нагрузки (на рис. 1 этот отрезок расположен левее точки A), в которой достигается минимум коэффициент трения возрастает вследствие перехода от гидродинамической и смешанной смазки к граничной смазке, и в конечном счете к сухому трению. Один из основных практических выводов из предложенной нами теории гидродинамической смазки заключается в том, что существует критическое значение $(\eta V/P)_0$, обеспечивающее минимальное трение. Внешняя нагрузка P и скорость V обычно выбираются в соответствии с предъявляемыми требованиями, и проблема заключается только в выборе наилучшего пластификатора [7]. Оптимальная вязкость определяется соотношением

$$\eta = \left(\frac{\eta V}{P}\right)_0 \frac{P}{V}.$$

Но в нашем случае вязкость пластификатора зависит и от прилагаемого давления. Эту зависимость можно выразить эмпирической формулой

$$\eta = \eta_a \exp(\alpha p),$$

где η_a – динамическая вязкость при атмосферном давлении, α – пьезокоэффициент вязкости.

Далее процесс прессования изделий из порошка, смешанного с пластификатором можно рассматривать с точки зрения точечного или линейного контактов (рис.1). В этом случае могут возникнуть условия, при которых трение и толщина пластификатора между двумя частицами, находящимися в относительном движении, определяются не только вязкостью смазки, но и упругими свойствами тел.

Однако с физической точки зрения это не совсем так. Между атомами и молекулами двух сближающихся поверхностей действуют силы притяжения и отталкивания, которые уравнивают друг друга на некотором равновесном расстоянии z_0 . При расстоянии между поверхностями $z < z_0$ они отталкиваются, а при $z > z_0$ притягиваются. В этом случае силы притяжения и отталкивания описываются таким соотношением:

$$P(z) = \frac{8\gamma}{3z_0} \left[\left(\frac{z_0}{z}\right)^3 - \left(\frac{z_0}{z}\right)^3 \right]. \quad (7)$$

Силы притяжения также действуют вне контактного круга, прижимая контактирующие тела друг к другу. Известно, что профиль деформированной сферы за пределами контактного круга описывается уравнением

$$z(r,a) = [a(r^2 - a^2)^{1/2} - (2a^2 - r^2) \arctg(r^2/a^2 - 1)^{1/2}],$$

к которому следует добавить равновесное расстояние z_0 . Тогда силу молекулярного притяжения можно рассчитать, используя следующую зависимость [7]:

$$F = 2\pi \int_a^\infty p(z + z_0) r dr,$$

где функция p и ее аргумент z задаются соответственно соотношением (7) и уравнением профиля деформированной сферы.

Равновесие достигается, когда деформация такова, что упругая реакция (сила упругого восстановления сферы) F_e уравнивает совместное действие приложенной внешней нагрузки P и сил молекулярного притяжения F :

$$F_e = P + F.$$

При этом вводимый при подготовке порошковых материалов пластификатор, исходя из предложенной модели, должен обладать слабыми сцепляющими с частицами порошкового материала свойствами, это свойство пластификатора позволит уменьшить прилагаемую к заготовке нагрузку для возникновения силы молекулярного притяжения F . Сформированный таким образом контакт, называемый фактическим, по своей площади будет значительно меньше, чем номинально описанный здесь контакт.

Экспериментальные исследования, приведенных нами физических процессов, протекающих на разных стадиях формования порошковых материалов позволяют сделать следующие выводы.

Использование пластификаторов на первоначальном этапе формования изделий из порошковых материалов дает возможность исключить возникновение арочного эффекта, который негативно сказывается на формировании

заготовок и необоснованно повышает усилие по прессовке заготовок. Но на следующих этапах формования, как видно из предложенных здесь моделей, использование пластификатора нежелательно. И одним из путей решения этой проблемы может быть уменьшение шероховатости поверхности частиц прессуемого порошка, использование новых видов пластификаторов с ярко выраженными свойствами, описываемыми приведенной здесь гидродинамической моделью смазки. Также при обсуждении результатов статьи нами сделано предположение о том, что уменьшив шероховатость поверхности частиц

порошка, возможно обойтись без введения пластификатора. Для этого мы предлагаем использовать технологии поверхностно-пластического деформирования или химическое фрезерование.

Кроме того, использование предложенной нами жидкостной теории смазки совместно с моделью трения с упругим контактом с адгезией в практической деятельности заметно позволяет облегчить проектирование оснастки для деталей, изготавливаемых с помощью порошковых технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скороход В.В., Штерн М.Б., Мартынова И.Ф. (1987). Теория нелинейно-вязкого и пластического поведения пористых материалов. Порошковая металлургия (8), с. 23-30.
2. Штерн М.Б. (1992). Развитие теории прессования и пластического деформирования порошковых материалов. Порошковая металлургия, (9), с.12-24.
3. Бейгельзимер Я.Е., Германский А.П., Алистратов Л.И. (1986). Условие пластичности для порошков твердосплавных смесей. Порошковая металлургия, (12), с.11-15.
4. Балшин М.Ю. (1972). Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. М.Ю. Балшин – Москва: Металлургия], – 336 с.
5. Амосов А.П., Федотов А.Ф. (2000) Вариант условия пластичности порошковых материалов. Порошковая металлургия. (3-4), с. 4-10.
6. Шелег В.К., Ковчур А.С., Пятов В.В. (2004) Переработка гальваноотходов. Витебск : УО «ВГТУ», -185 с.
7. Мышкин Н.К. Петроковец М.И. (2007) Трение. Смазка. Износ. Физические основы и технические приложения трибологии Н.К. Мышкин и

REFERENCES

1. Skorohod, V.V., Shtern, M.B., Martynova, I.F. (1987), The theory of nolineary-viscous and plastic behaviour of porous materials. [Teoriya nelineyno-vyazkogo i plasticheskogo povedeniya poristyih materialov]. Poroshkovaya metallurgiya – Powder metallurgy, (8), pp. 23-30.
2. Shtern, M.B. (1992), Development of the theory of pressing and plastic deformation of powder materials [Razvitie teorii pressovaniya i plasticheskogo deformirovaniya poroshkovyih materialov]. Poroshkovaya metallurgiya – Powder metallurgy, (9), pp.12-24.
3. Beygelzimer, Ya.E., Getmanskii, A.P., Alistratov, L.I. (1986), Condition of plasticity for powders firmlyfloatable mixes [Usloviye plastichnosti dlya poroshkov tverdosplavnyih smesey]. Poroshkovaya metallurgiya – Powder metallurgy, (12), pp.11-15.
4. Balshin, M.Yu. (1972), Scientific bases of powder metallurgy and fibre metallurgy. [Nauchnyie osnovyi poroshkovoy metallurgii i metallurgii volokna. M.Yu. Balshin – Moskva : Metallurgiya], – 336 p.
5. Amosov, A.P., Fedotov, A.F. (2000), Variant of a condition of plasticity of powder materials . [Variant usloviya plastichnosti poroshkovyih

др. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 368 с.

8. Ливанов А.Н. (1976) Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. А.Н. Ливанов [и др.]. – Москва : Metallurgiya, -416 с.

materialov], Poroshkovaya metallurgiya – Powder metallurgy. (3-4), pp. 4-10.

6. Sheleg, V.K., Kovchur, A.S., Pyatov, V.V. (2004), Processing of a galvanic waste [Pererabotka galvanootodov, Vitebsk : UO «VGTU»], 185 p.

7. Myishkin, N.K. Petrokovets, M.I. (2007), Friction, greasing, deterioration. physical bases and technical appendices tribology. [Trenie, smazka, iznos. Fizicheskie osnovy i tehicheskie prilozheniya tribologii N.K. Myishkin i dr.– Moskva : FIZMATLIT], 368 p.

8. Livanov, A.N. (1976), Contact friction in processes of processing of metals by pressure. [Kontaktное трение v protsessah obrabotki metallov davleniem], Moskva: Metallurgiya, 416 p.

Статья поступила в редакцию 06.01.2014 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ФАЗ ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В УВЛАЖНИТЕЛЕ СО ВСТРЕЧНЫМИ ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

И.А. Тимонов, Е.Т. Тимонова

УДК 544: 697.94

РЕФЕРАТ

КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ, ХЕМОСОРБЦИЯ, ПОВЕРХНОСТЬ КОНТАКТА ФАЗ, ТЕПЛООБМЕН, КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОМАССООБМЕНА

В статье представлены результаты исследований по выявлению возможности использования химического метода для определения истинной поверхности контакта фаз в аппарате форсуночного типа – увлажнителе со встречными закрученными потоками. Сущность метода заключается в определении характеристик массопереноса при абсорбции, сопровождаемой химической реакцией, и установлении связи этих характеристик с кинетикой протекающей химической реакции. Установлено, что поверхность контакта фаз пропорциональна гидродинамическим условиям работы – коэффициенту орошения и массовой скорости воздуха. Полученные данные показали, что применение химического метода позволяет определять истинную поверхность контакта фаз в теплообменных аппаратах.

ABSTRACT

CONTACT DEVICE, HEMOSORPTION, SURFACE OF CONTACT OF PHASES, HEAT EXCHANGE, HEAT MASS EXCHANGE COEFFICIENTS

The results of the researches of the chemical methods for determining the true surface contact between the phases and heat and mass transfer coefficients for the machine-humidifier with counter swirling flow are shown. This method can be used in other heat and mass transfer devices of the industrial air-conditioning systems.

Тепломассообменные процессы широко распространены в различных отраслях промышленности. Для проведения таких процессов используется большое количество аппаратов, характеризующееся значительным разнообразием конструкций и условий работы. Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность теплообменных аппаратов, является поверхность контакта фаз (ПКФ) между газом и жидкостью. Прежде всего это относится к контактному аппарату для тепловлажностной обработки в промышленных установках кондиционирования воздуха. Основная сложность при расчетах коэффициентов переноса в них связана с определением действительной поверхности взаимодействия воздуха и воды. Поэтому при обработке экспериментальных данных обычно применяют условную ПКФ, равную площади поперечного сечения или объема камеры аппарата,

считая ее величиной постоянной. По принятой ПКФ вычисляются условные средние коэффициенты переноса тепла и влаги. В действительности величина межфазной поверхности зависит от многих конструктивных и режимных параметров аппарата и изменяется в широких пределах.

В данной работе была предпринята попытка экспериментального определения ПКФ в увлажнителе со встречными закрученными потоками (ВЗП-У) с помощью химического метода, который использовался в пенно-барботажных и вихревых газожидкостных аппаратах [1, 2]. Этот метод позволяет определять интегральную ПКФ независимо от структуры двухфазного потока. Сущность метода заключается в определении характеристик массопереноса при абсорбции, сопровождаемой химической реакцией (хемосорбцией), и установлении связи этих характеристик с кинетикой протекающей химической

реакции. Для этой цели использовалась реакция поглощения CO_2 из смеси с воздухом водным раствором $NaOH$.

Указанная реакция протекает по «псевдопервому» порядку. В этом случае истинный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе $\beta_{ж}$ (м/с) при хемосорбции не зависит от гидродинамики слоя и полностью определяется скоростью химической реакции.

$$\beta_{ж} = \sqrt{k_2 D_a \bar{c}}, \quad (1)$$

где k_2 – константа скорости химической реакции, $m^3/(кмоль \cdot с)$; D_a – коэффициент диффузии CO_2 в растворе щелочи, $m^2/с$; \bar{c} – средняя концентрация щелочи в растворе, $кмоль/m^3$.

Константа скорости химической реакции k_2 определяется по следующим зависимостям:

$$\lg k_2 = \lg k_{20} + 0,133 \bar{c}, \quad (2)$$

$$\lg k_{20} = 13,4 - 2850/T, \quad (3)$$

где T – средняя абсолютная температура взаимодействующих сред, К.

Средняя концентрация щелочи в растворе

$$\bar{c} = (c_n + c_k)/2, \quad (4)$$

где c_n и c_k – концентрации щелочи на входе и выходе из аппарата, $кмоль/m^3$.

Диффузионное сопротивление газовой фазы незначительно, поэтому можно принять объемный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе при хемосорбции β_v равным объемному коэффициенту массопереноса k_v . Тогда

$$\beta_v = \frac{M}{V_{an} c_1}, \quad (5)$$

где M – количество CO_2 , поглощенное раствором щелочи, $кмоль/с$; V_{an} – объем рабочей камеры аппарата, m^3 ; c_1 – концентрация CO_2 в массе газа, $кмоль/m^3$.

Количество CO_2 , поглощенное раствором щелочи, определяется по выражению

$$M = \frac{G_p(c_n - c_k)}{z}, \quad (6)$$

где $G_p = G_{H_2O} + G_{NaOH}$ – расход раствора, $m^3/с$; $z = 2$ – стехиометрический коэффициент.

Пренебрегая сопротивлением газовой фазы, определим c_1 по закону Генри:

$$c_1 = \frac{P_{cp}}{m R T}, \quad (7)$$

где P_{cp} – среднее парциальное давление CO_2 в смеси, кПа; m – константа равновесия [3]; $R = 8,21$ – газовая постоянная, $m^3 \cdot кПа/(кмоль \cdot К)$.

Так как $\beta_v = \beta_{ж} \cdot a$, можно определить удельную ПКФ « a » (m^2/m^3), отнесенную к объему аппарата:

$$a = \frac{\beta_v}{\beta_{ж}} = \frac{G_p(c_n - c_k) m R T}{z \sqrt{k_2 \bar{c} D_a} P_{cp} V_{an}}, \quad (8)$$

где V_{an} – объем рабочей камеры аппарата, m^3 .

Тогда истинная ПКФ будет равна:

$$F = a \cdot V_{an}. \quad (9)$$

Данная методика использовалась для определения истинной ПКФ в аппарате ВЗП-У с диаметром 260 мм при высоте рабочей камеры 730 мм [4].

Принципиальная схема экспериментальной установки показана на рисунке 1.

Воздух, поступающий в аппарат 1, смешивался в заданном соотношении с углекислым газом, подаваемым из баллона 2. Раствор щелочи из бака 3 насосом перекачивался к аппарату, где центробежными форсунками 4 распылялся в рабочей камере аппарата. После взаимодействия с газом раствор стекал в поддон, откуда откачивался насосом. Газ удалялся через верхний патрубок аппарата.

Объемная доля CO_2 в воздухе изменялась от 1,4 до 1,8 %, щелочи в растворе – от 1,9 до 2,7 $кмоль/m^3$. Температура газа и жидкости измерялась лабораторными термометрами, расход воздуха и углекислого газа – мерными шайбами, расход раствора – ротаметрами. Концентрацию

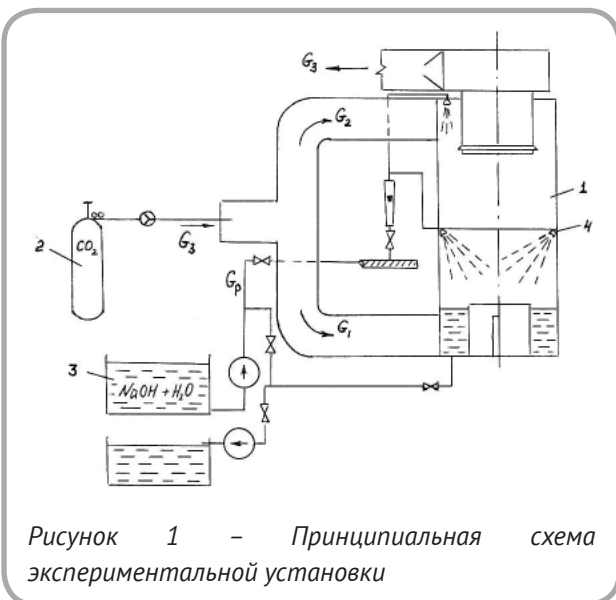


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

раствора в отобранных пробах определяли титрованием соляной кислоты в присутствии фенолфталеина и избыточного количества хлористого бария для нейтрализации соды.

В настоящей работе исследовался процесс увлажнения и охлаждения воздуха. При прохождении воздуха через разбрызгиваемый форсунками раствор щелочи происходит одновременно хемосорбция CO_2 , увлажнение и охлаждение воздуха. Процесс хемосорбции позволяет измерить истинную ПКФ, а увлажнение и охлаждение воздуха – коэффициенты тепло- и массопереноса. Расчет коэффициентов тепло- и массопереноса основывается на исследованиях Льюиса и Меркеля [5].

В работе исследовалась теплоотдача от воздуха к воде. Коэффициент теплоотдачи α (Вт/(м² °С)) определялся по формуле:

$$\beta = \frac{G_3(d_2 - d_1)}{1000 \cdot 3600 \cdot \Delta K_{ср.л} \cdot F}, \quad (10)$$

где G_3 – общий расход воздуха, поступающего в аппарат, кг/ч; c_p – теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг °С); t_1 и t_2 – температура воздуха на входе и выходе из аппарата, °С; F – истинная ПКФ, м²; $\Delta t_{ср.л.}$ – среднелогарифмический температурный напор, °С.

При исследовании испарения воды все диффузионное сопротивление сосредоточено в газовой фазе, поэтому коэффициент массопереноса k_g примерно равен коэффициенту теплоотдачи в газовой фазе β , м/с

$$\sigma = \frac{0,278G_3(t_1 - t_2)}{F\Delta i_{ср.л.}}, \quad (11)$$

где d_2 и d_1 – влагосодержание конечного и начального состояния воздуха, г/кг; $\Delta K_{ср.л.}$ – средне логарифмический напор концентраций водяного пара, кг/м³.

Коэффициент полного теплообмена σ , Вт/[м²(кДж/кг)] определяется по формуле

$$\sigma = \frac{0,278G_3(i_1 - i_2)}{F\Delta i_{ср.л.}}, \quad (12)$$

где i_1 и i_2 – энтальпия начального и конечного состояния воздуха, кДж/кг; $\Delta i_{ср.л.}$ – средне логарифмический напор энтальпий, кДж/кг.

При проведении эксперимента были выбраны три параметра, характеризующие режим работы аппарата ВЗП-У: коэффициент орошения $B = G_p / G_3$, массовая скорость воздуха в поперечном сечении аппарата νp и отношение расходов воздуха $\epsilon = G_2 / G_3$ (G_2 – расход воздуха, поступающего в аппарат через верхний ввод).

Результаты экспериментальных исследований показаны в таблицах 1 и 2.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что истинная ПКФ возрастает с увеличением коэффициента орошения B , массовой скорости воздуха νp и коэффициента ϵ . Причем влияние фактора ϵ на порядок ниже, чем B и νp . Это полностью согласуется с результатами ранее выполненных исследований, показавших, что эффективность процесса тепловлажностной обработки воздуха возрастает с увеличением указанных параметров. В свою очередь, увеличение коэффициентов α , β и σ происходит при уменьшении значений B , νp и ϵ .

В результате выполненной работы было установлено, что применение химического метода позволяет определять истинную ПКФ и коэффициенты тепло- и массообмена в различных контактных аппаратах, в частности в аппаратах форсуночного типа. Полученные результаты дают возможность осуществить более точный расчет процессов тепловлажностной обработки воздуха в увлажнителе со встречными закрученными потоками.

Таблица 1 – Параметры работы аппарата ВЗП-У

№ п/п	B , кг/кг	v_p , кг/(м ² с)	G_z , кг/ч	ε	G_p , кг/ч
1	0,6	5,24	1000	0,6	600
2	0,6	6,2	1180	0,4	708
3	1,2	5,24	1000	0,4	1200
4	1,2	6,2	1180	0,6	1416
5	0,6	5,24	1000	0,4	600
6	0,6	6,2	1180	0,6	708
7	1,2	5,24	1000	0,6	1200
8	1,2	6,2	1180	0,4	1416

Таблица 2 – Экспериментальные данные по определению ПКФ

№ п/п	$M \cdot 10^{-3}$, кмоль/с	$c_{и}$, кмоль/м ³	$c_{к}$, кмоль/м ³	\bar{c} , кмоль/м ³	T , К	m	P_{ep} , кПа	κ_2 , с ⁻¹	$D_a \cdot 10^{-9}$, м ² /с	a , м ² /м ³
1	0,179	2,66	2,54	2,60	298,1	2,29	1,7	15268	1,96	96,04
2	0,202	2,38	2,25	2,32	291,8	1,80	1,6	8748	1,76	149,2
3	0,188	2,00	1,82	1,91	298,8	1,96	1,8	13062	2,00	292,4
4	0,188	2,61	2,44	2,53	293,2	2,00	1,4	10371	1,81	431,8
5	0,184	2,13	2,02	2,07	297,0	1,96	1,7	11940	1,94	96,03
6	0,179	2,77	2,62	2,69	297,3	2,30	1,4	14307	1,96	172,4
7	0,184	2,10	1,91	2,00	297,7	1,96	1,7	12436	1,97	328,3
8	0,202	2,49	2,32	2,40	292,5	1,91	1,6	9526	1,78	387,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. К расчету поверхности контакта фаз в процессе абсорбции CO₂ растворами щелочей на ситчатых тарелках / А. И. Родионов, В. Е. Сорокин // Журн. прикл. хим. – 1970. – № 11 – С. 87-91.
2. Тепло- и массоперенос в закрученном газожидкостном слое / А. П. Бурдуков [и др.] // Журн. прикл. мех. и техн. физ. – Сибирское отделение АН СССР: Наука. – 1981. – № 6 – С. 52-55.

REFERENCES

1. Rodionov, A. I., Sorokin, V. E. (1970), On the calculation of surface contact between the phases in the process of CO₂ absorption alkalis on sieve trays [K raschetu poverkhnosti kontakta faz v processe absorbcii CO₂ rastvorami schelochei na sitchatych tarelkakh], Gurn. prikl. khim. T 43 № 11, pp. 2461-2465.
2. Burdukov, A. P. (1981), Heat and mass transfer in swirling gas-liquid layer [Teplo- i massoperenos v zakruchennom gazozhidkostnom sloe], Gurn. prikl. mekh. i tekhn. fiz. – Sibirskoe otdelenie AN

3. Рамм В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – Москва : Химия. 1976. – 655 с. SSSR: Nauka № 6, pp 68-72.
4. Омельчук В. С. Экспериментальное исследование полупромышленного увлажнителя со встречными закрученными потоками / В. С. Омельчук, И. А. Тимонов // Повышение эффективности тепломассобменных и гидродинамических процессов в текстильной промышленности и производстве химических волокон : межвуз. сборник научн. трудов / МТИ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 1985. – С. 116-118.
5. Кокорин О. Я. Установки кондиционирования воздуха / О. Я. Кокорин. – Москва: Машиностроение. 1971. – 262 с.
3. Ramm, V.M. (1976), Absorption of gases [Absorbciya gazov]. Moskva: Khimiya, 655 pages.
4. Omelchuk, V.S., Timonov, I.A. (1985), Experimental research of semi-humidifier with counter swirling flows [Eksperimentalnoe issledovanie polupromyshlennogo uvlagnitelya so vstrechnymi zakruchennymi potokami] // Povyshenie effektivnosti teplomassoobmennykh i gidrodinamicheskikh processov v tekstilnoi promyshlennosti i proizvodstve khimicheskikh volokon: megvuz. Sbornik nauchnykh. trudov / MTI im. A.N. Kosygina. – Moskva, pp. 116-118.
5. Kokorin, O. Y. (1971), Installation of air conditioning [Ustanovki kondicionirovaniya vozdukha]. Moskva: Mashinostrojeniyе, 262 pages.

Статья поступила в редакцию 10.03.2014 г.

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ ИННОВАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

А.О. Блинов, Г.А. Яшева

УДК 338.45

РЕФЕРАТ

ИННОВАЦИИ, БИЗНЕС-ПРОЦЕСС, СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ, БЕНЧ-МАРКИНГ, КРАУДСОРСИНГ, МОЗГОВОЙ ШТУРМ, РЕИНЖИНИРИНГ, ПРОЦЕССНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, СИСТЕМА СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Целью исследования является обоснование методологии реинжиниринга как управленческой инновации с точки зрения процессного управления.

Объект исследования – предприятия и организации реального сектора экономики России и Беларуси. Предмет исследования – реинжиниринг бизнес-процессов.

В статье проведен анализ инновационного развития экономик России и Беларуси, в ходе которого выявлены проблемы: невысокая активность и результативность инновационной деятельности; низкая доля управленческих инноваций. Анализ применения процессных инноваций на предприятиях России и Беларуси позволил идентифицировать причины, приводящие к неудачам при проведении реинжиниринга бизнес-процессов современных организаций: не знание сущности реинжиниринга, его преимуществ и методов; замена реинжиниринга организационными изменениями. Сформулированы теоретические основы реинжиниринга, включая понятие и принципы реинжиниринга, вт.ч. принцип краудсорсинга; направления организационных изменений; требования к команде по реинжинирингу. Разработана модель проведения реинжиниринга бизнес-процессов, включающая: принципы реализации технологии совершенствования системы управления; условия успешной реализации реинжиниринга бизнес-процессов; перечень этапов и задач каждого этапа; ресурсы. В статье даны

ABSTRACT

INNOVATION, BUSINESS PROCESS, SYSTEM APPROACH, INNOVATION MANAGEMENT, BENCHMARKING, CROWDSOURCING, BRAINSTORMING, RE-ENGINEERING, PROCESS MANAGEMENT, BALANCED SCORECARD

The purpose of the research is the substantiation of the methodology for reengineering as management innovation in terms of process management.

The enterprises and the organizations of real sector Russian and Belarusian economy are object of research. The subject of study is business process reengineering.

The analysis of innovative development of Russian and Belarusian economy is carried out, during which problems are revealed: low activity and productivity of innovative activity; low share of management innovations. The reasons of unsuccessful reengineering projects at Russian and Belarusian enterprises are identified. Theoretical bases of reengineering, including concept and the principles of reengineering, the principle of crowdsourcing; directions of organizational changes; requirements to team on reengineering are formulated. The model of carrying out business processes reengineering, including: principles for implementing the technology to improve the system management, conditions for successful implementation of business process reengineering, the list of phases and tasks of each stage, resources is developed. Methodical recommendations on conducting stages of business-processes reengineering are given in the article. The developed methodology reengineering can be used in the real sector of Russian and Belarusian economy as a management innovation. Its application will allow to increase efficiency of activity both the separate enterprises, and industrial complexes.

методические рекомендации по проведению этапов реинжиниринга бизнес-процессов. Для этапа «Построение новой бизнес-модели предприятия «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ» предложена методология бенчмаркинга. Разработанная методология реинжиниринга может быть использована в реальном секторе экономики России и Беларуси как управленческая инновация. Ее применение позволит повысить эффективность деятельности как отдельных предприятий, так и промышленных комплексов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Концепциями долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации и Республики Беларусь на период до 2020 года в качестве основной задачи на предстоящий период определен переход к инновационной модели экономического развития, способной обеспечить рост конкурентоспособности продукции и услуг на внутреннем и мировом рынках. Не смотря на существенные изменения в производственных и технологических процессах, широкое применение в управлении информационных технологий, многие организации продолжают по инерции держаться за старые управленческие идеи. В то же время следует отметить, что без изменения существующих подходов в управлении невозможна технологическая модернизация экономики и переход на инновационный путь развития. Необходимо внедрять инновационные управленческие решения, потому что управленческие инновации гораздо дешевле, чем технологические. Эксперты Еврокомиссии в 2008 году констатировали, что именно управленческие инновации в ближайшие годы будут одним из основных факторов повышения конкурентоспособности на мировом рынке. В этих условиях смещение акцента от прямого поиска инновационных продуктов в зону управленческих инноваций выступает как ключевая задача стратегических изменений любой организации.

Одной из управленческих инновационных технологий является реинжиниринг бизнес-процессов. Теоретические основы реинжиниринга бизнес-процессов исследованы в трудах таких ученых, как Аллен П.Х., Ануфриева Н.Н., Дафт Р., Исаев Р.А., Кудрявцева Е.И., Максимцова М.М., Хаммер М., Чаадаев В.К., Чампи Дж., Bertolini M., Bevilacqua M., Ciarapica Dezdar Sh., Ainin S.,

Choudrie J., Hlupic, V., Irani Z., Goksoy A., Ozsoy B., Vayvay O., Grint K., Gunasekaran A., Koku B. и другими. Вместе с тем методология реинжиниринга в их трудах не адаптирована к институциональной среде стран с транзитивной экономикой. Как показывает исследование, для значительной части организаций функциональный подход к управлению является неэффективным: ни одна задача не решается быстро, задействуются избыточные трудовые и финансовые ресурсы, организация отторгает любые изменения и медленно гибнет [1]. Кроме того, такие предприятия практически не имеют успешного опыта внедрения современных корпоративных информационных систем и систем управления качеством, поскольку и ERP-системы, и стандарты качества ИСО ориентированы именно на процессное управление. Это актуализирует применение процессного управления и планирования организационных и институциональных изменений на уровне корпораций и промышленных комплексов, что реализуется с помощью методов и принципов реинжиниринга.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ СТАТЬИ

В связи с этим, целью статьи является обоснование методологии реинжиниринга как управленческой инновации с точки зрения процессного управления.

Задачами исследования являются:

- выявить и проанализировать проблемы инновационного развития экономик России и Беларуси;
- идентифицировать причины, приводящие к неудачам при проведении реинжиниринга бизнес-процессов современных организаций;
- сформулировать теоретические основы реинжиниринга;

- разработать модель проведения реинжиниринга бизнес-процессов и методические рекомендации по проведению его этапов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИК РОССИИ И БЕЛАРУСИ

Экономический рост России и Беларуси пока не стал инновационным. Факторы инновационности в оценке глобальной конкурентоспособности в Беларуси и России примерно одинаковы и находятся по оценке 2013/14 гг. в Беларуси - на 104 месте из 148 стран, а в России - на 99 месте, выше на 6 позиций [8, 22].

Источником экономического роста в наших странах по-прежнему являются не высокие технологии, а минеральные полезные ископаемые, экспортируемые в развитые страны мира. Так, в 2012 году на минеральные продукты приходилось 71,4 % всего российского и 36,0 % белорусского экспорта [9, 7]. О сохранении экспортно-сырьевой направленности экономики говорят и низкие расходы на НИОКР. Так наукоемкость ВВП в Беларуси составила 0,76, России - 1,25 [7, с. 63]. По сравнению с зарубежными странами - это очень низкое значение (рисунок 1). Для поддержания экономической и научно-технической безопасности этот показатель не должен быть ниже 2 % [6, с. 20]. Концепцией националь-

ной безопасности на 2011–2015 гг., Программой социально-экономического развития на 2011–2015 гг. и Государственной программой инновационного развития на 2011–2015 гг. предусмотрено достижение данного показателя в 1,2–1,4 % в 2011 г. и 2,5–2,9 % к 2015 г. В 2011 г. наукоемкость ВВП, исчисляемая по сумме внутренних затрат (методика стран ОЭСР), составил 0,76 %. В 2011 г. по сравнению с 2007 г., этот показатель уменьшился на 0,21 п. п. Страны ЕС поддерживают уровень наукоемкости ВВП от 2 % и выше. [6, с. 20].

Результативность инновационной деятельности в наших странах довольно низкая. Так в Беларуси в 2011 г. доля новой продукции в общем объеме производства составила 14,0 % [8, с. 155], в России - 6,1 % [10]. По сравнению со Швейцарией (24,9 %), Германией (17,4 %) - это невысокий уровень. В настоящее время доля России на мировом рынке высокотехнологичной продукции - лишь 0,3 %. Это в 8,5 раз ниже, чем удельный вес российского ВВП. Россия реализует инновационного продукта в 130 раз меньше по сравнению с США. Доля процессных инноваций в структуре затрат на инновации - всего 10,1 % [8, с.66]. Удельный вес инновационно-активных организаций в России составляет только 9,3 %, в Беларуси - 22,8 % [8, с.57].

Таким образом, анализ выявил общие

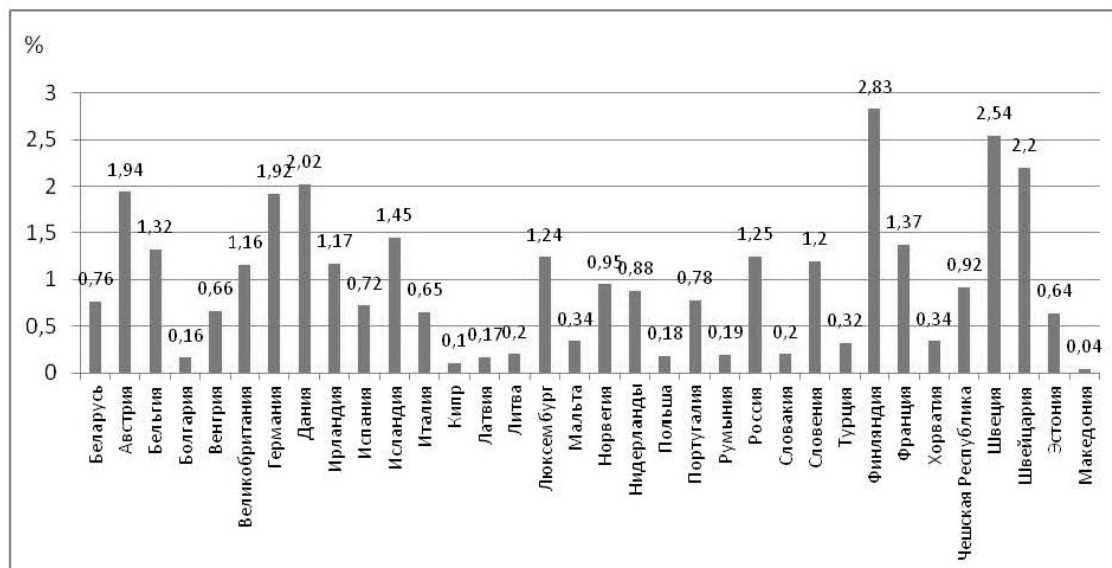


Рисунок 1 – Доля коммерческих расходов на НИОКР в ВВП

Источник: [8, с. 63].

проблемы в социально-экономическом развитии России и Беларуси: низкая инновационная активность и результативность инновационной деятельности; низкая доля организационно-управленческих инноваций. В частности, доля затрат на организационные инновации в промышленности составила 0,9 % [8, с. 75].

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССНЫХ ИННОВАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

В рамках исследования проведен опрос руководителей и специалистов: 450 человек предприятий промышленного комплекса Челябинской области Российской Федерации, а также 60 специалистов белорусских промышленных предприятий. Результаты анкетирования показали, что на предмет информированности о наиболее распространенных методах совершенствования управления предприятиями, респондентами были выделены аутсорсинг, TQM (Total Quality Management - глобальное управление качеством), ERP-система, электронный документооборот.

С определением реинжиниринга бизнес-процессов не знакомо вообще 63,7 % опрошенных респондентов, количество предприятий, прошедших этап реинжиниринга, составило лишь 7,1 % от общего числа исследуемых предприятий, к сожалению, и этот процент может считаться завышенным показателем, поскольку, не все технологии, определяемые как реинжиниринг, подтверждают свое существование на практике.

Предприятия, прошедшие этап реинжиниринга, положительно оценили его результат 54,3 % респондентов, а внедрение системы менеджмента качества – 78,3 %. Среди тех, кто положительно оценил процедуру перепроектирования бизнес-процессов, 69,3 % опрошенных дали ей высокие оценки, такие как «процесс оздоровления предприятий посредством подъема управленческих решений на новый уровень», «процесс преобразования политики управления предприятиями», «вид преобразования, дающий высокие результаты».

Исследования других авторов [18] также свидетельствуют о том, что около 50 % проектов реинжиниринга заканчивались неудачей. Можно выделить несколько типичных причин подобных неудач, связанных с различными по своей природе факторами, влияющими на общее со-

держание, динамику и конкретные процедуры реинжиниринга.

Первая из них – попытка улучшения существующего процесса без изменения его сути, направленности. Консерватизм представлений об отдельных бизнес-процессах и бизнес-функциях проявляется в стремлении к частичному изменению.

Вторая проблема, с которой часто сталкиваются инициаторы реинжиниринга – несвоевременность. Далеко не все изменения возможно произвести в тот момент, когда осознана потребность в них. Особенности состояния профильного рынка, изменения текущего законодательства, временные функциональные сложности, уже начатые реорганизации отдельных подразделений и бизнес-процессов могут создать непреодолимые препятствия в пространстве реинжиниринга, актуализированного как существенное, ключевое.

Проблема третьего типа – конфликт технологической ориентированности изменений и социальных и психологических факторов их реализации [13]. Сопrotивление изменениям, возникающее со стороны сотрудников, может иметь как прямую связь с содержанием инноваций (изменение функций, возрастание объемов работы), так и неявную, косвенную, заключающуюся в невнимании инициаторов инноваций к позиции рядовых сотрудников [22], их представлениям о сути профессиональной деятельности и содержания бизнес-процессов.

Так или иначе, проблемы реинжиниринга и причины его низкой эффективности связаны с ограничениями в области представлений участников бизнес-процессов. В большей степени это касается позиции инициаторов или противников реинжиниринга (руководителей топ-уровня) относительно целей, ресурсов, сущности и ожидаемых эффектов планируемых перемен в области организации деятельности подразделений и компании в целом.

По исследованиям зарубежных аналитиков до 60 % распоряжений высшего менеджмента не выполняются не из-за «злого умысла», а именно по этой причине [14, с. 4]. Преодоление организационной патологии как неспособности организации к глубинным и при этом достаточно быстрым и разнонаправленным изменениям возможно только при системном подходе к про-

цессу реинжиниринга.

В соответствии с системным подходом в управленческой деятельности необходимо учитывать влияние и взаимодействие факторов, находящихся как внутри, так и вне организации, и оказывающих прямое или косвенное воздействие на ее функционирование. При этом организацию необходимо рассматривать как открытую систему, как совокупность взаимосвязанных элементов, таких как персонал, структура, задачи и технологии, которые ориентированы на достижение различных целей в условиях меняющейся внешней среды.

Учитывая недостатки функционального подхода к управлению, авторами статьи предлагается процессно-ориентированная концепция стратегического управления развитием промышленного предприятия, которая интегрирует в себе положения системного, синергетического, процессного и собственно стратегического подходов, дополняющих друг друга и формирующих новое понимание об управлении промышленностью в долгосрочной перспективе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕИНЖИНИРИНГА КАК УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ИННОВАЦИИ

Понятие «Реинжиниринг бизнес-процессов» (BPR - Business process reengineering) возникло примерно в 1990 г. и с тех пор вызывает активный интерес специалистов в области менеджмента и информационных технологий. Проблемы реинжиниринга активно исследуются учёными, однако общепринятых подходов не существует. Наиболее авторитетным является монография М. Хаммера и Дж. Чампи «Реинжиниринг корпораций: революция в бизнесе», изданная в 1993 г. [12]. Авторы дают следующее определение: «Реинжиниринг бизнес-процессов - это фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений в решающих, современных показателях деятельности компании, таких, как стоимость, качество, сервис и т.д.» [12, с. 24]. Ключевыми понятиями в указанном определении являются «процесс» и «радикальное перепроектирование». Как свидетельствует одно из самых авторитетных изданий, реинжиниринг – это преобразование не только самих бизнес-процессов, но и производственных отношений и условий деятельности сотруд-

ников, то есть системная реструктуризация посредством радикальной переоценки основных процессов достижения результата и преобладающих компетенций [15].

Анализ существующих в научной литературе различных определений реинжиниринга бизнес-процессов [1,2, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22] дает нам возможность обобщить их и с учетом современного взгляда на особенности управления организацией предложить следующее определение. Реинжиниринг – это системная перестройка (преобразование) бизнес-процессов для достижения радикального, скачкообразного улучшения деятельности организации. Реинжиниринг отличается от других видов реформирования деятельности компании – реструктуризации и реорганизации.

Реструктуризация - это процесс комплексного изменения методов функционирования бизнеса и его реформирования, осуществляемый в рамках компании. Она является продуктом деятельности управленческой верхушки и не затрагивает организационно-правовой формы корпорации, не влияет на состав его собственников и размер их долей (акций). Под реструктуризацией подразумевается совокупность мероприятий по комплексному приведению условий функционирования компании в соответствие с изменяющимися условиями рынка и выработанной стратегией ее развития: совершенствование структуры и функций управления, преодоление отставания в технико-технологических аспектах деятельности, совершенствование финансово-экономической политики и на этой основе повышение эффективности производства, конкурентоспособности продукции и услуг, рост производительности труда, снижение издержек производства. Реструктуризация осуществляется на основе бизнес-плана или инвестиционного проекта.

Реорганизацией называется процесс изменения организационно-правовой структуры компании в форме слияния, разделения, выделения и преобразования. Она осуществляется исключительно на основе решения собственников акционерного общества и изменяет внешнюю структуру бизнеса. В отличие от реорганизации в основе реинжиниринга лежат необходимость революционных изменений внутренней структуры управления и преодоление системных про-

творечий в организации труда. Таким образом, задача реинжиниринга состоит не в формировании модели, отвечающей требованиям конкретного рынка, а в создании архитектуры бизнеса, способного эволюционно взаимодействовать с динамически изменяемыми свойствами рынка в целом. Задача реструктуризации (реформирования) производства заключается в согласовании требований рынка (внешней компоненты) и структуры бизнеса компании (внутренней компоненты). При реструктуризации и реинжиниринге происходит замена действующей структуры бизнеса компании на новую. Однако эти процессы имеют разные цели, задачи и методы реализации принятых решений. В результате в современной интерпретации они приобрели двойную смысловую нагрузку: «что делать?» и «как делать?». Основным различием реинжиниринга и реструктуризации являются методы проводимых преобразований. В частности, реструктуризация предусматривает поэтапное изменение организованной структуры компании, основанное на модификации и улучшении действующих бизнес-процессов. Реинжиниринг - это всегда изменения, вследствие которых компания приобретает процессно-ориентированную структуру бизнеса. В первом случае разработчик изучает проблемы и его действия направлены на их устранение, во втором он исследует возможности, а его действия ориентированы на их реализацию.

Итак, можно сделать вывод о том, что понятия «реструктуризация» и «реинжиниринг» не являются равнозначными. Применение каждого из них может быть обусловлено специфическими свойствами хозяйствующего субъекта, а также стратегическими целями его руководства. Реинжиниринг – сложный процесс. Перед его проведением необходимо понять, к каким последствиям он приведет, тщательно обдумать возможность его применения в конкретной организации, проанализировать, как он впишется в процесс улучшения ее работы, а затем уже планировать и осуществлять реформирование бизнес-процессов на профессиональном уровне.

Анализ технологий, применяемых в процессах реинжиниринга [1, 2, 4, 12, 19, 20], показывает, что они базируются на широком спектре идей, позволяющих формировать различные модели реинжиниринга как изменения направленно-

сти, структуры, динамики бизнес-процессов, их общего смысла и конечного эффекта. Выделяют такие модели реинжиниринга как концептуальные, симуляционные, целевые, системные, сетевые и ориентированные на знаниях. Вне зависимости от модели, реинжиниринг может затрагивать как отдельные подразделения организации и касаться деятельности конкретных сотрудников, так и организацию в целом как систему бизнес-функций, часть из которых может быть передана добровольным исполнителям [20], не имеющим прямого отношения к организации по принципу краудсорсинга (англ. crowdsourcing, crowd – «толпа» и sourcing – «использование ресурсов»). Этот термин придумал Джефф Хау – редактор журнала Wired.

Краудсорсинг – метод решения задач профессионального уровня силами неограниченного числа непрофессионалов. Базисом всех проектов, использующих краудсорсинг, являются талантливые люди, которые готовы жертвовать своим временем. Обычно энтузиасты, которые занимаются такими проектами, стремятся не столько заработать денег, сколько получить моральное удовлетворение от работы. Практика показывает, что реинжиниринг бизнес-процессов является средством разрешения основных проблем – как внутриорганизационных, так и маркетинговых, таких как выход из кризиса в связи с потерей позиции на рынке, негативный тренд организационной динамики или профильного рынка, резкое наращивание маркетингового потенциала при благоприятных рыночных условиях, внедрение актуальных локальных и общесистемных управленческих технологий (ИТ, менеджмент качества и т.п).

В целом анализ соотношения представлений о реинжиниринге, сложившихся в теории и практике современного менеджмента, и результатов психологических, культурологических и социологических исследований современной бизнес-деятельности [18] позволяет выделить десять векторов изменений в процессе реинжиниринга, непосредственно затрагивающих сотрудников организаций. К ним относятся: изменение принципа организации деятельности (от фиксированных организационных подразделений к проектным командам и временным рабочим группам); сдвиг деятельности в область сложных полифункциональных задач; распре-

ление ответственности на все уровни управления и исполнения; рост интереса к обучению и развитию в процессе деятельности; изменение принципа оплаты труда (оплата за достижения); рост внимания к способностям и компетенциям сотрудников; смещение фокуса внимания персонала на клиентов; изменение позиции руководителей подразделений (от контроля к наставничеству); снижение числа иерархических уровней организационной структуры; развитие лидерской ориентации сотрудников.

Перечисленные направления изменений подтверждают тезис о том, что в современных организациях наблюдается неуклонный переход к системе управления нового типа, которую можно назвать системой распределенного управления [6], в которой большое значение имеют такие явления как доверие, взаимодействие, добровольное принятие ответственности и взаимное обучение.

Именно идеология распределенного (или разделяемого, совместного и делегированного) управления вносит в концепцию реинжиниринга принцип ориентации на самоорганизующуюся команду участников планирования и реализации перемен. Команда по реинжинирингу – коллектив сотрудников, непосредственно выполняющий проект. Эта команда должна обеспечить:

- актуализацию управленческого видения, рефлексию образа будущей организации, его выражение в виде метафор, моделей, текстов;
- моделирование архитектуры процессов, описание и анализ альтернатив;
- описание жизненного цикла для каждого продукта организации;
- адаптацию выбранного архитектурного решения к существующей организационной структуре и структуре бизнес-функций;
- реализацию конечного проекта с учетом как человеческих, так и технических ресурсов;
- описание реформированной организации, содержащее, кроме общих данных, основные задачи и способы их выполнения для каждого сотрудника в отдельности.

В команде, выполняющей проект реинжиниринга и контролирующей его проведение, необходимо участие сотрудников, наделенных соответствующими полномочиями и способных

создать атмосферу сотрудничества.

Эффективность применения компаниями инжиниринга для одержания конкурентных преимуществ подтверждают следующие примеры.

Пример компании «Ford»

В 1980-х годах компания «Ford» искала способы снизить накладные и административные издержки. В компании считали, что их можно сократить в отделе кредиторской задолженности, оплачивавшем счета от поставщиков «Ford». В то время в отделе кредиторской задолженности «Ford» по Северной Америке работало более 500 человек, в то время как у конкурента - компании «Mazda» работало 5 человек.

В конечном итоге «Ford» провел реинжиниринг не отдела кредиторской задолженности, а процесса снабжения. Это привело к кардинальным изменениям: теперь в оплате поставщиков «Ford» участвует не 500, а всего 125 человек.

Пример компании «Kodak»

Старый процесс разработки продукции в компании «Kodak» был частично последовательным и частично параллельным, но в целом медленным. Разработка фотоаппарата происходила параллельно и включала все проблемы такого процесса, а разработка производственного оборудования проводилась последовательно. «Kodak» провел реинжиниринг процесса разработки продукции путем использования технологии под названием CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing). Эта технология позволяет проектировать изделия непосредственно на экране компьютера, не прибегая к чертежам на бумаге, что значительно ускоряет разработку. Новый процесс разработки, использованный компанией «Kodak», называется одновременной инженерией. Этот подход использовался раньше в космической индустрии. Новый процесс разработки позволил сократить срок выпуска нового продукта с 70 недель до 38 недель. Более того, так как новый процесс позволяет промоделировать сборку продукта до его изготовления, стало возможным выбирать те конструкции, которые проще и дешевле в производстве. Благодаря этому «Kodak» уменьшила стоимость вновь спроектированной камеры на 25 % [12].

Таким образом, обобщив этот и другой опыт [12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22], можно сформулировать следующие принципы и технологии успеш-

ного реинжиниринга:

1. Ориентация на процесс. Объектом изменения при реинжиниринге являются бизнес-процессы. Именно в этом и состоит основное отличие реинжиниринга, например, от реструктуризации, в которой объектом изменений является организационная структура. Технологии реинжиниринга базируются на том, что бизнес-процессы первичны, а организационная структура компании вторична и является всего лишь средством выполнения процессов. Поэтому совершенствование деятельности предприятия нужно начинать с совершенствования именно бизнес-процессов, а не организационной структуры. После реинжиниринга работа компании должна ориентироваться на процессы, в модели управления компанией должен использоваться процессный подход, что должно найти отражение в организационной структуре организации. Процессный подход к управлению определяет предприятие как сеть взаимосвязанных бизнес-процессов, а не совокупность разрозненных функций. Каждый бизнес-процесс представляет собой набор последовательных операций, которые должны привести к достижению определенной цели.

2. Качественный результат. Все компании должны стремиться к качественному прорыву в решении поставленных задач, который отличается от результатов, полученных путем постоянного совершенствования. Если рассмотреть примеры проведения реинжиниринга, которые приводят Хаммер и Чампи [11], то в них были достигнуты следующие результаты по улучшению. Реинжиниринг бизнес-процессов в компании «IBM Credit» привел к росту производительности труда в 100 раз и уменьшению времени процессов в 10 раз. При проведении реинжиниринга в компании «Ford», численность отдела по оплате счетов поставщиков сократилась с 500 человек до 125, т.е. производительность повысилась в 4 раза. В третьем примере проведения реинжиниринга бизнес-процесса проектирования новой фотокамеры в компании «Kodak» были достигнуты результаты по сокращению времени процесса в два раза. Поэтому можно считать, что границами реинжиниринга являются следующие величины улучшений – 2, 4, 10 и более раз или 50 %, 75 %, 90 % и более процентов, отсчитываемые от начала процесса реинжиниринга. В слу-

чае постоянного совершенствования улучшение показателей составляет 5 – 20 % [20].

3. Новые правила. При проведении реинжиниринга необходимо отказаться от установленных ранее незыблемых правил ведения бизнеса. Средствами, которые позволили создать модели новых компаний, явились новые информационные технологии и новые организационные отношения.

4. Технология. Добиться поставленных целей, скачкообразно улучшив основные показатели, может тщательно продуманная технология проведения BPR. Для ее разработки предлагается следующая модель проведения реинжиниринга.

МОДЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В целях повышения эффективности предприятий и объединений разных секторов экономики России и Беларуси, с учетом разработанных теоретических основ реинжиниринга, предлагается следующий алгоритм проведения реинжиниринга бизнес-процессов.

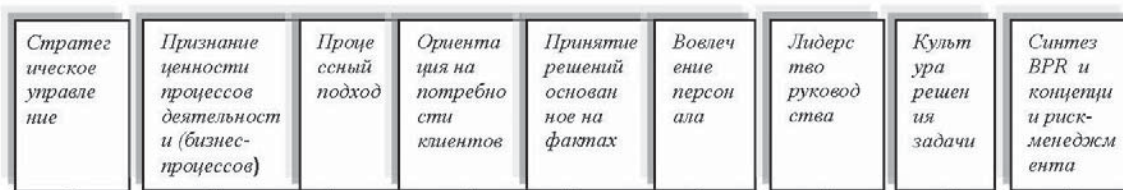
Реинжиниринг может происходить в следующих областях производственно-хозяйственной деятельности организаций: закупка, разработка новой продукции, логистика, маркетинговые исследования, сбыт, управление взаимоотношениями с клиентами и других.

Модель проведения реинжиниринга бизнес-процессов представлена на рисунке 2.

Данная модель включает в себя условия и принципы реализации реинжиниринга, а также схему этапов его проведения с определенной последовательностью действий.

На первом этапе определяется стратегия реинжиниринга. Данный этап включает определение целей и задач реинжиниринга, исходя из общей стратегии предприятия и определение ССП для достижения целей реинжиниринга.

Вторым этапом предусмотрены анализ и построение существующей бизнес-модели предприятия - «как есть». Анализ и построение модели «как есть» позволит: обеспечить прозрачность протекания процесса; идентифицировать слабые места и потенциал совершенствования; сформировать стратегию перехода к ситуации «как должно быть»; получить детальное представление у сотрудников о существующих проблемах предприятия, основных взаимосвязях и о своей



Принципы реализации технологии совершенствования системы управления

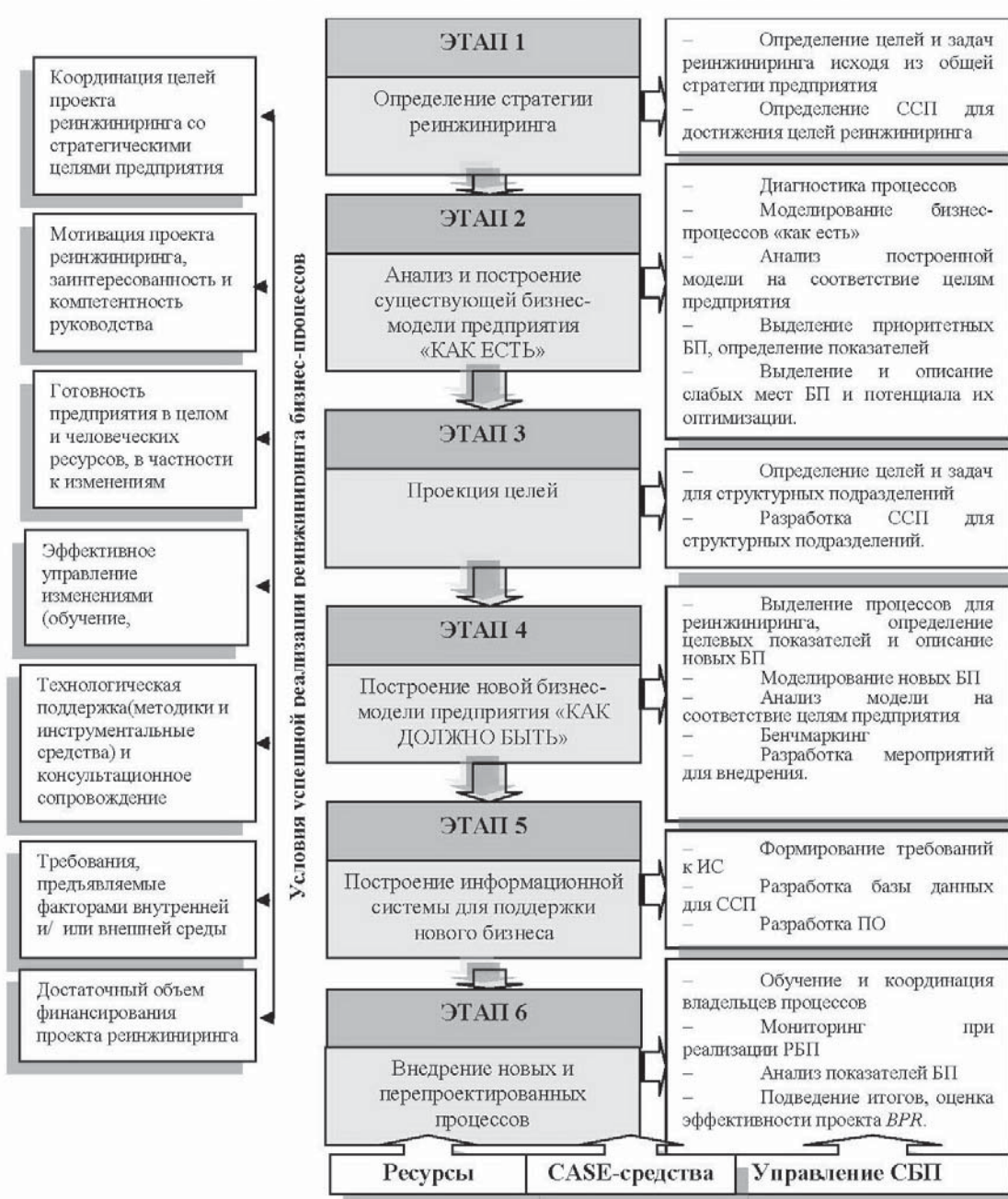


Рисунок 2 – Модель проведения реинжиниринга бизнес-процессов

Источник: [3].

роли в общих процессах предприятия; обучить участников проекта методам процессного подхода; использовать модель «как есть» в качестве контрольного списка в рамках моделирования «как должно быть».

Задача третьего этапа заключается в проекции целей. Для каждой бизнес-единицы должны быть разработаны долгосрочные планы и сбалансированная система показателей (ССП), совместимая с показателями предприятия. Последовательно, сверху вниз по перспективам «Финансы», «Клиенты», «Внутренние процессы», «Инфраструктура/сотрудники» разрабатываются цели структурных подразделений, достижение которых будет способствовать реализации миссии и стратегии предприятия.

На этапе проекции целей необходимо осуществить координацию полученных ССП структурных подразделений с показателями всего предприятия, полученных ранее, чтобы достичь стратегического соответствия. На рисунке 3 изображена последовательность этапов создания ССП бизнес-единицы (подразделения) на основе синергии предприятия.

На четвертом этапе выполняется построение новой бизнес-модели предприятия «как должно быть». Модель «как должно быть» описывает оптимизированные бизнес-процессы и включает в себя разработку регламентов, схем информационного обмена, создание должностных инструкций. На этом этапе осуществляется разработка

предложений по совершенствованию сложившихся правил и процедур, оргструктуры и информационных потоков предприятия и построение формализованных моделей деятельности организации в представлении «как должно быть». На основе разработанных показателей, с помощью которых измеряется уровень достижения целей для каждой бизнес-единицы, и анализа модели «как есть» разрабатывается набор мероприятий, с помощью которых планируется достижение целей (одно мероприятие может способствовать достижению нескольких целей, достижению одной цели может способствовать несколько мероприятий). Определяются сроки, бюджет и ответственные лица для конкретного мероприятия.

Этот этап, безусловно, является самым сложным, ибо связан с творчеством, с научным предвидением. Нельзя считать этот этап чисто инженерной задачей, хотя некоторые типовые приемы реинжиниринга существуют и известны (формализованы).

Успешность выполнения этого этапа, в большой степени зависит от творческого потенциала команды и всей организации в целом. При разработке модели «как должно быть» используются известные методы исследования систем управления. Выбор конкретных методов определяется знаниями, опытом и интуицией менеджеров и специалистов, проводящих исследования. Грамотное применение методов способствует

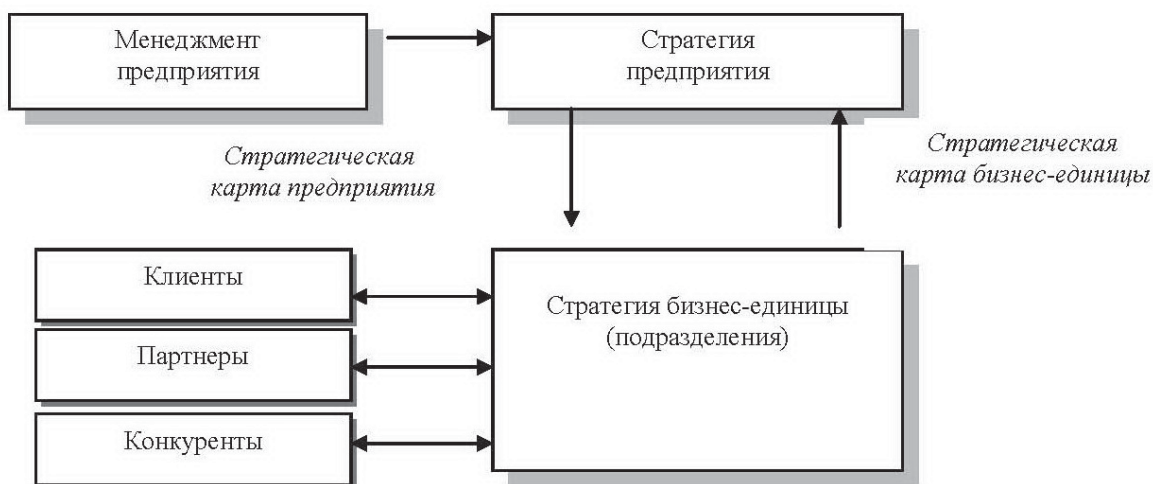


Рисунок 3 – Создание ССП бизнес-единицы

Источник: [3].

получению достоверных и полных результатов исследования проблем, возникших в организации [12]. Представляется, что на этом этапе весьма успешно можно применять бенчмаркинг [5] и метод мозгового штурма.

Бенчмаркинг – это методика изучения, сравнительного анализа и внедрения лучших методов ведения бизнеса. Бенчмаркинг помогает относительно быстро и с небольшими затратами совершенствовать деятельность организации, понять, как работают передовые конкуренты, и добиться таких же, а возможно, даже более высоких результатов. Ценность бенчмаркинга заключается не только в том, что организации не надо изобретать то, что уже изобретено. Внимательно изучая достижения и ошибки других, можно разработать собственную модель, которая будет максимально эффективна именно для конкретной организации.

В зависимости от целей и масштабов выделяют следующие виды бенчмаркинга.

1. Общий бенчмаркинг – заимствование любых успешных идей, наработок из различных сфер деятельности человека.

2. Отраслевой бенчмаркинг. Передовой опыт перенимается у организаций в других отраслях, потому что здесь проще бывает договориться об обмене опытом.

3. Конкурентный бенчмаркинг. Апробация успешного опыта организаций-конкурентов.

4. Внутренний бенчмаркинг. Это сравнение эффективности работы разных подразделений организации, распространение лучшего опыта на всю организацию.

Бенчмаркинг – это не только методика изучения и внедрения успешных решений. Это практика ведения и развития бизнеса, требующая непрерывного выполнения и взаимосвязи с другими подходами к управлению. Использование методов бенчмаркинга при реинжиниринге бизнес-процессов представляется наиболее целесообразным.

Другим эффективным средством стимулирования творческой активности всех без исключения членов команды по реинжинирингу является метод мозгового штурма [1]. Одно из основополагающих правил мозгового штурма состоит в том, что ни одна идея не должна отвергаться. Предложение, представляющееся поначалу неудачным, может быть просто нечетко сформули-

ровано. Даже бесперспективная (на первый взгляд) идея может послужить катализатором для выработки других. Важно постоянно помнить о том, что ни одна идея не может быть настолько незначительной, чтобы не заслуживать рассмотрения. Мозговой штурм как раз и является поводом для рассмотрения всех без исключения идей, направленных на осуществление позитивных преобразований.

Создание бизнес-модели организации в графическом, текстовом или каким-либо еще виде, позволяет выявить причинно-следственные связи предметной области (отразить организационную, функциональную или информационную структуры организации). Наглядность модели организационной структуры (отвечающей на вопрос: «кто и чем занимается») повышает прозрачность границ ответственности сотрудников. Используя инструментарий моделирования бизнес-процессов, путем связывания ролей с работниками и процессами можно сгенерировать для каждого работника документ, отражающий предъявляемые к нему требования, предоставляемые ему полномочия и должностную инструкцию. При этом модели бизнес-процессов определяют, как должны выполняться те или иные бизнес-функции, и именно они составляют основу комплекса бизнес-моделей организации.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Предлагаемая авторами статьи процессно-ориентированная концепция стратегического управления развитием промышленного предприятия на основе реинжиниринга бизнес-процессов интегрирует в себе положения системного, синергетического, процессного и собственно стратегического подходов, дополняющих друг друга и формирующих новое понимание об управлении компаниями в долгосрочной перспективе.

Внедрение методологии реинжиниринга бизнес-процессов будет способствовать: повышению прозрачности деятельности организации, закреплению зон ответственности сотрудников организации, улучшению взаимодействия подразделений, решению проблемы «незаменимых сотрудников». Проводя реинжиниринг бизнес-процессов и используя возможности информационных технологий, организация может создать новую структуру, полностью изменить

бизнес-процессы для кардинального повышения эффективности своей деятельности, добиться конкурентного преимущества.

Предложенные научно-практические ре-

комендации по проведению реинжиниринга бизнес-процессов как инновации в управлении будут востребованы на предприятиях и в организациях реального сектора экономики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аллен П.Х. Реинжиниринг банка: программа выживания и успеха / Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2002.
2. Ануфриева Н.Н. Патологии организации // ЭКО. - 2006. - №12. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://econom.nsc.ru/eco/Arhiv/ReadStatiy/2006_12. Дата доступа: 10.01.2014.
3. Блинов А.О., Рудакова О.С., Сафонов Е.Н. Методологические и методические основы диагностики современных организаций. М.: Интеграция, 2013.
4. Дафт Р. Менеджмент. 6-е изд. / Пер. с англ. - СПб: Питер, 2006.
5. Исаев Р.А. Бизнес-инжиниринг и управление в коммерческом банке - М.: Голос-Пресс, 2009.
6. Кароткі даклад пра стан і перспектывы развіцця навукі ў Рэспубліцы Беларусь па выніках 2011 г. / Пад рэд. І. В. Войтава, А. М. Русецкага. – Мінск: ДУ «БелІСА», 2012.
7. Кудрявцева Е.И. Индивидуальная управленческая концепция: феноменология и методика оценки управленческого усилия // Управленческое консультирование. 2013. № 12.
8. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь: статистический сборник. – 2013. – Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – 2013. – Источник доступа: <http://www.belstat.gov.by>. Дата доступа: 04.01.2014.
9. Романчук Я. Беларусь теряет конкурентоспособность // НИЦ Мизеса АЦ «Стратегия»

REFERENCES

1. OAllen, P.H. (2002), Reengineering of the Bank: a program for survival and success [Reinzhiniring banka: programma vyzhivaniya i uspeha] / Translation from English, Moscow, Publisher Alpina, 2002.
2. Anufrieva, N.N. (2007), Pathology organization [Patologii organizacii], № 12. [electronic resource]. – 2007. – Source access: http://econom.nsc.ru/eco/Arhiv/ReadStatiy/2006_12.
3. Blinov, A.O., Rudakova, O.S., Safonov, E.N. (2013), Methodological and methodical fundamentals of diagnostic modern organizations. [Metodologicheskie i metodicheskie osnovy diagnostiki sovremennyh organizacij], Moscow, Integration.
4. Daft, R. (2006), Management [Menedzhment]. 6th ed./ Translation from English. St. Petersburg: Piter.
5. Isaev, R.A. (2009), Business engineering and management in a commercial Bank [Biznes-inzhiniring i upravlenie v kommercheskom banke]: Moscow, Golos-Press.
6. Kratkij doklad o sostoyanii i perspektivah razvitiya nauki v Respublike Belarus po itogam 2011 pod red. I.V.Vojtova, A.M. Ruseckogo. Minsk. GU. Belisa – 2012.
7. Kudryavtseva, E.I. (2013), Private management concept: phenomenology and the methodology of evaluation management efforts [Individual'naja upravlencheskaja koncepcija: fenomenologija i metodika ocenki upravlencheskogo usilija] // Managerial consulting. № 12 - № 6.

- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://liberty-belarus.info/Tendentsii/Belarus-teryaet-konkurentosposobnost.html>. Дата доступа: 04.01.2014.
10. Российский статистический ежегодник. – 2012. – Росстат. [Электронный ресурс]. – 2013. – Источник доступа: <http://www.gks.ru>. Дата доступа: 15.01.2014.
 11. Управление бизнес-процессами современных организаций / Под общ. ред. М.М. Максимцова. - М.: МГСУ, 2009.
 12. Хаммер, М. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе / М.Хаммер, Д. Чампли.- СПб.: СПб ун-т, 2009.
 13. Bertolini M., Bevilacqua M., Ciarapica F.E. & Giacchetta G. Business process re-engineering in healthcare management: a case study // Business Process Management Journal. 2011. Vol. 17. Iss. 1.
 14. Dezdar Sh., Ainin S. Examining ERP implementation success from a project environment perspective // Business Process Management Journal. 2011. Vol. 17. Iss. 6.
 15. Choudrie J., Hlupic, V., Irani Z. Teams and their Motivation for Business Process Reengineering: A Research Note // International Journal of Flexible Manufacturing Systems. 2002. Vol. 14. Iss. 1.
 16. Collins English Dictionary – Complete and Unabridged. - NY- HarperCollins Publishers, 2003.
 17. Goksoy A., Ozsoy B., Vayvay O. Business Process Reengineering: Strategic Tool for Managing Organizational Change an Application in a Multinational Company // International Journal of Business and Management. 2012. Vol. 7. No. 2.
 18. Grint K. Reengineering History: Social Resonances and Business Process Reengineering // Organization. 1994. Vol. 1. No. 3.
 8. Science and Innovation in the Republic of Belarus [Nauka i innovacionnaia deiatelnost v Respublike Belarus]: statistical compilation. – 2012. – National Statistical Committee of the Republic of Belarus. [electronic resource]. – 2012. – Source access: <http://www.belstat.gov.by>.
 9. Romanchuk, J. Belarus loses competitiveness [Belarus terjaet konkurentosposobnost] // SIC Mises analytical center «Strategy» [Electronic resource]. - Source access: <http://liberty-belarus.info/Tendentsii/Belarus-teryaet-konkurentosposobnost.html>
 10. Russian statistical Yearbook [Rossijskij statisticheskij ezhegodnik]. - 2012. - [Electronic resource]. - 2013. - Source access: <http://www.gks.ru>.
 11. Maksimcov, M. M. (2009), Business process management in modern organizations [Upravlenie biznes-processami sovremennykh organizacij]. Moscow, MGSU.
 12. Hammer, M. (2009), Reinzhiniring korporatsii: Manifest revoljutsii v biznese, SPb.: SPb un-t.
 13. Bertolini, M., Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. & Giacchetta, G. (2011), Business process re-engineering in healthcare management: a case study, Business Process Management Journal, Vol. 17, Iss. 1.
 14. Dezdar, Sh., Ainin, S. (2011), Examining ERP implementation success from a project environment perspective, Business Process Management Journal, Vol. 17. Iss. 6.
 15. Choudrie, J., Hlupic, V., Irani, Z. (2002), Teams and their Motivation for Business Process Reengineering: A Research Note, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol. 14. Iss. 1.
 16. Collins English Dictionary – Complete and Unabridged. - NY- HarperCollins

19. Gunasekaran A. & Kobu B. Modelling and analysis of business process reengineering// International Journal of Production Research. 2002. Vol. 40. No. 11.
20. Hammer M. The reengineering revolution: handbook. - NY.: HarperBusiness, 1995.
21. Khasraghi H.J. & Tarokh M.J. Efficient Business Process Reengineering with Crowd sourcing // International Journal of Applied Information Systems. 2012. Vol. 2 (7).
22. Weicher M., Chu W.W., Lin W.Ch., Le V., Yu D. Business Process Reengineering: Analysis and Recommendations [Электронный ресурс] // URL: <http://www.netlib.com/bpr1.htm> Дата доступа: 10.01.2014.
23. The Global Competitiveness Index 2012-2013 rankings. 2012. The Global Competitiveness Index 2013-2014 rankings. 2013. World Economic Forum [Electronic resource]. - 2013. - Mode of access: <http://www3.weforum.org/> .Дата доступа: 11.02.2014.
- Publishers, 2003.
17. Goksoy, A., Ozsoy, B., Vayvay, O. (2012), Business Process Reengineering: Strategic Tool for Managing Organizational Change an Application in a Multinational Company, International Journal of Business and Management, Vol. 7. No. 2.
18. Grint, K. (1994), Reengineering History: Social Resonances and Business Process Reengineering, Organization, Vol. 1. No. 3
19. Gunasekaran, A. & Kobu, B. (2002), Modelling and analysis of business process reengineering, International Journal of Production Research, Vol. 40. No. 11.
20. Hammer, M. (1995), The reengineering revolution: handbook. NY.: HarperBusiness.
21. Khasraghi, H.J. & Tarokh, M.J. (2012), Efficient Business Process Reengineering with Crowd sourcing, International Journal of Applied Information Systems, Vol. 2 (7).
22. Weicher, M., Chu, W.W., Lin, W.Ch., Le, V., Yu, D. Business Process Reengineering: Analysis and Recommendations [Электронный ресурс], URL: <http://www.netlib.com/bpr1.htm> Дата доступа: 10.01.2014.
23. The Global Competitiveness Index 2012-2013 rankings. 2012. The Global Competitiveness Index 2013-2014 rankings. 2013. World Economic Forum [Electronic resource]. - 2013. - Mode of access: <http://www3.weforum.org/> .Дата доступа: 11.02.2014.

Статья поступила в редакцию 17.02.2014 г.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАДРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Е.И. Галешова

УДК 331.108.66 (476)

РЕФЕРАТ

КАДРОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КАДРОВАЯ СЛУЖБА, КАДРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАДРОВЫЕ РИСКИ

Предметом исследования является реализация кадровой деятельности в организациях. Цель исследования заключается в обосновании необходимости совершенствования реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь. Для выполнения поставленной цели автором проведен анализ нормативно-правового обеспечения деятельности кадровых служб организаций Республики Беларусь, оценена роль кадровых служб на современном этапе в организациях Республики Беларусь (преимущественно административная) и за рубежом (сервисная), выявлены основные проблемы кадровой деятельности организаций Республики Беларусь, разработаны методы управления кадровыми рисками в зависимости от их стадии возникновения, обосновано возрастание роли кадровой деятельности на основе построения цепочки взаимосвязанных обстоятельств. В работе обоснован ряд рекомендаций для совершенствования реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь.

ABSTRACT

HUMAN RESOURCES ACTIVITIES, PERSONNEL DEPARTMENT, TECHNOLOGIES OF HUMAN RESOURCES MANAGEMENT, PERSONNEL RISKS

In the article the need of improvement of implementation of human resources management activities in organizations of the Republic of Belarus is scientifically substantiated. The evolution of the role of personnel department of organizations and the place of personnel department of the majority of Belarusian organizations at the present stage is considered. The research in the field of implementation of human resources management activities is systematized, the problems of modern activities of personnel departments of the Republic of Belarus which hinder the competitiveness of Belarusian organizations on the international market are identified. Existing regulatory framework governing the activities of personnel departments of organizations in the Republic of Belarus is estimated. In order to reduce transaction costs methods for the management of personnel risks are developed. The ways of improvement of human resources management activities in domestic organizations are substantiated.

ВВЕДЕНИЕ

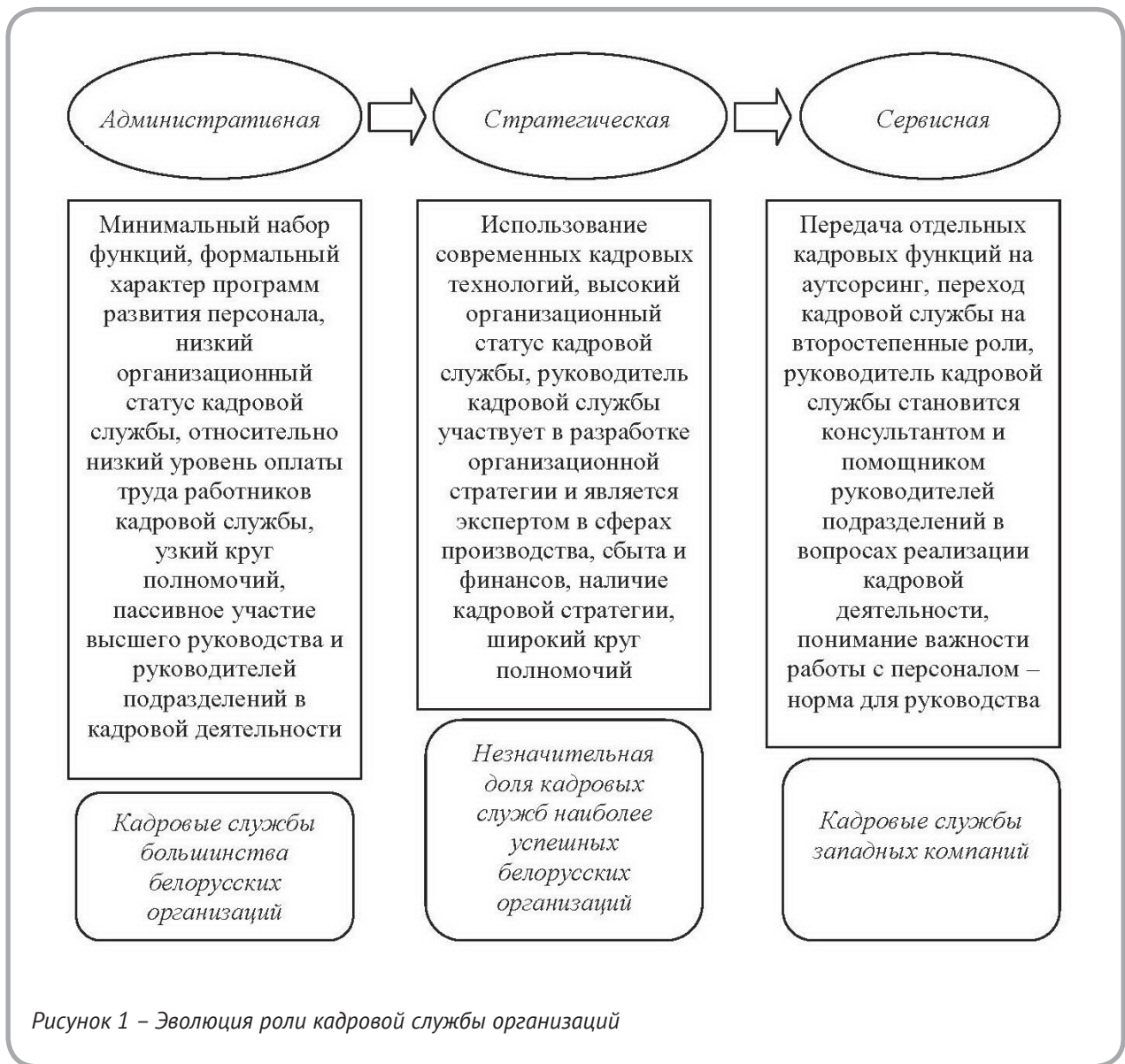
Переход к постиндустриальному обществу, глобальная конкуренция и связанное с этим повышение инновационной активности организаций являются условиями повышенного внимания к человеческим ресурсам. На мировом уровне ведется конкурентная борьба за высококвалифицированных работников. В таких условиях повышается роль кадровой службы (рис. 1), особое значение приобретает реализация эффективной кадровой деятельности, построенной на использовании современных кадровых технологий и осуществляемой компетентными работниками кадровых служб.

Поэтому важной теоретической и приклад-

ной задачей является обоснование направлений совершенствования реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь. Для этого необходимо определить основные проблемы кадровой деятельности организаций Республики Беларусь, провести анализ нормативно-правового обеспечения деятельности кадровых служб организаций Республики Беларусь.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ПОНИМАНИЮ КАДРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

За весь период своего существования кадровая служба находилась и находится под дав-



Источник: составлено автором по [1-15].

лением необходимости доказательства смысла своего существования, что особенно характерно для белорусских организаций. Провокационное заявление автора «3К-модели» (каналы, критерии, головы) N. Luhmann [16, S. 39-50] о развитии персонала как относительно слабом рычаге для изменения организационных структур, недовольство F.G. Hoerpfner отсутствием обоснования отделом кадров, увеличивающих бюджет затрат [17, S. 14], утверждение С. Eckartsberg о принятии решения работником кадровой службы об инвестировании в человеческий капитал на основе интуиции [18, S. 235], радикальная позиция Р. Бюннера «...сотрудники слишком важны, чтобы передать их кадровикам» [19, с. 531] являются

примерами «давления» на кадровую функцию.

В то же время существует достаточное количество исследований, подтверждающих значимость кадровой деятельности в современной организации. В частности:

- М. Хуселид и Б. Беккер установили прямую статистически значимую связь между высокоэффективной системой управления человеческими ресурсами (на основе расчета индекса систем управления человеческими ресурсами) и уровнем эффективности фирмы [3, с. 118-119];

- У. О'Рурк отмечает, что «грамотное руководство персоналом позволяет увеличить доход предприятия в среднем на 5-10 %» [20, с. 13];

- исследование Е. Лолера, Дж. Джамронга и

Дж. Будро подтвердили повышение роли кадровой службы в условиях кризиса и повышение ее авторитета в глазах руководства и персонала [21, с. 82];

- исследования, проведенные компанией Watson Wyatt и охватившие 1600 мировых ведущих компаний, показали, что доходы акционеров могут возрасти на 31,5 % от повышения эффективности работы отдела кадров [20, с. 235].

Одной из важнейших задач кадровых служб становится привлечение и удержание увеличивающегося мобильного, высококвалифицированного персонала, компетентного, по мнению А. Зигерта, «в межкультурном отношении с уже имеющимся опытом в этой сфере, для того чтобы выдержать схватку в глобальной конкуренции» [22, с. 202]. Это является важной характеристикой квалификации специалистов [23, С. 41]. Удержание ведущих работников может быть основано, по мнению Бевана, на анализе рисков, показывающих серьезность того, что ведущие работники будут потеряны, а ключевые должности станут вакантными [3, с. 337]. Благополучие транснациональных корпораций основывается на творческих личностях, а управление талантами, согласно исследованию, проведенному Европейской ассоциацией по управлению персоналом совместно со Стратегическим советом Бостонской консалтинговой группы и охватившему 1355 специалистов по управлению персоналом и менеджеров в 27 европейских странах [24, С. 6], является одним из пяти трендов (помимо управления талантами, были выделены демографические изменения, развитие обучающейся организации, баланс между работой и жизнью, управление изменениями на основе трансформации организационной культуры) кадровой деятельности в Европе до 2015 г.

СОСТОЯНИЕ КАДРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В конце XX века, как отмечают специалисты, основными характеристиками белорусского рынка труда явились «значительно меньшее снижение уровня занятости в сравнении с произошедшим снижением уровня производства; низкий уровень официальной безработицы при достаточно высокой фактической; активный, но холостой оборот рабочей силы; слабость института социального партнерства;

экстенсивное увеличение ресурсов рабочего времени; снижение эффективности использования персонала на микроуровне» [25, с. 3]. Перечисленные особенности повлияли на современную деятельность кадровых служб Республики Беларусь, обозначив проблемы, существующие в этом направлении и влияющие на конкурентоспособность белорусских организаций на международном рынке:

- отсутствие понимания важности роли человека в организации;

- несоответствие уровня профессионально-квалификационного состава работников кадровых служб современным требованиям в области управления персоналом, недостаток высших учебных заведений, которые предлагают подготовку, переподготовку и повышение квалификации по специальности «Управление персоналом» и обусловленная этими обстоятельствами нехватка высококвалифицированных специалистов в области управления персоналом;

- избыточная численность персонала, связанная с использованием устаревших норм планирования численности, по оценкам белорусских исследователей, составляет «от 5 до 30 % среднесписочной численности ППП, в отдельных случаях даже больше» [26, с. 3];

- несоответствующая мировым тенденциям в области управления персоналом нормативно-правовая база, регулирующая деятельность кадровых служб;

- давление традиций кадровой политики советского периода, что предопределяет отставание белорусских кадровых служб и влияет на скорость трансформации организации и реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь;

- решение кадровых проблем происходит по остаточному принципу, в результате чего организации могут оказаться в «кадровой ловушке» [25, с. 242-243], повышающей уровень кадровых рисков организации, суть которой заключается в следующем: потребность организаций в высококвалифицированных специалистах не может быть удовлетворена из-за невысокой оплаты труда, что делает невозможным выход из кризиса;

- отсутствие учета и оценки затрат на персонал, являющихся составной частью транзакционных издержек; при этом затраты на персонал

необходимо рассматривать «как инвестиции в человеческий капитал в соответствии с теорией человеческого капитала», чье сокращение «не обязательно приведет к повышению экономических результатов деятельности» [5, с. 150], оптимальности использования затрат можно достигнуть при уменьшении второй части транзакционных издержек – потерь, путем управления

кадровыми рисками в организации (рис. 2).

Роль кадровой деятельности возрастает в силу следующей цепочки взаимосвязанных обстоятельств:

- экономика знаний выдвигает новые требования к найму работников;
- возрастает стоимость и мобильность высококвалифицированных работников;



Рисунок 2 – Методы управления кадровыми рисками в зависимости от их стадии возникновения

Примечание: УКР – управление кадровыми рисками.

Источник: собственная разработка.

- ослабевает связь между высококвалифицированным работником и работодателем;

- важность атмосферы открытости и доверия в организации для обмена знаниями, с одной стороны, и отсутствие соответствующего климата в организации, с другой стороны (по данным исследования, проведенного Arthur Andersen & Co. совместно с American Productivity and Quality Center [27, p. 8];

- конкуренция организаций за «высокий потенциал» становится критической зоной конфликта кадровой деятельности в экономике знаний;

- неспособность государственных служб занятости населения, в настоящее время, обеспечить организации высококвалифицированными работниками;

- растущий уровень трудоизбыточности [5, с. 169] в совокупности со снижением уровня загрузки производственных мощностей промышленных предприятий (по данным опроса, проведенного в феврале 2014 г. Научно-исследовательским экономическим институтом Министерства экономики Республики Беларусь) приводят к снижению конкурентоспособности предприятий и определяют необходимость проведения реструктуризации предприятий.

Содержание кадровой деятельности проявляется в реализации функций кадровой службы. На сегодня деятельность кадровых служб Республики Беларусь регулируется рядом нормативно-правовых документов (табл. 1).

Анализ нормативно-методического обеспечения кадровой службы показал, что:

- за последние годы повысилось внимание к реализации кадровой деятельности, что подтверждается принятием Концепции государственной кадровой политики Республики Беларусь и ряда нормативных документов, в которых утверждены: Положение об организации работы с руководящими кадрами в системе государственных органов и иных государственных организаций, Методические рекомендации по проведению кадровой диагностики организаций с целью выявления потенциально избыточной численности персонала, Межотраслевые нормативы численности работников кадровых служб коммерческих организаций, Положение о комплектовании резерва руководящих кадров, его подготовке, порядке использования и об-

новления, Примерное Положение о конкурсной комиссии по формированию резерва руководящих кадров;

- отсутствует единый нормативный документ, регламентирующий кадровую деятельность в организациях, организационный статус кадровой службы в структуре управления, схему взаимодействия кадровой службы и структурных подразделений; организационно-методическое, кадровое и информационное обеспечение реализации кадровой деятельности;

- содержание части нормативных документов не отвечает современным требованиям социально-экономического развития мирового сообщества (Типовое положение о кадровой службе предприятия (организации)) и основано на нормативных документах СССР (Межотраслевые нормативы численности работников кадровых служб коммерческих организаций);

- существует некое противоречие между кадровой политикой на макроуровне (Концепция государственной кадровой политики Республики Беларусь) и на микроуровне (Типовое положение о кадровой службе предприятия (организации)): заложенная основа для нормативного, методического и кадрового обеспечения активной кадровой деятельности в Концепции государственной кадровой политики Республики Беларусь не нашла реализации в Типовом положении о кадровой службе предприятия (организации).

Выявленные проблемы реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь наряду с возрастанием роли кадровой деятельности, как в зарубежных, так и в отечественных организациях, проведенный анализ нормативно-методического обеспечения деятельности кадровых служб Республики Беларусь позволяют сделать вывод о необходимости совершенствования реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь. Основными направлениями совершенствования реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь являются:

1. Совершенствование организационно-методического обеспечения кадровой деятельности организаций, что предполагает:

- совершенствование организационно-методического обеспечения оценки и управления кадровыми рисками в организации на основе

Таблица 1 – Перечень основных нормативных документов, регламентирующих деятельность кадровых служб в организациях Республики Беларусь

Нормативный документ	Цель создания	Комментарий
1	2	3
Типовое положение о кадровой службе предприятия (организации), утвержденное постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 18 декабря 1997 г. № 118 с изменением, внесенным постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 19 апреля 2005 г. № 44	Повышение роли кадровых служб в управлении персоналом предприятий (организаций)	Преобладание учетных функций, не рассмотрены вопросы взаимодействия кадровой службы и структурных подразделений, ориентация на второстепенность кадровой службы в организационной структуре управления, не включены современные функции
В связи с утратившим силу 17.07.2013 Типовым положением о кадровой службе государственного органа (утв. постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 26 сентября 1994 г. № 101) деятельность кадровой службы государственного органа регулируется ст. 16 Закона Республики Беларусь от 14.06.2003 г. № 204-З «О государственной службе в Республике Беларусь» (в послед. ред. от 30.05.2013 № 28-З)	Предназначено для руководства в практической деятельности	Приоритет делопроизводственных задач, преобладание текущей кадровой деятельности над стратегической
Концепция государственной кадровой политики Республики Беларусь (утв. Указом Президента Республики Беларусь 18.07.2001 № 399 с изменениями и дополнениями, внесенными Указом Президента Республики Беларусь 12.11.2003 № 509)	Реализация стратегического курса на формирование социально ориентированной рыночной экономики, более глубокой интеграции страны в мировую экономическую систему, совершенствования механизма управления обществом на основе сочетания методов государственного и рыночного регулирования, использования современных организационных, информационных, социальных и политических технологий	Указание на необходимость использования современных кадровых технологий, акцентирование на прогнозировании потребности в кадрах, отмечена необходимость расширения подготовки научных кадров высшей квалификации в области управления персоналом
Положение об организации работы с руководящими кадрами в системе государственных органов и иных государственных организаций (утв. Указом Президента Республики Беларусь 26.07.2004 № 354 с изменениями и дополнениями, внесенными Указами Президента Республики Беларусь от 14 марта 2005 г. № 122, от 10 июня 2005 г. № 271, от 12 января 2007 г. № 23, от 26 января 2007 г. № 46, от 28 мая 2008 г. № 286, от 26 августа 2008 г. № 445, от 6 февраля 2009 г. № 78, от 2 июня 2009 г. № 275, от 17 августа 2010 г. № 427, от 30 сентября 2011 г. № 439, от 29 ноября 2013 г. № 529) Положение о комплектовании резерва руководящих кадров, его подготовке, порядке использования и обновления (утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 20.10.2004 № 1304, в ред. в постановлениях Совмина от 5.07.2005 № 745, от 07.02.2007 № 159, от 28.03.2007 № 387)	Формирование высококвалифицированных управленческих кадров, эффективное использование кадрового потенциала государственных учреждений и организаций	Нацеленность на внедрение современных кадровых технологий и непрерывное обучение, основанных на принципах планомерности и преемственности Предусмотрено создание, ведение и поддержание в актуальном состоянии автоматизированной информационной системы электронного учета руководящих кадров, их резерва

Продолжение таблицы 1		
1	2	3
Примерное Положение о конкурсной комиссии по формированию резерва руководящих кадров (утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 20.10.2004 № 1304, в ред. в постановлений Совмина от 5.07.2005 № 745, от 07.02.2007 № 159, от 28.03.2007 № 387)		Определен порядок создания и работы конкурсных комиссий по формированию резерва руководящих кадров, обеспечение работы конкурсной комиссии возложено на кадровую службу
Методические рекомендации по проведению кадровой диагностики организаций с целью выявления потенциально избыточной численности персонала (утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 29.12.2010 № 181)	Определение потенциально избыточной численности персонала, оптимизация затрат на персонал, совершенствование организационной структуры	Практическая направленность, подтверждаемая использованием белорусскими организациями в рамках проведения процессов модернизации и реструктуризации
Типовое положение об аттестации руководителей и специалистов организаций (утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.05.2010 г. № 784)	Совершенствование трудовых отношений, дальнейшее развитие кадрового потенциала отраслей экономики и сфер деятельности	Делопроизводственный характер участия кадровой службы в процессе аттестации. В описании процесса аттестации заложен формальный и бюрократический характер, четко не прописана связь между результатами аттестации и стимулированием работников
Межотраслевые нормативы численности работников кадровых служб коммерческих организаций (утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 27.12.2005 № 187)	Расчет численности работников кадровых служб, табельщиков по табельному учету и дежурных бюро пропусков	Не оценивают выполнение современных функций кадровой службы, в расчет нормативов не заложена автоматизация кадровой функции

диагностики кадровых рисков;

- оптимизация должностного состава работников кадровой службы организации;
- совершенствование методики оценки эффективности кадровой деятельности в организациях;
- совершенствование нормативно-правовой базы, регулирующей деятельность кадровых служб, путем расширения функций кадровой службы в Типовом положении о кадровой службе предприятия (организации); пересмотра Межотраслевых нормативов численности работников кадровых служб коммерческих организаций; создание единого нормативного документа, регламентирующего кадровую деятельность.

2. Совершенствование кадрового и информационного обеспечения кадровой деятельности, предусматривающее:

- усиление профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации в области управления персоналом;
- использование не только справочно-правовых систем по законодательству Республики Бе-

ларусь, но и специализированных программных продуктов в области управления персоналом с целью улучшения качества реализации отдельных кадровых процессов и сокращения различного рода потерь при решении кадровых делопроизводственных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование отечественного и зарубежного опыта реализации кадровой деятельности показало, что необходимо совершенствовать организационные и методические аспекты реализации кадровой деятельности в организациях Республики Беларусь. Разработка и предоставление кадровым службам практических инструментов и методов для реализации кадровой деятельности будут способствовать решению следующих задач:

- снижение уровня кадровых рисков и повышение кадровой безопасности в организации;
- улучшение планирования будущих потребностей организации в персонале и реализация обоснованного подбора персонала, лояльного к

организации;

- сохранение в штате талантливых и высококвалифицированных работников благодаря дифференцированному подходу к оплате труда и к предоставлению набора социальных услуг;
- обоснование структуры затрат на персонал и их оценка как инвестиций;

- в конечном итоге, повышение конкурентоспособности белорусских организаций путем реализации эффективной кадровой деятельности, осуществляемой компетентными, пользующимися доверием высшего руководства специалистами кадровой службы, и направленной на сохранение «кадрового ядра» в организации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Waechter, H. (2013) "Human Resource Management - Eine Annaeherung in kritischer Absicht", Industrielle Beziehungen, Vol. 20 No. 4, pp. 343-366.
2. Festing, M. (2012) "Strategic Human Resource Management in Germany: Evidence of Convergence to the U.S. Model, the European Model, or a Distinctive National Model?", Academy of Management Perspectives, No. 5 (May), pp. 37-54.
3. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами / М. Армстронг. – 8-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 832 с.
4. Беккер, Б.И. Измерение результативности работы HR-департамента / Б.И. Беккер, М.А. Хьюзлид, Д. Ульрих. – М.: Вильямс, 2007. – 298.
5. Ванкевич, Е.В. Современные проблемы организации производства, труда и управления на предприятиях легкой промышленности Республики Беларусь / Е.В. Ванкевич [и др.]; под науч. ред. Е.В. Ванкевич, В.А. Скворцов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2010. – 284 с.
6. Ulrich, D. (1997) Human resource champions: the next agenda for adding value and delivering results, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press.
7. Ванкевич, Е.В. Кадровые службы: направления активизации / Е.В. Ванкевич // Белорусская думка. – 2011. - № 1. – С. 52-59.

REFERENCES

1. Waechter, H. (2013), "Human Resource Management - Eine Annaeherung in kritischer Absicht", Industrielle Beziehungen, Vol. 20 No. 4, pp. 343-366.
2. Festing, M. (2012), "Strategic Human Resource Management in Germany: Evidence of Convergence to the U.S. Model, the European Model, or a Distinctive National Model?", Academy of Management Perspectives, No. 5 (May), pp. 37-54.
3. Armstrong, M. (2007), Human resources management [Praktika upravljenja chelovecheskimi resursami], Saint-Petersburg, Piter.
4. Bekker, B.I., Huselid, M.A. and Ulrich, D. (2007), Measurement of effectiveness of the work of HR-Department [Izmerenie rezul'tativnosti raboty HR-departamenta], Moscow, Williams.
5. Vankevich, E.V. and Skvotsov, V. (2010), Modern problems of the organization of production, labor and management in light industry of the Republic of Belarus [Sovremennye problemy organizacii proizvodstva, truda i upravlenija na predpriyatjah legkoj promyshlennosti Respubliki Belarus'], Vitebsk, VSTU.
6. Ulrich, D. (1997), Human resource champions: the next agenda for adding value and delivering results, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press.
7. Vankevich, E.V. (2011), Personnel service: directions of activization [Kadrovye sluzhby:

8. Elguth, P. and Kohaut, S. (2012) "Arbeitsbeziehungen und Personalpolitik im Dienstleistungsbereich", *Industr. Beziehungen*, Bd. 2012 No. 3, S. 257–289.
9. Cappelli, P. (2008) "Talent management for the twenty-first century", *Harvard Business Rev.*, Vol. 86 iss. 3, pp. 74–81.
10. Pucik, V. (1993) *Globalizing management: creating and leading the competitive organization*, New York [etc.], J. Wiley a. Sons.
11. Талицких, Е.В. Создание эффективного HR-отдела / Е.В. Талицких. – Москва: Вершина, 2008. – 228 с.
12. Хьюзлид, М.А. Оценка персонала / М.А. Хьюзлид, Б.Е. Беккер, Р.У. Битти. – Москва: Вильямс, 2007. – 419 с.
13. Джой-Меттьюз, Д. Развитие человеческих ресурсов / Д. Джой-Меттьюз, Д. Меггинсон, М. Сюрте. – 3-е изд. – М.: Эксмо, 2006. – 428 с.
14. Беляцкая, Т.Н. Антикризисное управление персоналом / Т.Н. Беляцкая, Е.А. Идельчик, И.К. Рудак. – Молодечно: УП «Тип. «Победа», 2003. – 133 с.
15. Кибанов, А.Я. Экономика управления персоналом: Учебник / А.Я. Кибанов, Е.А. Митрофанова, И.А. Эсаулова; под ред. А.Я. Кибанова. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 427 с.
16. Luhmann, N. (1975) *Soziologische Aufklaerung 2. Aufsaeetze zur Theorie der Gesellschaft*, Opladen, WDV.
17. Hoepfner, F.G. (1972) "Zur Erfolgskontrolle der Personalpolitik am Arbeitsmarkt", *Personal, Mensch und Arbeit*, No. 1, S. 14-16.
18. Eckartsberg, C. (1975) "Erfolgskontrolle im Personalwesen", *Personalwirtschaft*, Vol. 8, S. 275.
8. Elguth, P. and Kohaut, S. (2012), "Arbeitsbeziehungen und Personalpolitik im Dienstleistungsbereich", *Industr. Beziehungen*, No 1., pp. 52-59.
8. Elguth, P. and Kohaut, S. (2012), "Arbeitsbeziehungen und Personalpolitik im Dienstleistungsbereich", *Industr. Beziehungen*, Bd. 2012 No. 3, S. 257–289.
9. Cappelli, P. (2008), "Talent management for the twenty-first century", *Harvard Business Rev.*, Vol. 86 iss. 3, pp. 74–81.
10. Pucik, V. (1993), *Globalizing management: creating and leading the competitive organization*, New York [etc.], J. Wiley a. Sons.
11. Talickih, E.V. (2008), *Creation of an effective HR-Department [Sozdanie jeffektivnogo HR-otdela]*, Moskow, Top.
12. Huselid, M.A., Bekker, B.I. and Beatty, R.U. (2007), *Personnel assessment [Ocenka personala]*, Moskow, Williams.
13. Joy-Matthews, D., Megginson, D. and Sure, M. (2006), *Human resources development [Razvitie chelovecheskih resursov]*, Moskow, Eksmo.
14. Belyatskaya, T.N., Idelchik, E.A. and Rudak, I.K. (2003), *Anti-crisis management of the personnel [Antikrizisnoe upravlenie personalom]*, Molodechno, UE «the Publishing House «the Victory».
15. Kibanov, A.Ya., Mitrofanova, E.A. and Esaulova, I.A. (2013), *The economy of personnel management: Textbook [Jekonomika upravlenija personalom: Uchebnik]*, Moskow, INFRA-M.
16. Luhmann, N. (1975), *Soziologische Aufklaerung 2. Aufsaeetze zur Theorie der Gesellschaft*, Opladen, WDV.
17. Hoepfner, F.G. (1972), "Zur Erfolgskontrolle der Personalpolitik am Arbeitsmarkt", *Personal, Mensch und Arbeit*, No. 1, S. 14-16.

19. Управление персоналом: Учебник / И.Б. Дуракова и др.; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. И.Б. Дураковой. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 570 с.
20. Жуков, А.Л. Аудит человеческих ресурсов организации: Учебное пособие / А.Л. Жуков. – М.: МИК, 2010. – 256 с.
21. Просвиркина, Е.Ю. Факторы, влияющие на проведение оценки деятельности кадровых служб на российских предприятиях / Е.Ю. Просвиркина // Российское предпринимательство. - 2012. - № 11 (209). - С. 81-86.
22. Зигерт, А. Трансмиграция высококвалифицированного персонала - вызов для кадрового менеджмента. Размышления на примере российских специалистов и руководителей (начало) / А. Зигерт // Знание. Понимание. Умение. – 2009. - № 1. – С. 201-205.
23. Halajian, R. and Stehr, C. (2008) "Diversity Management bei der Metro: Die Belegschaft als Spiegel der Gesellschaft", Personalfuehrung, Vol. 41 No. 2, S. 38–41.
24. Daniel, C., Leicht, M. and Strack, R. (2007) "Personalarbeit in Europa", Personal. Heft, Vol. 9, S. 6-8.
25. Ванкевич, Е.В. Рынок труда Республики Беларусь: особенности формирования и развития / Е.В. Ванкевич, А.П. Морова, И.В. Новикова; под науч. ред. Е.В. Ванкевич. - Витебск: УО «ВГТУ», 2008. - 302 с.
26. Ванкевич, Е.В. Эффективность занятости: мнимая и реальная / Е.В. Ванкевич // Экономическая газета. – 2013. – 4 окт. – С. 1, С. 3.
27. Allee, V. (1997) The knowledge evolution: expanding organizational intelligence, Boston [etc.], Butterworth-Heinemann.
18. Eckartsberg, C. (1975), "Erfolgskontrolle im Personalwesen", Personalwirtschaft, Vol. 8, S. 275.
19. Durakova, I.B. (2009), Personnel management:Textbook [Upravlenie personalom: Uchebnik], Moskow, INFRA-M.
20. Zhukov, A.L. (2010), Audit of the human resources of the organization: Textbook [Audit chelovecheskih resursov organizacii: Uchebnoe posobie], Moskow, MIK.
21. Prosvirkina, E.Ju. (2012), The factors affecting the performance assessments of personnel services of the Russian organizations [Faktory, vlijajushhie na provedenie ocenki dejatel'nosti kadrovyyh sluzhb na rossijskikh predpriyatijah], Russian business, Vol. 209 No. 11, pp. 81-86.
22. Ziegert, A. (2009), Transmigrate highly qualified personnel is a challenge for HR management. Reflections on the example of Russian specialists and managers (beginning) [Transmigracija vysokokvalificirovannogo personala-vyzov dlja kadrovogo menedzhmenta. Razmyshlenija na primere rossijskikh specialistov i rukovoditelej (nachalo)], Knowledge. Understanding. Ability, No. 1., pp. 201-205.
23. Halajian, R. and Stehr, C. (2008), "Diversity Management bei der Metro: Die Belegschaft als Spiegel der Gesellschaft", Personalfuehrung, Vol. 41 No. 2, S. 38–41.
24. Daniel, C., Leicht, M. and Strack, R. (2007), "Personalarbeit in Europa", Personal. Heft, Vol. 9, S. 6-8.
25. Vankevich, E.V., Morova, A.P. and Novikova, I.V. (2008) The labour market of the Republic of Belarus: peculiarities of formation and development [Rynok truda Respubliki Belarus': osobennosti formirovanija i razvitija], Vitebsk, VSTU.

26. Vankevich, E.V. (2013), The effectiveness of employment: imaginary and real [Jeffektivnost' zanjatosti: mnimaja i real'naja], Economic newspaper, 4 Oct., p. 1, p. 3.
27. Allee, V. (1997), The knowledge evolution: expanding organizational intelligence, Boston [etc.], Butterworth-Heinemann.

Статья поступила в редакцию 15.04. 2014 г.

ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СПЛОЧЕННОСТИ ОБЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

А.М. Гриненко, В.В. Кирилук

УДК316.454.4:316.334.3

РЕФЕРАТ

СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА, ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, СОЦИАЛЬНАЯ СПЛОЧЕННОСТЬ, ГРАЖДАНСКОЕ ОБЩЕСТВО, СОЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ

В статье рассмотрены вопросы формирования социальной сплоченности общества и эффективной социальной политики. В начале рассмотрена сущность понятий социальной сплоченности и социальной политики, их основные составляющие. Предметом исследования является взаимосвязь социальной сплоченности и эффективной социальной политики.

Основными целями исследования выступают всесторонние аспекты этих социальных явлений, которые основаны на том, что наиболее масштабной задачей социально ориентированной экономики государства в формирующемся рыночном хозяйстве является деятельность по социальной защите всех слоев общества и по выработке стратегии эффективной социальной политики. Формой ее реализации выступает фактический образ действий государства, воплощенный в социальную политику, которая охватывает все сферы экономических отношений в стране.

Результаты исследования показали, что существуют некоторые проблемы, связанные с регулированием и обеспечением социальной защиты населения. Социальная политика российского государства должна быть пронизана идеями равенства, всеобщности охвата и доступности для всех слоев населения национальных систем образования, здравоохранения, социального страхования.

Выводы. Идеи солидарности в обществе должны реализовываться в финансовой поддержке пенсионеров, инвалидов, имеющих низкие доходы семей с детьми, тех, кто не по своей вине утратил трудоспособность и не в состоянии в достаточной степени позаботиться о себе. Имен-

ABSTRACT

SOCIAL POLICY, GOVERNANCE, SOCIAL COHESION, CIVIL SOCIETY, SOCIAL TRANSFORMATION

The article is devoted to social cohesion as a priority concept of development of modern societies, which focuses on improving the degree of social justice, socio-cultural integration, erasing social and economic dividing lines within societies to achieve their homogeneity and stability. The article also studies social cohesion and social policy. It is a priority component for forming and maintaining a high level of social cohesion. The main objectives of the research are in-depth aspects of these social phenomena, which are based in socially oriented economy of the state in the emerging market economy on the activity for the social protection of all sectors of society and development of the strategy for effective social policy. The essence of social policy and social cohesion and their relationship are analysed and the ways to improve the effectiveness of social policies and measures to enhance the level of social cohesion are suggested in this article.

но такая политика отвечает сути социального государства и способствует формированию высокого уровня социальной сплоченности.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сегодня, в условиях всеобщего процесса глобализации, модернизации и демократизации, гражданское общество обрело самостоятельную силу, стало ведущим, определяющим и решающим в эволюционном процессе. Появились новые тенденции во взаимоотношениях между государством и обществом. Социальная сплоченность рассматривается как приоритетная концепция развития современных обществ и ориентирована на повышение степени социальной справедливости, социокультурной интеграции, стирание социально-экономических разделительных линий внутри социумов с целью достижения их гомогенности и устойчивости.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Социальную сплоченность исследовали Л. Витте, Я. Дреновски, Л. Козера, А. Сена В. Роик, М. Николаев, Г. Авцинова, М. Волгин, А. Гриненко, А. Колот, Е. Либанова и другие.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Процесс взаимосвязи эффективной социальной политики и ее влияния на социальную сплоченность общества начали рассматривать совсем недавно и наработки в данном направлении почти отсутствуют. Именно потому, задачей нашей статьи является освещение эффективной социальной политики, ее основных направлений и взаимосвязей с повышением уровня социальной сплоченности общества.

ЦЕЛИ СТАТЬИ

Основными целями исследования выступают всесторонние аспекты этих социальных явлений, которые основаны на том, что наиболее масштабной задачей социально ориентированной экономики государства в формирующемся рыночном хозяйстве является деятельность по социальной защите всех слоев общества и по выработке стратегии эффективной социальной политики. Формой ее реализации выступает фактический образ действий государства, во-

площенный в социальную политику, которая охватывает все сферы экономических отношений в стране.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Основную роль в формировании социальной сплоченности общества играет социальная политика. Для лучшего понимания взаимосвязи эффективной социальной политики и формирования социальной сплоченности сначала необходимо рассмотреть эти понятия и их составляющие.

Существует несколько различных подходов к определению социальной сплоченности. Социальная сплоченность (в трактовке Совета Европы) – это способность общества обеспечивать благополучие всех своих членов, минимизируя диспропорции в развитии и избегая маргинализации людей [2].

По определению Всемирного банка, социальная сплоченность – это такое состояние, при котором группа людей в пределах определенной территории – страны – демонстрирует способность к сотрудничеству, что, в свою очередь, создает институциональную возможность для продуктивных изменений. Это совершенно не означает, что люди идут в одном направлении, думают одинаково, имеют одинаковые взгляды. Социальная сплоченность – это возможность без потери индивидуальных различий обеспечить координацию, сотрудничество ради реализации критически важных целей общества [1].

Основные составляющие социальной сплоченности представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что большинство составляющих социальной сплоченности общества напрямую связаны с эффективной социальной политикой. Таким образом, эффективная социальная политика влияет на составляющие социальной сплоченности и является основной предпосылкой для ее формирования.

Социальная сплоченность дает именно ту характеристику качества процесса формирования современного гражданского общества, которая способна ориентировать социум в условиях трансформаций, противодействовать деструк-

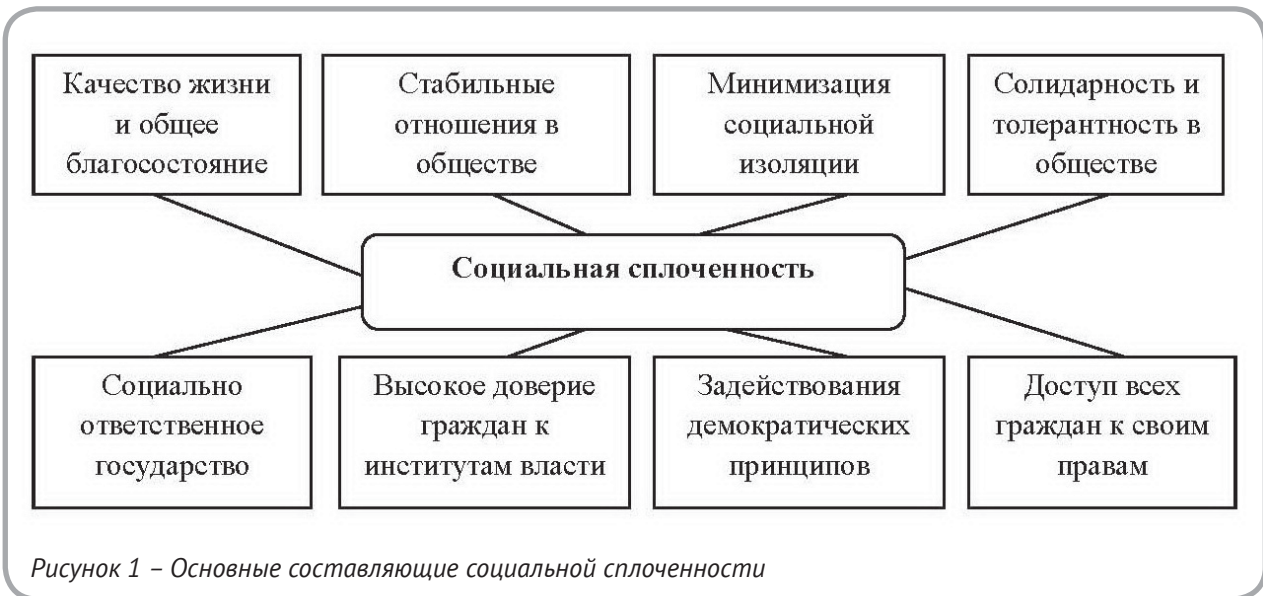


Рисунок 1 – Основные составляющие социальной сплоченности

ции, кризису, упадку, нейтрализовать напряженные конфликты и способствовать стабильности общества, его совершенствованию и упрочнению.

Безусловно, социальная сплоченность, подразумевающая интеграцию общества, поддержание порядка в обществе, обеспечение социального и национального согласия, предотвращение отчуждения масс от власти – результат зрелости гражданского общества, наполняющая качественным содержанием сам процесс формирования гражданского общества.

Социальная политика – это общественный феномен, объединяющий различные многофактор-

ные составляющие: конституционно-правовые, институциональные, управленческие, регулятивные и саморегулятивные, глобальные, национальные, государственные, надгосударственные, общественные, гуманистические, прагматические (ценностные), коммуникативные и др. Вышесказанное обуславливает многоаспектность основ социальной политики как общественного явления. Различают узкое и широкое понимание социальной политики (рис. 2).

В узком аспекте социальная политика предусматривает комплекс мероприятий, направленных на создание системы социальных амортизаторов общественных, в частности рыночных,

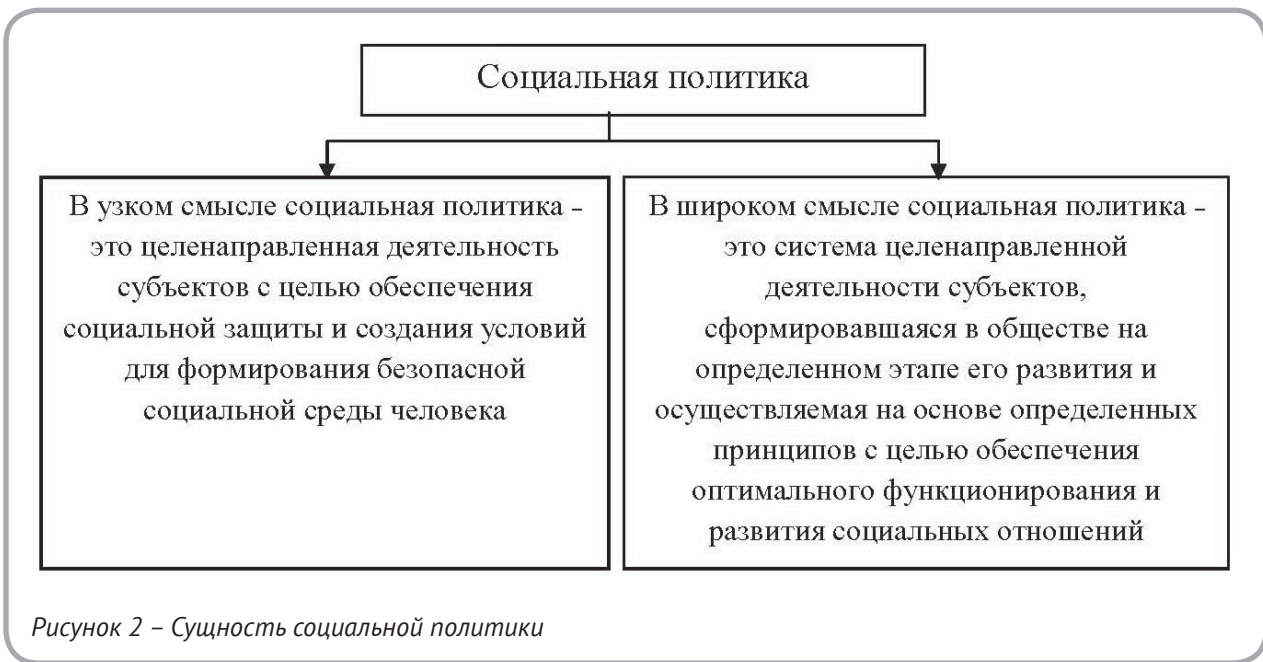


Рисунок 2 – Сущность социальной политики

рисков и формирование социальных стандартов. Другими словами, политика в узком смысле – это деятельность субъектов социально-политической жизни, направленная на формирование социальной безопасности человека и общества.

В широком аспекте социальная политика является системой управленческих, регулятивных, саморегулятивных способов и форм деятельности субъектов, совокупность принципов, решений и действий, которые воплощаются в социальных программах и социальной практике с целью удовлетворения социальных потребностей, сбалансирования социальных интересов человека, социальных групп общества, достижения социальных целей, решения социальных задач, формирования социальных ценностей. Другими словами, политика в широком смысле – это система институциональных и надинституционных, государственных и общественных, направленных на создание условий для всесторонней самореализации социального потенциала человека, его сущностных сил [3].

Социальная защита, социальная безопасность, с одной стороны, и социальное развитие, социальные отношения, с другой, органично соединены в одно целое. Без развитых социальных отношений не может быть стабильной

социальной безопасности человека, общества, а социальная безопасность в значительной степени предопределяет развитость, зрелость процессов социального, общественного развития.

Содержание социальной политики, ее цели и задачи раскрываются в системе функций – относительно самостоятельных, но тесно связанных видов политической деятельности. Важнейшие из них отражены на рисунке 3.

Объектом социальной политики являются общественные процессы жизнедеятельности социума, которые прямо или косвенно влияют на формирование социальной безопасности человека, удовлетворение собственных социальных потребностей и интересов, освоения и создания социальных ценностей.

Социальная политика должна основываться на познании законов общественного развития, в частности, социальных отношений, выявлять глубинные тенденции развития во всех сферах общественной жизни.

Социальная политика проявляется в управлении, регулировании социальных процессов. Социальное управление и регулирование является основным механизмом, инструментом реализации социальной политики.

Такая политика призвана выявлять и решать

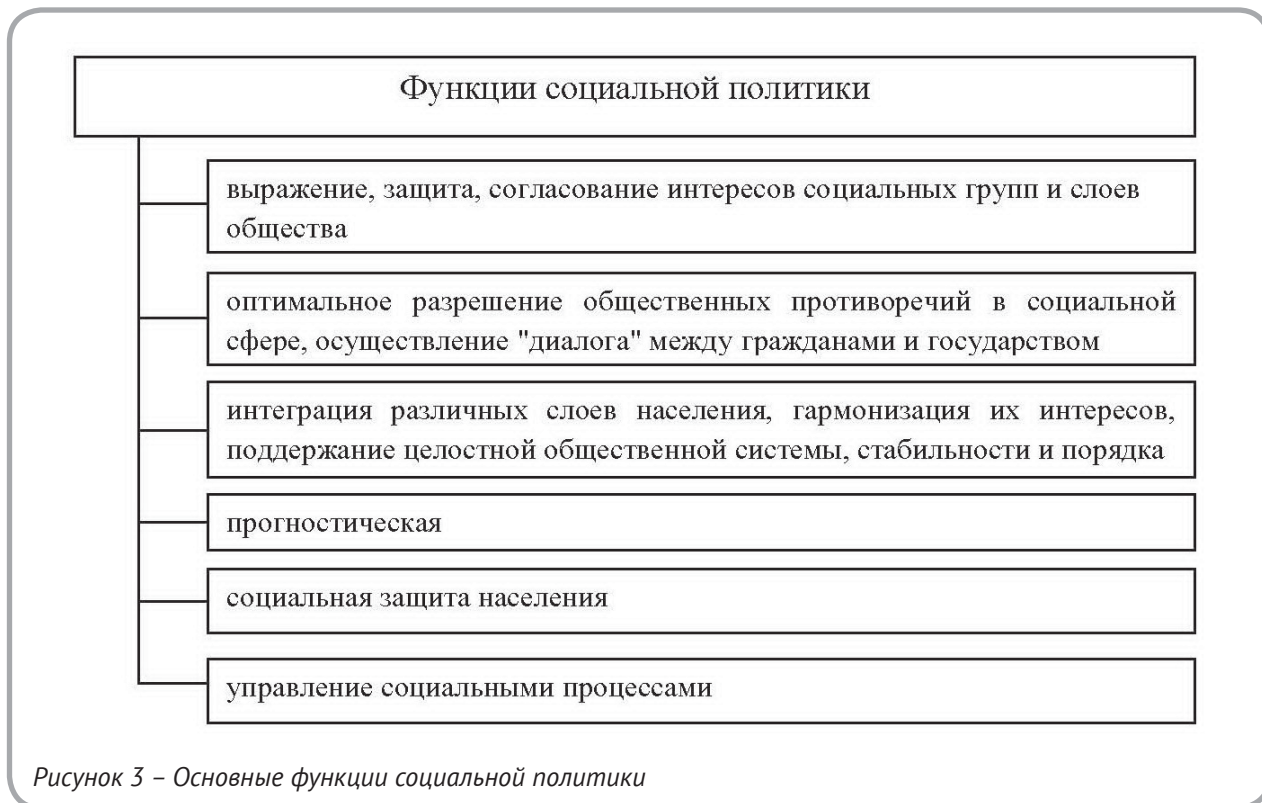


Рисунок 3 – Основные функции социальной политики

противоречия как объективного, так и субъективного характера в экономике, политике, социальных, духовных отношениях общества, в межличностных социальных отношениях людей, тех или иных составляющих этих отношений, аспектах и тенденциях развития и функционирования, влияющих на социальное бытие, социальное самочувствие и безопасность человека. Социальная политика направлена на укрепление тенденций в процессах и явлениях материальной и духовной сфер жизнедеятельности общества, способствующих обогащению его социального развития, социального бытия, формированию ценностей.

Цель социальной политики заключается в создании условий для формирования, развития и оптимального функционирования социальных отношений, всестороннего раскрытия, самореализации творческого социального потенциала человека, личности, ее сущностных сил, а также для удовлетворения человеком социальных потребностей и интересов, освоения социальных ценностей, поддержание в обществе социального согласия, стабильности и социальной целостности, самовоспроизводящегося, самодостаточного уровня социодинамики, социального прогресса [4].

Социальная политика в условиях трансформации общественных отношений, формирования социального государства и гражданского общества имеет целью сузить, а в перспективе свести на нет роль в социальной жизни факторов, которые теряют социальное значение или тормозят процесс социодинамики, а также со-

здать условия для усиления роли факторов, детерминант, способствующих социальному прогрессу.

Что касается конкретных задач социальной политики, то основные из них в украинском обществе на этапе его трансформации изображены на рисунке 4.

Важным условием эффективной реализации социальной политики является создание в обществе совокупности объективных и субъективных условий.

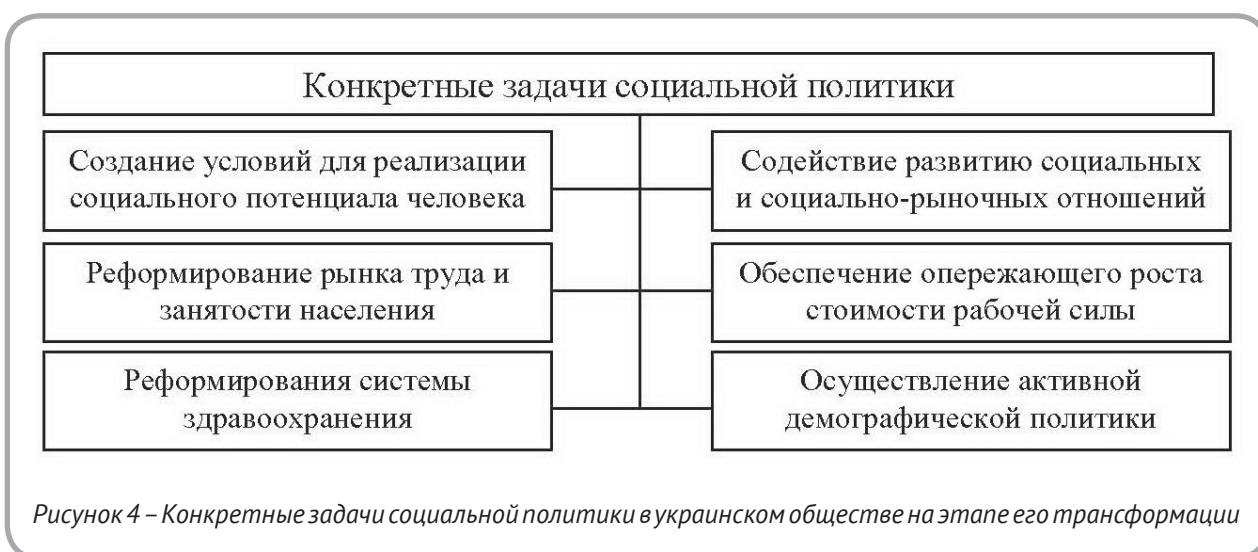
К объективным условиям реализации социальной политики относятся:

- трансформация общественных отношений, и прежде всего, формирование социально-рыночной экономики, полноценного института собственности (в частности, частной);
- утверждение процессов социально-трудовой мобильности, политической структурированности общества, новой системы духовных, ценностных ориентаций.

Социальная политика является важным условием формирования в обществе социальных отношений, нового качества социального бытия.

К субъективным условиям реализации социальной политики относятся:

- использование в социальной политике адекватных принципов, способов и форм целенаправленной управленческой, регулятивной деятельности по освоению и созданию социального бытия, которые отвечали бы требованиям объективных законов общественного социального развития;
- содействие средствами регулятивной поли-



тики своевременному решению противоречий в социальной сфере;

- утверждение динамизма в механизме собственно управленческой регулятивной деятельности, направленной на развитие социального бытия, социальной сферы;

- искоренение форм и методов командно-административного, директивного управления;

- децентрализация социальной политики;

- разрешение противоречий между новыми (в значительной степени социально-рыночным) отношениями и проявлениями директивного управления, пассивного характера социальной политики.

Непременным условием эффективной реализации социальной политики является социальный мониторинг, предусматривающий систематический анализ процессов социальной сферы, которая постоянно меняется и предопределяет содержание социального регулирования, субъективной деятельности общества, человека. Существенным в социальной политике является своевременное внесение корректив в содержание и формы социального регулирования процессов развития социального бытия, от которых прямо или косвенно зависит удовлетворение социальных потребностей человека и общества, социальная безопасность личности.

Условием оптимизации социальной политики является глубокое знание ее субъектами не только закономерностей и тенденций общественного развития, детерминирующих процесс реализации личностью своего социального потенциала, но и других процессов жизнедеятельности общества, которые влияют на социальное положение, благосостояние, самочувствие человека. Итак, в реализации социальной политики необходимо максимально полно учитывать объективные и субъективные условия, которые определяют состояние развития социальных отношений, а также активно влиять на эти отношения в целях эффективного и оптимального их функционирования [2].

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Для формирования социальной сплоченности украинского общества необходимо направить векторы социальной политики в таких сферах:

- совершенствование социального законо-

дательства в целях развития сплоченности обществ;

- обеспечение правовой защиты всех без исключения граждан, равенства всех перед законом, неотвратимости санкций (независимо от социального статуса индивида);

- социальное противодействие монополизму и содействие открытой конкуренции в сфере социального обслуживания, на рынках социальных услуг, что потенциально способствует росту их качества и снижению стоимости, а, следовательно, содействует повышению качества жизни социально-дезадаптированных категорий населения;

- ориентация государственной социальной политики на интеграцию членов общества и его частей (разработка и реализация концепций, программ, технологий социокультурной, образовательной и иной интеграции, инклюзии в отношении всех членов общества, независимо от уровня их психофизического развития, этнической, религиозной и гендерной принадлежности, социально-экономического статуса);

- создание реальной, а не виртуальной доступной (безбарьерной) окружающей среды для маломобильных групп населения и формирование толерантного отношения к ним в обществе с целью активизации ресурсов и обеспечения устойчивости жизнедеятельности.

Таким образом, именно эффективная социальная политика является важным условием формирования в обществе социальных отношений, нового качества социального бытия, и в конечном итоге, социальной сплоченности общества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешина М.В. Векторы социальной политики в контексте формирования сплоченности российского общества (2011). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vakizdat.ru/>
2. Бухарова М.В. (2007). О феномене «социального исключения». Материалы XI региональной научно-технической конференции «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». Том второй. Общественные науки. – 168 с.
3. Гриненко А.М. (2010). Ціннісні орієнтири в формуванні соціальної згуртованості суспільства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ir.kneu.kiev.ua:8080/bitstream/2010/197/1.pdf>
4. Кирилук В.В. (2013). Социальная сплоченность как концепция развития современного общества. Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие: Шестая международная конференция; Москва, МГУ имени М.Ломоносова, экономический факультет; 17-19 апреля 2013г.: сборник статей. Том 2. – М.: ТЕИС, 2013. – С. 649-654
5. Роик В.Д. (2009). Социальная сплоченность - одна из базовых доктрин Евросоюза // Человек и труд. (5). – С. 16-19.

REFERENCES

1. Aleshina, M.V. (2011), Vectors of social policy in the context of the formation of cohesion of the Russian Society [Vektory social'noj politiki v kontekste formirovaniya splochnosti rossijskogo obshhestva]. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.vakizdat.ru/konferencii-vakizdat/vakconference/29-vakconf2012-6/104vakconf2012-6-3.html>
2. Buharova, M.V. (2007), On the phenomenon of "social exclusion". [O fenomene «social'nogo iskljuchenija»]. Materials XI regional scientific and technical conference "University Science - North Caucasus region ." Volume Two . Social Sciences. – p. 168.
3. Grinenko, A.M. (2010), Of values in shaping the social cohesion of society. [Cinnisni orientiri v formuvanni social'noi zгуртованості suspil'stva]. [Electronic resource]. - Mode of access : <http://ir.kneu.kiev.ua:8080/bitstream/2010/197/1.pdf>
4. Kyrylyuk, V. (2013), Social cohesion as a concept of modern society. [Social'naja splochnost' kak koncepcija razvitija sovremennogo obshhestva]. Innovative development of the Russian economy : regional raznnozrazie: Sixth International Conference; Moscow, Moscow State University named after Lomonosov, Faculty of Economics; April 17-19, 2013.: Stattey collection. Volume 2. - Moscow: TEIS, 2013. - pp. 649-654.
5. Roik, V.D. (2009), Social cohesion - one of the basic doctrines of the European Union [Social'naja splochnost' - odna iz bazovyh doktrin Evrosojuza]. Man and labor. (5). - pp. 16-19.

Статья поступила в редакцию 25. 10. 2013 г.

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

М.Е. Кадомцева

УДК 338.436.33

РЕФЕРАТ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС, ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ, ИНВЕСТИЦИИ, ИННОВАЦИЯ, ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ

В статье исследована специфика и основные типы инноваций, характерные для предприятий сельского хозяйства и пищевой промышленности. Выявлена высокая дифференциация процессов инновационного развития в отраслях российского агропромышленного комплекса. На основе анализа основных показателей инновационной деятельности дана оценка современному состоянию инновационного развития агропромышленного комплекса России. Предложены рекомендации по повышению эффективности управления развитием инновационных процессов в агропромышленном комплексе в условиях различных видов деятельности. Обоснована возрастающая роль организационно-управленческих инноваций на сельскохозяйственных предприятиях и предприятиях пищевой промышленности в условиях возникновения новых вызовов и угроз, связанных с усилением глобальных и региональных интеграционных процессов.

ABSTRACT

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX, DIFFERENTIATION, INVESTMENTS, INNOVATION, FOOD INDUSTRY, AGRICULTURE, TECHNICAL MODERNIZATION

The paper studies the specificities and main types of innovations characteristic of agricultural and food enterprises. It is found out that the innovative development processes taking place in the Russian agro-industrial complex's branches are highly different. The present state of the Russian agro-industrial complex's innovative development is viewed by analyzing the basic parameters of the innovative activity. Recommendations on improving the efficiency of management of the innovative processes in the agro-industrial complex in the context of different kinds of activity are offered. The increasing role of organizational-managerial innovations at agricultural and food enterprises in the context of the new challenges and threats arising from the intensifying global and regional integration processes is substantiated.

Агропромышленный комплекс России включает в себя множество отраслей, которые имеют специфические черты: сезонный характер и относительно длительный цикл сельскохозяйственного производства, значительный размер затрат капитального характера и т. д. Для него характерна технологическая неоднородность, а также высокая дифференциация предприятий внутри отраслей по качественным и количественным характеристикам. Эти условия определяют различные типы инноваций в АПК.

Для пищевой и перерабатывающей промышленности характерны следующие типы инноваций, охватывающие широкий диапазон изменений: продуктовые, процессные, организационные и маркетинговые [1]. Продуктовые ин-

новации подразумевают значительные изменения в свойствах производимых товаров и услуг. Сюда включаются как совершенно новые товары и услуги, так и значительно усовершенствованные продукты из числа уже существовавших ранее. Процессные инновации подразумевают значительные изменения в методах производства. Доля процессных инноваций в отечественной пищевой промышленности в 2012 году составила всего 4,6 %. Это значит, что до сих пор многие предприятия не производят в должной мере реконструкцию устаревших мощностей. Организационные инновации относятся к сфере внедрения новых организационных методов. Это могут быть изменения в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях

предприятия. Маркетинговые инновации включают реализацию новых методов маркетинга. К такому типу инноваций можно отнести изменения в дизайне и упаковке продукта, его продвижении и размещении, методах установления цен на товары и услуги.

В базовой отрасли агропромышленного комплекса – сельском хозяйстве внедрение новшества связано преимущественно с такими новыми технологиями, которые изменяют свойства, но не ведут к получению нового вида продукта. Появление новых продуктов в аграрной сфере случается крайне редко, поскольку ассортимент производимой сельскохозяйственной продукции уже сложился под влиянием природно-климатических факторов и ресурсных возможностей перерабатывающей промышленности конкретной зоны.

Учитывая социально-экономические и организационно-технологические особенности отраслей агропромышленного комплекса, выделяют четыре основных типа инноваций, характерных для сельского хозяйства: селекционно-генетические, производственно-технологические, организационно-управленческие и экономико-социологические [2, с. 4]. Каждый из этих типов инноваций имеет собственную структуру и содержание, свои движущие силы, препятствия и риски [3, с. 7].

Селекционно-генетические инновации – особый тип нововведений, присущий только аграрной сфере, фундаментальные исследования по генной, клеточной и хромосомной инженерии, молекулярной вирусологии, прикладные исследования по расширению генофондов сельскохозяйственных животных и растений, их использованию в селекционной работе. В 2011 году Всероссийским НИИ экономики сельского хозяйства Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИЭСХ) было проведено исследование, в рамках которого был осуществлен сбор информации по видам внедряемых инноваций и количеству субъектов хозяйствования, в которых осуществлялось внедрение. Исследование показало, что среди всех видов инноваций большая доля приходится на инновации в растениеводстве (65,7 %). Это новые сорта сельскохозяйственных растений, препараты защиты растений, новые ресурсосберегающие технологии, экологические системы производства продукции растениеводства и

т. д. В животноводстве было освоено 24,5 % инноваций, они касаются новых пород животных, способов их содержания и кормления, профилактики и лечения заболеваний.

Другой тип инноваций – это социо-экологические инновации, к которым относятся нововведения в системах социальных отношений, в регулировании производства и рынка, инновации в человеческий фактор, новации в комплексном развитии сельских территорий, а также новые методы решения экологических проблем.

К организационно-управленческим инновациям можно отнести новые методы работы, которые влекут за собой изменения в организационных, информационно-технических, административных процессах внутри производственно-экономической системы предприятия; включают в себя область менеджмента, логистики, применения информационных технологий, новых методов маркетинговой деятельности и пр. Не менее важны в современных условиях новые методы труда, организации индивидуальной и трудовой работы в аграрном производстве.

Развитие организационно-управленческих инноваций воздействует на производственно-технологические инновации, способствуя распространению новых ресурсосберегающих технологий, для реализации которых необходимы новые виды техники, новые сорта и средства защиты растений. Производственно-технологические инновации – это нововведения, которые, будучи результатами научных разработок, находят свое практическое применение в производстве новых видов сельскохозяйственной и продовольственной продукции или обеспечивают существенное улучшение качества традиционных ее видов. К этому же типу инноваций можно отнести принципиально новые технологии проведения сельскохозяйственных работ, применение новых методов содержания скота, птиц, технологии хранения и переработки произведенного сельскохозяйственного сырья, которые обеспечивают повышение и сохранение биологически ценных качеств продукции, снижение ее ресурсоемкости. Все большую популярность в последние годы приобретают технологии «нулевой» обработки почвы, технологии «точного» земледелия, системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники и дифференцированное (координатное) внесение удобрений

и средств защиты растений, базирующиеся на GPS-навигации, компьютеризация оросительных систем, биотехнологии и т. д.

Как показывает практика, развитие инновационной деятельности в отраслях агропромышленного комплекса происходит недостаточными для современных условий темпами.

Анализ финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий агропромышленного комплекса убедительно демонстрирует неспособность большинства из них использовать научно-технические достижения вследствие низкого уровня рентабельности (таблица 1) [4]. Несмотря на то, что, по данным официальной статистики в 2012 г. доля прибыльных сельскохозяйственных организаций составила 79,7 %, у 80 % из них уровень рентабельности остается ниже или примерно на уровне инфляции.

страховых выплат в два раза привело к прекращению хозяйственной деятельности большого числа малых предприятий. Повышение всевозможных налогов существенно снижает и без того низкий показатель инвестиционной привлекательности России и конкретно аграрного сектора экономики.

Совершенствование такого экономического рычага, как кредит, необходимо для повышения финансовой устойчивости предприятий и привлечения инвестиций в отрасли агропромышленного комплекса. Основными причинами низкого уровня кредитования и невыполнения объема привлеченных субсидируемых кредитов является высокая закредитованность сельскохозяйственных предприятий по ранее взятым кредитам, а также высокая стоимость и сложная процедура их получения [6]. Проблема кредит-

Таблица 1 – Основные экономические показатели финансово-хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций Российской Федерации в 2008 – 2012 гг.

Показатель	2008	2009	2010	2011	2012
Уровень рентабельности, включая субсидии %	15,3	9,4	8,3	11,8	14,6
Уровень рентабельности без субсидий %	2,3	-3,2	-5,4	-0,4	4,8
Удельный вес прибыльных организаций, %	78,1	72,1	71,0	78,2	79,7
Удельный вес убыточных организаций, %	21,7	27,9	29,0	21,8	20,3
Кредиторская задолженность, включая кредиты и займы (млрд. руб.)	1148,5	1314,5	1483,5	1717,5	1763,0
Просроченная кредиторская задолженность (млрд. руб.)	38,4	43,4	46,7	17,1	125,2
Доля просроченной кредиторской задолженности в общем объеме кредиторской задолженности, %	3,34	3,30	3,14	1,00	7,10

Существующий в настоящее время организационно-экономический механизм не способствует развитию инновационной деятельности в агропромышленном комплексе, не создает стимулов для внедрения инноваций в аграрное производство. Неэффективность системы налогообложения выражается в большом количестве всевозможных налогов, их непрозрачности и возрастающей сложности расчёта, необоснованно частых проверках всевозможных контролирующих органов [5]. Увеличение в 2013 году

ного обеспечения сельскохозяйственных предприятий остается нерешенной, так как банкам невыгодно предоставлять займы на длительный период в связи с большой вероятностью их невозврата и отсутствием залогового имущества. Именно поэтому банки устанавливают более высокие проценты за пользование кредитом для сельскохозяйственных товаропроизводителей по сравнению с другими секторами экономики. Стоимость залогового имущества зачастую в 1,5 – 2 раза превышает сумму кредита, для

финансирования инвестиционного проекта банк требует до 40 % собственных средств заемщика.

Для значительной части сельскохозяйственных товаропроизводителей характерен довольно мелкий масштаб производства, не позволяющий эффективно использовать современную высокопроизводительную технику, а относительно небольшая масса прибыли и низкий уровень концентрации капитала не позволяют обеспечить приобретение комплекса технических средств и осуществлять техническую модернизацию производства. Отечественный парк тракторов и основных сельскохозяйственных машин систематически сокращается. В России в 2011 г. по сравнению с 1990 г. в сельхозорганизациях тракторный парк сократился в 4,4 раза, количество зерноуборочных комбайнов – в 5 раз, кукурузоуборочных в 8,7 раз, кормоуборочных – в 6 раз, доильных установок и агрегатов – в 7,7 раза [7]. Из таблицы 2 видно, что количественные параметры обновления техники, заложенные в «Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 – 2012 годы» не выполнены [4].

Растут площади неиспользуемой пашни и

сельскохозяйственных угодий других видов. К 2011 году к категории заброшенных земель было отнесено уже более 20 млн. га пашни, а посевные площади уменьшились на 40 млн. га [7]. Даже при огромном сокращении посевных площадей нагрузка пашни, например, на один трактор достигла 210 га при норме 73 га, тогда как в США аналогичный показатель составляет 37 га, в Англии – 13, во Франции – 16, в Германии – 11,5 га [8]. Увеличение нагрузки на единицу техники ведет к подливанию сроков выполнения сельскохозяйственных работ и финансовым потерям при уборке урожая.

Как показывает практика, выпускаемая отечественная техника обеспечивает реализацию в основном экстенсивных и традиционных технологий, поскольку главным образом используются морально устаревшие модели. По оценкам экспертов, отечественная техника отстает от импортных аналогов по параметрам надежности более чем в 6 раз [9]. В настоящее время техническое переоснащение предприятий агропромышленного комплекса является необходимым условием роста конкурентоспособности, эффективного производства. Опыт развития сельскохозяйственного производства зарубежных стран,

Таблица 2 – Коэффициенты обновления основных видов сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях, %

Показатель	2008	2009	2010	2011	2012
Коэффициент обновления в сельхозорганизациях:					
тракторов					
предусмотрено	5,2	6,6	8,0	9,2	10,3
фактически	3,8	2,0	2,3	3,4	3,4
отклонение (+/-)	-1,4	-4,6	-5,7	-5,8	-6,9
комбайнов зерноуборочных					
предусмотрено	7,4	8,6	10,4	11,5	13,0
фактически	6,9	4,3	3,5	5,3	4,8
отклонение (+/-)	-0,5	-4,3	-6,9	-6,2	-8,2
комбайнов кормоуборочных					
предусмотрено	11,8	12,8	12,4	12,0	11,6
фактически	7,1	3,5	4,1	6,4	4,8
отклонение (+/-)	-4,7	-9,3	-8,3	-5,6	-6,8

близких к России по природно-климатическим условиям, например, таких как Финляндия или Канада, и передовых отечественных сельхозпроизводителей показывает, что машинно-технологическая модернизация способна повысить производительность труда в сельском хозяйстве в 3–5 раз.

Инвестиционный потенциал предприятий агропромышленного комплекса также ограничен их неустойчивым финансовым положением. Доля инвестиций, направленных на развитие сельского хозяйства в период с 2008 по 2012 гг., сократилась с 4,5 % до 3,5 %. Удельный вес инвестиций в аграрный сектор, поступивших от иностранных инвесторов, в 2011 году составил всего 0,4 % от общего объема инвестиций.

Перерабатывающие предприятия пищевой промышленности по сравнению с сельскохозяйственными предприятиями являются более инвестиционно привлекательными. Как видно из таблицы 3, в структуре затрат на технологические инновации среди предприятий пищевой промышленности большая часть расходов приходится на техническую модернизацию производства [10]. При сокращении затрат на приобретение новых технологий и программных средств наблюдается положительная динамика расходов на исследования и разработки.

Анализ показателей инновационной деятельности предприятий агропромышленного комплекса России свидетельствует о том, что в целом инновационное развитие комплекса происходит достаточно медленными темпами. Доля наукоемкой продукции в агропромышленном комплексе России не превышает 0,3 % от общего объема, а в развитых странах она составляет более 20 % [11]. Бюджетные ассигнования в АПК составляют 0,5 %, в то время как в зарубежных развитых странах они достигают 20–70 %.

Процессы инновационного развития сильно дифференцированы по отраслям агропромышленного комплекса. Инновационная деятельность в пищевой промышленности развивается более динамично, чем в сельском хозяйстве. Технологическая многоукладность аграрного производства, преобладание в ряде сфер и отраслей первичных отсталых укладов становятся сегодня одним из главных факторов, отрицательно влияющих на развитие инновационной деятельности в агропромышленном комплексе, где наряду с новейшими производствами продолжают существовать производства устаревших технологических укладов, давно вытесненных из аграрного производства развитых стран. Поэтому считаем, что в современных условиях, когда необходима быстрая реакция на вызовы

Таблица 3 – Затраты на технологические инновации предприятий, производящих пищевые продукты, включая напитки, и табак в 2008 – 2011 гг. (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей)

Показатель	2008	2009	2010	2011
затраты на технологические инновации	12182,8	10837,7	8760,9	12562,9
в том числе:				
исследования и разработки	1063,0	1119,9	736,4	1690,9
доля затрат на исследования и разработки в общей структуре затрат на технологические инновации, %	8,7	10,3	8,4	13,4
приобретение машин и оборудования	7148,6	6138,0	5744,9	7695,8
приобретение новых технологий	1275,6	359,4	57,6	48,6
приобретение прав на патенты лицензии	60,8	26,4	16,2	5,1
приобретение программных средств	283,5	382,2	266,9	74,0
производственное проектирование	281,1	476,5	584,4	855,8
другие виды подготовки производства	406,0	1052,4	1085,0	1223,6
обучение и подготовка персонала	92,4	13,5	9,7	124,9
маркетинговые исследования	891,4	551,0	132,8	247,2
прочие затраты	741,2	744,8	143,1	602,1

и угрозы внешней среды, в отраслях агропромышленного комплекса возрастает роль организационно-управленческих инноваций. Такого рода инновации предполагают преобразование многих элементов системы управления на уровне отдельного предприятия не зависимо от отрасли, к которой оно относится. Организационно-управленческие инновации проходят быстрее этапы инновационного процесса и не требуют значительных финансовых вложений, что особенно важно в условиях глобальной конкуренции.

В условиях усиления процессов глобализации устойчивое функционирование и рост конкурентоспособности отечественного агропромышленного комплекса неразрывно связаны с активизацией инновационных процессов. Инновационное развитие агропромышленного комплекса позволит выполнить задачу обеспечения продовольственной безопасности России, значительно нарастить экспортный потенциал страны за счет увеличения производства продукции комплекса с высокой добавленной стоимостью. В то же время современное состояние инновационной деятельности в агропромышленном комплексе России свидетельствует о серьезных проблемах её функционирования, среди которых – отсутствие четкой государственной политики, слабая мотивация и заинтересованность в

освоении инноваций сельскохозяйственных товаропроизводителей. Динамика отраслей агропромышленного комплекса, их количественный и качественный рост в последнее время определяются в большей степени лишь внутренними факторами. Неэффективность существующего в стране инновационного механизма ставит под угрозу осуществление принятой Концепции социально-экономического развития России до 2020 года. Существует настоятельная необходимость выработки эффективных инструментов по управлению инновационными процессами в условиях различных видов деятельности. В связи с этим необходимо сочетать отечественную инновационную деятельность с передовым зарубежным опытом, который является весьма полезным для познания процессов, происходящих в агропромышленном комплексе нашей страны. Это позволит определить наиболее эффективные формы и методы государственного регулирования агропромышленного комплекса, будет способствовать поиску необходимых направлений формирования российской концепции агропромышленной политики, даст возможность широко использовать эффективно проявившие себя схемы и способы развития и поддержки инноваций и на основе этого включить Россию в международную систему инновационной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство Осло (2005), Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям, перевод с английского, Центр исследований и статистики науки (ЦИСН) Министерства образования и науки РФ, Москва. URL <http://www.gks.ru>.
2. Анфиногентова, А.А., Крылатых, Э.Н. (2005), Стратегия развития АПК с учетом инновационных факторов / А.А. Анфиногентова, Э.Н. Крылатых // АПК: экономика и управление. № 10. 92 с.

REFERENCES

1. Rukovodstvo Oslo (2005), Rekomendatsii po sboru i analizu dannykh po innovatsiyam [Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data] Center for Scientific Research and Statistics of the Ministry of Education and Science of RF. Moscow. URL <http://www.gks.ru>.
2. Anfinogentova, A.A., Krylatyh, Je.N. Strategy of Development of the AFC with Taking into Account Innovation Factors [Strategija razvitija APK suchetom innovacionnyh faktorov], *APK: jekonomika i upravlenie*. – AFC: Economics and Management, № 10. p 92 s.

3. Крылатых, Э.Н. (2009), Концепция инновационного развития агропромышленного комплекса России: особенности разработки / Э.Н. Крылатых // *Аграрный вестник Урала*. № 4 (58). 102 с. ISSN 1997 - 4868.
4. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2012 году государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 - 2012 годы» – URL. <http://www.mcx.ru/>
5. Иванов, Д.А. (2011), Пути совершенствования налогообложения малых предприятий агропродовольственного комплекса // *Региональные агросистемы: экономика и социология: Ежегодник* / отв. ред. А.А. Анфиногентова. Саратов: ИАГП РАН, – URL. <http://www.iagpran.ru>.
6. Решетникова, Н.В. (2009), Проблемы кредитования предприятий малого и среднего бизнеса в условиях финансового кризиса / Н.В. Решетникова // *Региональные агросистемы: экономика и социология: Ежегодник* / отв. ред. А.А. Анфиногентова. – Саратов: ИАГП РАН, № 1, URL. <http://www.iagpran.ru>.
7. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России (2011), Стат. сб. Росстат. - Москва. 446 с.
8. Москалева, О. (2010), АПК и сельхозмашиностроение, *Основные Средства*. № 8, URL. http://www.os1.ru/article/market/2010_08_A_2010_08_09-14_26_15/
9. Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации до 2020 года (проект) URL. http://www.vniiesh.ru/documents/document_9519_Стратегия_инноац_развития_АПК_до_2020г.08.06.11.doc
10. Российский статистический ежегодник (2012), Стат. сб. / Росстат. Москва. 786 с.
3. Krylatyh, Je.N. (2009), Concept of Innovative Development of the Agro-industrial Complex of Russia: Features of Development [Konceptija innovacionnogo razvitija agropromyshlennogo kompleksa Rossii: osobennosti razrabotki], *Agrarnyj vestnik Urala –Agrarian Newsletter of the Urals*, № 4 (58), p. 102.
4. Nacional'nyj doklad O hode i rezul'tatah realizacii v 2012 godu gosudarstvennoj programmy razvitija sel'skogo hozjajstva i regulirovanija rynkov sel'skohozjajstvennoj produkcii, syr'ja i prodovol'stvija na 2008 – 2012 gody [On the Progress and Results of the Markets for Agricultural Products, Feedstuff and Food for the Years 2008 – 2012], available at: <http://www.mcx.ru/>
5. Ivanov, D.A. (2011), Puti sovershenstvovaniya nalogooblozhenija malyh predpriyatij agroprodovol'stvennogo kompleksa [Ways of Improving the Taxation for Smale Enterprises of the Agrofood Complex], in Anfinogentova A.A. (Ed.), *Regional'nye agrosistemy: jekonomika i sociologija: Ezhegodnik [Regional Agrosystems: Economics and Sociology]*, Saratov: IAGP RAS, available at: <http://www.iagpran.ru>.
6. Reshetnikova, N.V. Problemy kreditovaniya predpriyatij malogo i srednego biznesa v uslovijah finansovogo krizisa [Problems of Crediting Small and Medium Businesses in the Context of Financial Crisis], in Anfinogentova A.A. (Ed.), *Regional'nye agrosistemy: jekonomika i sociologija: Ezhegodnik [Regional Agrosystems: Economics and Sociology: Yearbook]*, Saratov: IAGP RAS, available at: <http://www.iagpran.ru>.
7. Agriculture, Forestry and Munting in Russia [*Sel'skoe hozjajstvo, ohota i ohotnich'e hozjajstvo, lesovodstvo v Rossii*] (2011). Moscow, Rosstat. 446 p.
8. Moskaleva O. (2010), AFC and Agricultural Machinery Building [APK i sel'hozmashinostroenie], *Osnovnye Sredstva – Fixed Assets*, № 8, available at: http://www.os1.ru/article/market/2010_08_A_2010_08_09-14_26_15/

11. Сафиуллин, Н.А., Каримова, Р.Р. (2011), Особенности управления инвестиционно-инновационной деятельностью в молочном скотоводстве, *Вестник Казанского университета*, Т. 20, № 2, С. 55-57.
- www.os1.ru/article/market/2010_08_A_2010_08_09-14_26_15/
9. *Strategija innovacionnogo razvitija agropromyshlennogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2020 goda (proekt) URL*. [Strategy of the Innovative Development of the Agro-industrial Complex of the Russian Federation up to 2020 (draft) URL], available at: http://www.vniiesh.ru/documents/document_9519_Стратегия_инновационного_развития_АПК_до_2020г.08.06.11.doc
10. *Rossijskij statističeskij ezhegodnik. 2012 [Russian Statistical Yearbook] (2012)*, Moscow, Rosstat. 786 p.
11. Safullin N.A., Karimova R.R. (2011), Features of Managing the Investment Innovation Activity in Dairy Farming [Osobennosti upravlenija investicionno-innovacionnoj dejatel'nost'ju v molochnom skotovodstve], *Vestnik Kazanskogo universiteta. – Kazan University Newstetter*, vol. 20, № 2. pp. 55-57.

Статья поступила в редакцию 25.12.2014 г.

СОСТОЯНИЕ КООПЕРАТИВНО-ИНТЕГРАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В ЛЬНЯНОМ ПОДКОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.А. Карпов

УДК 633.521(476)

РЕФЕРАТ

ЛЬНЯНОЙ ПОДКОМПЛЕКС, НАЦИОНАЛЬНАЯ ЛЬНЯНАЯ КОМПАНИЯ, КООПЕРАТИВНО-ИНТЕГРАЦИОННЫЕ СВЯЗИ, ИНТЕГРАЦИЯ

В представленном материале рассматривается необходимость активизации процессов формирования кооперативно-интеграционных объединений в льняном подкомплексе Республики Беларусь с целью создания на первом этапе национальной льняной компании и в последующем – транснационального объединения. В статье установлены наиболее значимые предпосылки и условия, которые будут способствовать развитию льняного подкомплекса РБ за счет совершенствования отношений между предприятиями-интегрантами. Особое внимание обращено на существующие проблемы, которые характерны для льняного подкомплекса в настоящее время и процесса его развития в перспективе, в частности приведены определенные направления по модернизации подкомплекса, способной не только совершенствовать технико-технологическую составляющую этого процесса, но и реформировать организационно-экономические отношения.

ABSTRACT

FLAX SUBCOMPLEX, NATIONAL LINEN COMPANY, COOPERATIVE-INTEGRATION RELATIONS, INTEGRATION

*For the modern economy the inherent manifestation of all new challenges posed by society resulting in problems that can be solved only if their realization is based on in-depth analysis of the various phenomena of socio-economic development and technical and technological progress. These issues should include the tasks facing linen subcomplex of the Republic of Belarus, development of cooperative and integration relations between businesses and industries in a single process. In this connection the state of the existing collaboration in *inproizvodyaschih* agricultural enterprises has the considerable interest, and flax factories *RUPTE "Orsha Flax"*, in order to establish the reasons for their ineffective activities over the past twenty years. Consideration of the current state of cooperative-integration relationships specific to linen sub country is submitted. The directions to improve the efficiency of interdependent enterprises and organizations of the related industries to improve their production and economic activities are defined.*

Для современной экономики присуще проявление все новых вызовов со стороны общества, в результате чего возникают проблемы, которые могут быть разрешены только при условии их осознания на основе глубокого анализа различных явлений социально-экономического развития и технико-технологического прогресса. Отправным моментом перспективного развития кооперативно-интеграционных связей между предприятиями и отраслями должно стать решение задач, стоящих перед льняным подкомплексом Республики Беларусь. В этой связи представляет значительный интерес состояние существующего взаимодействия льнопроизводящих сельскохозяйственных предприятий, льнозаводов и РУПТП «Оршанский льноком-

бинат» с целью установления причин их малоэффективной деятельности на протяжении последних двадцати лет. Рассмотрение современного состояния кооперативно-интеграционных взаимосвязей с учетом специфики льняного подкомплекса страны позволит определить в качестве стратегических задач, направления по повышению эффективности взаимозависимых предприятий и организаций смежных отраслей, осуществляющих свою производственно-хозяйственную деятельность, направленную на общий конечный результат.

Функционирование большого количества существующих подкомплексов различного целевого назначения в АПК Республики Беларусь предполагает наличие и высокую степень разви-

тия межотраслевых связей между партнерами, которые технологически взаимосвязаны в процессе производства сырья, его переработки и реализации готовых изделий.

Проблемам развития кооперативно-интеграционных связей в условиях глобализации экономики посвящены исследования В.Г. Гусакова, З.М. Ильиной, М.И. Запольского, А.В. Ткача, О.Г. Буховца, И.В. Щетининой, Л.Б. Вердомского, Н.П. Шмелева и ряда других ученых. Следует отметить, что в работах белорусских ученых особое внимание акцентируется на создании, главным образом, крупных национальных продуктовых организационных формирований (холдинги, финансовые, промышленные группы и т.д.), которые способны активно участвовать на международном рынке продовольственных товаров с целью их продвижения на экспорт. В то же время стоит обратить внимание на проработку вопросов действенного механизма экономических и управленческих отношений как внутри объединения, так и с другими субъектами, в первую очередь с властными и финансовыми структурами. Сегодня слабо изучено установление действенной системы управления, соподчиненности и ответственности между самим организационным объединением и его внутренними структурами, по вопросам формирования и распределения доходов и прибыли, образования инвестиционного и инновационного фондов развития, мотивации труда и производства.

Главной целью исследования является рассмотрение объективной необходимости активизации процесса интеграции для объединения производственных, торговых и финансовых организаций в национальную льняную компанию и на этой основе повышения уровня ее конкурентоспособности. Достижение цели исследования возможно за счет решения следующих задач:

- поиск наиболее приемлемых алгоритмов решения большинства проблем, стоящих перед льняным подкомплексом и находящихся только на начальном этапе;
- рассмотрение предпосылок разработки новых подходов к установлению места и роли кооперации в системе хозяйствования экономических субъектов и развития социальных процессов.

Льняной подкомплекс республики пред-

ставлен достаточно сложной организационной структурой, в которой присутствует большое количество связей межотраслевого характера, различающихся своей глубиной и теснотой взаимоотношений. Номинально в состав льняного подкомплекса страны входят отрасли и предприятия всех трех сфер агропромышленного комплекса, а также субъекты хозяйствования, занимающиеся изготовлением из льна готовых видов изделий. Однако в настоящее время своей завершенности, как единого функционирующего организационного формирования, подкомплекс не имеет.

В присутствующем многообразии продуктовых и сырьевых организационных структур АПК льняной подкомплекс стоит особняком. Для него характерна «пробуксовка» по показателям урожайности льнотресты, валовых сборов культуры, объемов выпуска волокна и его качества.

В соответствии с Государственной программой устойчивого развития села на 2011–2015 годы установлено, что посевные площади под льном в республике должны составлять от 60 до 65 тыс. га. За период с 2005 г. по 2011 г. происходило постепенное приближение этого показателя к запланированной величине. По сравнению с 2005 г. размер посевных площадей льна-долгунца в стране к 2011 г. сократился на 10 тыс. га и составил 68 тыс. га. За анализируемый отрезок времени урожайность волокнистой продукции имела определенные колебания. Наименьшая урожайность льноволокна составила 4,4 ц/га в 2006 г. На протяжении 2008–2011 гг. в стране с 1 га посевов льна было получено от 7,2 до 7,5 ц волокна, а льнотресты - 46,5-45,9 ц/га, что указывает на определенную стабильность урожайности культуры, с одной стороны, но и на низкое качество производимого сырья, с другой стороны. За 2011 г. льнозаводами страны переработано 153,6 тыс. т тресты средним номером № 0,89, выработка льноволокна составила 40,7 тыс. т, в том числе 7,3 тыс. т длинного (17,8 % от общего количества) и 33,4 тыс. т короткого. Производство льнотресты практически во всех льносеющих предприятиях является убыточным. По результатам переработки тресты в льноволокно 33 льнозавода получили убытки, а в целом по всем льноперерабатывающим предприятиям страны уровень убыточности составил – 7,4 %.

Вместе с тем следует отметить, что уро-

жайность льноволокна в настоящее время существенно ниже намеченного перспективного значения. Она должна составлять по расчетам специалистов Министерства сельского хозяйства и продовольствия не ниже 12 ц/га. Относительная стабильность урожайности культуры и размеров посевных площадей позволили льносеющим хозяйствам и механизированным отрядам льнозаводов обеспечить среднегодовой валовой сбор льноволокна в 2009–2011 гг. в объеме 46 тыс. т. Однако такой объем производства позволяет загрузить производственные мощности РУПТП «Оршанский льнокомбинат» немногим более чем на 78 %.

За январь – декабрь 2011 г. в счет государственного заказа концерну «Беллегпром» было поставлено 22,1 тыс. т льноволокна, из них 3,8 тыс. т длинного средним номером 11,24 и 18,3 тыс. т короткого средним номером 3,68. Задание по поставкам льноволокна в счет государственных нужд по республике выполнено на 89,3 %, в том числе: по длинному волокну на 65,5 % и по короткому – на 96,7 %.

Динамика перечисленных показателей указывает на то, что в льняном подкомплексе страны имеется целый ряд проблем по его устойчивому развитию. Представляется, что для данной организационной структуры не в полной мере разработана целостная модель стратегического развития, а существующая концепция не отвечает требованиям, которые выдвигает теория и практика рыночных отношений. В настоящее время предприятия, формально образующие льняной подкомплекс республики, во многом уступают конкурентам из-за рубежа: в объемах производства на единицу затраченных производственных ресурсов, в себестоимости и окупаемости затрат, в конкурентоспособности продукции, в объемах инвестиций и инноваций, в доходах на единицу продукции. Поэтому отдельные отрасли подкомплекса при существующем хозяйственном механизме являются хронически убыточными. Так, например, льноволокно реализуется с убытком не только на внутреннем рынке, но и на внешнем. Осуществляя дотирование производства этого вида продукции, государство в лице экспортно-сортировочных баз реализует ее по демпинговым ценам за рубеж, что вызывает убытки в технологической цепочке «производство льносырья – первичная перера-

ботка». Получается парадоксальная ситуация, при которой само государство производит дотирование зарубежных потребителей. Согласно данным Министерства иностранных дел Республики Беларусь, поставляемое длинное волокно № 10 на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» оценивалось в 419 дол. США. В Австрии аналогичный по качеству полуфабрикат закупается за 744–1273 дол. США, в Китае – 1370–1500 дол. США, в России за такое льноволокно выплачивается производителям в 2,3 раза больше денежных средств. Стоимость 1 т короткого волокна № 2, закупаемого льнокомбинатом, составляла 81 дол. США, а в Российской Федерации и Китае в 8 раз дороже. Скупаемое дешевое льноволокно, как правило, дорабатывается за рубежом, доводится до необходимых потребительских качеств с конкурентоспособными составляющими и реализуется на мировом рынке, в том числе и в Беларуси.

За последние два десятилетия в льняном подкомплексе страны происходило разрушение старых и установление новых экономических отношений. В значительной степени это было обусловлено поиском и установлением наиболее приемлемых взаимосвязей между партнерами по вопросам кооперации и интеграции как в самом агропромышленном комплексе республики, так и в смежных отраслях экономики, связанных, главным образом, с предприятиями концерна Беллегпром.

Формирование национального льняного холдинга в республике необоснованно затягивается. Фактор времени отрицательно сказывается на стратегии развития льняного подкомплекса Республики Беларусь, так как мощные мировые текстильные компании во все большей мере определяют условия рыночной торговли. В сложившейся ситуации белорусские производители готовых льняных изделий вынуждены обеспечивать только внутренний рынок, а часть сырья (короткое волокно) из-за неспособности технологически его перерабатывать экспортируют за рубеж.

Основными побудительными мотивами реформ в аграрном секторе стали потребности национальной экономики по созданию крупных товаропроизводителей сельскохозяйственного сырья для обеспечения максимальной загрузки производственных мощностей перерабатываю-

ших предприятий республики, с одной стороны, и концентрацией ресурсов у производителей с целью их скорейшей окупаемости, с другой стороны.

В настоящее время в республике продолжает осуществляться курс на создание и преимущественное использование крупных технико-технологических комплексов, которые способствуют получению заданных количественных и качественных параметров развития технологически взаимосвязанных отраслей АПК. Развитие АПК в данном направлении преследует цель создания не просто крупного товарного производства, а формирование конкурентоспособных специализированных субъектов хозяйствования. Только технологически и экономически взаимосвязанные между собой организационные формирования способны выпускать продукцию, востребованную потребителями, как на внутреннем, так и на внешнем рынке. При этом предполагается, что процесс кооперативно-интеграционных связей между отраслями и предприятиями должен осуществляться по замкнутому циклу, включающему в себя производство сырья, его переработку и реализацию готового продукта. Этот процесс весьма ярко представлен результатами работы крупных молочных комбинатов страны, таких как «Бабушкина крынка», «Савушкин продукт». Для льняного подкомплекса в настоящее время этот процесс еще не характерен, так как между партнерами не действует реальный взаимовыгодный экономический механизм.

В Государственной программе устойчивого развития села на 2011–2015 годы особую актуальность приобретают вопросы, связанные с развитием кооперативно-интеграционных отношений не только в агропромышленном комплексе, но и в отраслях индустрии, использующие сырье и полуфабрикаты, изготовленные в АПК.

Не вызывает сомнения то положение, что деятельность крупных аграрных предприятий построена исключительно на внутренней кооперации и интеграции труда и производства. Ученые-экономисты указывают, что практически все крупные хозяйства состоят из подразделений, которые тесно кооперированы и интегрированы между собой. На это указывает и академик В.Г. Гусаков, подчеркивая при этом, что «... дальше предприятий такая кооперация и интеграция пошла слабо. Поэтому как на внутреннем, так

и внешнем рынках представлено много разрозненных товаропроизводителей (даже по родственным продуктам), которые, конкурируя между собой, сбивают цены на поставляемую ими продукцию и даже продают ее на условиях демпинга, что, безусловно, выгодно зарубежным скупщикам и потребителям» [1, с. 43]. Такая ситуация характерна не только для преобладающего большинства продуктовых организационных формирований нашей страны, но и в полной мере отражает положение, сложившееся в льняном подкомплексе.

Большое количество существующих проблем в льняном подкомплексе в настоящее время находится только на начальном этапе их разрешения. По ряду из них требуются поиск приемлемых алгоритмов решения. Это касается в наибольшей степени отношений собственности, кооперативно-интеграционных связей между партнерами по технологической цепочке, экономических взаимоотношений предприятий-интегрантов, рыночного регулирования производства и другие. Поэтому действующую в настоящее время модель льняного подкомплекса следует обозначить, с одной стороны, как переходную, а с другой – как поисковую.

Нам представляется, что при сложившихся обстоятельствах проводимая в стране экономическая реформа, связанная с развитием рыночных отношений, указывает на объективную необходимость пересмотра принципиальных вопросов теории и методологии кооперации и, как следствие, кооперативного движения. Реалии сегодняшнего дня требуют разработки новых подходов к установлению места и роли кооперации в системе хозяйствования экономических субъектов и развитию социальных процессов, которые должны опираться на позитивный мировой опыт. На наш взгляд, следует решительно отказаться от традиционного, по своей сути одностороннего понимания и использования кооперации с позиций преимущественного управления трудом и производством. До недавнего времени отечественная наука недостаточно внимания обращала на процессы, происходящие в экономике отдельных отраслей, включая вопросы кооперативно-интеграционных связей.

Существующая на данный момент так называемая система кооперативно-интеграционных процессов в льняном подкомплексе требует со-

ответствующей координации.

В республике осуществляются только первые шаги по практическому применению рыночной теории кооперации, которое происходит между сельскохозяйственными предприятиями и механизированными отрядами льноперерабатывающих организаций, с одной стороны, и самими льнозаводами, с другой. Кроме этого начинают выстраиваться экономические взаимосвязи предприятий по первичной обработке льняного сырья и субъектом хозяйствования (РУПТП «Оршанский льнокомбинат»), который производит готовые изделия из льна для внутренних и внешних потребителей.

Льняной подкомплекс Республики Беларусь поддерживается в своем развитии крупным (в лице государства за счет дотаций и субсидий) и мелким капиталом (в лице льнопроизводящих и перерабатывающих организаций за счет собственных финансовых отчислений). Результатом таких действий, несомненно, должно стать развитие многообразных форм хозяйствования. При таких условиях эффективное функционирование предприятий различных организационно-правовых форм, представляющих в льняном подкомплексе широкое разнообразие субъектов хозяйствования и преследующих своей целью получение прибыли, вполне является оправданным. Вместе с тем следует отметить, что на получение прибыли для деятельности на принципах самофинансирования и самоокупаемости каждым отдельно взятым предприятием (субъектом хозяйствования), опираясь только на собственные усилия (без должной поддержки государства) вряд ли можно рассчитывать. Логично утверждать, что в льняном подкомплексе потенциальные предприятия-интегранты в одиночку не способны эффективно осуществлять свою деятельность. Поэтому для отдельных предприятий и организаций льняного подкомплекса в условиях, диктуемых рыночными отношениями, практически отсутствуют реальные предпосылки для саморазвития и самоопределения как устойчиво развивающегося субъекта. Они не имеют тесных, экономически взаимозависимых связей с другими предприятиями, предусматривающими свое дальнейшее продвижение на рынок в условиях соблюдения принципов и правил кооперации. В этой связи обращают на себя внимание исследования С. Губанова. Автор указывает, что «...на

базисе экономики корпораций в силу вступает особый экономический закон, ранее неизвестный – закон вертикальной интеграции. Он представляет собой, в сущности, закон отношения к прибыли, ибо запрещает извлечение прибыли из промежуточного производства, допуская ее извлечение из производства конечной продукции» [2]. В льняном подкомплексе промежуточными звеньями являются аграрные предприятия и льнозаводы, которые производят сырье и полуфабрикаты для последующего изготовления потребительских товаров.

Как свидетельствует практика взаимодействия предприятий-интегрантов по льняному подкомплексу, при осуществлении совместных процессов ее участники в различной степени формируют объем конечного результата. Так, например, льносеющие предприятия и механизированные отряды льнозаводов при производстве льносырья осуществляют основные материальные затраты на получение льнотресты при довольно продолжительном периоде производства (до 6–7 месяцев). При этом данные структуры интеграционного процесса в своем большинстве практически не создают добавленной стоимости на вновь созданный продукт из-за высокого уровня затрат. При существующих относительно низких закупочных ценах на реализуемое сырье и невысоком уровне качества льнотресты производители льносырья не могут получить высокий объем денежных поступлений. Результатом такого положения является то, что доходы льнозаводов остаются минимальными или вовсе отсутствуют. Это обстоятельство ни в коей мере не помогает им самостоятельно осуществлять расширенное воспроизводство. Первичная переработка льносырья (тресты), связанная с получением полуфабриката, как свидетельствуют данные о деятельности льнозаводов, также сопровождается достаточно большими затратами материально-технических ресурсов на производство льноволокна. На этой стадии технологической цепочки также не образуется достаточного объема прибыли, позволяющего этим предприятиям осуществлять самофинансирование и своевременно производить расчеты с поставщиками льнотресты. Вместе с тем следует подчеркнуть, что для второго этапа технологической цепочки характерно значительное сокращение продолжительности периода

производства продукции, обусловленного технологией ее изготовления. В целом это создает определенные предпосылки для увеличения объемов выпуска волокна, которые потенциально могут обеспечить рост доходов льнозаводов при условии сокращения затрат на выпускаемую продукцию.

К сожалению, обращает на себя внимание тот факт, что в настоящее время в льняном подкомплексе наиболее устоявшимся межотраслевым взаимодействием являются связи, которые существуют между сельскохозяйственными льнопроизводящими организациями, механизированными отрядами льнозаводов и непосредственно льноперерабатывающими предприятиями. Таким образом, горизонтальная и вертикальная интеграция с использованием только отдельных принципов кооперирования находит свое воплощение в деятельности субъектов хозяйствования, не обладающих необходимым объемом материальных и финансовых ресурсов для экономического саморазвития.

Участники интеграции, как свидетельствует мировой и отечественный опыт, получают значительный эффект благодаря экономии на масштабах деятельности, комбинированию взаимодополняющих друг друга ресурсов, снижению транзакционных издержек и усилению монопольного положения на льняном рынке. Необходимость горизонтальной кооперации и вертикальной интеграции проявляется ещё и в том, что хозяйствующим субъектам льняного подкомплекса необходимо иметь в настоящее время финансовые возможности для выхода из сложного экономического положения [6, с. 283].

Нам представляется, что продолжающийся процесс развития рыночных отношений в экономике республики и экономически целесообразная деятельность предприятий и организаций, задействованных в льняном подкомплексе страны, возможны при использовании, главным образом, преимуществ кооперации. Однако этот процесс должен происходить без жесткого ежедневного вмешательства государственных, административно-распорядительных органов управления в разработку стратегии и тактики субъектов хозяйствования. Как показывает практика, в настоящее время сложной и злободневной является проблема так называемой «аренды земли у сельскохозяйственных предприятий».

Для ее разрешения необходимо взаимоувязать правовые, экономические и экологические аспекты.

Существующая брешь в земельном законодательстве (отсутствие рынка земли) позволяет государственным органам власти в директивном порядке предоставлять льнозаводам для возделывания льна земли сельскохозяйственных предприятий, что с позиций предпринимательства недопустимо. При этом плата за используемую землю льноперерабатывающими предприятиями не производится. В расчет принимается применение на этих участках минеральных удобрений и химических средств по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений, приобретенных за счет льнозаводов.

При таких взаимоотношениях хозяйствующих субъектов льняного подкомплекса многие сельскохозяйственные предприятия выделяют льнозаводам низкопродуктивные земли (пастбища) и участки многолетних старопахотных трав. Это делается с целью не допустить «упущенную выгоду» при производстве рентабельных видов растениеводческой продукции (зерно, рапс). Кроме этого, механизированным отрядам выделяются земельные участки, отдаленные на значительном расстоянии от льнозаводов (до 30–40 км), что приводит к значительным затратам при осуществлении холостых переездов техники с необходимым шлейфом сельскохозяйственных машин. По нашим расчетам, затраты времени в этом случае возрастают на 30 %, а расход топлива увеличивается в 1,2 раза [3, с. 50]. Таким образом, существующая в настоящее время практика «аренды земельных угодий» у сельскохозяйственных предприятий, основанная на административных рычагах управления, не приносит ожидаемого результата и, как показал анализ, во многих случаях приводит к дополнительным затратам по производству продукции, создает условия неустойчивого и низкоэффективного развития отрасли.

Очевидным фактом является то, что кооперация и интеграция представляют собой основные факторы, оказывающие самое непосредственное влияние на эффективность функционирования предприятий-интегрантов с тесными межотраслевыми связями в единой технологической цепочке, обеспечивая их организационно-экономическую и финансовую устойчивость в ры-

ночных условиях. Кооперацию и интеграцию следует рассматривать как организационный процесс, востребованный обществом, который проявляется на определенной стадии развития производительных сил общества. Эта стадия возникает на том этапе эволюции производительных сил, когда существующие на основе разделения труда организационно-экономические формы межотраслевого взаимодействия оказываются недостаточно адаптированными к новым условиям экономического развития и не способствуют дальнейшему повышению эффективности производства.

Реалии сегодняшнего дня позволяют утверждать, что аграрный сектор экономики приближается по своему состоянию производительных сил, напоминая уровень концентрации и специализации в отраслях промышленности. Важным обстоятельством является то, что в настоящее время не только производство сырья определяет качество конечной продукции (что является по своей сути традиционным подходом), но и принимается во внимание рыночный потребительский спрос. Существующие технико-технологические параметры новейших видов машин в сфере производства и переработки льнопродукции определяют своеобразные нормативы, а зачастую и стандарты к исходному сельскохозяйственному сырью. В частности, в настоящее время на ряде льнозаводов республики (Дубровенский, Дятловский, Шкловский и т. д.) используются технологические линии по переработке льнотресты в волокно бельгийской фирмы «Van Dommele». Они позволяют обеспечить переработку льнотресты до 2,5 тонн в час, что в 3 раза превышает производительность российского оборудования.

Принимая во внимание значимость кооперации и интеграции как необходимых условий, обеспечивающих соответствие развития между производительными силами и производственными отношениями, можно констатировать, что эти процессы являются одними из важнейших категорий экономики и организации производства. Это объясняется тем, что по своей сути кооперация и интеграция многогранны, содержат в себе многие экономические отношения. Для них характерно проникновение в практически все существующие сферы и системы организации производства, а это находит самое

непосредственное проявление в кооперации и интеграции труда, капитала, производственных ресурсов, финансовых средств. Исходя из этого трудно в полной мере согласиться с мнением профессора Л.М. Синица, которая утверждает, что переход на рыночные отношения кардинально меняет взгляды на организацию производства, создающую условия для наилучшего использования техники и людей в процессе производства и тем самым повышающую его эффективность. По ее убеждению, традиционные подходы, рассматривающие организацию производства как его специализацию, кооперирование и концентрацию, как своеобразный «усилитель» использования основных ресурсов, отходят на второй план [4, с. 5].

По нашему мнению, кооперация и интеграция, аккумулируя в себя проблемы управления, организации, мотивации и ряд других направлений функционирования, по своему сущностному содержанию является ничем иным, как хозяйственным механизмом для субъектов хозяйствования, объединенных общей целью. В этой связи нам импонирует высказывание академика В.Г. Гусакова, который указывает, что кооперация многоаспектна и по своему определению она бесконечна. Имея определенное начало (например, объединение двух и более товаропроизводителей для осуществления трудового процесса или финансовых средств для приобретения ресурсов), не имеет временного завершения. Она постоянно развивается и непрерывно совершенствуется от простого состояния к более сложному, приобретая все новые виды, формы и содержание – это может быть и небольшое сообщество товаропроизводителей, и многофункциональная фирма, и транснациональная корпорация [5]. В более поздних своих исследованиях, возвращаясь к значимости развития кооперативно-интеграционных взаимоотношений в экономике страны, академик подчеркивает, что «...кооперация и интеграция – это объективные экономические категории, они существуют и развиваются на основе всех известных экономических законов и закономерностей и являются одновременно целью, задачами и результатами направленной человеческой деятельности» [1, с. 215].

Участники межотраслевого процесса получают реальные возможности повысить уро-

вень управляемости товарными, ресурсными и финансовыми потоками как внутри отдельной отрасли, так и в рамках всего межотраслевого формирования. Кроме этого, появляются реальные предпосылки по обретению финансово-экономической устойчивости за счет грамотного маневра ресурсами между отраслями. Существенно повышается уровень концентрации инвестиций на основных направлениях развития подкомплекса, используя внутренние средства не только отдельной отрасли, но и членов всего интеграционного образования [7, с. 43].

Результатом создания крупной кооперативно-интеграционной структуры, несомненно, станет более высокий уровень конкурентоспособности единого организационного формирования за счет модернизации всей технологической цепочки, снижения себестоимости, расширения ассортимента, повышения качества продукции, объемов экспорта и т. д.

Следует с большим сожалением признать тот факт, что до настоящего времени в развитии льняного подкомплекса Республики Беларусь не выработан единый подход в вопросах установления общих признаков, которыми должно обладать объединение. Поэтому можно выделить лишь отдельные из них, которые, по нашему мнению, обязательно должны присутствовать при создании национальной льняной компании в существующих условиях хозяйствования. К ним следует отнести:

- во-первых, разработку условий, позволяющих осуществить повышение эффективности за счет роста доходности предприятий-интегрантов, что существенно улучшит их доступ к необходимым материально-техническим ресурсам, выделяемым государством;

- во-вторых, обеспечить право собственности на имущество участников кооперации для непосредственного выполнения стоящих перед объединением задач в процессе их деятельности;

- в-третьих, проводить управление делами межотраслевого объединения на основе демократических начал;

- в-четвертых, придерживаться принципа синергического эффекта, способствующего росту эффективности производственно-хозяйственной деятельности партнеров в межотраслевом формировании.

Экономическая наука знает множество форм кооперации и интеграции. Они проявляют свой конкретный смысл благодаря процессу практического создания и отладки механизмов в условиях реального функционирования. Поэтому можно констатировать, что для каждого конкретного случая создания кооперативно-интеграционной структуры (формирования) будет присутствовать своя специфика, даже при наличии единых принципов по их формированию и деятельности.

Проводимая модернизация в промышленном производстве республики должна по отношению к льняному подкомплексу кардинально изменить не только технико-технологическую составляющую этого процесса, но и коренным образом реформировать организационно-экономические отношения в нем. Это позволит существенно активизировать процессы по созданию национального льняного холдинга и осуществить планомерную его трансформацию в транснациональную компанию с участием российской стороны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусаков, В. Г. Механизм рыночной организации аграрного комплекса: оценка и перспективы / В. Г. Гусаков. – Минск: Беларус. наука, 2011. – 363 с.
2. Губанов С. Неоиндустриализация плюс вертикальная интеграция (о формуле развития России) / С. Губанов // Экономист. – 2008. – №9 – С.3-27.
3. Карпов В.А. Политика протекционизма и государственное регулирование в льняном подкомплексе Республики Беларусь / В.А. Карпов // Веснік ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 5, Эканоміка, - 2010. - №2. – С. 45-51.
4. Сеница, Л. М. Организация производства: учебник для студентов высш. учеб. заведений по специальности «Экономика и управление на предприятии» / Л. М. Сеница. – Минск: ИВЦ Минфин, .2008. – 540 с.
5. Гусаков, В. Г. Продовольственная кооперация: оценка и перспективы / В. Г. Гусаков // Агроэкономика. – 2006. – № 5. – С. 2-10.
6. Карпов, В.А. Интеграция и инвестиционная деятельность как факторы предпринимательства в льняном подкомплексе / В.А. Карпов // Локальное развитие создание условий, способствующих рациональному использованию потенциала государственной казны и органов самоуправления. Том 3. – SZCHECIN, 2006. – С. 282-288.
7. Горшенина Е. В., Смородова А. А. Льняной комплекс: учеб. пособие по дисциплине «Экономика отраслей АПК». – Тверь: ТГСХА, 2004. – 76 с.

REFERENCES

1. Gusakov, V.G. The Mechanism of market organization of the agricultural sector: assessment and prospects / C. G. Gusakov. - Minsk: Belarus. science, 2011. - 363 P.
2. Gubanov, S. Neoindustrialization plus vertical integration (on a formula for the development of Russia) / S. Gubanov // the Economist. - 2008. - №9 - p.3-27.
3. Karpov, V.A. Policy of protectionism and state regulation in the linen subcomplex of the Republic of Belarus / V.A. Karpov // Vesnik of GRB after Y. Kupala. Ser. 5, Economy, - 2010. - №2. - P. 45-51.
4. Sinitsa, L.M. production Organization: a textbook for students of the high. textbook. institutions on a speciality "Economy and management at enterprise" / L. M. Sinitsa. - Minsk: ITC, the Ministry of Finance, .2008. - 540 P.
5. Gusakov, V.G. Food cooperation: assessment and prospects / V. G. Gusakov // agroekonomika. - 2006. - № 5. - P. 2-10.
6. Karpov, V.A. Integration and investment activities as factors of entrepreneurship in the linen subcomplex / V.A. Karpov // Local development, the creation of conditions conducive to the rational use of potential of the state Treasury and local authorities. Vol. 3. - SZCHECIN, 2006. - P. 282-288.
7. Gorshenin E.V. Smorodova A. A. Linen complex: textbook. the manual in the discipline "Economy of agriculture". - Tver: TGSA, 2004. - 76 P.

Статья поступила в редакцию 18. 06. 2013 г.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.В. Касаева, Е.С. Грузневич

УДК 658.152

РЕФЕРАТ

СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ, МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРАТЕГИИ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ФИНАНСЫ, КЛИЕНТЫ, БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ, ПЕРСОНАЛ

Проведены исследования возможности использования сбалансированной системы показателей (ССП) для оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации. Разработан механизм оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации, который рассматривает её в единстве трех аспектов: экономический, социальный, экологический. Каждый аспект включает четыре блока взаимосвязанных элементов сбалансированной системы показателей: финансы, клиенты и маркетинг, внутренние бизнес-процессы, персонал и развитие, для каждого из которого определяется набор частных показателей, которые должны её сформировать. По ним проводится оценка выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации.

ABSTRACT

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX, DIFFERENTIATION, INVESTMENT

The article was an attempt to develop a mechanism for evaluation of the sustainable development strategy of the commercial organization with the unity of the three dimensions: economic, social, environmental. Every aspect of the unit includes four interrelated elements of the Balanced Scorecard: finance, marketing and customers, internal business processes, and staff development for each of which defined a set of partial indicators that should shape it.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Рост неопределенности и нестабильности мирового экономического пространства, недостаточный учет спроса на потребительском рынке, остаточное финансирование социальной сферы и неоднозначный характер управленческих решений по вопросам развития национальной экономики привел к поиску механизма, который смог бы обеспечить стабильный экономический рост. Таким механизмом стала разработка национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь. В свою очередь, устойчивое развитие может быть достигнуто только с помощью эффективного функционирования первичных звеньев экономической системы – организаций, которые играют главную роль в жизнедеятельности современного общества. Организация служит основным структурообразующим элементом

экономики, соединяющим трудовые, материальные и финансовые ресурсы. В связи с этим становится актуальной разработка, реализация и оценка выполнения стратегии устойчивого развития на уровне отдельных институциональных единиц – коммерческих организаций.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В последнее время разработано значительное число самых разнообразных инструментов, направленных на диагностику состояния бизнеса, отслеживание неблагоприятных тенденций в его функционировании, являющихся отдельными аспектами комплексного механизма устойчивого развития организации. Данные проблемы нашли свое отражение в работах как зарубежных, так и отечественных исследователей. Среди зарубежных ученых, опубликовавших свои работы в данной области, можно выделить сле-

дующих: Альтман Э. (США), Таффлер Р., Тишоу Г. (Великобритания), Беавер В. (Великобритания), Альберти Г. (Италия), Гуатри Л. (Италия) и др [4]. Среди работ российских ученых наиболее известными являются работы Беляева С.Г., Кошкина В.И., Ковалева В.В., Короткова Э.М., Валового Д.В., Ефимова М.Р., Кирилловой О.Ю., Тихомировой А.В., Трененкова Е.М., Эйтингона В.Н., Т. Е. Мельника, С. Ю. Чмель, Е.Н. Кучеровой, В.И. Кудашева, И.И. Залилова, Л.Н. Бытко, В. Лосева, А. Воронова, С. Рубанова, С. Глазьева, И. П. Богомолловой, Т.Л. Безруковой, А.И. Хорева, В.М. Баутина, А.А. Черниковой и др. [1, 2, 4, 5].

Анализ различных литературных источников показал, что в настоящее время в современной науке не существует комплексного механизма, с помощью которого можно было бы оценить степень выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации. Существующие методики, разрабатываемые исследователями в данной области, во-первых, направлены, как правило, на оценку устойчивости основаны на динамикесуществующих показателей развития, а не степени их приближения к стратегическим целям (индикаторам). Во-вторых, отсутствует единое мнение авторов относительно составляющих устойчивого развития. Большинство из них выделяют традиционные компоненты: экономический, экологический, социальный, в то время как другие либо детализируют экономическую составляющую, либо вводят новые компоненты: финансовый, производственный, технологический, инновационный, инвестиционный, маркетинговый и т. д.

Таким образом, в современной науке и практике возникла объективная потребность в разработке механизма оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации, который позволил бы получить однозначный ответ на вопрос: приближается ли бизнес к реализации стратегических целей?

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

На наш взгляд, стратегию устойчивого развития коммерческой организации можно рассматривать как совокупность трех взаимосвязанных ключевых составляющих: экономическая, экологическая и социальная. В последнее время

внимание теоретиков и практиков все чаще стало обращаться на новую для отечественной экономики, но успешно применяемую во многих странах с рыночной экономикой методику оценки стратегического развития организации – сбалансированную систему показателей [3]. В авторском исследовании был разработан механизм, базирующийся на применении системы сбалансированных показателей для оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации (рисунок 1). В соответствии с основной идеей сбалансированной системы показателей организация рассматривается как совокупность четырех аспектов: финансов, клиентов и маркетинга, внутренних бизнес-процессов, персонала и развития. Такой подход позволяет перевести реализуемую стратегию в набор конкретных взаимосвязанных показателей с возможностью представления причинно-следственных связей между подцелями в рамках выбранной стратегической цели. При его применении можно отслеживать продвижение организации к выполнению стратегической цели и корректировать при необходимости его деятельность.

Механизм оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации представляет собой комплексный процесс, направленный на оценку степени реализации заданных стратегических индикаторов, с помощью которых организация может отслеживать выполнения её миссии и целей.

Механизм оценки выполнения стратегии устойчивого развития включает в себя три основных этапа:

первый – декомпозиция стратегии на элементы, выбор показателей, по которым будет проводиться оценка выполнения стратегии, оценка текущего состояния, организации;

второй – выбор критериев оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации;

третий – принятие управленческих решений по корректировке целей, внедрение новых методов управления.

Данный механизм включает не только сбор и анализ данных прошлых периодов, с помощью которых отслеживается динамика изменения состояния организации и тенденции его развития, но и оценку ее стратегических перспектив на

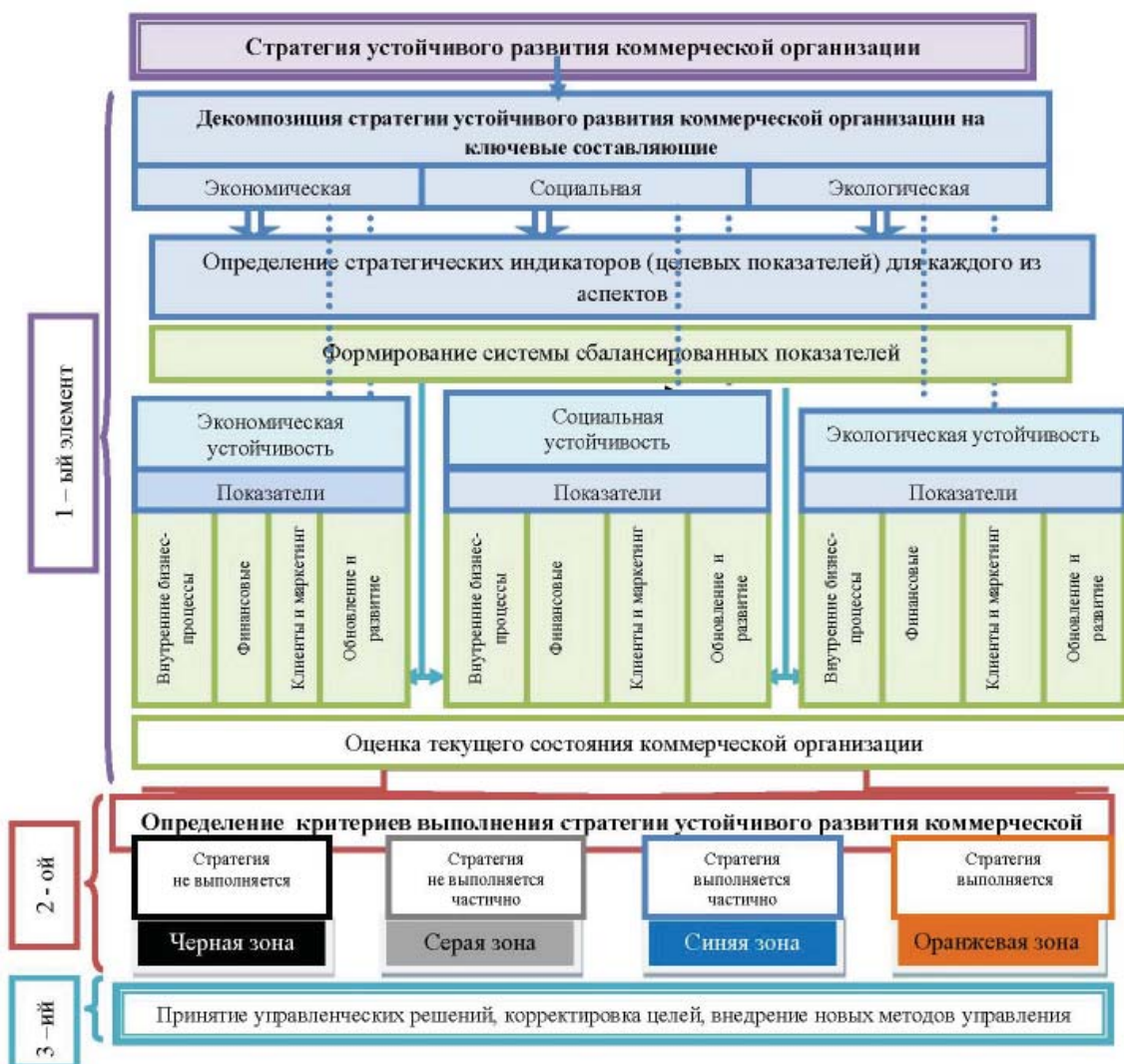


Рисунок 1 – Механизм оценки выполнения стратегии устойчивого развития

основе заданных руководством стратегических индикаторов с учетом изменения параметров внешней среды, что особенно актуально в условиях кризиса мировой экономической системы. Рассмотрим этапы данного механизма более подробно.

Элементы механизма оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации, с одной стороны, отражают её значимые составляющие: экономический, социальный, экологический, с другой, каждая составляющая оценивается по четырем взаимосвязанным аспектам сбалансированной системы показателей: «финансы», «клиенты и маркетинг», «внутренние бизнес-процессы», «персонал и разви-

тие». Сочетание одновременно двух подходов к оценке реализации стратегии устойчивого развития может быть успешно реализовано с помощью следующей матрицы (таблица 1).

Установление показателей для каждой коммерческой организации должно проводиться не только исходя из ее отчетности, но и учитывая внутренние информационные потоки. Поэтому невозможно разработать стандартизированный перечень частных показателей для оценки выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации на основе сбалансированной системы показателей, так как конкретная организация имеет свои специфические параметры функционирования: вид деятельности,

Таблица 1 – Матрица оценки выполнения стратегии устойчивого развития

Аспекты ССП Составляющие СУР	Финансы	Клиенты, маркетинг	Внутренние бизнес-процессы	Персонал и развитие
Экономическая устойчивость	Показатели	Показатели	Показатели	Показатели
Экологическая устойчивость	Показатели	Показатели	Показатели	Показатели
Социальная устойчивость	Показатели	Показатели	Показатели	Показатели

Источник: собственная разработка.

масштаб, форму собственности и т. п. Следовательно, необходимо предложить потенциальный перечень частных показателей, из числа которых высшее руководство организации должно выбрать такие показатели, которые соответствуют выбранной стратегии и целям. Данный подход должен адекватным образом иллюстрировать хозяйственную деятельность коммерческой организации, способствовать выбору приоритетов и обеспечивать активное управление ею в соответствии с меняющимися внешними и внутренними условиями. Сформированная в организации высшим руководством сбалансированная система показателей должна рассматриваться как инструмент для выполнения единой стратегии и быть совокупной системой как стратегических, так и диагностических показателей. Диагностические показатели сигнализируют о текущих событиях, требующих принятия немедленных мер, а стратегические определяют стратегию достижения целей по разным направлениям деятельности в условиях конкуренции. При этом число выбранных показателей должно быть минимально необходимым и достаточным для анализа, определяющего в динамике устойчивость коммерческой организации. Сами используемые показатели должны полно и достоверно, а также точно раскрывать содержание устойчивости коммерческой организации, соотноситься в системе сбалансированных показателей, принятой для оценки результатов производственно-хозяйственной деятельности организации и соответствовать действующему в организации порядку учета и отчетности. Кроме того, показатели не должны дублировать друг друга.

Рассмотрим, например, показатели экономической составляющей стратегии устойчивого

развития финансового аспекта сбалансированной системы показателей:

- 1) рентабельность совокупных активов;
- 2) рентабельность долгосрочного капитала;
- 3) рентабельность продаж;
- 4) рентабельность продукции;
- 5) рентабельности основной деятельности (продукции);
- 6) рентабельность перманентного капитала;
- 7) коэффициент устойчивости экономического роста;
- 8) запас финансовой устойчивости;
- 9) маржинальный доход;
- 10) финансовый цикл;
- 11) финансовый леверидж;
- 12) перспективная ликвидность;
- 13) коэффициент покрытия активов собственными оборотными средствами;
- 14) коэффициент текущей ликвидности;
- 15) коэффициент быстрой ликвидности;
- 16) коэффициент абсолютной ликвидности;
- 17) коэффициент платежеспособности;
- 18) длительность самофинансирования;
- 19) коэффициент Бивера;
- 20) коэффициент покрытия краткосрочных обязательств притоком денежных средств;
- 21) коэффициент оборачиваемости совокупного капитала;
- 22) коэффициент оборачиваемости текущих активов;
- 23) коэффициент оборачиваемости собственного капитала;
- 24) коэффициент оборачиваемости материальных запасов;
- 25) коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности;
- 26) период оборачиваемости дебиторской задолженности;

27) коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности;

28) период оборачиваемости кредиторской задолженности;

29) добавленная экономическая стоимость;

30) рыночная стоимость организации.

К экологической составляющей стратегии устойчивого развития и аспекта «клиенты и маркетинг» сбалансированной системы показателей могут быть отнесены следующие показатели:

1) безопасность продукции, работ услуг;

2) экологичность продукции;

3) наличие химических примесей и добавок;

4) процент безотказности;

5) коэффициент надежности продукции

6) доля упаковочных материалов, возвращаемых для переработки производителю с разбивкой по категориям;

7) экологичность упаковочных материалов;

8) количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при транспортировке продукции.

Такая система показателей была разработана для каждого квадранта матрицы. Из каждого из них топ-менеджерами выбирается набор показателей, для которых устанавливаются целевые

значения. Когда возникает необходимость в оценке стратегии устойчивого развития коммерческой организации – по выбранным показателям рассчитывается матрица фактических значений. Оценка степени реализации намеченной стратегии происходит путем наложения матрицы фактических значений на матрицу целевых значений. На этом этапе возникает необходимость установления критериев оценки степени реализации стратегии. Для этих целей предлагается в каждом квадранте матрицы рассчитать долю показателей, по которым достигаются целевые значения, исходя из которой будет оцениваться степень реализации стратегии (рисунок 2).

Если в квадранте матрицы доля целевых выполненных показателей ($D_{ВП}$) составляет до 35 %, следовательно, стратегия не выполняется, коммерческая организация находится в черной зоне. Если в квадранте матрицы доля выполненных целевых показателей ($D_{ВП}$) составляет от 35 % до 60 %, следовательно, стратегия реализована на низком уровне, коммерческая организация находится в серой зоне. Если в квадранте матрицы доля выполненных целевых показателей ($D_{ВП}$) составляет от 60 % до 80 %, следовательно, стратегия реализована на среднем

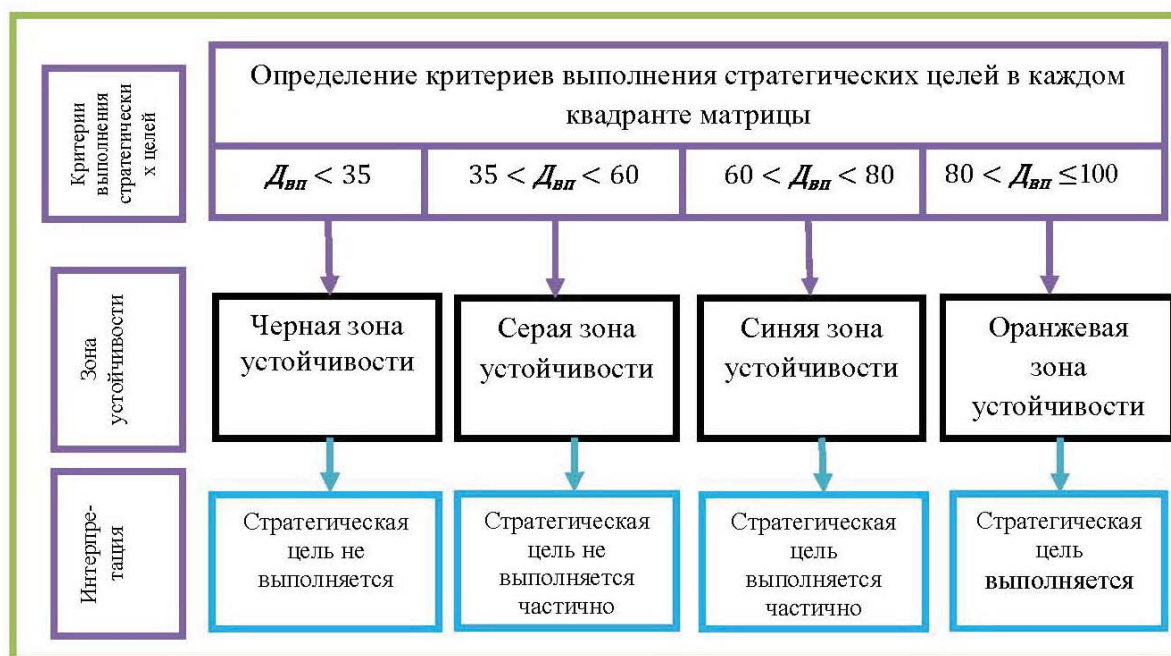


Рисунок 2 – Определение критериев выполнения стратегических целей в каждом квадранте матрицы

$D_{ВП}$ – доля выполненных целевых показателей, %.

Источник: собственная разработка.

уровне, коммерческая организация находится в синей зоне. Если в квадранте матрицы доля выполненных целевых показателей ($D_{\text{вн}}$) составляет от 80 %, следовательно, стратегия выполняется, коммерческая организация находится в оранжевой зоне.

После определения выполнения стратегии в каждом квадранте матрицы, рассчитываются обобщенные показатели по каждой строке и столбцу по формуле средней арифметической простой. Для расчета горизонтального обобщенного показателя по строкам, используется формула:

$$O_{j\text{cpCYP}}^z = \frac{\sum \Pi_i^z}{3}, \quad (1)$$

где $O_{j\text{cpCYP}}^z$ – горизонтальный обобщенный показатель выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации для j -ой строки, коэф.; Π_i^z – доля выполненных i -ых горизонтальных показателей в квадрантах матрицы в общей структуре показателей квадрантов матрицы, коэф.;

Для расчета вертикального обобщенного показателя по столбцам используется формула:

$$O_{i\text{cpCYP}}^e = \frac{\sum \Pi_i^e}{4}, \quad (2)$$

где $O_{i\text{cpCYP}}^e$ – вертикальный обобщенный показатель выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации для i -ого столбца матрицы, коэф.; Π_i^e – доля выполненных i -ых вертикальных показателей в квадрантах матрицы в общей структуре показателей квадрантов матрицы, коэф.

После определения горизонтальных и вертикальных обобщенных показателей для каждой строки и столбца матрицы необходимо рассчитать интегральный показатель.

Вертикальный интегральный показатель рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{cpCYP}}^e = \sqrt[4]{O_{1\text{cpCYP}}^e \times O_{2\text{cpCYP}}^e \times O_{3\text{cpCYP}}^e \times O_{4\text{cpCYP}}^e}, \quad (3)$$

где H_{cpCYP}^e – вертикальный интегральный показатель, коэф.; $O_{1..n\text{cpCYP}}^e$ – вертикальный обобщенный показатель выполнения стратегии

устойчивого развития коммерческой организации для $1..n$ -ого столбца, коэф.;

Горизонтальный интегральный показатель рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{cpCYP}}^z = \sqrt[3]{O_{1\text{cpCYP}}^z \times O_{2\text{cpCYP}}^z \times O_{3\text{cpCYP}}^z}, \quad (4)$$

где H_{cpCYP}^z – горизонтальный интегральный показатель, коэф.; $O_{1..n\text{cpCYP}}^z$ – горизонтальный обобщенный показатель выполнения стратегии устойчивого развития коммерческой организации для $1..n$ -ой строки, коэф.;

Для проверки правильности расчетов необходимо рассчитать интегральный показатель, при этом должно соблюдаться следующее равенство, представленное в формуле:

$$H_{\text{cpCYP}}^e = H_{\text{cpCYP}}^z. \quad (5)$$

На этом второй этап механизма оценки стратегии устойчивого развития заканчивается и осуществляется переход к третьему этапу – принятию решения по корректировке целей, внедрение новых методов управления. По результатам оценки выполнения стратегии устойчивого развития руководство коммерческой организации принимает решения относительно долгосрочных целей развития и при необходимости их корректировки. Это дает возможность организации вовремя выявить проблемные места и разработать меры по их предотвращению.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Апробация авторской методики была проведена на УП «Полимерконструкция» и КУП «Витебский кондитерский комбинат «Витьба».

Основным видом деятельности УП «Полимерконструкция» является производство оборудования промышленной очистки воды. В своей деятельности организация ориентируется на применение новейших достижений науки и техники в области очистки природных и сточных вод, обезжелезивания, водоподготовки. Руководство организации определило миссию, сформулировало стратегию и тактические цели для оперативного управления организацией (рисунок 3).

Для количественной оценки стратегии устой-



Рисунок 3 – Миссия, стратегия и задачи УП «Полимерконструкция»

тивного развития коммерческой организации топ-менеджеры определили ключевые составляющие элементы, позволяющие формулировать задачи и реальные, поддающиеся количественной оценке целевые показатели, которых организация должна достичь в согласованные

сроки. Для оценки выполнения стратегии устойчивого развития был апробирован авторский механизм, результаты которого представлены в таблице 2.

Интегральный показатель составил:

Таблица 2 – Определение выполнения стратегии УП «Полимерконструкция»

ССП	Финансы	Клиенты, потребители	Внутренние бизнес-процессы	Персонал и развитие	
Экономическая устойчивость	0,1875 Стратегическая цель не выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	0,5 Стратегическая цель не выполняется частично	0,75 Стратегическая цель выполняется частично	$O^e_{1cpCVP} = 0,6094$
Экологическая устойчивость	1 Стратегическая цель выполняется	0 Стратегическая цель не выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	$O^e_{2cpCVP} = 0,75$
Социальная устойчивость	0,75 Стратегическая цель выполняется частично	1 Стратегическая цель выполняется	0,5 Стратегическая цель не выполняется частично	1 Стратегическая цель выполняется	$O^e_{3cpCVP} = 0,8125$
	$O^z_{1cpCVP} = 0,6458$	$O^z_{2cpCVP} = 0,6667$	$O^z_{3cpCVP} = 0,6667$	$O^z_{4cpCVP} = 0,9167$	$I_{cpCVP} = 0,7205$

Источник: составлено автором.

$$I_{\text{срСУР}} = \sqrt[3]{0,6094 \times 0,75 \times 0,8012} = \\ = \sqrt[4]{0,6458 \times 0,6667 \times 0,6667 \times 0,9167}.$$

Таким образом, разработанная методика позволила получить следующий результат: стратегическая цель выполняется частично. Организации необходимо обратить внимание на показатели экономической составляющей финансового аспекта – доля выполненных показателей составила 18,75 % и клиентского аспекта экологической составляющей – организация не выполнила ни одного показателя.

Апробация авторской методики также была проведена на КУП «Витебский кондитерский комбинат «Витьба». Кондитерский комбинат «Витьба» – лидер в Беларуси по производству сухих завтраков, а также одно из наиболее значимых предприятий республики по выпуску вафельных и мучных кондитерских изделий (в пятерке крупнейших производителей мучных изделий Республики Беларусь). Миссия, стратегия и тактические цели для оперативного управления организацией, сформулированные руководством, представлены на рисунке 4.

Результаты апробации нашли свое отражение в таблице 3.

Интегральный показатель составил:

$$I_{\text{срСУР}} = \sqrt[3]{0,75 \times 0,75 \times 0,5} = \\ = \sqrt[4]{0,67 \times 0,5 \times 0,5 \times 1}.$$

По данным проведенных расчетов следует, что на КУП «Витебский кондитерский комбинат «Витьба» стратегическая цель выполняется частично. Значение интегрального показателя составило 0,6397. Организация не выполнила ни одного стратегического показателя по клиентскому аспекту экологической составляющей, а так же социальной составляющей по аспектам «финансы» и «внутренние бизнес-процессы».

Выводы

Таким образом, предложенный механизм оценки выполнения стратегии устойчивого развития на основе сбалансированной системы показателей позволяет диагностировать проблемы стратегического развития бизнеса, что дает возможность организации корректировать управленческие решения в рамках реализации миссии и долгосрочных стратегических целей организации.



Рисунок 4 – Миссия, стратегия и задачи КУП ВКК «Витьба»

Таблица 3 – Определение выполнения стратегии КУП ВКК «Витьба»

ССП СУР	Финансы	Клиенты, потребители	Внутренние бизнес-процессы	Персонал и развитие	
Экономическая устойчивость	1 Стратегическая цель выполняется	0,5 Стратегическая цель не выполняется частично	0,5 Стратегическая цель не выполняется частично	1 Стратегическая цель выполняется	$O^6_{1epСУР} = 0,75$
Экологическая устойчивость	1 Стратегическая цель выполняется	0 Стратегическая цель не выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	$O^6_{2epСУР} = 0,75$
Социальная устойчивость	0 Стратегическая цель не выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	0 Стратегическая цель не выполняется	1 Стратегическая цель выполняется	$O^6_{3epСУР} = 0,5$
	$O^2_{1epСУР} = 0,67$	$O^2_{2epСУР} = 0,5$	$O^2_{3epСУР} = 0,5$	$O^2_{4epСУР} = 1$	$I_{cpСУР} = 0,6397$

Источник: составлено автором.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Азарова, С.П., Фирсова, И.А. (2011) Формирование стратегии устойчивого развития предприятия сферы услуг на основе сбалансированных показателей. Тольятти: Издательство ПВГУС, с. 452.
2. Антипов, Д.В. (2010) Разработка модели оценочных показателей устойчивого развития организации. Вектор науки ТГУ (4), с. 186-188.
3. Каплан, Р.С., Нортон, Д. П. (2006). Использование сбалансированной системы показателей как системы стратегического менеджмента. Москва: Альпина Бизнес Бук, 356 с.
4. 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. Хомяченкова, Н. А. (2010). Управление рисками промышленного предприятия. Тверь: ТГУ, с. 57-65.

REFERENCES

1. Azarova, S.P., Firsova I.A. (2011), Formation of a sustainable development strategy in the service industries based on the balanced scorecard [Formirovaniye strategy ustoychivogo rasvitya predpriyatya sfery uslug na osnove sbalansirovannoy systemy pokazateley]. Tolyatti: Publishing Office PVSUS – Tolyatti: Izdatelstvo PVGUS, с. 452.
2. Antipov, D.V. (2010), Development of model indicators of sustainable development organization [Razrabotka modely ozenochnyh pokazateley ustoychivogo rasvitya organisaziy]. Vector of science – Vector nauky, с. 186-188.
3. Kaplan, T.V., Norton, D.P. (2006), Using The Balanced Scorecard as a strategic management system [Ispolzovaniye sbalansirovannoy sistemi pokazateley kak sistemi strategicheskogo menedgmenta]. Moskva: Alpina Bisness Grup – Moskva: Alpina Business Group, 356 с.
4. Ryabikov, V.S. Kasaeva, T.V. (2013), The balanced scorecard – application features in the conditions of national economy [Sbalansirovannaya sistema pokazateley: osobennosty primeneniya

v usloviyah nazionalnoy ekonomiki]. Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Herald Vitebsk State Technological University, c. 157-166.

5. Homyachenkova, N.A. (2010), Risk management of industrial enterprise [Upravlenye riskami promyshlennogo predpriyatya]. Tver: TSU – Tver: TGU, c. 57-65.

Статья поступила в редакцию 07.04.2014 г.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПОТЕНЦИАЛА ИННОВАЦИОННОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В РАМКАХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ

Л.В. Прудникова

УДК 332.1

РЕФЕРАТ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА, ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РЕГИОНА

По предложенной автором методике дана оценка состояния и потенциала инновационного и технологического развития регионов Республики Беларусь за 2005 – 2012 гг. В соответствии с методикой проведен анализ и дана оценка: системы создания и распространения знаний как источника инновационного и технологического развития региона; системы диффузии и коммерциализации инноваций как источника технологического развития промышленности региона; условий и факторов технологического развития и инновационной деятельности в рамках промышленной политики региона.

ABSTRACT

INDUSTRIAL POLITICS, TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF INDUSTRY OF REGION, INNOVATIVE ACTIVITY OF REGION

Accordance to by the author offered methodology the estimation of state and potential of innovative and technological development of regions of the Republic of Belarus for the period of 2005 – 2012 is given. In accordance with methodology the analysis is conducted and the estimation is given: system of creation and distribution of knowledge as source of innovative and technological development of the region; system of diffusion and commercialization of innovations as source of technological development of industry of the region; terms and factors of technological development and innovative activity within the framework of industrial politics of the region.

Промышленная политика имеет региональный «срез». Региональный уровень промышленной политики – это учет особенностей того или иного территориального образования. Как известно, регионы республики далеко не однородны по уровню социально-экономического развития, поэтому нет и не может быть единой для всех регионов промышленной политики. Региональная промышленная политика существенным образом зависит от развития инновационной деятельности в регионе. Для формирования региональной промышленной политики необходимо учитывать текущее состояние и потенциал инновационного и технологического развития конкретного региона. Этому должна способствовать комплексная, всесторонняя оценка инновационной деятельности региона как сложной динамической системы в ее постоянном развитии и взаимодействии с другими экономическими системами, обуславливающая необходимость создания методики, позволяющей провести соответствующий анализ и дать оценку инновационной деятельности и уровня технологического

развития.

Инновационная деятельность региона должна характеризоваться соответствующей системой показателей, которые позволят не только оценить систему внедрения и использования знаний, диффузии и коммерциализации инноваций, но также дать характеристику важнейшим условиям и факторам развития инновационной деятельности и технологического уровня региона. Система показателей, используемая для оценки инновационной деятельности региона, должна позволить провести оценку, как по отдельным составляющим инновационной деятельности и технологического уровня, так и в целом по комплексу показателей и в статике и в динамике, а также по сравнению с другими регионами. Учитывая все выше изложенное, автор предлагает методику оценки состояния и потенциала инновационного и технологического развития в рамках региональной промышленной политики, включающую следующие этапы: анализ и оценка системы создания и распространения знаний как источника инновационного и техно-

логического развития региона; анализ и оценка системы диффузии и коммерциализации инноваций как источника технологического развития промышленности региона; анализ условий и факторов технологического развития и инновационной деятельности в рамках промышленной политики региона. Каждый этап преследует определенные цели и задачи, в соответствии с которыми осуществляется выбор показателей и методов анализа и оценки.

Целью **первого этапа** является исследование системы создания и распространения знаний как источника инновационного и технологического развития региона.

Система создания и распространения знаний в региональной среде включает субъекты инновационной инфраструктуры региона, образовательные учреждения, НИИ, научно-исследовательские лаборатории и др. Для сравнительной характеристики системы создания и распространения знаний по регионам республики, необходимо составить рейтинг регионов. Для этих целей, ориентируясь на состав субъектов, обеспечивающих создание и распространение знаний в регионе и данные региональной статистики республики, автор считает целесообразным использовать следующую систему показателей: число технопарков и центров трансфера технологий; число промышленных организаций, выполнивших ИР; число организаций сектора высшего образования, выполнивших НИР; число организаций государственного сектора, выполнивших НИР; число учреждений среднего специального и высшего образования; число научно-технических и публичных библиотек.

Но наличие системы создания и распространения знаний еще не дает право утверждать об интенсивном инновационном и технологическом развитии региона. Важное значение для активизации инновационной деятельности имеет распределение научного потенциала между областями республики. Однако, учитывая неравномерность размещения научного потенциала по регионам республики, для возможности обобщающей оценки данного распределения, по мнению автора, целесообразно использовать индекс локализации науки.

Для оценки индекса локализации науки региона, по мнению автора, необходим комплексный подход, включающий уровень ор-

ганизации научных исследований и разработок и их интенсивность (таблица 1).

Проведенные исследования состояния и потенциала инновационного и технологического развития регионов Республики Беларусь за 2005–2012 гг. подтверждают тот факт, что г. Минск обладает самым высоким научным потенциалом и наиболее развитой инновационной инфраструктурой, что позволяет ему оставаться лидером по уровню развития системы создания и распространения знаний на протяжении всего исследуемого периода (рисунок 1).

На втором месте в рейтинге располагается Гомельская область, а на третьем месте – Витебская область. При этом научный потенциал областей достаточно близок, однако в разы уступает потенциалу г. Минска. Остальные области республики хотя и имеют небольшую дифференциацию, но располагаются практически на одном уровне по развитию научного потенциала. Повышение индекса локализации науки наблюдалось в 2012 г. по сравнению с 2010 г. и 2005 г. в г. Минске, Могилевской и Брестской областях, а снижение в Гомельской, Гродненской и Минской областях. Во всех регионах республики присутствуют все субъекты инновационной инфраструктуры, хотя их количество не соответствует региону-лидеру. Недостаточное количество научно-производственных, информационных и маркетинговых центров затрудняет решение задач в области создания наукоемкой продукции и продвижения ее на рынки, затрудняет информационную поддержку в области технологического трансфера, оказании помощи в разработке и продвижении проектов, научно-техническом сотрудничестве. Последнее место в рейтинге по всем рассматриваемым параметрам занимает Гродненская область (рисунок 1).

Целью **второго этапа** исследования является анализ и оценка системы диффузии и коммерциализации инноваций как источника технологического развития промышленности региона.

Для выявления различий в темпах и пропорциях технологического развития промышленности по регионам республики нельзя ограничиваться только исследованием системы создания и распространения знаний. Необходимо также оценить результативность их использования и возможность привлечения новых.

Система коммерциализации и диффузии ин-

Таблица 1 – Подходы к определению индекса локализации науки

Источник	Подходы к определению индекса локализации науки
Гранберг А.Г., Валентий С.Д.	Индекс локализации науки есть отношение наукоемкости региона к наукоемкости страны. Наукоемкость определяется как отношение численности персонала, выполняющего ИР, к численности занятых в экономике
Предложения автора	<p>Индекс локализации науки рассчитывается как средняя геометрическая следующих индексов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отношение внутренних текущих затрат на НИР региона к объему отгруженной продукции в регионе, деленное на отношение внутренних текущих затрат на НИР в республике к объему отгруженной продукции в республике; - отношение численности исследователей, выполняющих НИР в регионе, к численности занятых в экономике региона деленное на отношение численности исследователей, выполняющих НИР в республике к численности занятых в экономике республики; - отношение количества организаций, выполнявших НИР в регионе к общему количеству организаций в регионе деленное на отношение количества организаций, выполнявших НИР в республике к общему количеству организаций в республике; - отношение количества малых и микроорганизаций сектора ИКТ в регионе к общему количеству малых и микроорганизаций в регионе деленное на отношение количества малых и микроорганизаций сектора ИКТ в республике к общему количеству малых и микроорганизаций в республике; - отношение количества объектов инновационной инфраструктуры в регионе к общему количеству малых организаций в регионе, деленное на отношение количества объектов инновационной инфраструктуры в республике к общему количеству малых организаций в республике; - отношение количества организаций, использовавших ИКТ, в регионе к общему количеству организаций в регионе деленное на отношение количества организаций, использовавших ИКТ в республике к общему количеству организаций в республике

Источник: составлено автором.

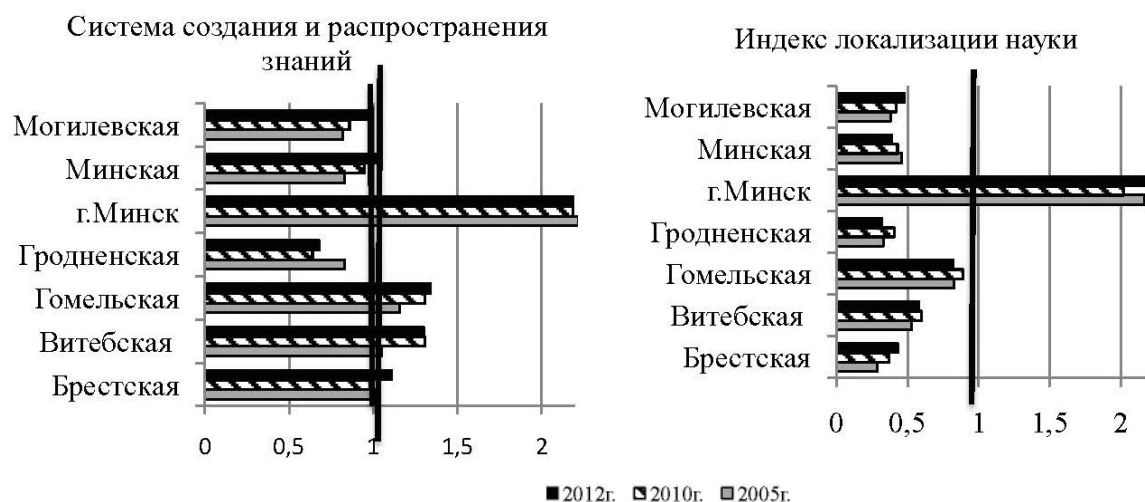


Рисунок 1 – Оценка уровня развития системы создания и распространения знаний и индекса локализации науки по регионам Республики Беларусь за 2005–2012 гг.

Источник: составлено автором.

новаций в основном представлена промышленными организациями, для которых инновационная деятельность является одним из источников повышения конкурентоспособности и прибыли организации.

Для сравнительной характеристики системы диффузии и коммерциализации инноваций по регионам республики необходимо составить рейтинг регионов. Для этих целей, ориентируясь на процессы коммерциализации инноваций в промышленности региона и на их результативность, а также данные региональной статистики республики, автор считает целесообразным использовать следующую систему показателей: затраты на технологические инновации; затраты на организационные инновации; затраты на маркетинговые инновации; число инновационно активных организаций; объем отгруженной инновационной продукции; объем отгруженной инновационной продукции, поставляемой на экспорт; число организаций промышленности, приобретавших новые и высокие технологии; число организаций, имевших в результате осуществления инноваций сокращение материальных затрат.

Важное значение для повышения технологической конкурентоспособности промышленности региона имеет интенсивность процессов диффузии и коммерциализации инноваций и их результативность. Однако, учитывая неравномерность процессов коммерциализации по регионам республики и необходимость обобщающей оценки данного процесса, по мнению автора, целесообразно использовать индекс коммерциализации инноваций.

Для оценки индекса коммерциализации инноваций региона, по мнению автора, необходим комплексный подход, включающий оценку практического воплощения различных видов инноваций и его результативность. Индекс коммерциализации инноваций рассчитывается как средняя геометрическая следующих индексов:

- удельный вес инновационно активных организаций, приобретавших новые и высокие технологии, в общем числе инновационно активных организаций; данное соотношение отражает спрос на результаты исследований и разработок внутри страны и уровень их освоения в производстве;

- удельный вес отгруженной за пределы рес-

публики инновационной продукции в общем объеме отгруженной инновационной продукции; этот показатель отражает экспортную ориентацию инновационной деятельности промышленности региона;

- соотношение затрат на продуктовые инновации и объема отгруженной инновационной продукции; этот показатель отражает затратно-экономичность продуктовых инноваций в регионе;

- удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме затрат на инновации организаций промышленности; этот показатель позволяет оценить приоритетность продуктовых и процессных инноваций по отношению к другим видам инноваций для промышленности региона;

- удельный вес новой продукции в общем объеме отгруженной инновационной продукции; этот показатель отражает результат использования новых и высоких технологий промышленными организациями региона;

- удельный вес организаций промышленности, имевших в результате осуществления инноваций сокращение энергозатрат в общем числе инновационно активных организаций; этот показатель отражает интенсивность замещения старого технологического уклада новым.

Проведенный анализ показал, что лидером по уровню развития системы диффузии и коммерциализации инноваций в 2010–2012 гг. являлся г. Минск, а в 2005 г. Гомельская область (рисунок 2).

г. Минск является лидером по результативности процессов коммерциализации инноваций в промышленности, что выражается в наиболее высоком объеме инновационной продукции, в том числе и на экспорт, количестве инновационно активных организаций, в том числе приобретавших новые и высокие технологии. При этом исследование показало, что относительно среднереспубликанского уровня, новизны вносимых изменений и востребованности их результата мировым сообществом на первом месте в рейтинге в 2005 г. была Гомельская область, а в 2010–2012 гг. – Могилевская область. При этом г. Минск с 2010 г. располагается в середине рейтинга. Таким образом, несмотря на лидирующие позиции г. Минска по значениям абсолютных показателей (объему экспорта инновационной продукции, количества иннова-

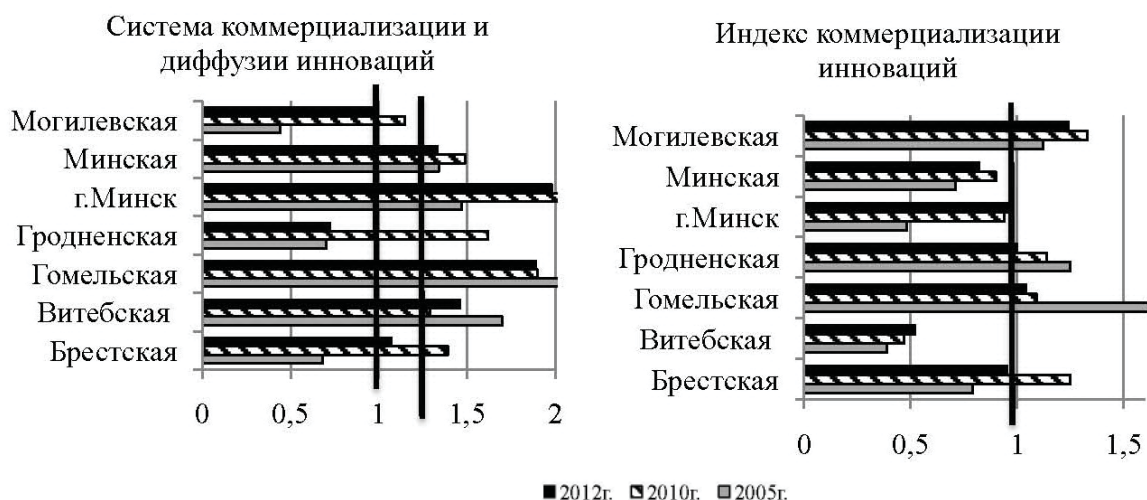


Рисунок 2 – Оценка системы диффузии и коммерциализации инноваций и индекса коммерциализации инноваций по регионам Республики Беларусь за 2005–2012 гг.

Источник: составлено автором.

ционно активных организаций, величине затрат на технологические инновации), их удельные величины свидетельствуют о недостаточно высоком уровне вносимых изменений с позиции масштаба новизны и востребованности их результата мировым сообществом. На протяжении всего периода исследований ниже среднереспубликанского уровня по значению индекса коммерциализации инноваций располагалось около 57 % регионов. При этом незначительный рост индекса коммерциализации инноваций в 2012 г., как по сравнению с 2010 г., так и по сравнению с 2005г. наблюдался только в 29 % регионов (г. Минск и Витебская область) (рисунок 2).

Неравномерность процессов коммерциализации инноваций по регионам Республики Беларусь может быть вызвана не только распределением научного потенциала, но и долей областей в материальном производстве, специализацией регионов по видам экономической деятельности, структурой видов экономической деятельности с выделением инновационно-ориентированных и с высоким уровнем технологической активности. Необходимо исследовать данные факторы и определить, существует ли зависимость между ними и индексом коммерциализации инноваций.

Для оценки инновационно-ориентированности и уровня технологической активности видов

экономической деятельности республики автор дает характеристику и предлагает систему показателей, которую необходимо сравнить со средними данными по обрабатывающей промышленности (таблица 2).

Для количественного определения уровня специализации экономических регионов могут служить такие показатели, как: коэффициент локализации данного производства на территории региона; коэффициент душевого производства; коэффициент специализации региона на данном виде экономической деятельности. Если расчетные показатели больше или равны единице, то, следовательно, данные виды экономической деятельности выступают как виды экономической деятельности рыночной специализации.

Показатели, используемые для оценки уровня специализации, отражают конкурентную устойчивость вида экономической деятельности в регионе и потенциал его кластеризации. Специализация возможна через создание кластеров. Кластеры имеют большое значение в рамках регионального развития и для повышения региональной конкурентоспособности, так как благодаря созданию кластеров организации имеют доступ к большему количеству поставщиков и специализированных услуг, квалифицированной рабочей силе, обмену информацией и др.

г. Минск за весь период исследований имел

Таблица 2 – Понятие, показатели и критерии отнесения видов экономической деятельности (ВЭД) к инновационно-ориентированным, с высоким уровнем технологической активности и с низким уровнем технологической активности

		Сущность и показатели	
Инновационно – ориентированные ВЭД	Сущность	Виды экономической деятельности, в которых интенсивность инновационных процессов, выражающаяся в высокой доле инноваций в формировании ресурсной базы и результата деятельности, превышает средний уровень по обрабатывающей промышленности	
	Показатели	Затраты на технологические инновации в расчете на единицу отгруженной продукции соответствующего вида экономической деятельности; затраты на приобретение машин и оборудования для осуществления инновационной деятельности в расчете на единицу объема основных средств соответствующего вида экономической деятельности; численность занятых в сфере НИОКР на одного работающего в соответствующем виде экономической деятельности (значение выше перечисленных показателей должно превышать в 1,2–1,5 раза средний уровень по обрабатывающей промышленности)	
ВЭД с высоким уровнем технологической активности	Сущность	Виды экономической деятельности, внедряющие передовые производственные технологии, соответствующие современному (преобладающему) и приходящему технологическим укладам, основанные на микроэлектронных компонентах, на нанотехнологиях, на биотехнологиях, на информационно-коммуникационных технологиях	
	Показатели	Удельный вес затрат на приобретение новых и высоких технологий в общем объеме затрат на технологические инновации соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес затрат на приобретение компьютерных программ и баз данных в общем объеме затрат на технологические инновации соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес новой продукции для мирового рынка в общем объеме отгруженной инновационной продукции соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес инновационной продукции соответствующего вида экономической деятельности, отгруженной за пределы республики (значение вышеперечисленных показателей должно превышать средний уровень по обрабатывающей промышленности)	
ВЭД с низким уровнем технологической активности	Сущность	Виды экономической деятельности, в которых преобладающее, ключевое значение играют технологии, соответствующие уходящим и реликтовым технологическим укладам, и в структуре затрат на технологические инновации преобладают затраты на простое обновление основных средств и производственное проектирование	
	Показатели	Удельный вес организаций, приобретавших новые и высокие технологии соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес затрат на приобретение компьютерных программ и баз данных в общем объеме затрат на технологические инновации соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес новой продукции для мирового рынка в общем объеме отгруженной инновационной продукции соответствующего вида экономической деятельности; удельный вес инновационной продукции соответствующего вида экономической деятельности, отгруженной за пределы республики (значение вышеперечисленных показателей ниже (более, чем на 50 %) среднего уровня по обрабатывающей промышленности)	

Источник: составлено автором.

наибольший рейтинг по специализации на видах экономической деятельности, отнесенных к инновационно-ориентированным и технологически активным. При этом виды экономической деятельности с низким уровнем технологической активности также являются видами экономиче-

ской деятельности специализации. Гомельская область имела самую высокую долю материального производства в республике. Однако она формировалась не только благодаря функционированию инновационно-ориентированных и технологически активных видов экономической

деятельности, но и видов экономической деятельности с низким уровнем технологической активности, которые относятся к видам экономической деятельности специализации (таблица 3).

Витебская область и Минская область занимали близкие позиции в рейтинге, располагаясь в его центре. При этом в Витебской области в 2010 г. большинство видов экономической деятельности специализации относятся к видам экономической деятельности с низким уровнем технологической активности. Однако в формировании объема производства региона принимали участие и инновационно-ориентированные виды экономической деятельности при незначительной роли технологически активных. В 2012 г. в Витебской области растет влияние технологически активных видов экономической деятельности и снижается влияние видов экономической деятельности с низким уровнем технологической активности на формирование объема производства региона. Последние места в рейтинге по всем рассматриваемым параметрам занимали Могилевская, Гродненская и Брестская области. Виды экономической деятельности специализации, частично относимые к пятому технологическому укладу, располагались в г. Минске и Минской, Гомельской и Витебской областях на протяжении всего периода исследований.

В целом можно констатировать, что разви-

тие коммерциализации инноваций по регионам республики не определяется непосредственно долей областей в материальном производстве и их отраслевой структурой. Так, регионы, занимающие наибольший удельный вес в объеме производства промышленной продукции республики и располагающие более высокой концентрацией инновационно-ориентированных видов экономической деятельности, имели средний уровень коммерциализации инноваций (г. Минск и Гомельская область). Однако наблюдается и другая картина – области с высоким уровнем коммерциализации инноваций имели низкую долю инновационно-ориентированных, технологически активных видов экономической деятельности (Могилевская область) (таблица 3). Это свидетельствует о том, что усилия большинства организаций промышленности направлены на приобретение технологий и оборудования, не соответствующих современному технологическому укладу, а также на простое усовершенствование производимой продукции.

Целью **третьего этапа** является выявление факторов и исследование закономерностей их влияния на технологическое и инновационное развитие в рамках промышленной политики региона.

Инновационное развитие невозможно без достаточных ресурсов, а сами эти ресурсы могут быть созданы только процессом интенсивного

Таблица 3 – Распределение промышленного производства и развитие коммерциализации инноваций по областям Республики Беларусь, %

Области	Структура объема промышленного производства			Структура объема производства инновационно-ориентированных ВЭД			Структура объема производства ВЭД с высоким уровнем технологической активности			Структура объема производства ВЭД с низким уровнем технологической активности		
	2005 г.	2010 г.	2012 г.	2005 г.	2010 г.	2012 г.	2005 г.	2010 г.	2012 г.	2005 г.	2010 г.	2012 г.
Брестская	8,8	9,5	9,0	4,1	5,0	5,8	0,6	3,4	4,0	18,4	10,9	18,6
Витебская	18,1	17,5	18,1	20,0	20,8	19,7	32,1	2,4	20,4	13,8	19,9	10,8
Гомельская	22,7	21,1	20,6	23,0	21,2	19,9	33,3	16,0	29,0	13,3	18,4	11,4
Гродненская	8,3	9,7	9,2	6,8	4,3	3,3	7,7	8,8	2,6	12,5	9,4	17,7
г. Минск	20,3	18,0	18,8	24,1	32,6	35,7	2,6	35,2	28,3	14,7	19,9	13,8
Минская	13,7	14,7	14,9	14,3	9,9	10,7	15,2	28,0	11,9	16,9	11,1	19,0
Могилевская	8,0	9,5	9,4	7,7	6,0	4,8	8,5	6,2	3,9	10,3	10,3	8,7

Источник: рассчитано автором по данным статистики.

расширенного производства, базирующегося в свою очередь на высокоэффективных инновациях и прогрессивных экономических механизмах. Данный круг перестанет быть «порочным» только тогда, когда инновационность станет первоосновой и экономической, и инвестиционной политики. Промышленная политика региона должна быть направлена на повышение:

- технологического уровня как фактора, способствующего росту восприимчивости региона к инновациям;

- информационной активности как фактора, имеющего определяющее значение относительно экономического развития и обеспечивающего конкурентные преимущества организациям региона;

- инвестиционной активности как фактора, обеспечивающего, с одной стороны, условия простого и расширенного воспроизводства капитальных ресурсов в регионе, а с другой финансирование затрат на исследования и разработки;

- инновационной активности как фактора, характеризующего уровень внимания, уделяемого инновационной деятельности со стороны предприятий и организаций.

В свою очередь, для возможности проведения сравнительной характеристики технологического уровня экономики, уровня информационной, инвестиционной и инновационной активности по регионам республики автор предлагает рассчитывать индексы, которые для каждого i -го региона вычисляются как средняя предложен-

ной автором системы относительных индексов (таблица 4). При этом каждый из представленных в таблице индексов рассчитывается относительно среднереспубликанского уровня.

Для увеличения наглядности полученных результатов исследования предлагается провести классификацию регионов по трём признакам: информационная активность и технологический уровень, инвестиционная активность и технологический уровень, технологический уровень и инновационная активность, используя матричный метод. Для этого необходимо составить следующую градацию уровней: низкий ($I(i) \leq 50 \%$); средний ($50 < I(i) \leq 100 \%$); высокий ($I(i) > 100 \%$).

Рассчитав значение выше перечисленных индексов, получим возможность оценить состояние факторов информационной активности, инвестиционной активности, технологического уровня, инновационной активности в регионах республики по сравнению со среднереспубликанским уровнем. Однако этого недостаточно для выявления проблем и перспектив технологического развития и инновационной деятельности в регионах республики. Данные факторы взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом, при этом либо тормозя, либо способствуя развитию инновационной деятельности в регионе. Так, рост уровня информационной и инвестиционной активности должен соответствовать росту технологического уровня либо опережать его. Как правило, недостаточная информационная и инвестиционная активность тормозит рост

Таблица 4 – Показатели оценки факторов технологического развития и инновационной деятельности в рамках промышленной политики региона

Факторы	Индексы
Технологический уровень	производительности труда по добавленной стоимости, фондоотдачи, энергоотдачи, экологичности производства
Уровень информационной активности	производительности труда по добавленной стоимости сектора ИКТ, удельная численность работников, использовавших персональные компьютеры, удельный вес организаций, использовавших Интернет
Уровень инвестиционной активности	удельных инвестиций в основной капитал, наукоемкости инвестиций, технологической емкости инвестиций
Уровень инновационной активности	удельных затрат на исследования и разработки, удельных затрат на технологические инновации, доли инновационно активных организаций, объема инновационной продукции на одного занятого в экономике

Источник: составлено автором.

технологического уровня производства. В свою очередь рост технологического уровня должен опережать рост уровня инновационной активности либо соответствовать ему. Такой порядок объясняется тем, что чем выше технологический уровень, тем выше инновационная восприимчивость экономики региона. При наличии низкого технологического уровня и его значительном отставании от инновационной активности инновации не будут востребованы архаичным производством.

Темпы развития информации и инвестиции определяют соответствующий уровень науки, техники и технологий. В свою очередь, инвестиции в основной капитал должны представлять собой не столько совокупность затрат, направляемых на простое воспроизводство основных средств, сколько на создание и приобретение основных средств нового поколения. Такие вложения инвестиций будут приводить к росту технологического уровня и инновационной активности.

Соответственно устойчивый рост технологического и инновационного развития региона будет достигнут в том случае, если исходные факторы будут возрастать в следующей последовательности:

$$T_{инфа}(i) \geq T_{ина}(i) \geq T_{ту}(i) \geq T_{иа}(i);$$

$$T_{инфа}(i) \geq T_{ина}(i) \geq T_{иа}(i),$$

где $T_{инфа}(i)$ – темп роста информационной активности региона, %; $T_{ина}(i)$ – темп роста инвестиционной активности региона, %; $T_{ту}(i)$ – темп роста технологического уровня экономики региона, %; $T_{иа}(i)$ – темп роста инновационной активности региона, %.

Темпы роста информационной, инвестиционной и инновационной активности, технологического уровня региона автор предлагает рассчитывать как среднюю геометрическую темпов роста вышеназванных составляющих, характеризующих каждый исследуемый фактор.

Полученные результаты позволят нам не только дать оценку основных факторов технологического развития и инновационной деятельности региона, но также показать их взаимосвязь, что позволит выявить существующие проблемы технологического развития и инновационной дея-

тельности регионов республики.

Проведя классификацию регионов по таким признакам, как информационная активность и технологический уровень, используя выше описанную градацию уровней, пришли к выводу, что только г. Минск в 2012 г. имел высокий уровень информационной активности и высокий технологический уровень по сравнению со средне-республиканским, благодаря его повышению в сравнении с 2010 г. В исследуемом периоде остальные регионы республики имели средний уровень информационной активности, при этом Витебская, Гомельская и Минская области имели высокий технологический уровень, а Брестская, Гродненская и Могилевская области – средний технологический уровень (таблица 5).

Продолжая исследование, и сопоставив инвестиционную активность и технологический уровень, пришли к выводу, что г. Минск, Гомельская и Витебская области в 2012 г. достигли высокого уровня инвестиционной активности и высокого технологического уровня по сравнению со среднереспубликанским. Остальные регионы в 2012 г. имели средний уровень инвестиционной активности, при этом Брестская, Гродненская и Могилевская области имели средний технологический уровень, Минская – высокий (таблица 5).

Сопоставив технологический уровень и инновационную активность регионов, пришли к выводу, что в 2012г. большинство регионов республики имело высокий технологический уровень (г. Минск, Гомельская, Витебская и Минская области) и высокий уровень инновационной активности (г. Минск, Витебская и Гомельская области) (таблица 5). В Брестской области необходимо повысить инновационную активность, так как в дальнейшем ее низкий уровень может привести к снижению технологического уровня.

Сопоставив темпы роста рассмотренных выше факторов, можно сделать вывод о том, что за исследуемый период ни в одном из регионов республики не наблюдалось соблюдения выведенной нами последовательности. В лучшем случае частичное ее выполнение, касающееся превышения темпа роста информационной активности над темпом роста инвестиционной активности, который превышает темпы роста технологического уровня (например, в Минской области в 2012г.), либо превышения темпа роста инвестиционной активности над темпом роста

Таблица 5 – Матрица факторов технологического и инновационного развития регионов Республики Беларусь

		Технологический уровень		
		Низкий	Средний	Высокий
		2010 г.		
Информационная активность	Низкий			
	Средний		Брестская, Гродненская, Могилевская	Витебская, Гомельская, Минская
	Высокий		г. Минск	
Инвестиционная активность	Низкий			
	Средний		Могилевская, Брестская	Витебская, Минская
	Высокий		г. Минск, Гродненская	Гомельская
Инновационная активность	Низкий		Брестская	
	Средний		Гродненская, Могилевская	Витебская, Минская
	Высокий		г. Минск	Гомельская
		2012 г.		
Информационная активность	Низкий			
	Средний		Брестская, Гродненская, Могилевская	Витебская, Гомельская, Минская
	Высокий			г. Минск
Инвестиционная активность	Низкий			
	Средний		Брестская, Гродненская, Могилевская	Минская
	Высокий			Витебская, Гомельская, г. Минск
Инновационная активность	Низкий		Брестская	
	Средний		Гродненская, Могилевская	Минская
	Высокий			Витебская, Гомельская, г. Минск

Источник: составлено автором.

технологического уровня (например, в Витебской области в 2010г.). Это свидетельствует о том, что поступательное развитие инновационной деятельности не осуществляется в регионах республики.

Постоянно изменяющийся вектор развития информационной, инвестиционной и инновационной активности, технологического уровня в регионах республики свидетельствует об отсутствии региональной промышленной политики, позволяющей достичь устойчивого роста технологического и инновационного развития региона. Влияние на каждый фактор в отдельности, изолированно от других не позволит достичь сбалансированного, устойчивого техноло-

гического и инновационного развития региона. Большинству регионов республики необходимо добиваться повышения факторов технологического и инновационного развития (Брестской, Гродненской, Могилевской, Минской областям), причем данный рост должен быть сбалансированным и обеспечивающим поступательное развитие региона.

Данная модель оценки состояния и потенциала инновационного и технологического развития в рамках региональной промышленной политики может быть использована для создания информационно-аналитической базы разработки региональной промышленной политики, программ инновационного и технологического

развития регионов республики и осуществления регулярного мониторинга инновационного и технологического развития промышленности региона, достижения целевых показателей

региональных программ для повышения эффективности регионального управления и достижения целей социально-экономического развития региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балацкий, Е. Инновационные и инвестиционные факторы эффективности производства / Е. Балацкий, А. Раптовский // Общество и экономика. – 2007. - №1. – С. 3-27.
2. Движение регионов России к инновационной экономике / А.Г. Гранберг [и др.]; под ред. А.Г. Гранберга, С.Д. Валентея. – Москва: Наука, 2006. – 400с.
3. Информационное общество в Республике Беларусь. 2012 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 107с.
4. Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь. 2012. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2013. – 329с.
5. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь. 2012. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2013. – 118с.
6. Нехорошева, Л.Н. Законодательная политика государства как инструмент реализации новых подходов к промышленной и инновационной политике / Л.Н. Нехорошева // Социально-экономическое развитие организаций и регионов Беларуси: устойчивость, развитие и инновации: материалы докладов междунар. науч.-прак. конференции, Витебск / УО «ВГТУ», 2012. – С. 63 – 73.
7. Нехорошева, Л.Н. Технологические платформы как новая модель реализации промышленной и инновационной политики / Л.Н. Нехорошева // Экономический рост Республики

REFERENCES

1. Balatskiy, E. (2007), The Innovative and investment factors of efficiency of production, Society and economy, № 1, pp. 3-27.
2. Granberg A.G., (2006), Motion of regions of Russia to the innovative economy, Moscow: Science, 400 p.
3. Informative society is in Republic of Belarus. 2012 / the National statistical committee of Republic of Belarus, Minsk, 2013, 107 p.
4. A small and AV enterprise is in Republic of Belarus. 2012. Statistical collection / is the National statistical committee of Republic of Belarus, Minsk, 2013, 329 p.
5. Science and innovative activity are in Republic of Belarus. 2012. Statistical collection / is the National statistical committee of Republic of Belarus, Minsk, 2013, 118 p.
6. Nekhorosheva, L.N. (2012), Legislative politics of the state as instrument of realization of the new going near industrial and innovative politics, Socio-economic development of organizations and regions of Belarus : stability, development and innovations: materials of lectures of international research and practice conference, Vitebsk, VSNU, pp. 63 - 73.
7. Nekhorosheva, L.N. (2013), Technological platforms as new model of realization of industrial and innovative politics, The Economy growing of Republic of Belarus: globalization, innovativeness, stability : materials of VI international research and practice conference, Minsk, on May, 15-16 of 2013. BSEU; under a

- Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VI междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15-16 мая 2013г. / БГЭУ; под общ. ред. В. Н.Шимова. – Минск, 2013. – Т.1 - С. 200-201.
8. Промышленность Республики Беларусь. 2012. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2013. – 264с.
9. Регионы Республики Беларусь: социально-экономические показатели. 2012. Статистический сборник, том 1 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2013. – 739с.
10. Фатеев, В.С. Совершенствование координации региональной, промышленной и инновационной политики как один из резервов повышения конкурентоспособности национальной и региональной экономики /В.С. Фатеев // Белорусская модель социально-экономического устойчивого инновационного развития: формирование и пути реализации: Сб. материалов межд. науч.-практич. конф. 19-22 апреля 2006 г., г. Минск. –Минск: Право и экономика, 2006. – С. 255–256 (0,25).
- general release V.N. Shimov. Minsk, pp. 200-201.
8. Industry of Republic of Belarus. 2012. Statistical collection / is the National statistical committee of Republic of Belarus, Minsk, 2013. - 264 p.
9. Regions of Republic of Belarus: socio-economic indexes. 2012» Statistical collection, volume a 1 / National statistical committee of Republic of Belarus, Minsk, 2013. - 739 p.
10. Fateev, V.S. (2006), Perfection of co-ordination of regional, industrial and innovative politics as one of backlogs of increase of competitiveness of national and regional economy, Is the Belarussian model of socio-economic steady innovative development: forming and ways of realization: Collection of materials of international research and practice conference, on April, 19- 22, Minsk, Right and economy, pp. 255-256.

Статья поступила в редакцию 07.05.2014 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ОБОСНОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ

Н.Л. Прокофьева

УДК 332.1 (476)

РЕФЕРАТ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА, ВИДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОБОСНОВАНИЕ ПРИОРИТЕТОВ

Устойчивое экономическое развитие регионов в современных условиях связывается в первую очередь не с механизмами эффективного перераспределения финансовых ресурсов, а с обеспечением самостоятельно поддерживаемого в регионах роста приемлемого уровня доходов и занятости и повышением конкурентоспособности. Страну (как совокупность регионов) и каждый регион в отдельности можно рассматривать как диверсифицированную бизнес-структуру, экономическая эффективность которой в разной мере обеспечивается отдельными видами экономической деятельности. Для выявления приоритетов в региональной стратегии развития предлагается применять матричные методы стратегического анализа, адаптированные для этих целей. Позиционирование видов экономической деятельности в экономике на основе предложенных методов выполнено для Республики Беларусь и Витебской области с детализацией по видам обрабатывающей промышленности. Сделан вывод, что из ключевых для экономики Витебской области видов деятельности критерию «сфера деятельности с высокой добавленной стоимостью» соответствуют: «торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования» и несколько видов обрабатывающей промышленности. Вид деятельности «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» имеет значительную долю в валовом региональном продукте, но существенно утратил эффективность в 2012 году. Стимулирование увеличения доли этих видов экономической деятельности позволит существенно улучшить конкурентную позицию Витебской области в масштабах республики.

ABSTRACT

REGIONAL POLICY, ECONOMIC ACTIVITIES, PRIORITIES SUBSTANTIATION

Nowadays the criteria for the effectiveness of regional policy have significantly changed. Now it is not only effective mechanism for the distribution of financial flows for smoothing the differentiation in the levels of regional development. The main task is to implement an active policy of employment, to maintain an acceptable level of income and competitiveness. Rating methodologies for assessing the potential of the regions do not allow to identify key areas of economic activity. Matrix methods of strategic management for corporations can match with the latest objectives of regional policy. Country (region) can be regarded as a diversified business-structure and matrix methods can be used to identify the most important activities. Strategic management techniques are adapted for research purposes and can be used for the justification of the regional strategy. Ranking of the economic activities is implemented for the Republic of Belarus and Vitebsk region.

Объективно существующие диспропорции в экономическом развитии регионов предопределили возникновение региональной экономической политики и необходимости разработки специфических инструментов управления их территориальным развитием с целью достижения и поддержания баланса общегосударственных и региональных интересов, сокращения региональных различий в уровнях социально-экономического развития и условиях жизни населения. Усиливающиеся интеграционные процессы в мире приводят к тому, что диспропорции в социально-экономическом развитии регионов проявляются не только в масштабах отдельных территорий и государств, но и в наднациональных объединениях.

В региональной политике, в отличие от бизнеса, где существует практика освобождения от низкоэффективных или непрофильных бизнес-единиц с целью повышения конкурентоспособности корпорации в целом, наличие высоко- и слаборазвитых, экономически стабильных и депрессивных регионов приводит к необходимости одновременно обеспечивать достижение двух противоречивых целей:

- относительное выравнивание уровней социально-экономического развития регионов;
- приоритетное развитие регионов, имеющих особо важное стратегическое значение для государства.

Акцент на достижение первой цели привел к тому, что экономический аспект региональной политики является предметом исследования многих научных школ в силу того, что диспропорции в социально-экономическом развитии регионов усиливаются, и в каждой стране накоплен определенный опыт классификации регионов по уровню развития, разработана система мер по преодолению диспропорций развития. Наиболее распространенными являются методики, в соответствии с которыми выбор должен осуществляться по результатам оценки показателей социально-экономического развития, диагностики эффективности организационно-экономического механизма. Такие подходы используются для рейтинговой оценки стран и регионов, для разработки региональной политики с целью относительного выравнивания их уровней социально-экономического развития.

Современные процессы глобализации, сопро-

вождающиеся усилением конкуренции, где конкурируют не отдельные корпорации, а государства и даже их объединения, переносят акценты в региональной политике на «максимально эффективное использование ресурсного потенциала страны» и «обеспечение самостоятельно поддерживаемого в регионах роста приемлемого уровня доходов и занятости». С этой точки зрения страну (как совокупность регионов) можно рассматривать как диверсифицированную бизнес-структуру, экономическая эффективность которой обеспечивается как отдельными видами экономической деятельности, так и структурными подразделениями, в качестве которых могут выступать административные единицы. С другой стороны, появились исследования, подтверждающие, что отвлечение средств на поддержание депрессивных регионов, приводит к замедлению процессов модернизации экономики, а, следовательно, и к снижению конкурентоспособности государства [1, с. 138 - 139].

С этой точки зрения, обоснование стратегии региональной экономической политики должно основываться на выявлении приоритетов в видах экономической деятельности и создании мотивационных факторов повышения конкурентоспособности регионов. Цель статьи: предложить методики обоснования ключевых видов экономической деятельности.

В исследовании объектами стратегического анализа выступают – Республика Беларусь и Витебская область в разрезе видов экономической деятельности.

Выбор приоритетов, на которые будут направлены ресурсы региона и государства, требует определения реальных и потенциальных конкурентных преимуществ, благодаря которым регион может быть конкурентным во внутренней (национальной) или международной среде. И если экономику любой территории можно рассматривать как совокупность бизнес-структур, от эффективности взаимодействия которых зависит конкурентоспособность региона, уровень его социально-экономического развития, следовательно, можно использовать матричные методы стратегического анализа [7] для классификации видов экономической деятельности по их вкладу в экономику и в обеспечение конкурентоспособности региона. Для обоснования приоритетов в региональной стратегии развития

известные инструменты стратегического менеджмента были преобразованы. Это обусловлено спецификой исследования: оценка видов бизнеса в них осуществляется исходя из доли рынка и динамики ее изменения (матрица БКГ), исходя из оценки потенциала развития (матрица стратегических зон хозяйствования) и т. п. Понятно, что для совокупных видов экономической деятельности рассчитать подобные показатели достаточно проблематично. Для целей

настоящего исследования построены матрицы по видам экономической деятельности исходя из их доли в валовом внутреннем продукте (для страны), валовом региональном продукте (для области) и их динамики в исследуемом периоде (табл. 1). Такой выбор определяется тем, что ключевой задачей для экономики страны и поддержания ее конкурентоспособности является обеспечение опережающих темпов роста видов экономической деятельности с высокой добав-

Таблица 1 – Распределение видов экономической деятельности Витебской области в 2011 и 2012 годах по структуре и динамике валовой добавленной стоимости (ВДС) по видам экономической деятельности

	Высокая доля в структуре ВДС, 20 – 60	Средняя доля в структуре ВДС, 10,0 – 20	Низкая доля в структуре ВДС, 1,00 – 10, 0	Ничтожно малая, до 1 %
Высокий темп роста по сравнению со средним по видам экономической деятельности, свыше 105 %	1.1 обрабатывающая промышленность	1.2 сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования	1.3 финансовая деятельность; <i>производство и распределение электроэнергии, газа и воды</i>	1.4 <i>гостиницы и рестораны</i>
Средний темп роста по сравнению со средним по видам экономической деятельности, от 94 до 105 %	2.1	2.2 <i>сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство</i>	2.3 Образование; здравоохранение и предоставление социальных услуг; <i>строительство; транспорт и связь</i>	2.4
Низкий темп роста по сравнению со средним по видам экономической деятельности, от 51 до 94 %	3.1	3.2	3.3 производство и распределение электроэнергии, газа и воды; транспорт и связь; операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям; государственное управление; предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг <i>финансовая деятельность</i>	3.4 рыболовство, рыбоводство; горнодобывающая промышленность; <i>гостиницы и рестораны</i>
Минимальный темп роста по сравнению со средним по видам экономической деятельности, менее 50 %	4.1	4.2	4.3 строительство	4.4

Примечание: - вид деятельности – в 2011 году;

- вид деятельности – в 2012 году;

- вид деятельности – сохранивший свои позиции в 2011 и 2012 годах.

Источник: собственная разработка.

ленной стоимостью. Для нивелирования влияния инфляционных процессов и усиления наглядности полученных результатов исследования динамика видов экономической деятельности рассчитывалась не только по сравнению с предшествующим периодом, но и в сопоставлении с темпом роста валового регионального продукта (для области) или валового внутреннего продукта (для страны)

Применение единого подхода в обосновании экономической региональной политики – сравнение динамики видов деятельности каждого региона со средней по видам деятельности страны – не совсем правомерно, так как сглаживает специфические особенности регионов, а вполне возможно, что именно их наличие и будет определять конкурентное преимущество региона в будущем.

Рост валовой добавленной стоимости в Витебской области в 2011 году обеспечивали «обрабатывающая промышленность», «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», «торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования», «финансовая деятельность», «образование», «здравоохранение и предоставление социальных услуг». В 2012 году ухудшается ситуация и снижается вклад в экономику региона следующих видов деятельности: «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», «образование», «здравоохранение и предоставление социальных услуг». Рост валовой добавленной стоимости, как и в 2011 году, обеспечивают «обрабатывающая промышленность», «торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования».

Представленные в анализе матрицы данные можно использовать для принятия решений по разработке стратегических решений. Основным ее недостатком для анализа ключевых видов деятельности является отсутствие критериев эффективности, позволяющих определить «усилия», с которыми фактический вклад в региональный валовой продукт достигался. Предлагается видоизменить матрицу позиционирования видов экономической деятельности с учетом критерия эффективности.

Показателем, соответствующим целям анализа, может быть коэффициент локализации валовой добавленной стоимости, рассчитанный по каждому виду экономической деятельности как

отношение их удельных весов, исчисленных по добавленной стоимости и по выпуску товаров и услуг в действующих ценах:

$$K_{\text{локализ.}} = \text{Уд.ВДС} / \text{Уд.вып.}, \quad (1)$$

Уд.ВДС – удельный вес вида экономической деятельности в валовой добавленной стоимости региона исследования; **Уд.вып.** – удельный вес вида экономической деятельности в выпуске товаров и услуг в действующих ценах региона исследования.

Экономический смысл показателя «коэффициент локализации валовой добавленной стоимости» состоит в том, что он показывает относительную эффективность каждого вида деятельности. Значение коэффициента, равное «1», означает, что каждый рубль добавленной стоимости создается таким же выпуском продукции, работ, услуг, как и по региону в целом. Соответственно, значения коэффициента больше и меньше «1» характеризуют более эффективную и менее эффективную деятельность.

Расчетные значения коэффициента локализации валовой добавленной стоимости по видам экономической деятельности Витебской области представлены в таблице 2.

Сопоставление значений коэффициентов локализации валовой добавленной стоимости позволяет говорить, что сфера услуг более эффективна по сравнению со сферой производства, так как каждый рубль произведенных услуг обеспечивает получение валовой добавленной стоимости более чем в три раза большей, чем в сфере производства.

Матрица, построенная по видам экономической деятельности исходя из их доли в объеме выпуска работ, услуг и продукции в текущих ценах и коэффициента локализации валовой добавленной стоимости, представлена в таблице 3.

Анализ матрицы свидетельствует, что высокую эффективность развития имеет преимущественно сфера услуг, а из производственных видов деятельности только «рыболовство и рыбоводство». Видов деятельности с высоким и средним коэффициентом локализации валовой добавленной стоимости и долей более 10 % в 2010 году в экономике Витебской области нет, в 2011 в сегменте 2.2 появляется «сель-

Таблица 2 – Коэффициент локализации валовой добавленной стоимости по видам экономической деятельности Витебской области

Сферы и виды деятельности	Коэффициент локализации добавленной стоимости		
	2010	2011	2012
Сфера производства	0,728	0,689	0,744
в том числе:			
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	1,058	1,415	1,33
рыболовство, рыбоводство	2,6	2,75	2,5
горнодобывающая промышленность	1,071	1,037	1,0
обрабатывающая промышленность	0,534	0,524	0,62
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,826	0,571	0,75
строительство	1,929	1,304	1,36
Сфера услуг	2,165	2,600	2,35
в том числе:			
торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования	2,442	2,731	2,62
гостиницы и рестораны	2,212	2,211	1,8
транспорт и связь	2,078	2,109	1,82
финансовая деятельность	2,766	3,109	2,35
операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям	2,512	2,686	2,73
государственное управление	2,905	3,102	2,8
образование	2,454	2,753	2,56
здравоохранение и предоставление социальных услуг	2,278	2,642	2,38
предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	1,968	2,235	2,0
Итого по видам экономической деятельности	1,00	1,00	1,0

Источник: рассчитано на основе [2], [5], [6].

ское хозяйство, охота и лесное хозяйство». Из ключевых для экономики региона видов деятельности критерию «сфера деятельности с высокой добавленной стоимостью» соответствует только «торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования». Доля «обрабатывающей промышленности» в 2012 году в структуре выпуска товаров и услуг в

текущих ценах увеличилась до 62,4 % при самом низком коэффициенте локализации валовой добавленной стоимости – 0,62. Третий вид деятельности – «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» – существенно утратил свои позиции в 2012 году.

Для исследования специфики регионального развития экономики Витебской области сопоста-

Таблица 3 – Распределение видов экономической деятельности по структуре выпуска в текущих ценах и коэффициенту локализации валовой добавленной стоимости Витебской области в 2011 и 2012 годах

	Высокая доля в структуре выпуска, 20 – 60 и выше	Средняя доля в структуре выпуска, 10,0 – 20	Низкая доля в структуре выпуска, 1,00 – 10,0	Ничтожно малая, до 1 %
Высокий уровень локализации добавленной стоимости, 2,248 – 3,109	1.1	1.2	1.3 торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования; финансовая деятельность; операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям; образование; здравоохранение и предоставление социальных услуг	1.4 рыболовство, рыбоводство; государственное управление;
Средний уровень локализации добавленной стоимости, 1,386 – 2,247	2.1	2.2 сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2.3 транспорт и связь; строительство; предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	2.4 гостиницы и рестораны; предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг
Низкий уровень локализации добавленной стоимости, 0,524 – 1,385	3.1 обрабатывающая промышленность	3.2	3.3 Строительство; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	3.4 горнодобывающая промышленность

Примечание: - вид деятельности – в 2011 году;
 - вид деятельности – в 2012 году;
 - вид деятельности – сохранивший свои позиции в 2011 и 2012 годах.

Источник: собственная разработка.

в им распределение видов экономической деятельности по региону с Республикой Беларусь в целом по стратегическим зонам хозяйствования на основе коэффициента локализации валовой добавленной стоимости. За исследуемый период времени как и в Витебской области, так и в масштабах Республики Беларусь «обрабатывающая промышленность» относилась к сферам деятельности с самым низким коэффициентом локализации добавленной стоимости (табл. 4).

В масштабах Витебской области сфера услуг является более эффективной по сравнению с республикой в целом.

Матрица распределения видов экономической деятельности Республики Беларусь в 2011 и 2012 годах по уровню локализации валовой добавленной стоимости и доле в структуре

выпуска товаров и услуг в действующих ценах представлена в таблице 5.

По республике в целом в 2011 году ни один вид экономической деятельности не имеет высокого коэффициента локализации валовой добавленной стоимости. Вся сфера услуг сконцентрировалась в сегменте со средним уровнем локализации валовой добавленной стоимости и долей в общем объеме выпуска товаров и услуг в текущих ценах от одного до десяти процентов. Сфера производства имеет низкий уровень эффективности, что характерно и для Витебской области.

В 2012 году в матрице распределения стратегических зон хозяйствования в квадранте 2.2 оказывается вид услуг «торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного

Таблица 4 – Коэффициент локализации валовой добавленной стоимости по видам экономической деятельности Республики Беларусь

Сферы и виды деятельности	Коэффициент локализации добавленной стоимости		
	2010	2011	2012
Сфера производства	0,736	0,727	0,747
в том числе:			
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	0,938	1,002	1,032
рыболовство, рыбоводство	1,333	1,5	1,2
горнодобывающая промышленность	1,0*	1,625*	0,665
обрабатывающая промышленность	0,641*	0,663*	
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,739*	0,5713*	
строительство	1,008	0,913	0,964
Сфера услуг	1,594	1,705	1,603
в том числе:			
торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования	1,553	1,613	1,593
гостиницы и рестораны	1,422	1,426	1,284
транспорт и связь	1,365	1,429	1,357
финансовая деятельность	1,936	2,143	1,695
операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям	2,362	1,840	1,853
государственное управление	1,868	2,005	1,796
образование	1,778	1,937	1,818
здравоохранение и предоставление социальных услуг	1,561	1,781	1,668
предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	1,302	1,415	1,388
Итого по видам экономической деятельности	1,00	1,00	1,0

Источник: рассчитано на основе [3], [4], *[2].

пользования». В экономике витебского региона этот вид деятельности имеет более высокую эффективность, чем в среднем по республике (коэффициент локализации валовой соответственно – 2,62 и 1,593), но, к сожалению, небольшой удельный вес. В целом сфера услуг витебского региона имеет более высокую эффективность по сравнению со средне республиканским уровнем.

нем, но меньшую долю в валовой добавленной стоимости региона. В 2010 году в республике сфера услуг обеспечивала 49,04 % добавленной стоимости с коэффициентом локализации 1,594. К 2012 году это 47,37 % с коэффициентом локализации 1,603. В Витебской области доля сферы услуг в валовой добавленной стоимости региона в 2010 году составляла 41,0 % с коэффициентом

Таблица 5 – Распределение видов экономической деятельности Республики Беларусь в 2011 и 2012 годах

	Высокая доля в структуре выпуска, 20 - 60	Средняя доля в структуре выпуска, 10,0- 20	Низкая доля в структуре выпуска, 1,00 -10, 0	Ничтожно малая, до 1 %
Высокий уровень локализации добавленной стоимости, 2,248 – 3,109	1.1	1.2	1.3	1.4
Средний уровень локализации добавленной стоимости, 1,386 – 2,247	2.1	2.2 <i>торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования</i>	2.3 <i>торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования; транспорт и связь; финансовая деятельность; операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям; государственное управление; предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг; здравоохранение и предоставление социальных услуг</i>	2.4 <i>рыболовство, рыбоводство; гостиницы и рестораны</i>
Низкий уровень локализации добавленной стоимости, 0,524 – 1,385	3.1 промышленность	3.2	3.3 сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; строительство; транспорт и связь	3.4 <i>рыболовство, рыбоводство; гостиницы и рестораны</i>

Примечание: - вид деятельности – в 2011 году;
 - вид деятельности – в 2012 году;
 - вид деятельности – сохранивший свои позиции в 2011 и 2012 годах.

Источник: собственная разработка.

локализации валовой добавленной стоимости 2,165, к 2012 году доля возросла незначительно – до 41,2%, а эффективность увеличилась на 9 % – коэффициент локализации составил 2,35.

Концепция добавленной стоимости как макроэкономического показателя эффективности экономики была популярной в 80 – 90 годы прошлого века среди западных экономистов, и смещение акцентов в пользу сферы услуг, как движущей силы экономики, вытекает даже из вышеприведенного анализа. Но доля этой перспективной сферы деятельности в структуре выпуска товаров и услуг в действующих ценах Витебской области в исследуемом периоде остается незначительной – 18,94 % в 2010 году, снижается до 16,26 % в 2011 и увеличивается до

17,5 % к 2012 году. По республике в целом динамика такая же, но доля сферы услуг существенно выше – 30,77 %, 27,96 % и 29,55 % соответственно. Это соответствует общемировой тенденции – в условиях кризиса сфера услуг сокращается в большей степени, чем реальный сектор экономики.

Весь реальный сектор экономики и по региону, и по республике в целом оказался в квадранте, который характеризует замедление развития и ухудшение конкурентной позиции, поэтому требуется детализация этой сферы деятельности (табл. 6).

В разрезе регионов вклад Витебской области в объем произведенных работ, услуг и продукции в действующих ценах по обрабатывающей

Таблица 6 – Коэффициент локализации валовой добавленной стоимости в промышленности по регионам Республики Беларусь и г. Минску

Регионы	В обрабатывающей промышленности			В горнодобывающей промышленности			В производстве и распределении электроэнергии, газа и воды		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Брестская	1,178	1,159	1,069	0,845	1,116	0,820	0,958	0,723	1,142
Витебская	0,586	0,616	0,604	0,477	0,818	0,314	0,907	0,831	0,564
Гомельская	0,638	0,637	0,609	1,106	0,851	1,150	1,161	1,515	1,163
Гродненская	1,080	1,015	1,026	0,915	1,356	0,770	0,909	1,384	1,507
г. Минск	1,300	1,373	1,278	0,625	0,944	0,472	0,976	0,728	0,965
Минская	1,456	1,416	1,622	0,705	1,094	0,629	1,280	1,231	1,274
Могилевская	1,156	1,016	0,945	0,608	0,951	0,649	1,000	1,173	1,424

Источник: рассчитано на основе [2].

промышленности упал с 17,3 % в 2009 году до 16,7 %, а по добавленной стоимости с 10,13 % до 10,08 % соответственно. И этот вид промышленности имеет самую низкую эффективность в разрезе областей. В горнодобывающей промышленности вклад Витебской области был существенным только в 2010 году – 9,46 % от объема работ, услуг и продукции по республике в целом. В производстве и распределении электроэнергии, газа и воды к 2011 году Витебский регион имеет самую высокую долю в структуре выпуска товаров и услуг в действующих ценах в масштабах республики и самый низкий в исследуемом периоде времени коэффициент локализации добавленной стоимости – 0,907 в 2009 году и 0,564 – в 2011 (таблица 6). Так как в обрабатывающей промышленности региона сосредоточена значительная часть экономически активного населения, можно этот вид деятельности рассмотреть более подробно для целей выявления наиболее эффективных сфер деятельности, развитие которых смогло бы послужить локомотивом для экономики Витебской области. В таблице 7 представлена матрица распределения видов экономической деятельности исследуемого региона с детализацией по видам обрабатывающей промышленности.

Увеличение доли видов экономической деятельности с высоким коэффициентом локализации валовой добавленной стоимости, к которым в Витебской области относится не только сфера

услуг, но и несколько видов обрабатывающей промышленности, позволит существенно улучшить конкурентную позицию региона в масштабах республики.

Наиболее проблемной, с точки зрения эффективности получения добавленной стоимости, является вид обрабатывающей промышленности «производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов» и чрезмерная зависимость экономики региона от этого вида деятельности, что увеличивает риски для его конкурентоспособности.

К сожалению, нет статистической информации, чтобы позиционировать виды экономической деятельности по внешнеторговому сальдо. Это второй критерий, который показывает возможности каждого вида бизнеса активизировать внутренний потенциал региона или страны (при положительном внешнеторговом обороте по цепочке создания стоимости) или дестабилизировать экономику, отвлекая валютную выручку на развитие экономик других стран.

Использование матричных методов стратегического анализа по двум критериям – коэффициенту локализации валовой добавленной стоимости и внешнеторговому сальдо – позволит более обоснованно подойти к определению приоритетов региональной политики, распределению ограниченных ресурсов, разработке системы мер по стимулированию эффективного использования потенциала региона.

Таблица 7 – Распределение видов экономической деятельности с детализацией по видам обрабатывающей промышленности Витебской области в 2011 году

	Высокая доля в структуре выпуска, 20 – 60	Средняя доля в структуре выпуска, 10,0 – 20	Низкая доля в структуре выпуска, 1,00 – 10,0	Ничтожно малая, до 1 %
Высокий уровень локализации добавленной стоимости, 2,248 – 3,109	1.1	1.2	1.3 торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования; финансовая деятельность; операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям; образование; здравоохранение и предоставление социальных услуг; текстильное и швейное производство; производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	1.4 рыболовство, рыбоводство; государственное управление; обработка древесины и производство изделий из дерева, целлюлозно-бумажное производство; издательская деятельность
Средний уровень локализации добавленной стоимости, 1,386 – 2,247	2.1	2.2 сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2.3 строительство; транспорт и связь; предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг; производство прочих неметаллических минеральных продуктов; химическое производство; производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования; производство машин и оборудования	2.4 гостиницы и рестораны; производство резиновых и пластмассовых изделий; прочие отрасли промышленности; производство транспортных средств и оборудования
Низкий уровень локализации добавленной стоимости, 0,44 – 1,385	3.1 производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	3.2	3.3 производство и распределение электроэнергии, газа и воды; производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	3.4 горнодобывающая промышленность; металлургическое производство и производство готовых металлических изделий

Источник: собственная разработка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афонасова М. А. Институциональные изменения в системе факторов регионального инновационного развития // Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие : Шестая международная конференция ; Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова, экономический факультет; 17 – 19 апреля 2013 г.: сборник статей. Том 2 / под ред. А. А. Аузана, В. П. Колесова, Л. А. Тутова. – Москва : ТЕИС, 2013. – 824 с.
2. Национальные счета Республики Беларусь: статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2013.
3. Республика Беларусь: статистический ежегодник. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2012.
4. Республика Беларусь: статистический ежегодник. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2013.
5. Статистический ежегодник Витебской области, 2012.
6. Статистический ежегодник Витебской области, 2013.
7. Томпсон-мл., Артур А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа : пер. с англ. / Артур А. Томпсон-мл., А. Дж. Стрикленд III. – 12-е издание. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2002. – 928 с.

REFERENCES

1. Afonasova, M. (2013), Institutional changes in the system of regional innovative development factors//Innovative development of the economy of Russia: regional variety: Sixth international conference; Moscow, Lomonosov Moscow State University, Economics department; 17 – 19 April 2013, Moscow: TEIS, 2013. 824 p.
2. National accounts of the Republic of Belarus: statistical yearbook. Minsk: National statistical committee of the Republic of Belarus, 2013
3. The Republic of Belarus: statistical yearbook. Minsk: National statistical committee of the Republic of Belarus, 2012
4. The Republic of Belarus: statistical yearbook. Minsk: National statistical committee of the Republic of Belarus, 2013
5. Statistical yearbook of Vitebsk region, 2012
6. Statistical yearbook of Vitebsk region, 2013
7. Arthur, A. Thompson, Jr., A. J. Strickland III. (2002), Strategic management: concepts and cases, twelfth edition, Moscow: Publishing house "Williams", 928 p.

Статья поступила в редакцию 21. 02. 2014 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамович Наталья Анатольевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Дизайн», Витебский государственный технологический университет
Акиндинова Наталья Станиславовна	– старший преподаватель кафедры «Ткачество», Витебский государственный технологический университет
Александров Олег Игоревич	– кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет
Башметов Валерий Степанович	– доктор технических наук, профессор, ректор, Витебский государственный технологический университет
Бизюк Андрей Николаевич	– аспирант, ассистент кафедры «Информатика», Витебский государственный технологический университет
Блинов Андрей Олегович	– доктор экономических наук, профессор кафедры «Общий менеджмент и управление проектами» ФГОБУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ»
Бобырь Снежана Витальевна	– соискатель кафедры «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Бойко Галина Анатольевна	– аспирант кафедры «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Брайкова Алла Мечиславовна	– доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры «Физикохимия материалов», Белорусский государственный экономический университет
Витязь Петр Александрович	– академик, доктор технических наук, руководитель аппарата Президиум Национальной академии наук Беларуси
Галешова Екатерина Игоревна	– магистр экономических наук, аспирант, Полоцкий государственный университет
Григорьева Татьяна Федоровна	– доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института химии твердого тела и механохимии СО РАН
Гриненко Анатолий Михайлович	– профессор кафедры «Управление персоналом и экономика труда», ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана», г. Киев, Украина

Грот Дмитрий Владимирович	– аспирант, лаборант кафедры «Машины и аппараты лёгкой промышленности», Витебский государственный технологический университет
Грузневич Екатерина Сергеевна	– ассистент кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Жерносек Сергей Васильевич	– аспирант, ассистент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Жорник Виктор Иванович	– доктор технических наук, заведующий лабораторией наноструктурных и сверхтвёрдых материалов, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
Иваненков Дмитрий Анатольевич	– кандидат технических наук, директор ЧУП «СпецИнжиниринг»
Кадомцева Марина Евгеньевна	– младший научный сотрудник лаборатории стратегии развития институциональной среды агропромышленного комплекса, ФГБУН «Институт аграрных проблем Российской академии наук»
Казарновская Галина Васильевна	– кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Дизайн», Витебский государственный технологический университет
Карпов Владимир Алексеевич	– кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономика и управление на предприятии», Гродненский государственный университет им. Я.Купалы
Касаева Тамара Васильевна	– кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Кириллов Алексей Геннадьевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и аппараты лёгкой промышленности», Витебский государственный технологический университет
Кирилюк Владимир Викторович	– ассистент кафедры «Управление персоналом и экономика труда», ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана», г. Киев, Украина
Ковалева Светлана Анатольевна	– старший научный сотрудник, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Ковчур Андрей Сергеевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств», Витебский государственный технологический университет
Корнеенко Дмитрий Викторович	– ассистент, инженер-программист кафедры «Механика», Витебский государственный технологический университет
Кузьмина Татьяна Олеговна	– доктор технических наук, профессор кафедры «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Матвейко Николай Петрович	– доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физикохимия материалов производственных технологий», Белорусский государственный экономический университет
Москалец Руслан Анатольевич	– магистр технических наук, аспирант, лаборант кафедры «Охрана труда и промэкология», Витебский государственный технологический университет
Назаренко Екатерина Валерьевна	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», Витебский государственный технологический университет
Новиков Владислав Юрьевич	– аспирант кафедры «Физика», Витебский государственный технологический университет
Ольшанский Анатолий Иосифович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Ольшанский Валерий Иосифович	– кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства», Витебский государственный технологический университет
Прокофьева Нина Леонидовна	– кандидат экономических наук, заведующая кафедрой «Коммерческая деятельность», Витебский государственный технологический университет
Прудникова Людмила Викторовна	– старший преподаватель кафедры «Экономика», Витебский государственный технологический университет
Пятов Владислав Владимирович	– доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки», Витебский государственный технологический университет

Радоман Наталья Викторовна	– аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехники», Белорусский государственный технологический университет
Расторгуева Марина Иосифовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Экспертиза, технология и дизайн текстиля», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Рубаник Василий Васильевич	– доктор технических наук, профессор кафедры «Физика», Витебский государственный технологический университет
Рыклин Дмитрий Борисович	– доктор технических наук, профессор кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», Витебский государственный технологический университет
Садовский Виктор Васильевич	– доктор технических наук, профессор, первый проректор, Белорусский государственный экономический университет
Свирский Дмитрий Николаевич	– кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет
Сункуев Борис Семёнович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и аппараты лёгкой промышленности», Витебский государственный технологический университет
Тимонов Иван Афанасьевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана труда и промэкология», Витебский государственный технологический университет
Тимонова Елена Тимофеевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана труда и промэкология», Витебский государственный технологический университет
Чурсина Людмила Андреевна	– доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Шелег Валерий Константинович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Белорусский национальный технический университет
Ясинская Наталья Николаевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия», Витебский государственный технологический университет
Яшева Галина Артёмовна	– доктор экономических наук, доцент, заведующая 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 редакторов. 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.

Также подробные рекомендации по составлению приставных списков литературы по стан-

Характеристика источника	Рекомендации по составлению приставных 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: www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/ .
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 6th International Technological Symposium</i> , Moscow, 2007, pp. 267-272.
Электронные источники	APA Style (2011), available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011). Pravila Tsicirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources], (2011), available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (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., Муллагалин, 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.

дарту 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 подрисовочную 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 Алине Сергеевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@tut.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

**ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

ДВАДЦАТЬ ШЕСТОЙ ВЫПУСК

Оформление и вёрстка – Григорьева Н.В.

Корректурa и редактирование – Богачёва Е.М.

Подписано в печать 30.06.2014. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans. Усл. печ. листов 14.8
Уч.-изд. листов 25.5. Формат 60x90 1/8. Тираж 100 экз. Заказ № 4746.

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.