

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

ВЕСТНИК
ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ДВАДЦАТЬ ПЯТЫЙ ВЫПУСК

ВИТЕБСК
2013

УДК 67/68
ББК 37.2
В 38

Вестник Витебского государственного технологического университета. Вып. 25 / УО «ВГТУ»

Главный редактор

д.т.н., профессор Башметов В.С.

Редакционная коллегия:

- *Зам. главного редактора*
- *Ответственный секретарь*

д.э.н., профессор Ванкевич Е.В.
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. Шеверинова 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 Российский индекс научного цитирования.

I S S N 2 3 0 6 - 1 7 7 4

© УО «Витебский государственный технологический университет», 2013

Тексты набраны с авторских оригиналов

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

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

ISSN 2306-1774

СОДЕРЖАНИЕ

Технология и оборудование легкой промышленности и машиностроения

Исследование влияния условий возделывания льна-долгунца на качественные показатели льнотресты и результаты её механической обработки	С.О. Алисеевич, Л.Е. Соколов, А.Г. Коган	7
Разработка ткани с экранирующим эффектом и исследование её свойств	Т.П. Бондарева, Е.Г. Замостоцкий, В.В. Невских	13
Оценка эффективности технологических процессов формирования продуктов прядения из котонизированного льна	А.С. Дягилев, А.Г. Коган, П.В. Мурычев	19
Усовершенствование технологического процесса подготовки льняного волокна к котонизации	С.М. Кобяков	28
Влияние PVD-покрытия TiN на геометрические и динамические характеристики подшипников качения	С.Ю. Котов, Г.Я. Беляев	32
Изучение процесса получения целлюлозосодержащих полуфабрикатов из тресты льна масличного	И.А. Меняйло-Басистая	37
Моделирование градиента неровноты смешивания идеальных двухкомпонентных продуктов	А. М. Науменко, Д. Б. Рыклин	42
Разработка имитационной модели процесса гребнечесания	Д.Б. Рыклин, О.М. Катович	50
Экспериментальные исследования процесса биообработки льняных тканей	Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская	59
Комплексные исследования работы прядильного оборудования при производстве армированных швейных ниток	Н.В. Ульянова	64
Оценка напряженно-деформированного состояния ниток в соединительных швах деталей верха обуви	Е.А. Шеремет, Л.Г. Козловская, А.А. Науменко	73

Химическая технология и экология

Синтез нити с бактерицидными свойствами из полимерных наноразмерных волокон	И.С. Алексеев, С.Г. Степин, И.А. Дорошенко	78
Влияние наноразмерных добавок на формирование дисперсной фазы пластичных смазок	В.И. Жорник	82
Комплексная переработка отработанного катализатора крекинга	И.Ю. Козловская, В.Н. Марцуль	90
Определение тяжелых металлов в волосах человека	Н.П. Матвейко, С.К. Протасов, В.В. Садовский	95
Контроль покрытия печатных плат	А.А. Нестер	99
Сравнительный анализ методик выполнения измерений фталевого ангидрида в промышленных выбросах	Н.С. Черкес	104

Экономика

Интеграционные формирования кластерного типа как вектор развития рыбохозяйственного комплекса	Л.В. Алексахина	109
Влияние прозрачности на качественные характеристики рынка производных финансовых инструментов	И.Н. Бурденко	116
Направления совершенствования планирования численности занятых в организациях	Е.В. Ванкевич, Ю.В. Антонышева	123
Количественные характеристики элементов стандартизированных рабочих листов	В. Издэбски, У. Конколь, Ю. Смагович	131
Элементы гибкого использования трудовых ресурсов на внутреннем рынке труда предприятия	Н.В. Маковская	139
Ценовой антипузырь на фондовом рынке Украины	А.Л. Пластун	146
Сведения об авторах		152
Памятка авторам научно-технического журнала «Вестник Витебского государственного технологического университета»		155

CONTENT

TECHNOLOGY AND MACHINERY OF LIGHT INDUSTRY AND MACHINE BUILDING

Research of the influence of flax growth conditions on the quality properties of flax straw and the results of its processing	Aliseevich S.O., Sokolov L.E., Kogan A.G.	7
Development of the fabric with screening effect and research of its properties	Bondareva T.P., Zamostostkiy E.G., Nevskikh V.V.	13
Efficiency estimation of technological processes of the yarn formation from cottonized flax	Dyagilev A.S., Kogan A.G., Murychau P.V.	19
Improvement of technological process for the linen fibre preparation for cottonization	Kobyakov S.M.	28
Effect of application of pvd-coating tin on the geometric and dynamic characteristics of rolling bearings	Kotov S.Y., Belyaev G.Y.	32
Study of the process of obtaining of cellulose-containing semi-finished products from linseed flax straw	Myenyaylo-Basyta I.A.	37
Modeling of blending irregularity gradient of the ideal two-component fibre products	Navumenka A.M., Ryklin D.B.	42
Development of the simulation model of the combing process	Ryklin D.B., Katovich O.M.	50
Experimental investigation of the bio treatment process of linen fabrics	Skobova N.V., Yasinskaya N.N.	59
Complex research of work of spinning equipment by manufacturing of reinforced sewing threads	Ulyanova N.V.	64
The evaluation of the state «tension-deformation» of threads in joining seams of foot-wear upper parts	Sheremet E.A., Kozlovskaja L.G. Naumenko A.A.	73

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Synthesis of the yarn with antibacterial properties from the nanoscale polymer fibers	Alekseev I.S., Stepin S.G., Doroshenko I.A.	78
The influence of nanosized additives on the formation of dispersed phase of greases	Zhornik V.I.	82
Complex processing of spent petroleum hydrocarbon cracking catalyst	Kozlovskaya I.Yu, Martsul V.N.	90
Determination of heavy metals in human hair	Matveiko N.P., Protasov S.K., Sadovsky V.V.	95
Coating control of circuit boards	Nester A.A.	99
Comparative analysis of methods for measuring of phthalic anhydride in industrial emissions	Cherkes N.S.	104

ECONOMICS

Integrational formations of the cluster type as a vector of development of fishery industry	Aleksakhina L.V.	109
Effect of transparency on the qualitative characteristics of financial market derivatives	Burdenko I.N.	116
Areas of staff planning improvement in organizations	Vankevich A.V., Antonusheva J.V.	123
The quantitative characteristics of the elements of Standardized Work Sheet	Izdebski W., Kąkol U. , Smagowicz J.	131
Elements of the flexible using of labor resources on internal labor market of the enterprise	Makovskaya N.V.	139
Price anti-bubble in the ukrainian stock market	Plastun A.L.	146

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНАДОЛГУНЦА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЬНОТРЕСТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЁ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

С.О. Алисеевич, Л.Е. Соколов, А.Г. Коган

УДК 677.071.5

РЕФЕРАТ

НИЗКОНОМЕРНАЯ ЛЬНОТРЕСТА, ВЫЛЕЖКА ЛЬНОСОЛОМЫ, НЕДОЛЕЖАЛАЯ ЛЬНОТРЕСТА, ПЕРЕЛЕЖАЛАЯ ЛЬНОТРЕСТА, ПРЯДИЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ

Цель работы – изучение основных факторов, влияющих на качество возделывания льна-долгунца в республике, и определение причин, по которым не удается снизить процент получаемой низкономерной тресты.

Проведено сравнение отечественных и зарубежных сортов льна-долгунца. Проведен химический анализ тканей лубяного пучка из льнотресты различных номеров. Определено влияние условий вылежки льносоломы на качество получаемого льноволокна.

В результате проведенных исследований установлено, что оптимальным сроком для уборки льносоломы являются фазы ранней желтой и желтой спелости. Недолежалая и перележалая треста характеризуется значительно худшими показателями по выходу волокна по сравнению с трестой нормальной вылежки. Причина заключается в том, что в перележалой тресте снижается содержание волокна и ухудшаются его свойства. В свою очередь, качество льнотресты зависит от метеорологических условий в период вылежки льносолом.

Известно, что низкое качество тресты является основной причиной неблагоприятного соотношения длинного и короткого волокна, наблюдающегося в последние годы, и главным фактором высокой себестоимости выпускаемого льнозаводами длинного волокна. Республика Беларусь находится в зоне рискованного земледелия, поэтому можно считать закономерным, что в последние годы значительная часть (до 27% или 6,5 тыс. тонн) всего заготавливаемо-

ABSTRACT

LOW COUNT FLAX STRAW, RETTING OF FLAX STRAW, FIBERS OUTPUT, NON-CELLULOSIC IMPURITIES, THE TIME OF RETTING, SHORT FLAX FIBERS

The investigation of different sorts of flax, cultivated in the Vitebsk area of agriculture was carried out on the basis of "Dubrovno flax plant." The influence of different counts and sorts of flax straw on fibers output was investigated. The comparison of the domestic and foreign sorts of flax has been done. The chemical analyses of bast bundle tissues from flax straw of different counts has been made. The dependency of the duration of retting of different sorts of flax straw on the yield and the quality of flax fibers has been defined. The results will help reduce the amount of low numbers flax in the total production, what is an actual problem for the domestic agricultural enterprises.

го сырья составляет треста номеров 0,5 и 0,75. При переработке такого сырья доля длинного волокна составляет 22 – 25 %, а 75 – 80 % выработывается малоценного короткого волокна низкого качества (пакля, № 2 и № 3), которое не востребовано промышленностью. Поэтому актуальной задачей для отечественных сельскохозяйственных предприятий является сокращение доли низкономерной льнотресты в общем объеме производства. Попыткой решить данную

проблему в РБ стал опытный высеv новых селекционных сортов льна-долгунца белорусских и зарубежных селекций в льносеющих хозяйствах Республики, но поскольку апробация новых сортов льна-долгунца в Белоруссии осуществляется недавно (с 2009 – 2010 гг.), ожидаемого результата, соизмеримого с показателями по Западной Европе, получить не удалось. На Украине вообще отказались от высева льна-долгунца, перейдя на масленичные сорта льна. В европейских странах проблему решают кардинально – треста низких номеров не убирается, а посевные площади перепахиваются. В России предпринимались попытки создания специальных дезинтеграторов для переработки низкономерной тресты, однако это оборудование обладает низкой производительностью и серийно не выпускается.

В своих работах известные российские ученые И.И. Круглий, Е.Л. Пашин исследовали зависимость выхода волокна от отдельных свойств

смотря на применения новых селекций.

Исследование влияния свойств низкономерной льняной тресты осуществлялось на базе ОАО «Дубровенский льнозавод». В рамках этих исследований изучались наиболее распространенные сорта льна-долгунца, районированные в хозяйствах Витебской области. Сорт – это один из важнейших элементов технологии возделывания льна. Вклад его в формировании общего урожая и его качества оценивается в 20 – 25 %. Все сорта льна-долгунца в зависимости от прядильной способности подразделяют на 4 группы качества. В первую группу входят сорта с отличной прядильной способностью, во вторую – с хорошей, в третью – со средней и в четвертую – с низкой. Волокно грубоволокнистых сортов (3-я, 4-я группа) льна непригодно для изготовления пряжи средних линейных плотностей (до 100 текс). Объясняется это тем, что одинаковые по всем признакам, но более толстые стебли дают

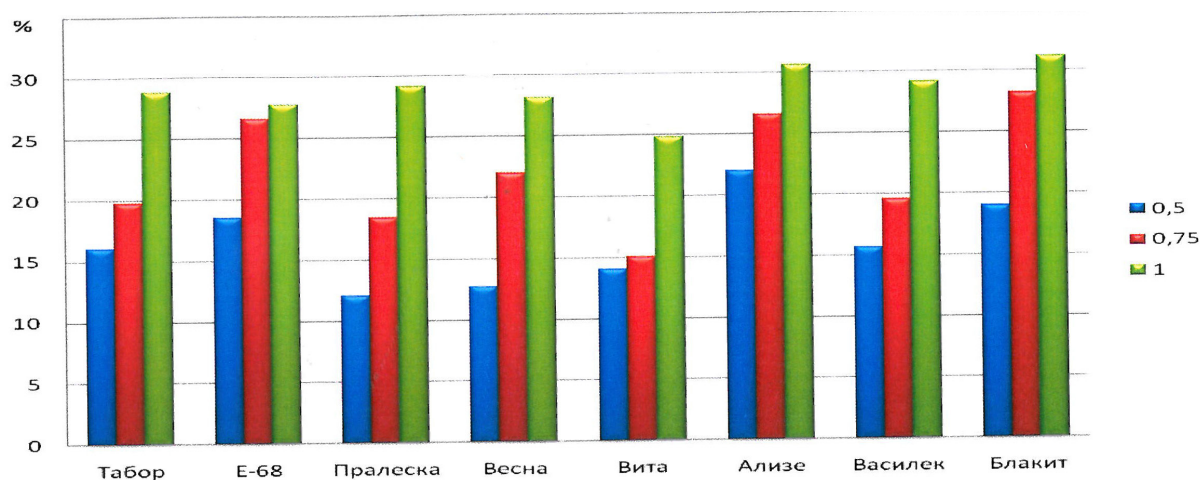


Рисунок 1 – Общий выход волокна в зависимости от номера и селекционного сорта льнотресты

льняной тресты и условий ее переработки, также рассматривалось влияние сроков вылежки и отклонение от них на выход и качество льняного волокна [1, 2]. Однако стоит отметить, что объектом исследования являлась треста высоких номеров с выходом длинного волокна 60 – 80 %, а исследования по изучению низкономерной льнотресты не проводились.

В связи с этим встала задача изучения основных факторов, влияющих на качество возделывания льна-долгунца в республике, и определения причин, по которым не удается снизить процент получаемой низкономерной тресты, не-

меньший выход волокна, причем это волокно худшего качества. Кроме того, развитие стебля в толщину идет главным образом за счет древесины, а волокнистые пучки располагаются в стебле более редко; в результате процент содержания в стебле волокнистых веществ снижается. Сами пучки при этом имеют более рыхлое строение и подвержены одревеснению, вследствие чего получаемое волокно оказывается более грубым и менее способным дробиться в процессе чесания. Важной характеристикой сорта является содержание волокна. От этого зависит общий выход волокна, в том числе длинного. Однако

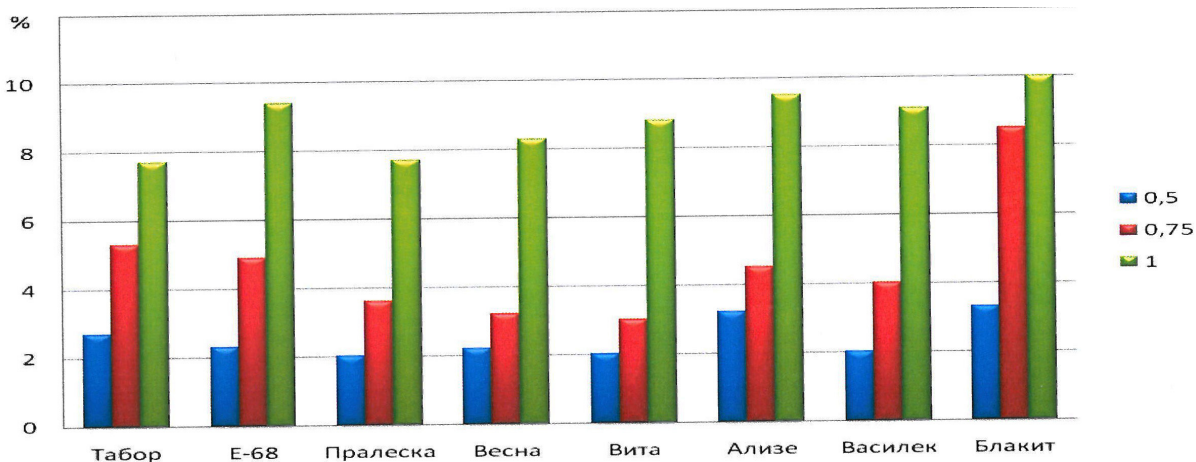


Рисунок 2 – Выход длинного льняного волокна из различных сортов льнотресты

Таблица 1 – Влияние влагообеспеченности на выход и качество льноволокна

Показатель	Значение показателя	
Количество осадков, мм	111	79
Выход волокна, %	19	16
Выход длинного волокна, %	16,2	11,2
Номер длинного волокна	14	9,8
Прочность, кгс	12,2	10,3
Гибкость, мм	83	62

содержание волокна зависит не только от сорта льна, но и от условий его возделывания.

На первом этапе был определен общий выход волокна и выход длинного волокна из различных сортов и номеров льнотресты (рисунок 1, 2).

Как видно из приведенных гистограмм, общий выход волокна, в т.ч. длинного, сокращается практически в 2 раза при переработке льнотресты номеров 0,5 и 0,75 даже по сравнению с трестой номер 1. Причем подобная тенденция характерна как для зарубежных, так и для отечественных сортов льна-долгунца. Объясняется это следующими факторами: метеорологическими условиями, фазой спелости и продолжительностью вылежки. Особенность производства льнопродукции заключается в том, что не только выращивание льносолемы, но и приготовление льнотресты определяется и целиком зависит от метеорологических условий (таблица 1). Учитывая метеорологические условия Республики

Беларусь, особенно ее северных районов, зачастую не удается убрать льнотресту вовремя, а это негативно сказывается на качестве льноволокна и его выходе. На заводы по первичной переработке льна поставляется около 70 % перележалой тресты, а это значительно затрудняет ее механическую переработку.

Как видно из приведенных данных, наблюдается падение по всем характеристикам льняного волокна при недостаточном количестве осадков в период роста и развития льняного растения. Кроме влагообеспечения важным фактором, влияющим на качество и количество получаемого волокна, является срок уборки льносолемы (таблица 2). Установлено, что наиболее благоприятные условия для вылежки льнотресты складываются в августе, а продолжительность вылежки зависит от среднесуточной температуры и количества осадков [3]. В этот период обеспечивается получение максимального урожая волокна лучшего качества.

Таблица 2 – Влияние фаз спелости льна-долгунца на качество льняной пряжи

Технологические свойства	Фазы спелости			
	Зеленая	Ранняя желтая	Желтая	Полная
Номер длинного волокна	13,1	15,1	13,4	12,5
Номер пряжи	19,9	20,6	20,5	19,6
Добротность пряжи, км	13,5	16,2	16,8	17,3
Неровнота пряжи, %	18,3	16,4	11,0	15,8
Обрывность пряжи, на 1000 веретен в час	51,0	50	57	73,0

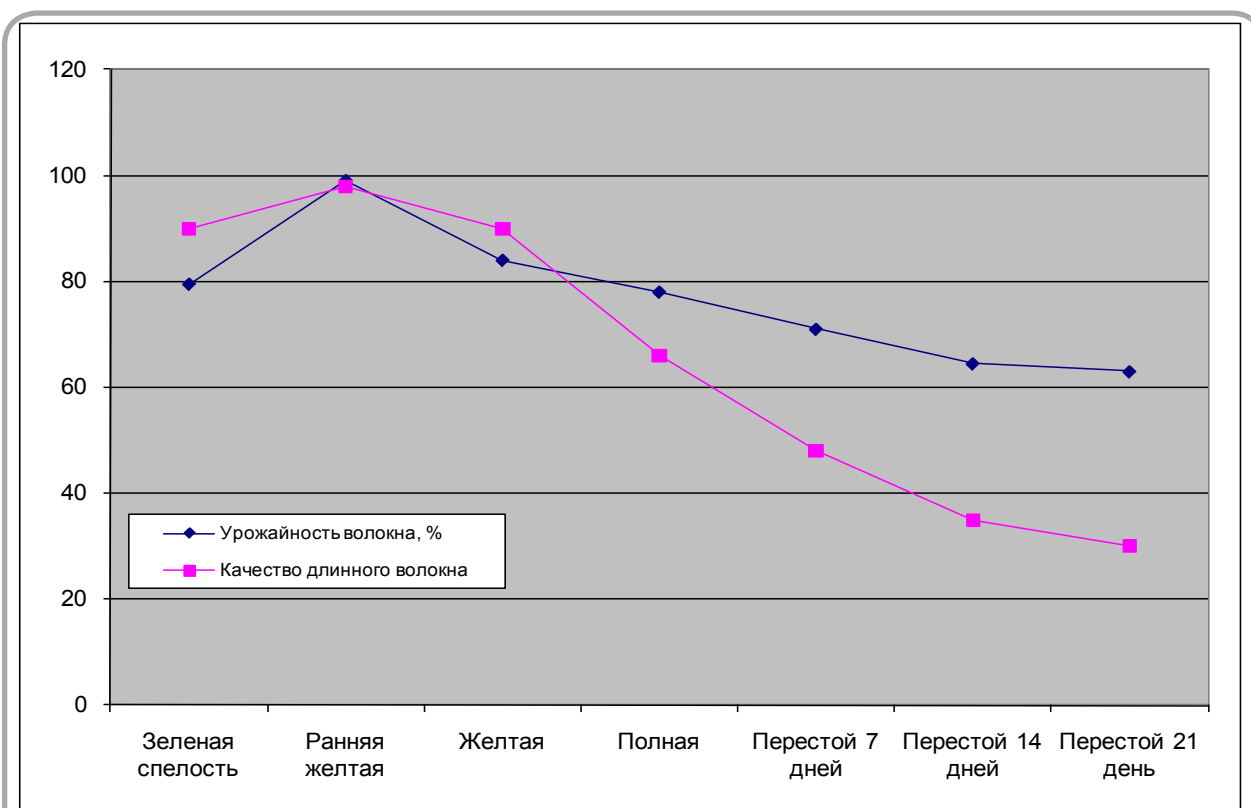


Рисунок 3 – Потери льнопродукции в зависимости от фазы уборки льна

На втором этапе работы было решено провести исследование по определению влияния отклонения от сроков вылежки льнотресты на качество льноволокна.

Как видно из приведенных данных, при слишком ранней уборке процент содержания волокна в стеблях высок, но оно очень непрочное, и поэтому выход длинного волокна и его номер получается низким; при слишком поздней уборке низки и содержание волокна, и его качество. Влияние фаз спелости льна при его уборке на

качество и урожайность получаемого волокна представлено на рисунке 3.

Очевидно, что наиболее благоприятным периодом для уборки является фаза ранней желтой спелости, при перестое льна наблюдается значительное падение урожайности волокна (до 10 % за 7 дней) и его качества (до 15 % за 7 дней).

Важным фактором, определяющим выход волокна и его качество, является содержание целлюлозы и примесей в стебле. В связи с этим был

Таблица 3 – Полимерный состав соединительных тканей элементарных волокон в лубяном пучке

Зона стебля	Содержание полимеров, масс. %			
	лигнин	пектин	полисахариды соединительных тканей	целлюлоза
ЛЬНОТРЕСТА №0,5				
вершина	5,8	6,5	16,0	63,4
середина	5,6	6,0	14,5	63,3
комель	6,0	6,6	13,5	63,4
среднее значение	5,8	6,4	14,7	63,4
ЛЬНОТРЕСТА №0,75				
вершина	7,1	5,2	16,0	63,6
середина	7,8	5,2	17,0	63,5
комель	7,9	5,5	16,5	63,5
среднее значение	7,5	5,3	16,5	63,5
ЛЬНОТРЕСТА №1				
вершина	5,5	3,8	13,5	64,7
середина	5,6	4,2	13,9	64,5
комель	5,9	4,5	12,6	64,2
среднее значение	5,7	4,2	13,3	64,5

Таблица 4 – Влияние продолжительности вылежки тресты на выход и качество волокна

Вылежка	Выход волокна, %			Средний номер волокна	
	длинного	короткого	всего	длинного	короткого
Недолежка 7 дней	13,5	10,9	24,4	11	3
Перележка 7 дней	12,1	11,3	23,4	9	3
Перележка 14 дней	4,2	15,6	19,8	6	2

проведен анализ полимерного состава соединительных тканей лубяного пучка (таблица 3).

По проведенному анализу химического состава соединительных тканей лубяного пучка можно отметить следующее:

- чем выше содержание лигнина, пектина и полисахаридов, тем ниже номер льнотресты;
- чем ниже содержание целлюлозы, тем меньше содержание волокна.

Стоит отметить, что содержание целлюлозы

на протяжении всего стебля примерно одинаково, чего нельзя сказать о нецеллюлозных примесях, доля которых растет с увеличением толщины стебля. Это влечет за собой потерю волокна при переработке, так как волокно в комлевой части грубее и хуже отделяется.

Следующим важным фактором, влияющим на качество волокна, является продолжительность вылежки. Исследование зависимости свойств различных типов льнотресты от степени и про-

должительности ее вылежки на выход и качество льнотресты представлено в таблице 4.

В ходе исследований было установлено, что при нормальной степени вылежки выход волокна максимален по всем номерам тресты. В недолежалой тресте за счет одревеснения волокна и плохого отделения при переработке волокна частично разрушаются из-за повышенной жесткости, в перележалой тресте волокна ослабляются процессами гниения и разрываются при механическом воздействии, что уменьшает не только выход волокна, но и его номер. В связи с тем, что около 70 % низкономерной льнотресты поступает на льнозаводы перележавшей, возникает необходимость разработки новой технологии для исключения затрат на ее переработку.

ВЫВОД

В результате проведенных исследований установлено, что оптимальным сроком для уборки льносоломы являются фазы ранней желтой и желтой спелости. Недолежалая и перележалая треста характеризуется значительно худшими показателями по выходу волокна по сравнению с трестой нормальной вылежки. Причина заключается в том, что в перележалой тресте снижается содержание волокна и ухудшаются его свойства. В свою очередь качество льнотресты зависит от метеорологических условий в период вылежки льносоломы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пашин, Е. Л. Влияние технологических свойств на отделяемость льняного волокна / Е. Л. Пашин // Технология текстильной промышленности. – 1998. № 4. – С. 18 – 20.
2. Круглий, И. И. Зависимость выхода волокна от отдельных свойств льняной тресты и условий ее переработки / И. И. Круглий, Е. Л. Пашин, А. Б. Лапшин // Аграрная наука. – 2001. – № 7. – С. 17 – 19.
3. Голуб, И. А. Лен Беларуси : монография / И. А. Голуб. – Минск, 2003. – 173 – 177 с.

REFERENCES

1. Pashin, E.L. (1998) The impact of technological properties of flax fiber for separability [Vlijanie tehnologicheskikh svojstv na otdeljaemost' l'njanogo volokna]. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti - Technology of Textile Industry, (4), pp. 18-20.
2. Kruglij, I.I., Pashin, E.L., Lapshin, A.B. (2001). The dependence of the properties of individual fibers from flax stock and the conditions of its processing [Zavisimost' vyhoda volokna ot otdel'nyh svojstv l'njanoy tresty i uslovij ee pererabotki]. Agrarnaja nauka - Agricultural science, (7), pp. 17-19.
3. Golub, I.A. (2003). Flax of Belarus [Len Belarusi]: monography. Minsk, 245 pp.

Статья поступила в редакцию 02.05.2013 г.

РАЗРАБОТКА ТКАНИ С ЭКРАНИРУЮЩИМ ЭФФЕКТОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЁ СВОЙСТВ

Т.П. Бондарева, Е.Г. Замостоцкий, В.В. Невских

УДК 677.074

РЕФЕРАТ

НАНОПОКРЫТИЯ, ЭКРАНИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ, ЛЬНОСОДЕРЖАЩАЯ, ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩАЯ НИТЬ, НАНОРАЗМЕР ПОР, ПЛЕНКА МЕДИ, ТИТАНА И ХРОМА, АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Разработана структура и исследованы свойства ткани для нанесения нанопокрyтия и создания экранирующего эффекта. В утке использована льнодержащая электропроводящая нить линейной плотности 50 текс. Вафельное переплетение ткани позволяет создать экранирующий эффект с заданными наноразмерами пор. Экранирующий эффект на ткани достигается нанесением наноструктурированных пленок меди, титана и хрома. Ткань может использоваться для широкого ассортимента текстильных изделий с антистатическими свойствами и высокой степенью ослабления и отражения электромагнитного излучения.

ABSTRACT

NANOCOVERING, SHIELDING EFFECT, LINENCONTAINING WEFT, ELECTROCONDUCTIVE YARN, NANOSIZED PORES, COPPER FOIL, COPPER, TITANIUM AND CHROMIUM COATING, ANTISTATIC PROPERTIES

The structure is developed and properties of the fabric for nanocovering application and creation of shielding effect are investigated. In the weft the electroconductive linen thread of line density 50 tex is used. The towel weave of the fabric allows to create a shielding effect with prescribed nanoscale pores. The shielding effect on the fabric is reached by application of the nano structured films of copper, titan and chrome. The fabric can be used for the wide range of textile products with antistatic properties and high degree of attenuation and reflection of electromagnetic radiation.

В наши дни, когда практически каждый ребенок пользуется собственным мобильным телефоном, ежедневно смотрит телевизор и много времени проводит перед компьютером, очень важно максимально защитить детей от негативных последствий воздействия электромагнитных волн.

Разработка текстильных материалов с металлическими покрытиями для использования в качестве высокоэффективных гибких электромагнитных экранов и поглотителей электромагнитного излучения в X-диапазоне (X-band) является актуальной научной задачей современности.

Интенсивное развитие имеет производство синтетических волокон, наполненных наночастицами оксидов металлов: TiO_2 , Al_2O_3 , ZnO , MgO . Такие волокна приобретают особые свойства: фотокаталитическую активность; УФ-защиту; антимикробные свойства; электропроводность; грязеотталкивающие свойства; фотоокислительную способность в различных химических и

биологических условиях [1].

В производстве нановолокон интересным направлением является придание волокнам ячеистой, пористой структуры с определенными наноразмерами пор. При этом достигается резкое снижение удельной массы (получение легких материалов), хорошая теплоизоляция, устойчивость к растрескиванию, биологическая защита [2].

Цель работы – подбор оптимального вида переплетения для выработки ткани с антистатическими свойствами, служащей основой для последующего нанесения нанопокрyтия и создания экранирующего эффекта, позволяющего создать на ткани наилучший отражающий эффект электромагнитного излучения (ЭМИ).

Для выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбран сырьевой состав нитей основы и утка;
- подобран вид переплетения и разработана структура ткани;

– наработана ткань, на которую нанесены наноструктурированные пленки из меди, титана и хрома;

– исследованы экранирующие свойства ткани с нанопокрытием из пленок меди, титана и хрома, создающих экранирующий эффект.

Для выработки опытной ткани была использована хлопчатобумажная пряжа линейной

плотности 25 текс × 2 в основе и комбинированная льносодержащая электропроводящая нить линейной плотности 50 текс с медной проволокой в утке. Сырьевой состав и основные физико-механические показатели нитей, использованных для разрабатываемой ткани, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств нитей

Наименование показателя	Значение	
	основа	уток
Состав сырья	100% хлопок	лен, полиэфир, медь
Линейная плотность, текс	25 × 2	50
Допускаемое отклонение кондиционной линейной плотности от номинальной, %	+1,5 -2,5	4,6
Разрывная нагрузка, сН	675	1285
Величина крутки, кр/м	650	
Коэффициент крутки, не более	47,4	
Относительное разрывное удлинение, %	6,7	10
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	11,2	3,8
Жесткость, сН	9930	
Показатель качества, не менее	1,23	

В результате исследований опытной суровой ткани определены показатели основных физико-механических свойств, установлено, что разрывная нагрузка, воздухопроницаемость, поверхностная плотность опытной ткани выше, чем

у ткани базового образца, в основе и утке которой используется крученая хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 25 текс × 2. Результаты исследований базового и опытного образца тканей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства суровой ткани

Наименование показателя	Размерность	Значение	
		Базовый образец	Опытный образец
Ширина суровой ткани	см	88	88
Плотность ткани	по основе по утку нит/10см	212	212
		188	190
Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50×200 мм	по основе по утку Н	183	213
		246,2	1587,5
Разрывное удлинение	по основе по утку мм	31	29
		24,2	30,5
Поверхностная плотность ткани	г/м ²	218,2	215,5
Уработка нитей	основы утка %	6,19	2,9
		4,4	6,8
Воздухопроницаемость	дм ³ /м ² ·с	877	652

Нанесение нанопокрyтия различных металлов (хром, медь, титан) на поверхность опытной ткани было осуществлено в условиях лаборатории кафедры «Защита информации» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (г. Минск).

Нанесение наноструктурированных пленок меди, титана и хрома на опытный образец ткани осуществлялось вакуумно-дуговым осаждением в вакууме и среде углекислого газа (CO_2) при следующих параметрах: остаточное давление $3 \cdot 10^{-3}$ Па, давление газа $1,5 \cdot 10^{-1}$ Па, ток катодной дуги 55 А. Время осаждения от 5 до 20 мин. Толщина покрyтия 0,1–1,5 мкм (на образцах-свидетелях – 0,4 мкм).

Исследование структуры наноразмерных покрyтий и экранирующей способности (экранирующих характеристик – коэффициентов ослабления и отражения ЭМИ) ткани, выработанной с использованием комбинированной льносодержащей электропроводящей нити в утке, проводилось там же на растровом электронном микроскопе. Измерения экранирующих характеристик ткани с нанопокрyтием проводили с помощью анализатора цепей и волнового измерителя в диапазоне 8 – 12 ГГц.

На рисунке 1 приведена фотокопия фактурной поверхности экранирующей ткани, сделанная с помощью микроскопа (коэффициент увеличения 63).

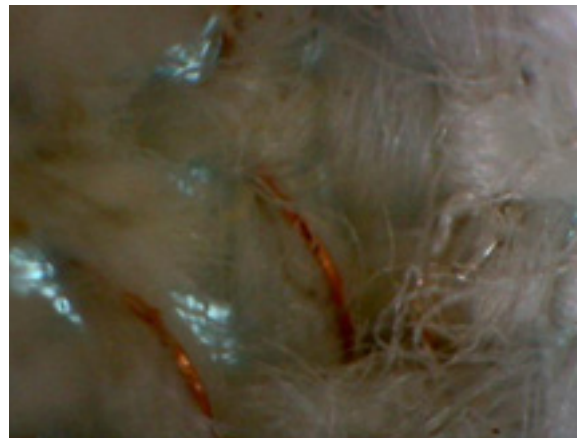
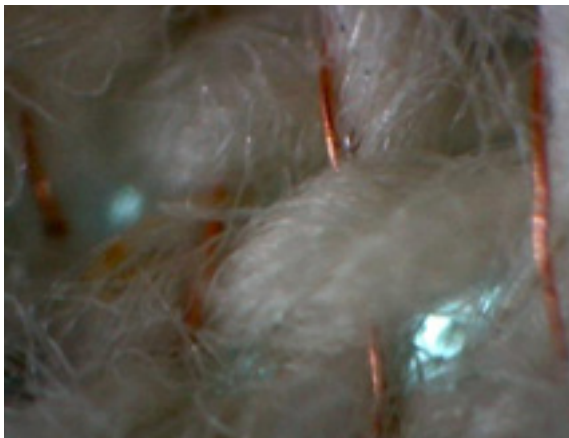


Рисунок 1 – Структура экранирующей ткани под микроскопом

Значения коэффициентов ослабления и отражения опытной экранирующей ткани с нанопокрyтием меди (Cu) показаны на рисунке 2, с

нанопокрyтием титана (Ti) – на рисунке 3, с нанопокрyтием хрома (Cr) – на рисунке 4.

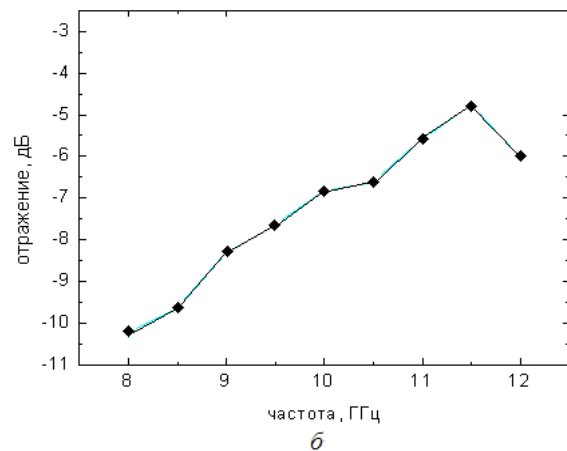
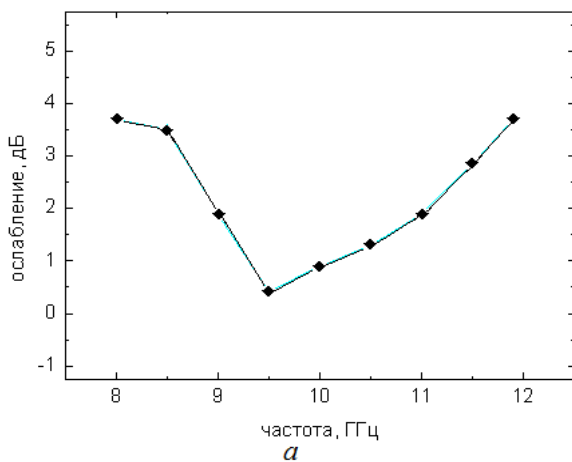


Рисунок 2 – Экранирующие характеристики ткани с покрyтием из Cu :

а – значения коэффициентов ослабления; б – значения коэффициентов отражения

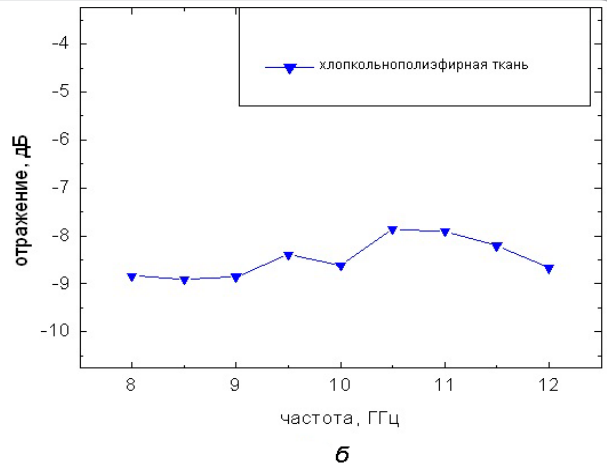
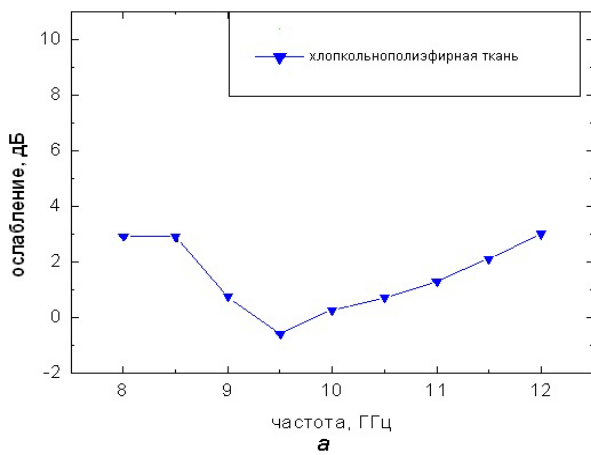


Рисунок 3 – Экранирующие характеристики тканей, покрытых Ti: а – значения коэффициентов ослабления; б – значения коэффициентов отражения

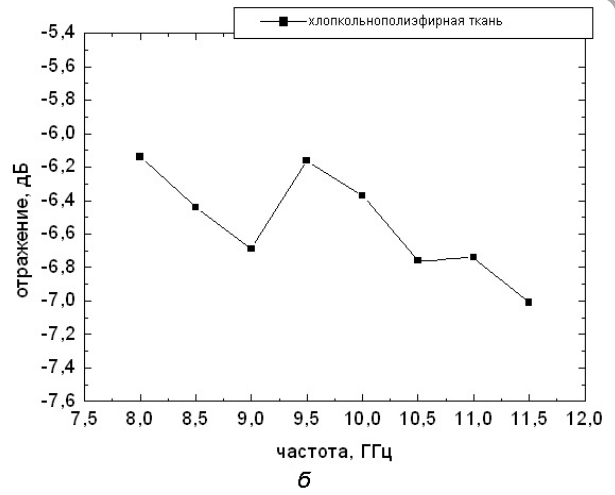
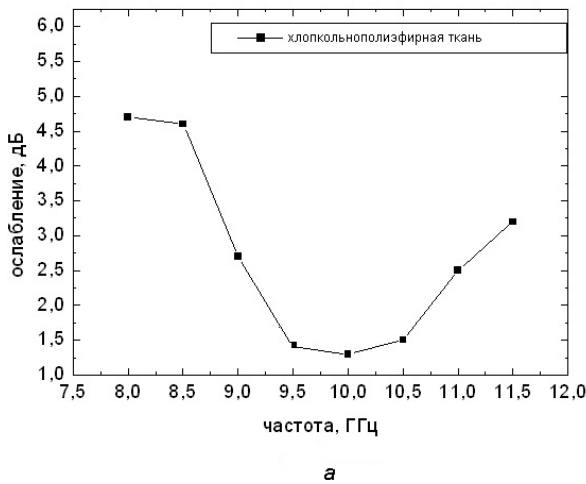


Рисунок 4 – Экранирующие характеристики тканей, покрытых Cr: а – значения коэффициентов ослабления; б – значения коэффициентов отражения

Коэффициенты ослабления ЭМИ образцов текстильных материалов, покрытых медью, имеют значения до 5 дБ, покрытых титаном – до 10 дБ, покрытых хромом – до 6 дБ, а для углеродной ткани, покрытой медью, – от 21 до 26,5 дБ.

Коэффициенты отражения ЭМИ образцов текстильных материалов, покрытых медью, изменяются в диапазоне от 3 до 11,5 дБ, покрытых титаном – от 3,5 до 10,5 дБ, покрытых хромом – от 5,6 до 7,4 дБ, а для образцов углеродной ткани, покрытой медью – от 0,4 до 1,6 дБ.

Также была изучена закономерность изменения экранирующих характеристик в диапазоне 0,01 – 18 ГГц.

Измерения проводили с помощью панорамного измерителя коэффициентов передачи и

отражения, содержащего коаксиальный СВЧ измерительный тракт сечением 7/3,04 мм. Полосы качания частоты измерителя с количеством частотных точек равны 256.

Закономерности изменения значений коэффициентов ослабления и отражения ЭМИ ткани, покрытой медью, в диапазонах 0,7 – 3 ГГц и 2 – 18 ГГц, показаны на рисунках 5 – 8.

Коэффициенты ослабления ЭМИ образцов хлопкольнополиэфирной ткани, покрытых медью, варьируются около 0 дБ, а коэффициенты отражения имеют значения 5 – 10 дБ в диапазоне 0,7 – 18 ГГц.

Проведенные исследования показали перспективность использования гибких электромагнитных экранов и поглотителей электро-

магнитного излучения на основе текстильных материалов с металлическими покрытиями и их высокую эффективность в X-диапазоне (X-band), то есть диапазоне, применяемом для наземной и спутниковой радиосвязи.

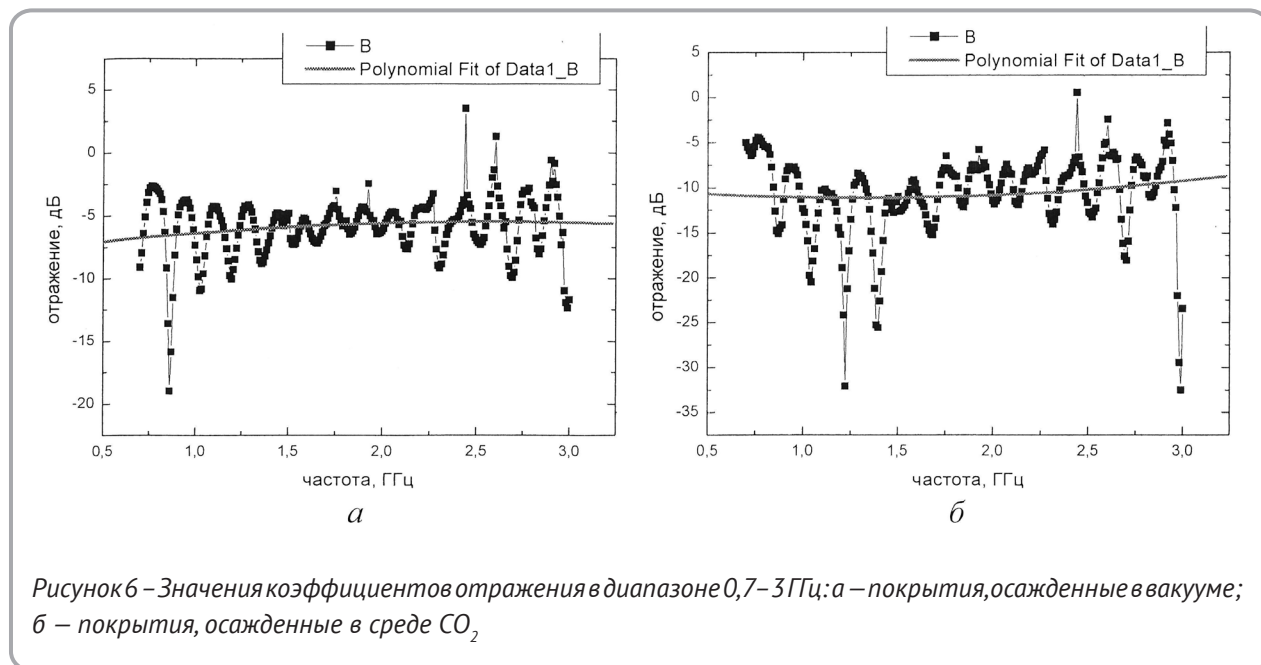
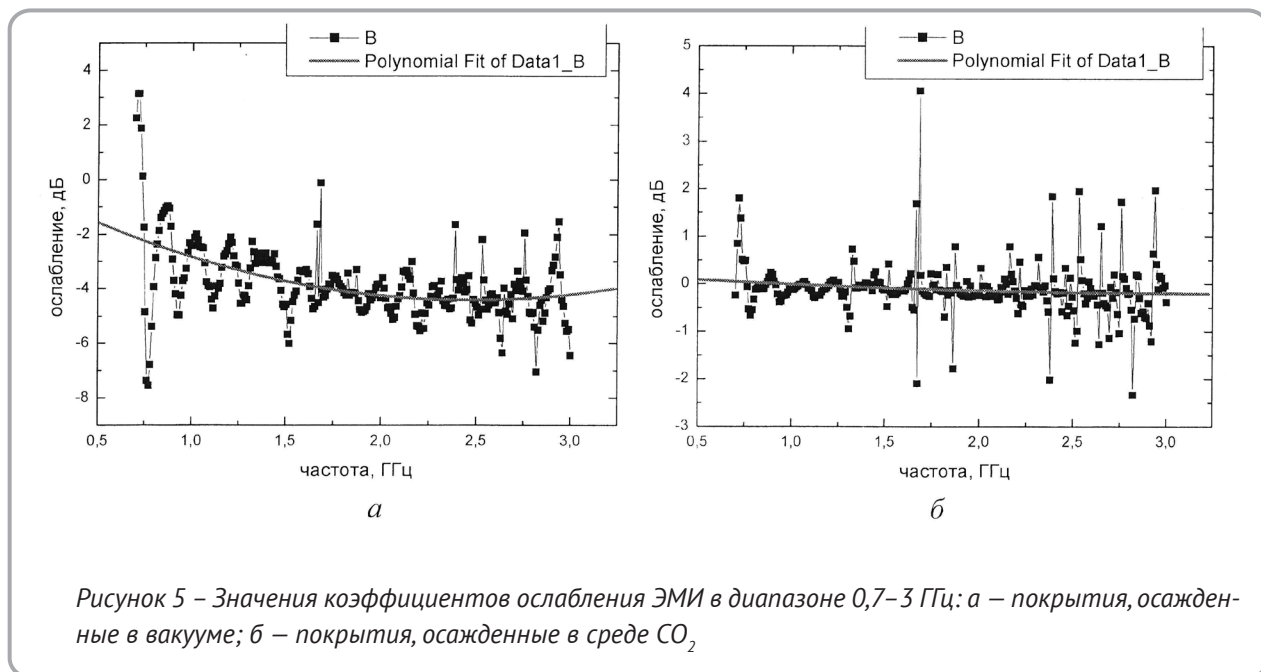
Основные преимущества тонкопленочных радиопоглощающих покрытий на основе наноструктурированных пленок меди, титана и хрома:

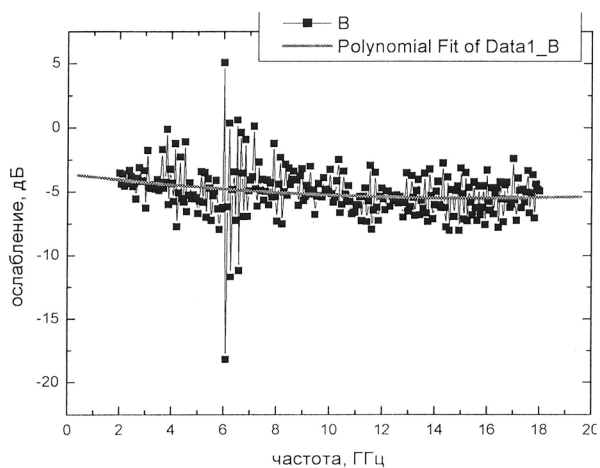
- использование одного вида покрытий с высокими значениями коэффициентов отражения в диапазоне частот 0,7–18 ГГц;

- высокие механическая прочность и термостойкость;

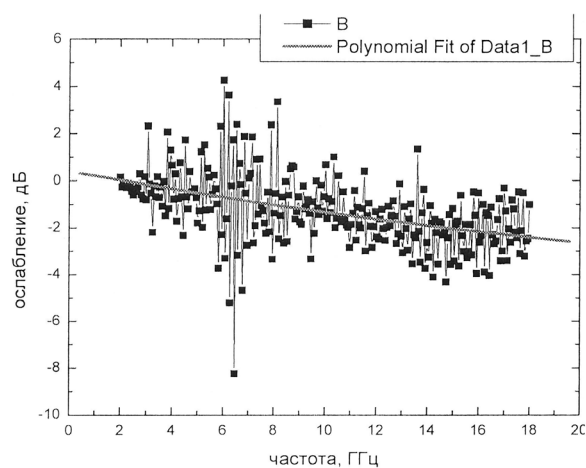
- экологически чистая и безотходная технология получения.

Технология может быть использована при создании на текстильной основе легких, прочных, долговечных и декоративно привлекательных радио экранирующих материалов, а также радиопоглощающих материалов, обладающих маскирующими свойствами в СВЧ-диапазоне.



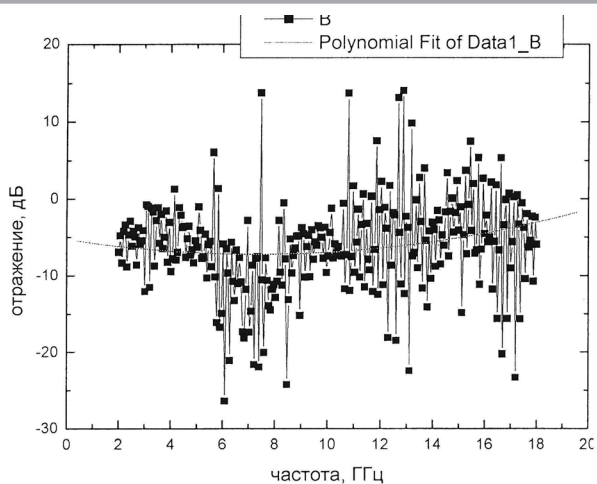


a

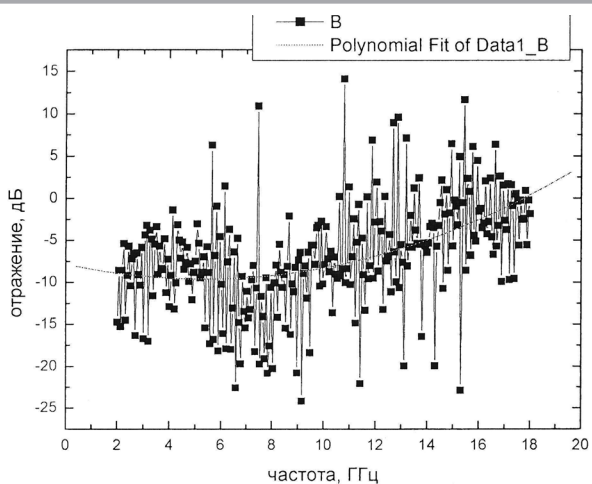


б

Рисунок 7 – Значения коэффициентов ослабления ЭМИ в диапазоне 2–18 ГГц: *a* – покрытия, осажденные в вакууме; *б* – покрытия, осажденные в среде CO₂



a



б

Рисунок 8 – Значения коэффициентов отражения ЭМИ в диапазоне 2–18 ГГц: *a* – покрытия, осажденные в вакууме; *б* – покрытия, осажденные в среде CO₂

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нанотехнологии в текстильной отрасли (обзорная информация № 43–10) – Минск 2010, концерн «Беллепром» РУП Центр научных исследований легкой промышленности. Отраслевой отдел научно-технической информации.
2. <http://www.ts-electro.ru>.

Статья поступила в редакцию 19.02.2013 г.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПРЯДЕНИЯ ИЗ КОТОНИЗИРОВАННОГО ЛЬНА

А.С. Дягилев, А.Г. Коган, П. В. Мурычев

УДК 677.11.021.16/.022:004.9

РЕФЕРАТ

Предложена методика косвенной оценки линейной плотности волокон котонизированного льняного волокна. Предложенная методика позволяет подготовить данные для моделирования продуктов прядения с сохранением статистической связи между длинами и линейными плотностями волокон. С помощью предложенной методики исследованы волокна котонизированного льна в настиле, в ленте после чесальной машины С60 и в ленте после ленточной машины RSB.

Предложен способ оценки эффективности технологических процессов прядильного производства, учитывающий вероятностные характеристики физико-механических свойств перерабатываемых волокон. С помощью предложенного способа проведена оценка эффективности технологических процессов формирования ленты из котонизированного льна.

ABSTRACT

Method for indirect estimation of the fibers linear density of cottonized flax fiber is proposed. The proposed method allows to prepare the data for spinning products designing, keeping the statistical relationship between the length and linear density of the fibers. Due to the proposed method are investigated cottonized flax fibers in flooring, in the sliver after carding machine C60 and the sliver after draw frame machine RSB are investigated.

Method for estimation the effectiveness of spinning equipment is suggested taking into account the probabilistic characteristics of the physical and mechanical properties of processed fibers. Due to the proposed method the estimation of the effectiveness of the technological processes for forming the sliver from cottonized flax is conducted.

Одной из актуальных задач, стоящих перед текстильной промышленностью Республики Беларусь, является расширения ассортимента вырабатываемой продукции из отечественного сырья при одновременном достижении высоких качественных показателей. С этой целью на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» установлено оборудование фирмы «RIETER» для произ-

водства пряжи пневмомеханического способа прядения (рисунок 1). Установленное оборудование было разработано для формирования хлопчатобумажной пряжи малой и средней линейных плотностей, поэтому с целью переработки льняного волокна дополнительно установлена линия котонизации, оборудованная машинами фирм «TEMAFA» и «RIETER».

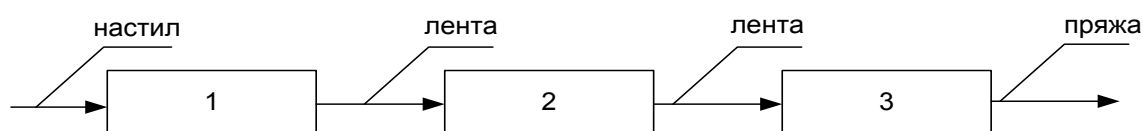


Рисунок 1 – Технологическая схема переработки котонизированного льняного волокна: 1 – кардочесальная машина С60; 2 – ленточная машина RSB; 3 – прядильная машина R40

Так как установленное оборудование фирмы «RIETER» для производства пряжи пневмомеханического способа прядения ранее не использовалось для переработки котонизированного льна, то актуальной является задача оценки эффективности работы как отдельных машин, так и линии в целом. Важным этапом в процес-

се производства пряжи пневмомеханического способа прядения является подготовка ленты, неровнота которой оказывает определяющее влияние на качество вырабатываемой пряжи.

При разработке новых и оптимизации существующих технологических процессов прядильного производства для оценки уровня техно-

логии, эффективности процессов и состояния оборудования используют индекс неровноты [1]. Он показывает, во сколько раз неровнота вырабатываемого продукта выше неровноты гипотетического продукта, который мог бы быть получен при идеальной работе всех машин и рабочих органов, участвующих в процессе его формирования. Индекс неровноты рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{C_B}{C_r}, \quad (1)$$

где C_B – неровнота вырабатываемого продукта, %; C_r – неровнота гипотетического продукта, %.

Неровнота вырабатываемого продукта определяется экспериментально, например, с помощью датчиков, установленных непосредственно на чесальной, ленточной и прядильной машинах или с помощью прибора для лабораторного контроля качества продуктов прядения USTER TESTER 5 [2].

Для оценки неровноты гипотетического продукта используют формулу, предложенную Мартиндейлом [3, с. 343]:

$$C_r = \frac{100}{\sqrt{\bar{m}}} \sqrt{1 + 4 \left(\frac{C_d}{100} \right)^2}, \quad (2)$$

где $\bar{m} = T_{np} / T_e$ – среднее число волокон в сечении продукта;

T_{np} – линейная плотность продукта прядения, текс;

T_e – средняя линейная плотность волокон, текс;

C_d – коэффициент вариации волокон по их диаметру, %.

При этом формула (2) имеет недостатки:

- не учитывает неравномерность волокон по их длине;

- не учитывает реальные вероятностные характеристики физико-механических свойств перерабатываемых волокон, а только их точечные оценки: среднее значение линейной плотности волокон и коэффициент вариации по площади поперечного сечения волокон;

- дает оценку коэффициента вариации гипотетического продукта по площади его поперечных сечений, то есть на отрезках бесконечно малой длины, в то время как неровнота выра-

батываемого продукта измеряется по отрезкам фиксированной длины, что приводит к сравнению неэквивалентных характеристик.

Таким образом, актуальна задача получения оценки неровноты гипотетического продукта, лишенной приведенных недостатков.

Оценка неровноты гипотетического продукта невозможна без его теоретической модели. При разработке такой модели могут вводиться упрощения или допущения относительно физико-механических свойств перерабатываемых волокон. Например, о постоянстве какого-либо свойства перерабатываемых волокон или соответствии его вероятностного распределения какому-либо модельному распределению (например, нормальному, логнормальному и т. д.). Это может позволить получить упрощенную аналитическую зависимость. Однако вероятностное распределение физико-механических свойств волокон может не подчиняться какому-либо модельному распределению и изменяться в процессе их переработки на различных этапах технологического процесса. Помимо этого между свойствами волокон может присутствовать статистическая взаимосвязь. Например, более длинные натуральные волокна могут иметь и большую линейную плотность. Такая статистическая взаимосвязь также может изменяться после прохождения волокон через технологические процессы. Например, в результате воздействия на волокна зубьев чесального барабана может измениться относительная линейная плотность волокон определенной длины.

Таким образом, физико-механические свойства текстильных волокон представляют собой многомерную случайную величину, которая может не подчиняться модельным законам распределения. Все это осложняет получение модели продукта, пригодной для построения аналитической зависимости, а допущения относительно вероятностных свойств перерабатываемых волокон могут привести к неадекватной оценке неровноты гипотетического продукта прядения. Для построения теоретической модели, учитывающей реальные распределения физико-механических свойств перерабатываемых волокон, можно использовать методы компьютерного имитационного моделирования [4].

Для моделирования идеальной работы машин, формирующих продукт прядения, была

разработана модель гипотетического продукта прядения, учитывающая реальные физико-механические свойства перерабатываемых волокон. Модель представляет собой совокупность волокон, рассредоточенных вдоль продукта с помощью равномерного закона распределения (рисунок 2). При этом расположение каждого отдельного волокна не зависит от расположения других волокон. Вероятностные свойства длины и линейной плотности волокон оказывают определяющее влияние на неровноту идеального продукта прядения, поэтому при построении модели в качестве входных данных должны использоваться данные о длине и линейной плотности волокон, полученные при экспериментальном исследовании волокон реального продукта прядения. Входные данные представляют собой перекрестные ряды значений длин и линейных плотностей волокон, что позволяет учесть их двумерный эмпирический закон распределения. Для статистической обработки экспериментальных данных и компьютерного имитационного моделирования использовались возможности языка и программной среды R [4].



Для вычисления оценки неровноты гипотетического продукта рассчитывается его диаграмма масс. Для этого смоделированный продукт разделялся на отрезки длиной L , и затем определялась суммарная линейная плотность волокон и участков волокон, находящихся в пределах измеряемого отрезка (рисунок 2).

В лабораторных условиях кафедры ПНХВ проводились экспериментальные исследования свойств волокон котонизированного льна, составляющих реальный продукт прядения. Продукт разбирался на отдельные волокна, после чего проводилось измерение их длин с фиксацией каждого отдельного измерения.

С помощью критериев согласия Пирсона и Колмогорова-Смирнова не удалось установить

соответствие эмпирических распределений длин волокон котонизированного льна каким-либо модельным распределениям. На рисунках 3 а, 4 а, 5 а приведены статистические оценки распределения длин волокон котонизированного льна. Для построения ядерных оценок плотности распределения [6] использовалось гауссово ядро с шириной окна, вычисленного по формуле Сильвермана [7].

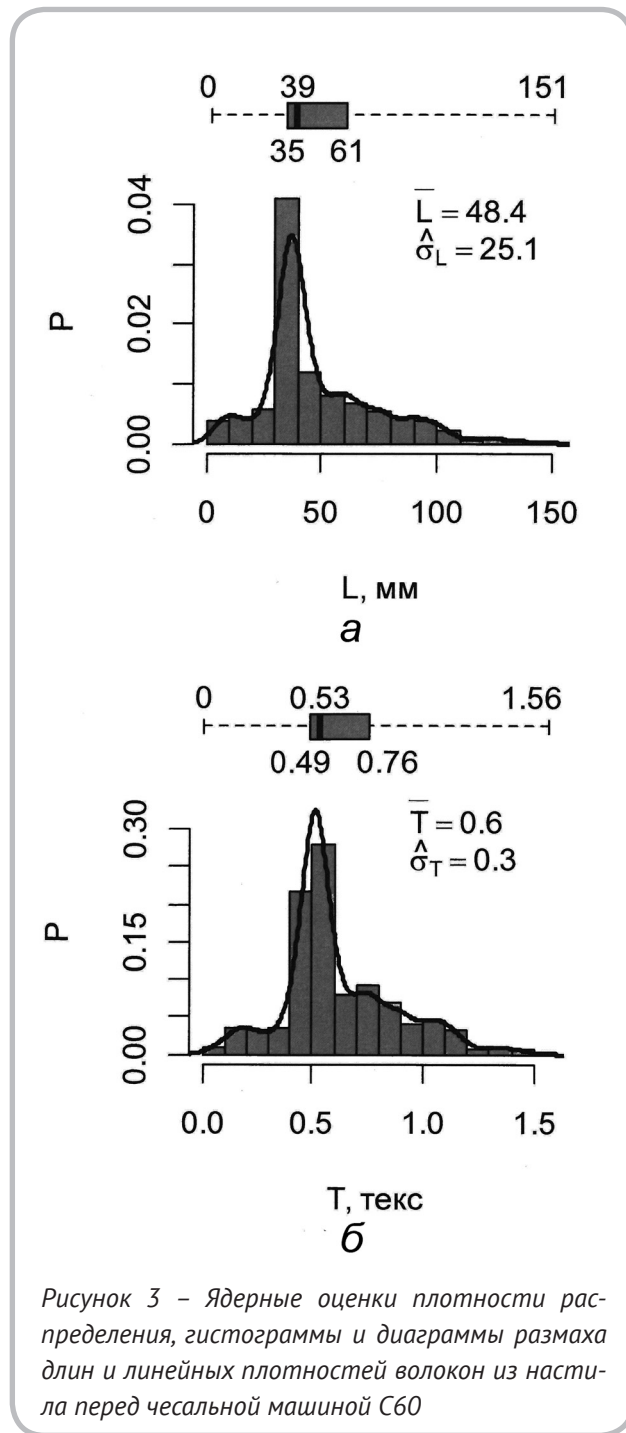
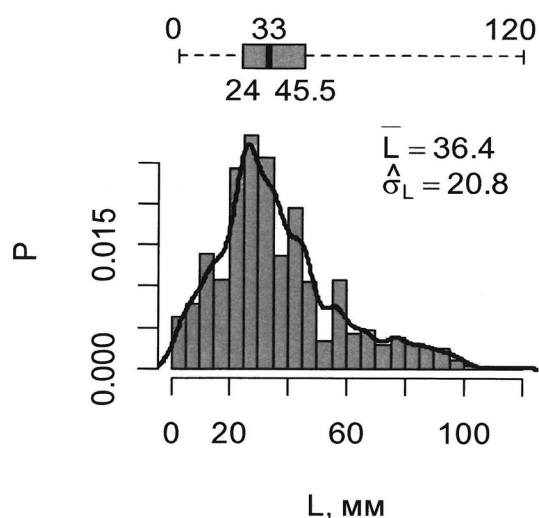


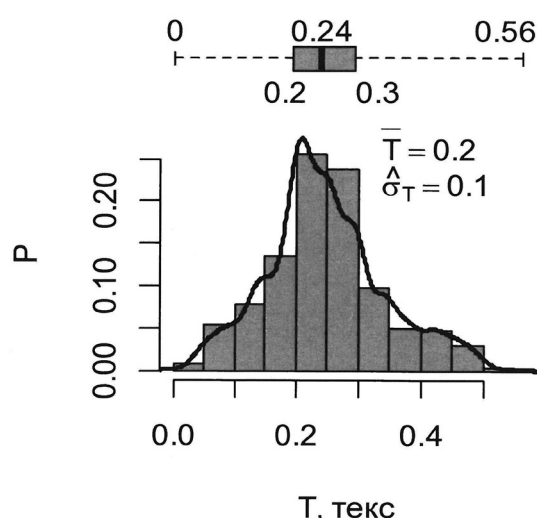
Рисунок 3 – Ядерные оценки плотности распределения, гистограммы и диаграммы размаха длин и линейных плотностей волокон из настила перед чесальной машиной С60

Как видно из рисунков 3 а и 4 а, среднее значение длины волокон в чесальной ленте уменьшается по сравнению с длиной волокон в настиле, уменьшается также разброс значений

относительно среднего и доля волокон длиннее 100 мм. Это объясняется интенсивным воздействием на волокна зубьев гарнитуры чесального барабана.



а

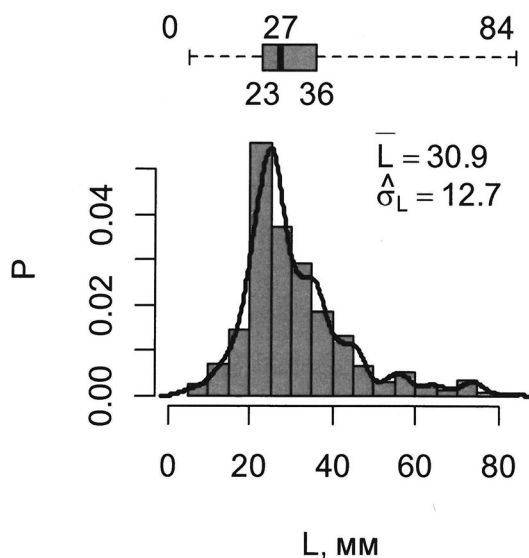


б

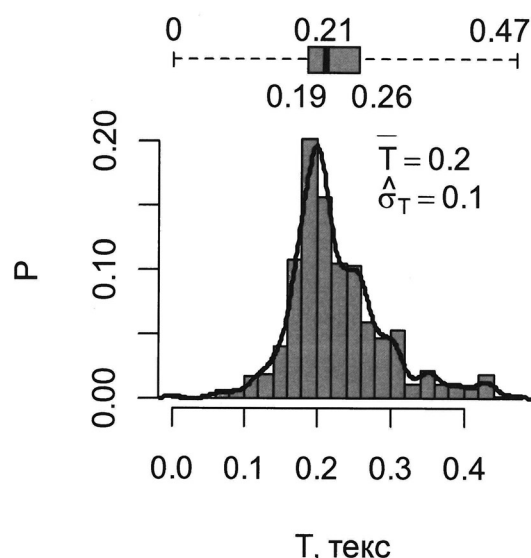
Рисунок 4 – Ядерные оценки плотности распределения, гистограммы и диаграммы размаха длин и линейных плотностей волокон из чесальной ленты (с машины С60)

Как видно из рисунков 4 а и 5 а, после вытягивания на ленточной машине RSB уменьшается количество волокон длиннее 80 мм.

Это объясняется разрывом и расщеплением длинных волокон в поле вытягивания вытяжного прибора ленточной машины.



а



б

Рисунок 5 – Ядерные оценки плотности распределения, гистограммы и диаграммы размаха длин и линейных плотностей волокон из ленты (с машины RSB)

При моделировании волокнистого продукта необходимо не только учитывать длину волокон и их линейную плотность, но и статистическую связь между ними. Поэтому для получения оценок линейной плотности отдельных волокон был использован косвенный метод, заключающийся в построении регрессионных моделей зависимости линейной плотности волокон от их длины. Для построения моделей формировались штапели волокон одинаковой длины, и затем с помощью взвешивания определялось среднее значение линейной плотности волокон в штапеле. Для каждого значения длины волокон процедура повторялась 10 раз.

В результате исследований было установлено, что для котонизированного льняного волокна взаимосвязь длины и массы волокон имеет нелинейный характер. Для оценки параметров нелинейной регрессионной модели проводилась линеаризация экспериментальных данных линейной плотности и длины волокон с помощью логарифмирования. После чего обычным методом наименьших квадратов [8] проводилась оценка параметров регрессионной модели:

$$\ln(T_g) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_g) + \varepsilon, \quad (3)$$

где T_g – линейная плотность волокон, текс; L_g – длина волокон, мм; β_0 и β_1 – оцениваемые параметры модели; ε – ошибка регрессионной модели.

Возможность сведения модели к линейной, позволяет использовать мощный статистический аппарат, разработанный для оценки параметров и диагностики качества регрессионных моделей. В частности, тест на структурный сдвиг (тест Чоу) [9], для оценки различия между двумя моделями, полученными для волокон до и после различных технологических переходов.

Таким образом, модель, устанавливающая связь между линейными плотностями волокон и их длинами, имеет вид:

$$T_g = e^{\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \ln(L_g) + \hat{\varepsilon}}, \quad (4)$$

где $\hat{\beta}_0$ и $\hat{\beta}_1$ – параметры модели, оцениваемые с помощью модели (3); $\hat{\varepsilon}$ – нормально распределенная ошибка с нулевым средним и стан-

дартной ошибкой, равной стандартной ошибке регрессионной модели $\hat{\varepsilon} \sim N(0, S_{\varepsilon})$

Поскольку ошибка ε имеет нормальное распределение, определенное на интервале от $-\infty$ до $+\infty$, то взятие экспоненты после добавления ошибки обеспечивает, в отличие от полиномиальных моделей, получение при моделировании линейной плотности волокон строго положительных значений.

Модель (4) может быть представлена в виде степенной модели:

$$T_g = a_0 \cdot L_g^{a_1} \cdot u, \quad (5)$$

где a_0 и a_1 – параметры модели, связанные с параметрами модели (4):

$$a_0 = e^{\hat{\beta}_0} \quad a_1 = \hat{\beta}_1$$

u – ошибка, связанная с ошибкой модели (4), $u = e^{\varepsilon}$.

Коэффициенты модели (5) могут быть интерпретированы следующим образом: a_0 – параметр масштаба, так как $a_0 = e^{\hat{\beta}_0}$, то $a_0 > 0$; a_1 – параметр формы, соответствует относительному уменьшению линейной плотности волокон при увеличении их длины; $a_0 = 1$ соответствует линейному увеличению линейной плотности волокон при увеличении их длины; $a_1 > 1$ соответствует относительному увеличению линейной плотности волокон при увеличении их длины. Согласно модели (5), линейная плотность волокон возрастает с увеличением их длины.

Для волокон котонизированного льна на различных технологических переходах получены статистически значимые оценки параметров модели (3). Модели зависимости линейной плотности от длины волокон котонизированного льна в настиле и ленте приведены на рисунках 6, 7 и 8.

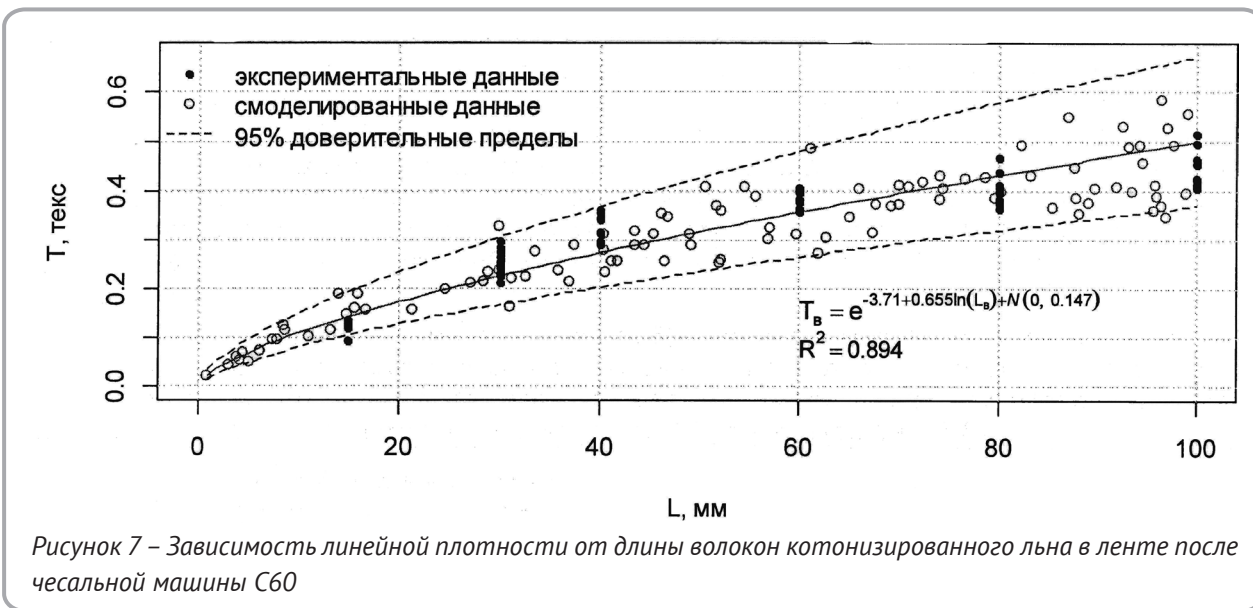
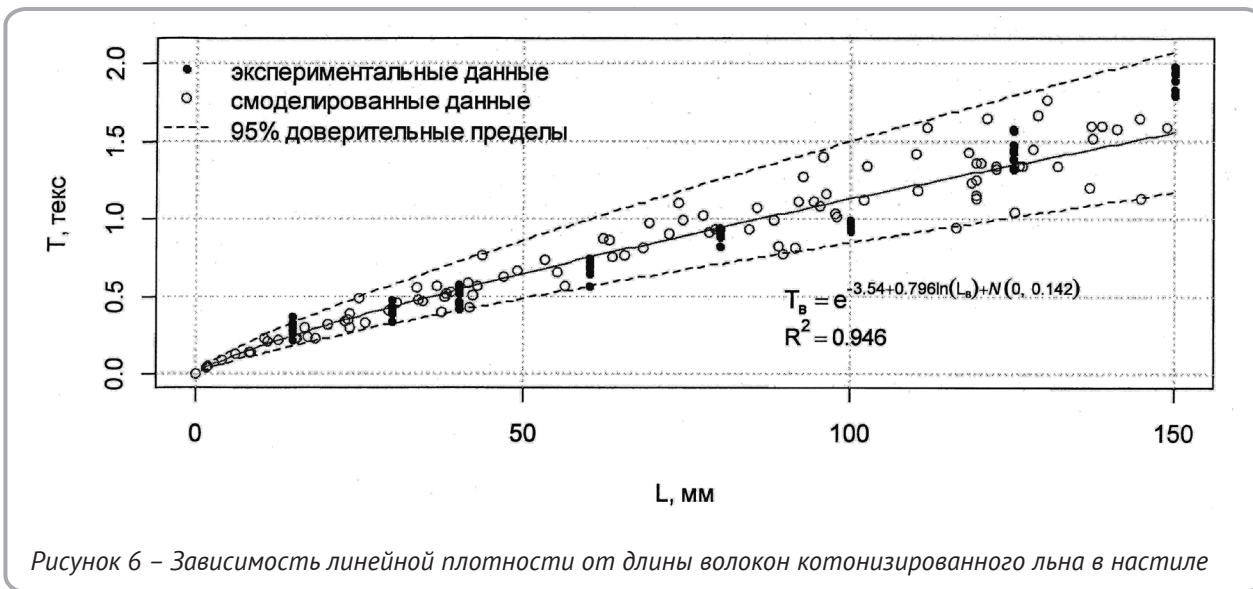
При оценке соответствия распределения остатков регрессионной модели нормальному распределению с помощью критерия согласия Шапиро-Уилка достигаемый уровень значимости $p\text{-value} = 0.1915$, следовательно, нет оснований для отклонения нулевой гипотезы о нормальном законе распределения ошибки регрессионной модели. Среднее значение остатков регрессионной модели $1.876 \cdot 10^{-18}$, и при проведении одновыборочного двустороннего t-теста $p\text{-value} \approx 1$, следовательно, нет оснований для отклонения нулевой гипотезы о равенстве среднего

значения ошибки нулю. Таким образом, ошибка регрессионной модели

$$\hat{\varepsilon} \sim N(0; 0.142)$$

После подстановки в модель (рисунок 6) дан-

ных о длине волокон котонизированного льна в настиле были рассчитаны значения линейных плотностей волокон. По значениям линейных плотностей волокон построена ядерная оценка плотности распределения, гистограмма и диаграмма размаха линейных плотностей волокон (рисунок 3 б).



Ошибка регрессионной модели

$$\hat{\varepsilon} \sim N(0; 0.147)$$

(критерий нормальности Шапиро-Уилка $p\text{-value} = 0.1257$, одновыборочный $t\text{-test}$ $p\text{-value} \approx 1$). При оценке совпадения параметров регрессионных моделей (3), полученных

для волокон из настила, перед чесальной машиной С60 (рисунок 6) и в ленте после нее (рисунок 7) достигаемый уровень значимости теста Чоу $p\text{-value} = 6.344 \cdot 10^{-59}$, следовательно, необходимо отклонить нулевую гипотезу о совпадении двух моделей. Таким образом, зависимость линейной плотности волокон от их длины в настиле и в ленте после чесальной машины С60

имеет различную структуру.

Ядерная оценка плотности распределения, гистограмма и диаграмма размаха линейных плотностей волокон в ленте после чесальной машины С60, рассчитанных с помощью предло-

$$\hat{\varepsilon} \sim N(0; 0.133)$$

женной модели, приведены на рисунке 4 б.

Ошибка регрессионной модели (критерий нормальности Шапиро-Уилка $p\text{-value} = 0.4271$, одновыборочный $t\text{-test}$ $p\text{-value} \approx 1$). При оценке структурного различия моделей зависимости линейной плотности волокон от их длины в лене после чесальной машины С60 (рисунок 7) и в ленте после ленточной

машины RSB (рисунок 8) достигаемый уровень значимости теста Чоу $p\text{-value}=0.3835487$, следовательно, нет оснований для отклонения нулевой гипотезы о совпадении двух моделей.

Таким образом, можно говорить о том, что после ленточной машины количество длинных волокон (больше 80 мм) уменьшается (рисунок 5 а), но при этом структура зависимости линейной плотности от длины волокон остается неизменной.

Ядерная оценка плотности распределения, гистограмма и диаграмма размаха линейных плотностей волокон в ленте после ленточной машины RSB, рассчитанных с помощью предложенной модели, приведены на рисунке 5 б.

Разработанные модели зависимости линей-

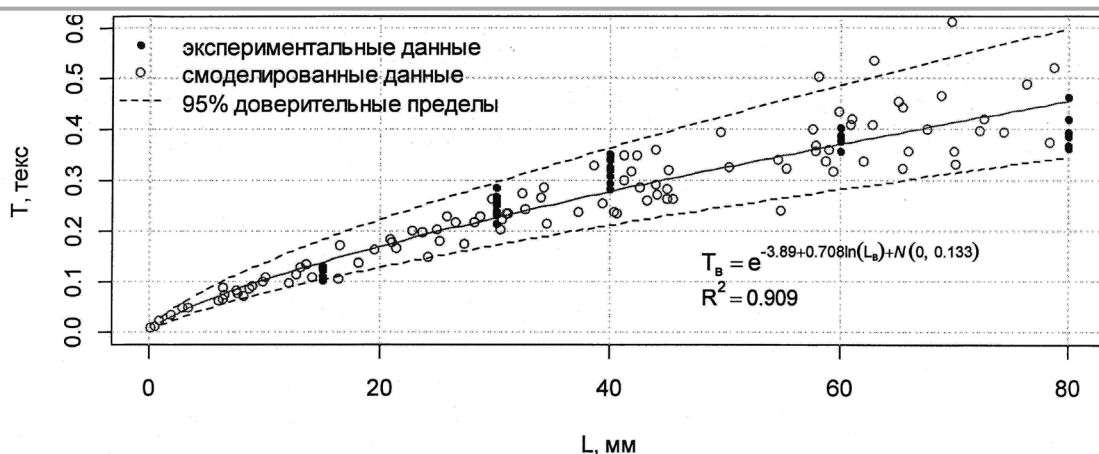


Рисунок 8 – Зависимость линейной плотности от длины волокон котонизированного льна в ленте после ленточной машины RSB

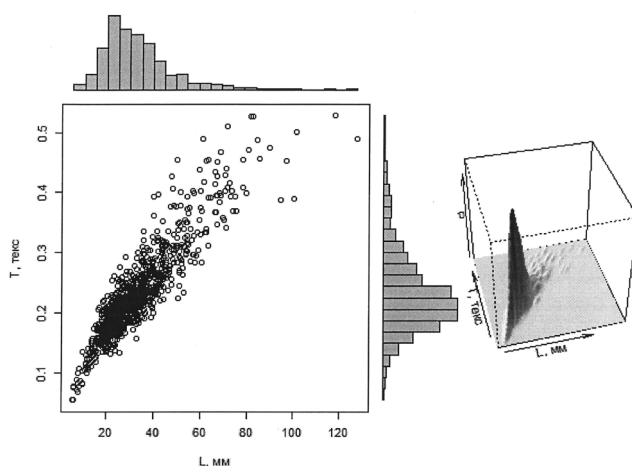


Рисунок 9 – Диаграмма рассеяния, маргинальные гистограммы распределения, ядерная оценка двумерного вероятностного распределения линейной плотности и длин волокон котонизированного льна в ленте после ленточной машины RSB

ной плотности от длины волокон позволяют получить входные данные (рисунок 9) для моделирования гипотетического продукта прядения.

Моделируемые продукты прядения, как и реальные, состоят из большого количества волокон, поскольку экспериментально исследовать все волокна, составляющие десятки метров ленты не представляется возможным то, для увеличения объема входных данных при моделировании волокнистых продуктов использовался бут-

стреп-метод [10].

На основе полученных данных о длинах и линейных плотностях отдельных волокон были смоделированы продукты прядения: лента линейной плотностью 6 ктекс (после чесальной машины С60), и лента линейной плотностью 4,5 ктекс (после ленточной машины RSB). Для смоделированных гипотетических продуктов прядения были рассчитаны коэффициенты вариации по линейной плотности на отрезках раз-

Таблица 1 – Оценки неровноты по линейной плотности ленты после кардочесальной машины С60, на отрезках разной длины

	Коэффициент вариации по линейной плотности (CV), %			
	1 см	1 м	3 м	5 м
Измеренное значение	9.5	3.9	3.3	2.7
Оценка, полученная в результате моделирования, и ее 95%-й доверительный интервал	0.705 (0.678; 0.733)	0.158 (0.152; 0.164)	0.078 (0.075; 0.081)	0.062 (0.060; 0.063)
Индекс неровноты	13.469	24.730	42.495	43.714
Оценка по Мартиндейлу с экстраполяцией по Нинхишу	0.645	0.244	0.143	0.111
Индекс неровноты, рассчитанный с использованием оценки по Мартиндейлу	14.717	15.956	23.144	24.397

личной длины, и по формуле (1) были рассчитаны значения индекса неровноты (таблицы 1, 2).

Как видно из таблицы 1, оценка неровноты идеальной ленты, полученная по формуле Мартиндейла, не попадает в 95 % доверительный интервал оценки, полученной в результате моделирования, следовательно, статистически значимо отличается от нее. Индексы неровноты, расчи-

танные на основе оценок неровноты, полученных в результате моделирования и по формуле Мартиндейла с использованием экстраполяции по Нинхишу [3, с. 370], имеют тенденцию к повышению при увеличении длины измеряемых отрезков. Это говорит о наличии резервов по снижению неровноты вырабатываемой ленты. Снижение неровноты на длинных отрезках мо-

Таблица 2 – Коэффициент вариации по линейной плотности ленты после ленточной машины RSB на отрезках разной длины

	Коэффициент вариации по линейной плотности (CV), %			
	1 см	1 м	3 м	5 м
Измеренное значение	9.7	0.9	0.5	0.3
Оценка, полученная в результате моделирования, и ее 95% -й доверительный интервал	0.773 (0.742; 0.810)	0.169 (0.163; 0.175)	0.095 (0.091; 0.099)	0.085 (0.083; 0.086)
Индекс неровноты	12.541	5.320	5.242	3.547
Оценка по Мартиндейлу с экстраполяцией по Нинхишу	0.745	0.340	0.198	0.154
Индекс неровноты, рассчитанный с использованием оценки по Мартиндейлу	13.014	2.649	2.524	1.952

жет быть достигнуто с помощью повышения равномерности настила.

Как видно из таблицы 2, оценка неровноты идеальной ленты на коротких отрезках полученная по формуле Мартиндейла попадает в 95%-й доверительный интервал оценки, полученной в результате моделирования, то есть статистически не значимо отличается от нее. При экстраполяции по Нинхишу оценки неровноты идеальной ленты на коротких отрезках по формуле Мартиндейла они статистически значимо отличаются от оценок, полученных в результате моделирования. Индексы неровноты имеют тенденцию к снижению, что говорит об эффективной работе авторегулятора ленточной машины RSB.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика косвенной оценки линейной плотности волокон котонизирован-

ного льняного волокна. Данная методика позволяет подготовить данные для моделирования продуктов прядения с сохранением статистической связи между длинами и линейными плотностями волокон. С помощью предложенной методики исследованы волокна котонизированного льна в настиле, в ленте после чесальной машины С60, и после ленточной машины RSB.

2. Предложен способ оценки эффективности технологических процессов прядильного производства, учитывающий вероятностные характеристики физико-механических свойств перерабатываемых волокон. С помощью предложенного способа проведена оценка эффективности технологических процессов формирования ленты из котонизированного льна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Севостьянов А.Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения. / А. Г. Севостьянов. – Москва: ГОСТЕХИЗДАТ, 1962. – 385 с.
2. Uster Tester Application Handbook 2007
3. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности / А. Г. Севостьянов. – Москва: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2007. – 648 с.
4. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344с.
5. R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
6. Орлов А. И. Прикладная статистика. – Москва : Экзамен, 2006. – 672 с.
7. Silverman B. W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis / B. W. Silverman. – London : Chapman & Hall, 1986. – 175.
8. Дягилев А.С., Коган А.Г. Методы и средства исследований технологических процессов. – Витебск : ВГТУ, 2012. – 206 с.
9. Магнус Я.Р. Эконометрика. Учеб. – 6-е изд., перераб. и доп. Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. – Москва : Дело, 2004. – 576 с.
10. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа Б. Эфрон. – Москва : Финансы и статистика, 1988. – 263 с.

Статья поступила в редакцию 15.03.2013 г.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА К КОТОНИЗАЦИИ

С.М. Кобяков

УДК 677.11.021

РЕФЕРАТ

Проведены научные исследования, связанные с механической обработкой стланцевой льняной тресты на мяльной машине, которая подается в неё перпендикулярно вальцам, параллелизованным стеблевым слоем с последующей обработкой полученного сырца по новой технологии. Новая технология включает в себя процесс резки сырца на заданную длину и дополнительный промин его в экспериментальной мяльной машине, имеющей пять пар мелкорифленых вальцов с целью более качественной подготовки полученного сырья к процессу котонизации.

ABSTRACT

Scientific investigation of the mechanical treatment of the dew-retted rough flax on the breaking machine with the following processing of the treated flax straw by new technology is conducted. The new technology includes the raw flax cutting in given length and the additional prebreaking in the experimental breaking machine for the more qualitative preparation of the raw material for the cottonization process.

Льняное волокно является наиболее ценным сырьем для легкой промышленности, которое благодаря совмещению ряда присущих только ему свойств (прочность, высокая гигроскопичность, повышенная теплопроводность, стойкость к изгибу и износу) не может быть заменено другими видами натуральных волокон. Поэтому его часть в мировом производстве текстильного сырья остается довольно высокой, а возрастающий спрос на изделия из льна требует усовершенствования как технологий его выращивания, так и переработки.

Основной задачей механических процессов в первичной обработке льна является получение технического волокна. Это достигается за счет разрушения конструкции стебля, нарушения связи между волокном и древесиной в результате механической обработки стеблей тресты. В стеблях тресты связь между волокнистыми пучками и окружающими тканями предварительно ослаблена в основном биологической обработкой.

Известно, что такие механические воздействия, как растяжение, продольное сжатие и скручивание, невозможно использовать для разрушения стеблей, поскольку при этих деформациях не нарушается связь между волокнистой частью стебля и древесиной. Для рационального разрушения стеблей используют только их поперечное сжатие и изгиб-излом.

На мяльной машине путем излома стебля на мелкие участки и нарушения связи между волокном и древесиной осуществляется подготовка стеблей к выделению из них волокна при дальнейшей обработке на трепальной машине. Процесс промина должен обеспечивать: нарушение связи лубяного слоя с древесиной при изломе стеблей, целостность волокна при разрушении стеблей и наиболее полное освобождение волокна от древесины.

Одним из современных направлений в переработке льняного волокна является его механическая котонизация. На большинстве хлопкоперерабатывающих предприятий механический способ котонизации наиболее распространен при подготовке льна к прядению.

Для текстильных предприятий важнейшими характеристиками волокна являются длина, тонина, линейная плотность, разрывная нагрузка и засоренность.

Длина волокна – один из основных показателей качества сырья, поскольку она существенно влияет на физико-механические свойства пряжи и определяет выбор технологического оборудования и режима обработки. Линейная плотность волокон, как и их длина, также влияет на свойства пряжи. Чем тоньше волокна, тем большее их количество находится в единице объема, а значит больше суммарная площадь

соприкосновения волокна. Из более тонких волокон можно получить более тонкую пряжу, которая при этом имеет достаточную прочность. Это связано с тем, что для получения пряжи высокого качества необходимо определенное минимально допустимое количество волокон в ее поперечном сечении и чем тоньше волокно, тем их больше и выше плотность получаемого продукта.

Прочность волокна характеризуется величиной показателя разрывной нагрузки. Чем выше его значение, тем прочнее волокно и изготовленная из него пряжа.

Степень засоренности волокна влияет на его прядильную способность, выход пряжи из волокна и эффективность технологического процесса. Недостаточная очистка волокна от сорных примесей значительно ухудшает физико-механические свойства пряжи.

Для определения факторов, влияющих на конечные показатели качества выработанного волокна, необходимо изучить его физико-механические характеристики непосредственно на каждом производственном переходе технологического процесса первичной обработки волокна.

Как было сказано выше, в процессе промина стеблей нарушается связь между волокном и древесиной, происходит излом древесины на мелкие частицы, называемые кострой, которые частично удаляются в этом процессе. Стебли, обработанные на мьяльной машине, называются сырцом. Чем в большей степени нарушена связь между древесиной и волокном при сохранении его прочности и чем больше масса удаленной костры, тем эффективнее этот процесс.

Основной задачей при изучении факторов, влияющих на процесс мятья, является определение оптимального количества мелкорифленых вальцов в мьяльной машине и соответствующая их наладка в зависимости от типа сырья.

Целью данной работы является исследование влияния параметров процесса мятья на качественные показатели волокна.

Для определения оптимального количества пар вальцов на опытной мьяльной машине был проведен предварительный эксперимент. Льняную тресту № 1,0 нормальной степени вылежки с показателем отделяемости 5,0, гибкостью 56,8 мм и прочностью 11,7 даН обрабатывали на мьяльной машине, в которой количество пар

мелкорифленых мьяльных вальцов изменялось от одной до шести. После каждой обработки определяли процент умина и содержание костры в волокне. Полученные результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость процента умина и содержания костры от количества пар вальцов

Количество пар вальцов	Процент умина, %	Содержание костры, %
1	11,84	21,1
2	27,16	19,8
3	36,95	16,4
4	43,32	11,7
5	47,50	10,3
6	48,41	10,1

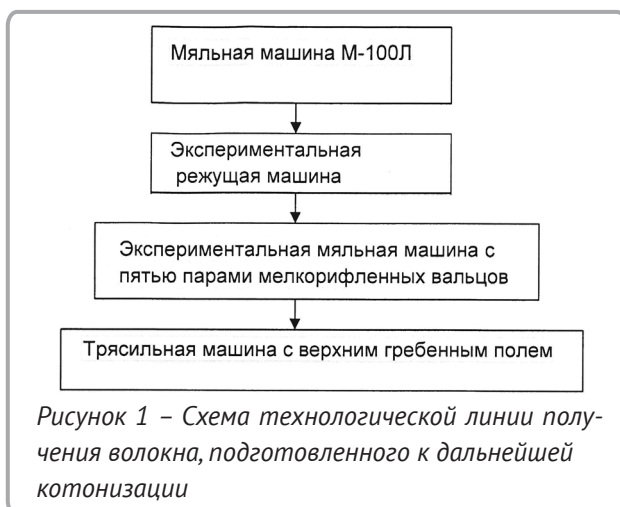
Данные таблицы свидетельствуют о том, что показатели процента умина и содержания костры после обработки льняного волокна в шести парах мелкорифленых вальцов изменяются незначительно по сравнению с аналогичными показателями при обработке пятью парами мелкорифленых вальцов. Исходя из этого можно сделать вывод, что оптимальное, с технологической точки зрения, количество пар вальцов в опытной мьяльной машине равно пяти.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности получения льняного волокна, которое является более подготовленным к дальнейшей котонизации. Однако в силу того, что льняное сырье (треста), полученное росяной мочкой, может отличаться по показателю отделяемости, возникает необходимость в дополнительном исследовании процесса механической обработки тресты, имеющей различные показатели отделяемости.

Известно, что степень механического разрушения связи между волокном и древесиной тем выше, чем выше показатель отделяемости. Однако при этом уменьшается прочность волокна. Определение влияния различных физико-механических характеристик исходного сырья на показатели качества волокна, подготовленного к дальнейшей котонизации, и полученного из него котонина проводилось путем переработки тресты, имеющей показатель отделяемости 2,5; 5,0; 7,5; 10,0.

Технологическая линия для проведения ис-

следований представлена на рисунке 1.



Выработка волокна, подготовленного к дальнейшей котонизации, производилась следующим образом.

Льняную тресту пропускали через мьяльную машину М-100Л слоем, в котором стебли размещены параллельно друг другу и перпендикулярно к вальцам машины. Резка полученного сырца на отрезки заданной длины осуществлялась на экспериментальной режательной машине. Поскольку резаный сырец льна недостаточно очищен от костры и в нем не полностью разрушена связь между волокном и древесиной стебля, его дополнительно подвергали обработке на экспериментальной мьяльной машине, имеющей пять пар мелкорифленных вальцов. Для удаления свободной костры полученное волокно обрабатывали на трясильной машине с верхним гребенным полем. Результаты обработки льняной тресты с различной степенью вылежки по новой технологии приведены в таблице 2.

Льняное волокно, полученное по предложенной технологии (рис. 1) из перележалой стланцевой тресты (отделяемость 7,5 и 10,0), после обработки на трясильной машине с верхним гребенным полем имеет показатель содержания костры ниже минимального, предусмотренного ГОСТ 9394-76 «Волокно льняное короткое. Технические условия». Снижение закостренности при дальнейшей котонизации вполне вероятно.

Подготовка льняного волокна, пригодного к дальнейшей котонизации, для определения его физико-механических свойств проводилась на лабораторном смесителе волокон «Лабмиксер типа ФМ-10». Волокно, полученное из недо-

лежалой тресты (отделяемость 2,5), содержит большое количество грубых, нерасщепленных волокон, имеет недостаточную степень обработки на лабораторном смесителе волокон, поэтому дальнейшая инструментальная оценка его качества не проводилась. Полученные показатели качества волокна, по сравнению с такими же показателями для хлопка, приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Качественные показатели льняной тресты после механической обработки

Наименование показателя	Отделяемость льняной тресты			
	2,5	5,0	7,5	10,0
Процент умина (обработка на М-100Л), %	14,7	32,5	38,8	43,1
Процент умина (обработка на экспериментальной мьяльной машине), %	26,4	48,7	57,4	63,2
Содержание костры и сорных примесей (после обработки на трясильной машине), %	13,7	10,2	7,6	5,9

Проанализировав данные таблицы 3, можно сделать вывод, что полученное волокно при показателе отделяемости льняной тресты от 5,0 до 10,0 по содержанию волокон прядильной группы и показателю средней длины соответствует волокну хлопка. Также следует отметить, что полученный продукт, подготовленный к дальнейшей котонизации, содержит около 70 % волокон длиной 31 – 40 мм.

Таким образом, длина значительного количества волокон (65,1 – 71,8 %) прядильной группы находится в относительно узком интервале диапазона. Это является значительным преимуществом предложенного способа подготовки низкосортного льняного сырья к котонизации по сравнению с другими технологиями. Показатели разрывной нагрузки, среднего диаметра волокна и линейной плотности имеют высокие значения, что свидетельствует о недостаточном расщеплении пучков льняного волокна по сравнению с хлопком. Полученное по предлагаемой технологии волокно является хорошим сырьем для дальнейшей котонизации. Снижение значений вышеперечисленных показателей до необходимого уровня (согласно НТД предприятия)

Таблица 3 – Основные показатели качества волокна, подготовленного к дальнейшей котонизации

Основные показатели качества волокна		Лён			Хлопок
		отделяемость льняной тресты			
		5,0	7,5	10,0	
Пуховая группа и короткие волокна (0 - 15 мм), %		6,0	6,8	8,3	5,0-10,0
Распределение волокон по длине, %	16-20 мм	4,0	4,7	5,4	85,0-90,0
	21-30 мм	12,9	14,8	16,7	
	31-40 мм	71,8	68,8	65,1	
	более 40 мм	5,3	4,9	4,5	–
Средняя длина $L_{ср}$, мм		36,3	34,7	34,8	30,0-38,0
Средний диаметр волокна, мкм		97,0	94,0	92,0	10,0-19,0
Линейная плотность, текс		5,25	4,12	3,59	0,17-0,33
Разрывная нагрузка неединичного волокна, сН		89,9	55,4	38,8	2,5-4,8

происходит в результате последующей углубленной механической обработки, связанной непосредственно с процессом котонизации.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для получения котонина, который по своим физико-механическим показателям подходит для переработки в пряжу на хлопко-

перерабатывающих предприятиях, необходимо использовать волокно, полученное согласно разработанной технологии при переработке стланцевой тресты льна, показатель отделяемости которой выше 5,0, и последующей резке сырца на длину 45 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование.– М.: Информ – Знание, 2002. – 400 с.
- Ткачева Т.М., Чурсина Л.А. Пути модификации льняных волокон: Монография. – К.: Науковий світ, 2004. – 96 с.
- Морыганов А.П. Проблемы, реалии и перспективы переработки отечественного льна в котонин и использование его в текстильной и легкой промышленности. – 2001. – №3. – С. 58-63.
- Патент України № 9619, МПК 7 D01C7/04. Спосіб отримання льноволокна / С.М. Кобяков, О.П. Домбровська; Заявл. 31.01.05; Опубл. 17.10.05, Бюл. №10. – 3 с.

Статья поступила в редакцию 23.04.2013 г.

ВЛИЯНИЕ PVD-ПОКРЫТИЯ TiN НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

С.Ю. Котов, Г.Я. Беляев

УДК 621.7/9.048.7

РЕФЕРАТ

С целью определения влияния процесса нанесения вакуумно-плазменных покрытий на эксплуатационные характеристики подшипников качения в данной статье было изучено влияние нанесения покрытия TiN на геометрические характеристики (овальность, разноразмерность, гранность и т. д.) тел качения радиально-упорного шарикового подшипника МПЗ 6305. Изучено влияние процесса нанесения покрытия на шероховатость и волнистость сферических подложек. Также проведены сравнительные испытания подшипников и установлено влияние процесса вакуумно-плазменного напыления тел качения на шумовые и вибрационные характеристики подшипника.

ABSTRACT

In order to determine the effect of the application of vacuum-plasma coatings on the service properties of the bearings the effect of TiN coating on the geometric characteristics (roundness, different size, facetness etc.) of the rolling elements of the angular contact ball bearing MPZ 6305 is studied in this paper. The influence of the coating on the surface roughness and waviness of spherical substrates is studied. Also, comparative trials of bearings are conducted and the influence of vacuum plasma spraying of the rollers on the noise and vibration characteristics of the bearing is established.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение долговечности подшипников качения – важнейшая задача, решение которой позволит повысить производительность машин, их качественные характеристики, обеспечить экономию материальных ресурсов и сократить время простоев оборудования.

Наличие трещин различного происхождения, пор, дислокаций, включений прокатной окалины и других дефектов на рабочих поверхностях является основной причиной образования особого вида коррозии в виде язв и открытых полостей, получившей название питтинг (от англ. pit – покрываться ямками). Особенностью питтинговой коррозии подшипников качения является их повышенные шумо- и виброактивность, особенно ярко проявляющиеся при работе на повышенных скоростных режимах в результате смещения геометрического центра элементов качения от их центра масс и сопровождающиеся повышенным износом контактирующих поверхностей и преждевременным выходом подшипников из строя [1].

Одним из наиболее перспективных путей повышения долговечности подшипников является нанесение на поверхности тел качения покрытий

из тугоплавких соединений, которые уменьшают трение и износ контактирующих поверхностей, а также служат диффузионным барьером, препятствующим схватыванию контактирующих тел при высоких контактных нагрузках [2 – 3].

Несмотря на преимущества метода вакуумно-плазменного упрочнения подшипников по сравнению с другими, процесс упрочнения тел качения сферической формы этим способом долгое время представлялся трудноосуществимым по причине наличия у шара только одной поверхности, являющейся одновременно и базовой и обрабатываемой. Ко всему прочему: для получения постоянной толщины покрытия необходимо придать сферической подложке равномерное вращение в вакуумной камере вокруг трех взаимно перпендикулярных осей одновременно. [4 – 5]. Для решения этого вопроса сотрудниками Белорусского национального технического университета разработан ряд приспособлений, защищенных авторскими свидетельствами, для нанесения вакуумных покрытий на магнитные и немагнитные тела качения. Отличительной чертой этих устройств является обеспечение многоосевого вращения шаров в процессе напыления

с целью получения равномерного по толщине и характеристикам покрытия.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления влияния процесса вакуумно-плазменного упрочнения тел качения на их геометрические характеристики был исследован процесс нанесения покрытия TiN толщиной 3 мкм на партию шариков номинального диаметра $d = 11,509$ мм однорядного радиального подшипника серии 6305. Материал шаров – ШХ15, твердость 62...64 HRC. Количество шариков в партии – 100 штук.

Для определения точностных характеристик шаров, согласно ГОСТ 3722–81, были исследованы следующие показатели отклонения от круглости: овальность, гранность, разноразмерность, а также волнистость и шероховатость.

Для определения величины отклонения от круглости и разноразмерности шаров производили измерения диаметров кругломером Roundtest – 114. Овальность шаров исследовалась последовательным измерением диаметров шаров через каждые 45° в трех взаимноперпендикулярных плоскостях; огранка – через 120° . Измерение волнистости выполняли на приборе Talygond-73. Измерение шероховатости выполняли на приборе Taly-Surf.

Перед нанесением покрытия шарики были обезжирены бензином «Калоша» ГОСТ 443–76 и техническим этиловым спиртом ГОСТ 17299–78.

Напыление производили на вакуумно-дуговой установке УРМЗ.279.048 (ОНИ–6–008). В качестве приспособления использовали устройство для нанесения покрытий в вакууме на сферические подложки.

Поверхность шаров перед нанесением напыления для очищения от остатков органических загрязнений и окисных пленок подвергали ионной бомбардировке ионами титана. Технологические параметры процесса: ток дуги $I_d = 90$ А, величина опорного напряжения $U = 1000$ В, ток фокусирующей катушки $I_\phi = 1$ А, время очистки $t = 180$ с. После нее наносили промежуточный подслой титана для повышения прочности сцепления покрытия с основой и формирования диффузионного барьера между ними. Затем в вакуумную камеру напускался азот повышенной степени очистки и происходило непосредственное формирование покрытия из нитрида титана.

Технологические параметры процесса напыления: ток дуги $I_d = 90$ А, величина опорного напряжения $U = 150$ В, ток фокусирующей катушки $I_\phi = 1$ А, давление реакционного газа $P = 2,5 \cdot 10^{-1}$ Па. Время нанесения покрытия выбиралось из соображений формирования покрытия толщиной $h = 3$ мкм. Частота вращения стола приспособления $n = 4$ мин⁻¹.

Испытания на шум и вибрацию производились согласно ГОСТ 27164–86 в звукометрическом помещении размером, соответствующим ГОСТ 15242-2004. Измерения колебаний радиально-упорного подшипника 6305 ГОСТ 8338-86 с упрочненными телами качения осуществляли при частоте оборотов $n = 5000$ мин⁻¹ и нагрузке 5000 Н. Шумы измеряли в диапазоне 10...20000 Гц анализатором спектра АССИСТЕНТ СИУ 30 ГОСТ 17187–81. Спектр шумов записывался в формате .mp3 со скоростью 64 бит/сек. Запись спектра шумов производилась синхронно с трех датчиков, расположенных с торца вала, на котором был установлен испытуемый подшипник, на расстоянии 20 см от него. Запись спектра вибраций производилась с датчика, закрепленного на испытательном щите установки, фиксировалась частотная и амплитудная характеристика шумов. Перед началом испытаний было произведено пятикратное измерение шумов установки, затем при заданном числе оборотов и нагрузке производились испытания стандартного и упрочненных подшипников.

При помощи цифрового аудиоредактора SONY Sound Forge из записи испытаний подшипников был выделен спектр колебаний испытуемых подшипников путем наложения на запись фильтра, состоящего из спектра колебаний установки. Очистка записи от частичных фрагментов и случайных гармоник производилась вручную.

Измерение уровня воздушного шума подшипника производили на универсальном приборе для сравнительного измерения шумовых и вибрационных характеристик подшипников качения.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения шероховатости и отклонений от круглости шаров до и после нанесения напыления (с учетом его толщины) представлены в виде диаграмм на рисунках 1 – 5.

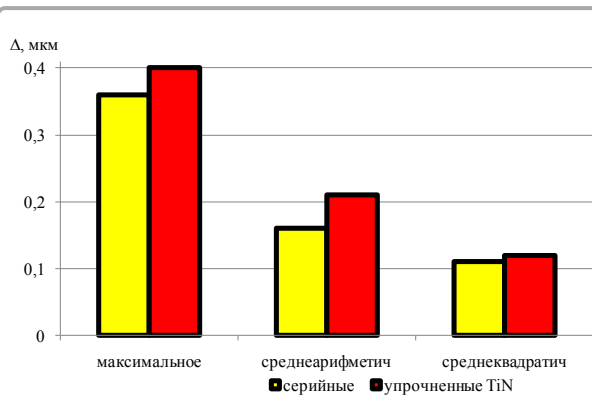


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма отклонений формы шаров до и после процесса нанесения слоя TiN

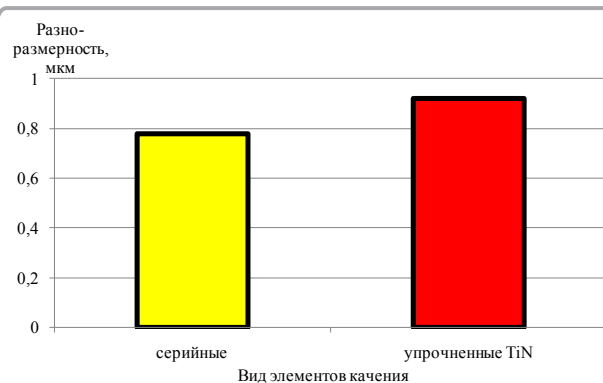


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма величины разноразмерности партии шаров перед и после нанесения TiN

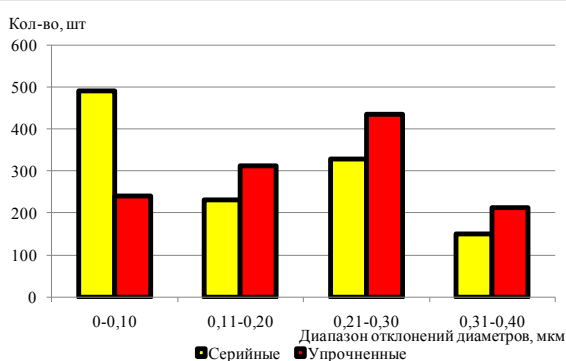


Рисунок 2 – Диаграмма частоты отклонения диаметров шаров от номинала перед и после процесса нанесения TiN

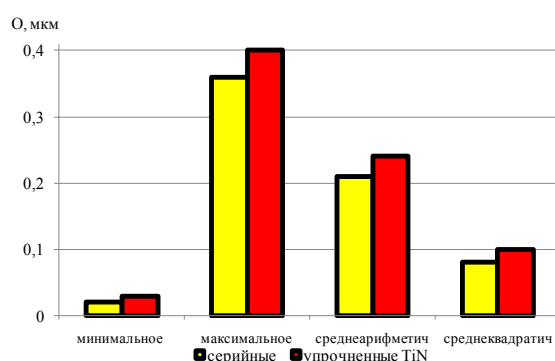


Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма величины овальности шаров перед и после процесса нанесения слоя TiN

Как следует из полученных результатов, процесс нанесения покрытий на тела качения несколько ухудшает их геометрические характеристики, в частности: отклонение формы шаров, разноразмерность и овальность.

Одним из определяющих показателей качества поверхности, оказывающих существенное влияние на характеристики долговечности подшипников качения, является волнистость поверхностей трения.

Сравнительные результаты измерения волнистости поверхности тел качения представлены на рисунке 5.

Для определения влияния погрешностей формы тел качения на характеристики подшипников качения было произведена сборка радиально-упорного подшипника МПЗ 6305 с упрочненными телами качения, а также были произведены сравнительные испытания на определение воздушного шума и уровня вибраций серийных и упрочненных образцов.

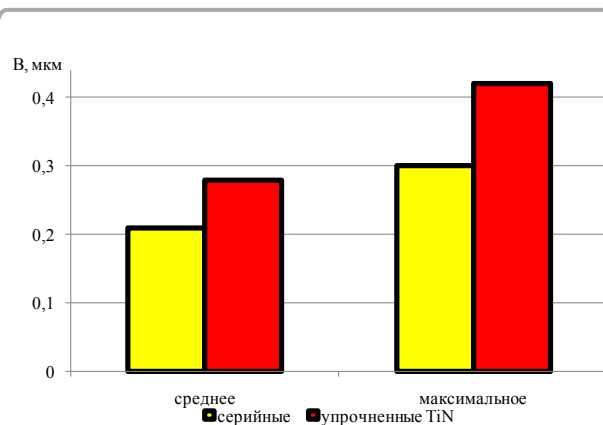


Рисунок 5 – Сравнительная диаграмма изменения показателей волнистости поверхности элементов качения до и после процесса нанесения покрытия TiN

Общий вид подшипника МПЗ 6305 с упрочненными элементами качения представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Радиальный подшипник 6305MPZ с упрочненными элементами качения (PVD-покрытие TiN)

Схема универсального привода для сравнительного измерения шумовых и вибрационных характеристик подшипников качения представлена на рисунке 7.

Привод для испытаний представляет собой электрический привод со шпинделем на масляных подшипниках скольжения, установленный на массивном столе. Исследуемый подшипник качения насаживается внутренним кольцом на сменную разжимную цангу, а его наружное кольцо зажимается специальными сменными упругими дисками, на которых находятся вибродатчики. По оси шпинделя на расстоянии

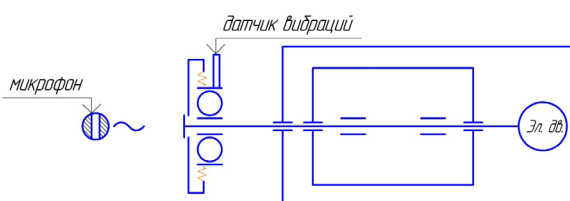


Рисунок 7 – Схема универсального привода для сравнительного измерения шумовых и вибрационных характеристик подшипников качения

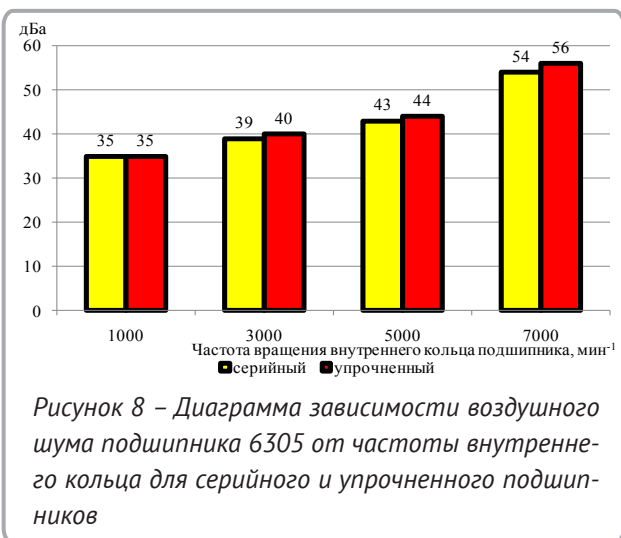
0,3 м от испытуемого подшипника на специальной подставке установлен микрофон. Привод имеет двойной контур защиты от шума внутренних узлов.

Результаты сравнительных испытаний на шум при различных частотах вращения внутреннего кольца для серийного подшипника и с упрочненными элементами качения представлены на рисунке 8.

Полученные сравнительные результаты измерения воздушного шума и уровня вибраций подшипников свидетельствуют о незначительной роли погрешностей в работе подшипников: так, различия в уровне шума и вибраций проявляются только при частоте вращения, близкой к максимальному каталожному значению, которая в реальных условиях эксплуатации встречается крайне редко.

По всей видимости, увеличению шума послужили следующие причины:

- изменение геометрической точности тел качения;
- так как нанесение покрытий на тела качения существенно снижает потери на трение в узле, следовательно существует возможность того, что угловая скорость упрочненных подшипников на испытательном стенде была выше того



же показателя для серийных подшипников;

– при значительных угловых скоростях возможно возникновение дополнительного вращения тел качения вокруг временной оси, что также оказывает значительное влияние на общую картину шума.

Стоит также отметить, что различие в шуме упрочненного и серийных подшипников малы настолько, что все испытываемые подшипники соответствуют требованиям, предъявляемым к подшипникам.

ВЫВОДЫ

1. Процесс вакуумно-плазменного упрочнения тел качения подшипников нитридом титана несколько ухудшает геометрические харак-

теристики поверхности: незначительно влияет на погрешность формы, овальность, гранность, разноразмерность и, в большей степени, на показатели средней и максимальной волнистости шаров. Это можно объяснить отсутствием равномерного принудительного вращения шаров в процессе напыления, обеспечивающего равномерность многоосевого вращения последних и погрешностью формы неупрочненных тел качения (в рассмотренном примере тела качения до и после упрочнения по всем показателям соответствуют шарам подшипников качения 1-го класса точности.

2. Среднеарифметическое отклонение профиля Ra упрочненных шаров по сравнению с изначальной увеличился с 0,4 до 0,5 мкм, что можно объяснить наличием капельной фазы в потоке расплавленного металла и спецификой процесса получения покрытия. Уменьшение капельной фазы возможно при применении сепараторов различной конструкции, наличие которых в стандартной комплектации установок вакуумно-плазменного напыления не предусмотрено.

3. Погрешности, полученные телами качения вследствие нанесения покрытия, проявляются на высоких частотах шума и вибраций, однако подшипник с упрочненными телами качения соответствует временным допустимым нормам для шума и вибраций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Спицын, Н. А. Подшипники качения : справочное пособие / Н. А. Спицын [и др.] ; под общ. ред. Н. Ю. Благосклонова. – Москва : Машгиз, 1961. – 828 с.
2. Друянов, Б. А. Исследование скольжения сферы по пластически деформируемому полупространству / Б. А. Друянов, Н. М. Михин // Склеометрия. – 1968. – № 1. – С. 68–74.
3. Дунин-Барковский, И. В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И. В. Дунин-Барковский, А. Н. Карташова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 232с.
4. Мрочек, Ж. А. Основы технологии формирования многокомпонентных вакуумных электродуговых покрытий / Ж. А. Мрочек, Б. А. Эйзнер, В. А. Марков. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 95с.
5. Костюк, Г. И. Физико-технические основы комбинированных технологий напыления покрытий, ионной имплантации, ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения / Г. И. Костюк. – Харьков : АИНУ, 2002. – 1030 с.

Статья поступила в редакцию 28.06.2013 г.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ТРЕСТЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

И.А. Меняйло-Басистая

УДК 677.11.021

РЕФЕРАТ

Отсутствие в Украине собственного производства первичных полуфабрикатов поставило предприятия отрасли в полную зависимость от импортеров сырьевых ресурсов. По запасам и возможностью освоения в ближайшие годы наибольшее значение для действующих и строящихся предприятий имеет такой вид сырья, как солома льна масличного. Таким образом, возникла необходимость в разработке технологического процесса приготовления тресты из соломы льна масличного с целью получения новых технологий и последующей ее переработкой на волокно для получения целлюлозосодержащих полуфабрикатов различного назначения. Получение целлюлозосодержащих полуфабрикатов из тресты льна масличного позволит по-новому построить ассортиментную политику, производить новые виды изделий из отечественного экологически чистого, натурального сырья, что будет способствовать обеспечению экономической независимости Украины в производстве нетканых, строительных и армирующих композиционных материалов и позволит увеличить занятость сельхозпроизводителей и работников различных отраслей промышленности.

ABSTRACT

The absence in Ukraine of its own production of primary semi-finished products put the enterprises of branch in full dependence on importers of raw material resources. In terms of reserves and the possibility of development in the coming years the most important for operating and under construction of enterprises is such type of raw materials as straw of oilseed flax. Thus, emerged the necessity for the development of a technological process of the preparation of the flax straw of oilseed flax in order to obtain new technologies and its further processing in fiber to obtain cellulose-containing semi-finished products of various purposes is emerged. Obtaining cellulose-containing semi-finished products from oilseed flax retted straw allows to produce new types of products of domestic ecologically pure natural raw materials that will contribute to the economic independence of Ukraine in the production of nonwoven, building and reinforcing composite materials and will allow to increase the employment of farmers and employees in the different industries.

ВСТУПЛЕНИЕ

Отсутствие в Украине собственного производства первичных полуфабрикатов поставило предприятия отрасли в полную зависимость от импортеров сырьевых ресурсов. При этом сельское хозяйство, производя ежегодно в большом количестве зерновые, технические и другие культуры, обладает огромными ресурсами побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве сырья в различных отраслях промышленности. К этим видам недревесного сырья относятся солома злаковых культур, солома льна-долгунца, льна масличного, конопля, жгута, кукурузы и др. Таким образом, растительное сырье из однолетних растений привлекает все большее внимание специалистов различных отраслей промышленности. По запасам и

возможности освоения в ближайшие годы наибольшее значение для действующих и строящихся предприятий имеет такой вид сырья, как солома льна масличного. Ведь в последние годы на юге Украины значительно выросли посевы льна масличного. Если в 2002 году посевные площади льна масличного в Украине составляли 9,3 тыс. га, то в 2008 году – 50,1 тыс. га, то есть увеличились в 5 раз. Урожайность соломы льна масличного составляет 2,0 – 2,5 тонны с гектара. Следовательно, количество соломы ежегодно сжигаемой на полях, в среднем составляет 100 тыс. тонн, несмотря на то, что содержание в ней целлюлозных волокон достигает 25 %, древесины – 70 %.

Стебли льна масличного, как показал анализ научно-технической литературы, являются

источником высококачественного сырья для производства различных целлюлозосодержащих материалов. В Центральном научно-исследовательском институте комплексной автоматизации легкой промышленности Российской Федерации, Научно-исследовательском институте нетканых материалов и Центральном научно-исследовательском институте хлопчатобумажной промышленности были проведены экспериментальные исследования, в результате которых выявлено, что волокно льна масличного можно использовать для получения эфиров целлюлозы и всех продуктов, получаемых на ее основе [1 – 3]. В результате работ, проведенных в ЦНИИЛКА и других научно-исследовательских институтах, доказана возможность получения льняной микроскопической целлюлозы льна масличного [4 – 9]. В работах Чурсиной Л.А., Тихосовой А.А., Дейкун И.М., Горач О.А. (Украина), Артемова А.В., Кочарова С.А., Захарова А.П., Яруллина Р.Н. (Россия) показана возможность получения целлюлозы из волокон льна для дальнейшего использования [1, 10 – 12].

Лубоволокнистый материал может использоваться как армирующий в конструкционных полимерных материалах, и не в виде предварительно сформированного нетканого материала, а в виде смеси с нагретым полимером получаемого в процессах литья, экструдирования или прессования. Стекловолокно, применяемое в настоящее время в композиционных полимерных материалах, заменяют льном или коноплей, что делает их дешевле, а производство более безопасным, утилизацию проще. Кроме того, изделия, содержащие лубяное волокно, а не стекловолокно, получают более легкими и менее ломкими. Сейчас в ряде северных стран (Финляндия, Норвегия, Германия) посеvy льна ориентированы на промышленное использование волокна в конструкционных материалах. Наиболее широкое применение композиционные материалы, армированные растительными волокнами, нашли в автомобильной промышленности. В Западной Европе потребление натуральных волокон в автомобильной промышленности в 2000 г. составило 8,6 тыс. т, в 2009 г. – 47,1 тыс. т, то есть выросло почти в 6 раз.

Таким образом, волокно льна масличного имеет широкий спектр применения.

Актуальность темы исследований. Исходя из

доступности и невысокой стоимости такого вида сырья, как лен масличный, возникла необходимость в разработке технологического процесса приготовления тресты из соломы льна масличного с целью получения целлюлозосодержащих полуфабрикатов различного назначения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – определить возможность получения целлюлозосодержащих полуфабрикатов с требуемыми свойствами с помощью применения нового способа получения тресты с использованием искусственного увлажнения соломы льна масличного композиционным препаратом.

В настоящее время большую часть льняной тресты (около 90 %) получают расстилом. Этот способ является несовершенным по ряду причин, но при благоприятных условиях все же возможно получить тресту высокого качества [12].

Однако сравнительно с расстилом соломы льна-долгунца превращение соломы льна масличного в тресту биологическим способом имеет свои особенности. Как показывают исследования, солома льна масличного превращается в тресту значительно сложнее и более длительно, чем солома льна-долгунца, что связано с количественным и видовым составом микрофлоры процесса расстила, а также с разным химическим составом стеблей и анатомическим строением этих групп льна.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Учеными кафедры товароведения, стандартизации и сертификации Херсонского национального технического университета проведен ряд исследований целлюлозных полуфабрикатов, полученных из волокна льна масличного, а также проведена оценка их качества и пригодности для производства бумаги и композиционных материалов различного назначения. В сотрудничестве с ООО «Прилуки-Пластмасс» (г. Прилуки, Украина) были проведены исследования по использованию льна масличного как наполнителя в композиционных материалах. Экономическая целесообразность использования льна масличного для производства композиционных материалов заключается в замене дорогого иностранного сырья (хлопка) на более дешевое и качественное отечественное сырье.

Предварительно проведенные исследования по изучению физико-химических свойств и методов обработки луба и волокна льна мас-

личного показали, что волокна льна масличного по химическим свойствам и морфологическому строению напоминают хлопок, но имеют разные физико-химические свойства. В результате опытов обнаружено, что смачиваемость волокна льна масличного намного меньше смачиваемости хлопка, что является весомым препятствием для производства композиционных материалов целлюлозосодержащих полуфабрикатов, полученных со льна масличного. Таким образом, возникла необходимость в разработке методики получения волокна со смачиваемостью, близкой к хлопку. Для того, чтобы получить менее трудоемкий и менее затратный способ повышения смачиваемости и при этом сохранить прочность волокна, дополнительную обработку проводили на стадии получения тресты. Для проведения эксперимента использовалась солома льна масличного сорта «Вера». Сорт «Вера» создан в ДПДГ «Асканийское» (Херсонская область, Украина). Однолетнее растение позиционируется как сорт пищевого назначения. Высота растений – 48 – 52 см. Продолжительность вегетационного периода – 75 – 88 дней. Сорт «Вера» устойчив к засухе и полеганию растений, поражению болезнями. Средняя урожайность семян – 1,7 – 1,9 т / га. Потенциальная урожайность – до 25 ц/га. Полевые опыты получения тресты из соломы льна масличного по разработанному способу проводили в почвенно-климатическом районе Херсонской области.

В процессе вылеживания льняной соломы осуществляли тщательный контроль за процессом превращения соломы в тресту путем отбора проб стеблей и инструментального определения показателей отделяемости волокна от древесины и выхода волокна на каждые сутки расстила.

Повторность в полевых опытах пятикратная, размещение вариантов систематическое. Для опытов было взято 15 кг соломы.

Получение тресты из соломы льна масличного проводили путем искусственного увлажнения с использованием химического композиционного препарата, состав которого разработан на кафедре товароведения, стандартизации и сертификации Херсонского национального технического университета и включает в себя мочевины и коттоклорин.

Для выбора наиболее эффективного химического композиционного препарата, с точки зре-

ния формирования физико-химических показателей тресты была исследована смачиваемость волокна льна масличного при использовании различных химических интенсификаторов.

При выборе химического интенсификатора руководствовались следующими критериями: стоимость, доступность, токсичность, реакционная способность, плотность, вязкость и др.

Результаты анализа влияния химических интенсификаторов на волокна льна масличного сорта «Вера», приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние химических интенсификаторов на волокна льна масличного сорта «Вера»

Химические интенсификаторы	Смачиваемость волокна после различного времени обработки, %		
	5 ч	8 ч	10 ч
Синтанол	82,86	84,57	89,61
ДТ5А _{1в}	84,15	84,66	88,29
Лаурилсульфат натрия	84,93	89,55	89,82
Неонол	84,78	90,18	96,87
Коттоклорин	85,74	91,38	100,26

По данным таблицы 1 видно, что наилучшие результаты смачиваемости получаются при обработке волокна льна масличного коттоклорином в течение 10 часов. Дополнительным преимуществом использования высокоэффективного смачивателя коттоклорина является то, что он способствует увеличению разволокнения получаемого волокна и не влияет на прочность волокна.

Для того, чтобы объективно подойти к разработке технологии получения целлюлозосодержащих полуфабрикатов из льна масличного, при выполнении данной работы исследовали изменение химического состава волокна в процессе преобразования соломы льна масличного в тресту путем расстила с дополнительным увлажнением композиционным препаратом.

Таким образом, информация о химическом составе стеблей льна в сочетании с требованиями к готовой продукции дает возможность влиять на выбор средств обработки этих стеблей и облагораживание их лубяных частей. Контролируя изменения в химическом составе льняного стебля на разных стадиях его обра-

ботки – от льняной соломы к волокну, можно не только констатировать факты определенных изменений, но и спрогнозировать, как эти изменения повлияют на свойства полуфабрикатов и готовой продукции. С этой целью было определено количественное содержание главных химических компонентов в лубе и волокне льна масличного.

Результаты анализа химического состава льняного луба приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав луба льна масличного сорта «Вера»

Варианты исследований	Содержание, %		
	целлюлоза	лигнин	пектиновые вещества
Вариант 1	61,62	1,95	9,14
Вариант 2	61,75	1,93	8,79
Вариант 3	61,81	2,04	8,81
Вариант 4	61,31	1,71	9,16
Вариант 5	61,39	1,94	8,92
Среднее значение, %	61,58	1,89	8,75
Абсолютное отклонение Δ , %	0,2	0,1	0,2
Относительное отклонение ϵ , %	0,3	5,3	2,3

Известно, что биологические способы приготовления льняной тресты вызывают разрушение клеящего комплекса стебля, и лубяные пучки освобождаются от связей с тканями, которые их окружают. На этом принципе основаны процессы биологического замачивания и расстила стеблей льна.

Результаты анализа химического состава волокна, выделенного из льняной тресты, приведены в таблице 3.

Анализируя приведенные в таблице 2 и таблице 3 данные о химическом составе льняного луба и волокна льна масличного, следует отметить, что по содержанию химических компонентов волокно, выделенное из тресты льна масличного, кардинально отличается от льняного луба. Содержание целлюлозы в лубе составляет 61,58 %, а для волокна льна масличного – в среднем 71,17 %. Содержание лигнина в лубе составляет 1,89 %, тогда как для волокна льна масличного этот показатель в среднем состав-

ляет 1,35 %, то есть в 1,4 раза меньше. По содержанию пектиновых веществ также заметны существенные различия между льняным лубом и волокном, выделенным из тресты льна масличного. В лубе льна масличного в среднем содержится примерно 8,75 % пектиновых веществ, а в волокне льна масличного – 6,26 %, то есть в 1,40 раза меньше. Таким образом, применение нового способа получения тресты из соломы льна масличного с использованием искусственного увлажнения композиционным препаратом оказывает положительное влияние на процесс выделения из соломы льна масличного инкрустирующих веществ.

Таблица 3 – Химический состав волокна, выделенного из тресты льна масличного сорта «Вера»

Варианты исследований	Содержание, %		
	целлюлоза	лигнин	пектиновые вещества
Вариант 1	70,41	1,37	6,35
Вариант 2	69,91	1,32	6,61
Вариант 3	70,16	1,34	6,74
Вариант 4	69,85	1,36	6,15
Вариант 5	71,52	1,36	6,43
Среднее значение, %	71,17	1,35	6,26
Абсолютное отклонение Δ , %	0,2	0,2	0,2
Относительное отклонение ϵ , %	0,3	14,8	3,8

Увлажнение растворами композиционного препарата на основе мочевины и коттоклорина стеблей льна масличного проводили бытовым разбрызгивателем через каждые 12 часов в течение 3-х суток, и стебли расстилали на опытном участке в естественных условиях. Срок увлажнения составлял 8 – 10 минут до влажности 100 %, что является оптимальными параметрами проведения процесса расстила. Следует отметить, что увеличение продолжительности процесса расстила нецелесообразно из-за негативного влияния на физико-механические характеристики тресты и волокна.

По результатам проведенных исследований видно, что применение предложенного способа

получения тресты из соломы льна масличного позволяет получить в условиях юга Украины тресту нормальной степени вылеживания с низкой себестоимостью за 3 суток расстила, при дальнейшей обработке которой возможно получить целлюлозосодержащие полуфабрикаты с высокими показателями качества для изготовления различных товаров народного потребления. Дополнительными преимуществами использования данного способа является то, что композиционный препарат способствует увеличению разволокнения получаемого волокна.

ВЫВОД

Получение целлюлозосодержащих полуфабрикатов из тресты льна масличного позволит по-новому построить ассортиментную политику, производить новые виды изделий из отечественного экологически чистого, натурального сырья, что будет способствовать развитию производства нетканых, строительных и армирующих композиционных материалов и позволит увеличить занятость сельхозпроизводителей и работников различных отраслей промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артемов, А. В. Глубокая переработка льна – область критических технологий / А. В. Артемов // Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации лёгкой промышленности. – 2006. URL <http://www.textileclub.ru>.
2. Смирнова, Т. В. Обзор рынка производителей и потребителей продукции с использованием длинного и короткого льна / Т. В. Смирнова, Т. В. Лотарева, Г. И. Лищина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 4 (273). – С. 3-5.
3. Минкевич, И. А. Масличные культуры / И. А. Минкевич, В. Е. Борковский. – Москва : Сельхозиз, 1952. – 545 с.
4. Kozlowski, R. Flax Shives-saw Dust Boards Production / R. Kozlowski, R. Piotrowski / 1 Works of INF, 1987.
5. Kozlowski, R. Non-ignitable lignocellulosic boards / R. Kozlovski, B. Mieleniak, A. Przepiera // New Technologies, machine tools, devices, materials and accessories for furniture making industry. – Poznan, 1996. – P. 125-139.
6. Mieleniak, B. Low-cost «Compak» board based on vegetable fiber / B. Mieleniak // Wood Bas. Pan. Int. – 1985. – № 1.
7. Bagley, C. Properties of Flax Fibre-Reinforced Composite Materials / C. Bagley, T. d'Anselme, J. Guyader // Works of INF, 1997. – P. 385-386.
8. Caramaro, L. Flax/Polypropylene Textiles for Composite Materials / L. Caramaro, C. Joly, R. Gauthier : Techtextil symposium, 1994, Lecture no 321. – 6 p.
9. Colberg M. Spritzgiessen naturfaserverstärkter Kunststoffe / M. Colberg. und M' sauerbier. – Kunststoffe 12. – 1997. – S. 1780-1782.
10. Горач, О. О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Горач Ольга Олексіївна. – Херсон, 2009. – 206 с.
11. Чурсіна, Л. А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного: Монографія / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, О. О Горач., Т. І. Янюк; під ред. Л. А. Чурсіної. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
12. Тіхосова, Г. А. Розвиток наукових основ технологій первинної переробки волокон льону олійного: дис. ... док. техн. наук : 05.18.01 / Тіхосова Ганна Анатоліївна. – Херсон, 2011. – 358 с.

Статья поступила в редакцию 01.04.2013 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАДИЕНТА НЕРОВНОТЫ СМЕШИВАНИЯ ИДЕАЛЬНЫХ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ПРОДУКТОВ

А.М. Науменко, Д.Б. Рыклин

УДК 677.021.166:004.94

РЕФЕРАТ

ГРАДИЕНТ НЕРОВНОТЫ СМЕШИВАНИЯ, ЛЬНОХЛОПКОВАЯ СМЕСЬ, ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ ВОЛОКОН, ДЛИНА ВОЛОКОН

Объектом исследования являются многокомпонентная пряжа и полуфабрикаты прядильного производства.

Целью работы является создание способа оценки эффективности процесса смешивания волокон компонентов.

Разработан алгоритм моделирования непрерывного идеального многокомпонентного продукта, позволяющий оценить влияние линейной плотности продуктов, доли вложения разнородных компонентов, средней линейной плотности, длины и неровноты по данным показателям волокон различных компонентов, закона распределения волокон в поперечном сечении на градиент неровноты смешивания и неровноту по линейной плотности многокомпонентных продуктов.

Разработана формула расчета градиента неровноты смешивания многокомпонентных идеальных продуктов различного состава, учитывающая среднюю длину и линейную плотность волокон компонентов, неровноту по линейной плотности волокон.

Разработана формула расчета неровноты смешивания в сечении идеального двухкомпонентного продукта, учитывающая линейную плотность продукта и волокон, доли вложения компонентов в смесь, неровноту по линейной плотности волокон.

Проведена оценка адекватности полученных формул с использованием разработанного алгоритма, в результате которой установлено, что отклонение результатов моделирования от данных математических расчетов не превышает 5 %.

ABSTRACT

BLENDING IRREGULARITY, FLAX-COTTON ASSEMBLIES, LENGTH FIBER, LINEAR DENSITY FIBER

Limited studies exist related to the short-staple spinning of flax (*Linum usitatissimum* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum*) blends. The objective of this work was to develop methods for calculating blending irregularity of multicomponent products on the basis of linear density and length of fibers, content of components. The mathematical model for calculating the continuous multicomponent ideal product was developed. The relation of the variance-length curve of the mean linear density and length of the fiber, the evenness in length and linear density of the fiber was investigated. The formula for calculating the unevenness mixing was developed. As expected, it appears that the relative error between the results of simulation and mathematical calculations does not exceed 5 %.

В настоящее время в условиях отечественных текстильных предприятий разработан ряд технологических процессов переработки короткого льняного волокна в смеси с другими текстиль-

ными волокнами по кардной системе прядения хлопка. Новые технологии позволяют значительно расширить ассортимент текстильных материалов, улучшить их внешний вид и потребитель-

Таблица 1 – Показатели, предложенные в качестве критерия оценки качества смешивания

Название критерия	Формула расчета	Примечание
Коэффициент неоднородности V_C	$V_C = \frac{100}{\bar{\beta}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta})^2}$	β_i – доля ключевого компонента в i - пробе; $\bar{\beta}$ – средняя доля ключевого компонента; n – количество проб; S – измеренное среднее квадратическое отклонение доли ключевого компонента
Интенсивность сегрегации J_C	$J_C = \frac{S^2}{\prod_{i=1}^n \bar{\beta}_i}$	
Критерий однородности A	$A = \sqrt{\frac{\log(S_0 / S)}{\log(S_0 / S_H)}}$	S – измеренное среднее квадратическое отклонение доли ключевого компонента; $S_\sigma S_H$ – среднее квадратическое отклонение доли ключевого компонента для совершенно несмешанной смеси и при идеальном смешивании
Степень смешения M	$M = 1 - \frac{S^2 - S_H^2}{S_0^2 - S_H^2}$	
Мера неупорядоченности η	$\eta = \frac{2\pi\mu \sum_{i=1}^K r_i^2}{\sum_{i=1}^K \frac{(v_i - p_i)^2}{p_i}}$	μ – среднее число произвольных точек в единице рассматриваемой площади среза пробы; r_i – кратчайшее расстояние между частицами компонентов; K – число клеток, на которое разбивается рассматриваемая площадь; v_i – наблюдаемая частота появления i -ого компонента; p_i – заданная частота появления i -ого компонента

ские свойства.

Так как получение пряжи оптимальной структуры с высокой прочностью и низкой обрывностью в прядении и ткачестве возможно только при равномерном распределении волокон различных компонентов в ней, точность дозирования компонентов и однородность их распределения в смеси определяют качество льносодержащей пряжи. Поэтому повышение эффективности смешивания неоднородных волокон является одним из направлений совершенствования технологии производства льносодержащей пряжи.

Для оценки качества перемешивания компонентов смеси различными авторами предложены критерии [1], представленные в таблице 1.

Вышеперечисленные показатели имеют ряд недостатков:

- для расчета коэффициента неоднородности и интенсивности сегрегации используется только ключевой компонент, что не дает полной

информации о степени перемешивания компонентов смеси;

- при определении степени смешения, критерия однородности применяются сложно – рассчитываемые теоретические величины (S_σ , S_H), что затрудняет процесс оценки;

- при определении меры неупорядоченности выполняется большой объем математических операций, поэтому для расчета данного показателя необходимо использовать ЭВМ.

Наиболее широко для оценки неоднородности по составу волокнистых материалов используется квадратическая неровнота смешивания, предложенная А.Г. Севостьяновым [2], которая позволяет учесть неровноту по всем компонентам, и определяемая по формуле

$$C_{CM}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{Bi}^2, \quad (1)$$

где C_{Bi} – коэффициент вариации доли i -ого компонента вдоль продукта.

Градиентом неровноты смешивания $C_{CM}(L)$ является зависимость показателя C_{CM} от длины отрезков L , на которых производится расчет.

В работе [3] проведено моделирование идеального продукта и установлено, что неровнота смешивания компонентов зависит от линейной плотности волокон компонентов и доли их вложения. Поэтому при сравнении степени однородности волокнистых продуктов различного состава необходимо учитывать процентное вложение компонентов в смесь и их геометрические характеристики.

Целью данной статьи является разработка методов расчета неровноты смешивания идеальных продуктов на основании информации о геометрических характеристиках волокон и составе смеси, что позволит выработать рекомендации по повышению эффективности технологических процессов производства многокомпонентной пряжи.

Для решения данной задачи разработана математическая модель непрерывного идеального многокомпонентного продукта; проведено исследование градиента неровноты смешивания от средней линейной плотности и длины волокон компонентов; определено влияние на величину градиента неровноты смешивания неровноты по длине и линейной плотности компонентов; на основании полученных результатов разработана эмпирическая зависимость для расчета градиента неровноты смешивания.

Моделирование многокомпонентных волокнистых продуктов осуществляется по следующему алгоритму:

1. Задаются входные параметры: количество компонентов смеси; линейная плотность моделируемого продукта; характеристики закона распределения волокон компонентов по линейной плотности; характеристики закона распределения волокон компонентов по длине

2. Определяется среднее количество концов волокон i -ого компонента в сечении продукта по формуле
где T – средняя линейная плотность продукта,

$$N_i = \frac{T \Delta L}{T_{Bi} L_{Bi}} 100 \beta_i, \quad (2)$$

текс; T_{Bi} – средняя линейная плотность волокон i -ого компонента, текст; L_{Bi} – средняя длина волокон i -ого компонента, текст; β_i – процентное вложение i -ого компонента, задаваемое по рецепту, %; ΔL – дискретность определения состава продукта

При данном способе моделирования продукт достигает заданной линейной плотности при длине $L < 2L_{max}$, где L_{max} – максимальная средняя длина волокон смеси. Отрезки длиной $2L_{max}$ в начале и конце моделируемого продукта не учитываются в расчетах.

3. Для каждого волокна определяется линейная плотность (T_{Bijk}) и длина (L_{ijk}) в соответствии с принятыми законами распределения данных характеристик, где j – номер волокна в сечении i -ого компонента, k – номер сечения.

4. Определяется количество волокон i -ого компонента, пересекающее k -ое сечение, по условию:

$$T_{Bijm}^m = \begin{cases} T_{Bijk}, & \text{если } L_{ijk} > m \cdot \Delta L \\ 0, & \text{если } L_{ijk} < m \cdot \Delta L \end{cases}, \quad (3)$$

где k – номер сечения, в котором расположен конец анализируемого волокна, m – номер сечения продукта, причем $m \cdot \Delta L < 2L_{max}$.

Данные о количестве волокон, пересекающих m -сечение записываются в отдельный массив $T^m B_{ijm}$.

5. Рассчитывается фактическое процентное вложение i -ого компонента β_i в сечении продукта по формуле

$$\beta_{im} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{Bijm}^m}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n T_{Bijm}^m} \cdot 100, \quad (4)$$

6. Определяется фактическая линейная плотность продукта T по формуле

$$T_m = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n T_{Bijm}^m, \quad (5)$$

7. Для определения градиента неровноты смешивания $C_{CM}(L)$ моделируемый продукт разбивается на отрезки длиной L . Находятся средние значения долей компонентов β_{Li} и линейной

плотности продукта T_{Li} для каждого отрезка:

$$\beta_{Li} = \frac{\sum_{j=1}^k \beta_{im}}{R}, \quad T_{Li} = \frac{\sum_{j=1}^k T_j}{R}, \quad (6)$$

где R – количество сечений в отрезке градиента.

По результатам моделирования рассчитываются основные статистические характеристики неровноты многокомпонентных волокнистых продуктов: среднее квадратическое отклонение линейной плотности σ_{CV} и долей компонентов $\sigma_{\beta P}$, неровнота по линейной плотности CV_T , по доли компонента $C_{\beta i}$ и неровнота смешивания C_{CM} .

Данный способ моделирования позволяет оценить влияние линейной плотности продуктов, доли вложения разнородных компонентов, средней линейной плотности, длины и неровноты по данным показателям волокон различных компонентов, закона распределения волокон в поперечном сечении на градиент неровноты смешивания и неровноту по линейной плотности многокомпонентных продуктов.

Объектом исследования в данной работе является льнохлопковая лента линейной плотности 4500 текс с вложением 50 % льняного и 50 % хлопкового волокна. Градиент неровноты смешивания рассчитывался на отрезках от 1 до 100 сантиметров с шагом 2 сантиметра. Использовалась модель идеальной волокнистой ленты, для которой количество волокон каждого компонента в поперечном сечении является случайной величиной, распределенной по закону Пуассона. Для обеспечения относительной погрешности расчета неровноты смешивания не более 0,5 % проводилось моделирование 200 метров ленты с дискретностью 1 мм.

Исходные данные для моделирования были установлены на основании анализа результатов экспериментальных исследований, проведенных в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» при освоении технологического оборудования производства льносодержащей пряжи пневмомеханическим способом прядения с использованием оборудования фирмы Rieter (Швейцария) [4]. Установлено, что в зависимости от интенсивности переработки линейная плотность льняного волокна T_{B1} находится в диапазоне от 0,6 до 1 текс. Для

производства льнохлопковой пряжи используется хлопковое волокно линейной плотности T_{B2} от 0,15 до 0,19 текс.

Законы распределения льняного и хлопкового волокон по линейной плотности были установлены на основании исследований, приведенных в работах [5, 6]. Установлено, что линейная плотность волокон хлопка описывается с высокой достоверностью нормальным законом распределения с коэффициентом вариации 35 %; линейная плотность волокон льна - логнормальным законом с коэффициентом вариации 110 %.

Распределение льняного и хлопкового волокон по длине было исследовано с использованием прибора USTER FIBROGRAPH 730. Установлено, что длина волокон хлопка с высокой точностью описывается нормальным законом распределения с коэффициентом вариации 33 % и средним значением 27 мм; длина волокон льна описывается логнормальным законом с коэффициентом вариации 60 %, средняя длина варьируется от 20 до 35 мм в зависимости от характеристик используемого короткого волокна и интенсивности процесса котонизации.

Для оценки влияния средней линейной плотности волокон разнородных компонентов на градиент неровноты смешивания проведено моделирование волокнистых лент с параметрами распределения волокон, представленных в таблице 2. Длина хлопкового волокна принималась равной 27 мм, длина льняного волокна – 34 мм.

В результате моделирования получены графики градиента неровноты смешивания компонентов от средней линейной плотности льняного волокна и хлопкового волокна, показанные на рисунках 1 а и 1 б.

Анализ полученных данных показал, что градиент неровноты смешивания существенно зависит от линейных плотностей волокон смешиваемых компонентов. Использование хлопкового волокна с более низкой линейной плотностью не приводит к значительному уменьшению неровноты смешивания, но сопровождается существенным удорожанием льносодержащей пряжи. Снижение неровноты смешивания должно происходить за счет снижения линейной плотности льняного волокна, так как при этом происходит снижение разницы в линейных плотностях компонентов.

Таблица 2 – Законы распределения линейной плотности льняного и хлопкового волокон

Хлопковое волокно				Льняное волокно			
Закон распределения		Нормальный		Закон распределения		Логнормальный	
Характеристики волокна		Параметры распределения		Характеристики волокна		Параметры распределения	
T, текс	CV, %	M	σ	T, текс	CV, %	μ	δ'
0,15	33	0,150	0,050	0,60	110	-0,901	0,894
0,17	33	0,170	0,056	0,80	110	-0,627	0,891
0,19	33	0,190	0,063	1,00	110	-0,390	0,880

Примечание: T – линейная плотность; CV – неровнота по линейной плотности; M – математическое ожидание; σ – среднее квадратическое отклонение; μ – параметр масштаба; δ' – параметр формы.

Так как неровнота по линейной плотности у различных сортов хлопкового волокна изменяется незначительно, то на величину неровноты смешивания в большей степени оказывает влияние неоднородность льняного волокна. Чтобы оценить характер данной зависимости, проведено моделирование градиента неровноты смешивания при различном коэффициенте вариации льняного волокна по линейной плотности 80,

110, 140 %. Параметры логнормального распределения указаны в таблице 3. Длина хлопкового волокна принималась равной 27 мм, длина льняного волокна – 34 мм, средняя линейная плотность хлопкового волокна была равна 0,19 текс, коэффициент вариации по линейной плотности 40 %. Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

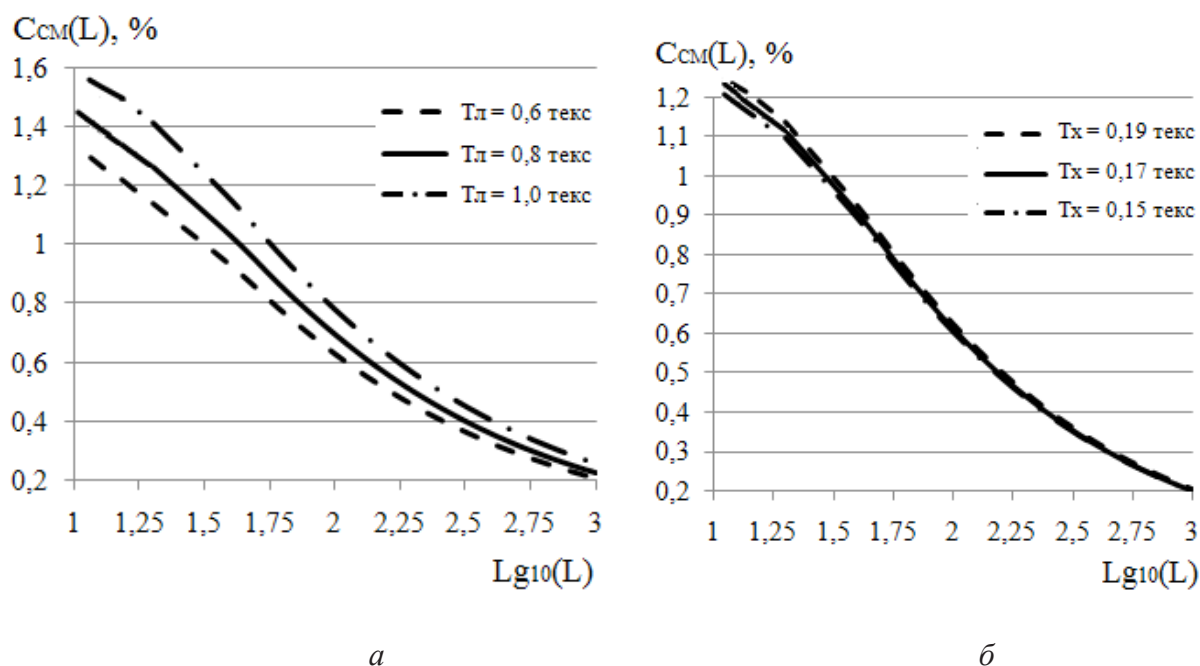


Рисунок 1 – Градиенты неровноты смешивания, полученные для льнохлопковой ленты, при различных значениях средней линейной плотности льняного волокна (а) и хлопкового волокна (б)

Таблица 3 – Параметры распределения линейной плотности льняного волокна

Характеристики волокна		Параметры распределения	
T, текс	CV, %	μ	δ'
0,60	80	-0,790	0,695
0,60	110	-0,901	0,894
0,60	140	-1,062	1,053

Полученные зависимости свидетельствуют о том, что повышение неровноты льняного волокна по линейной плотности приводит к увеличению градиента неровноты смешивания. Причем степень влияния данного параметра сопоставима с влиянием линейной плотности льняного волокна.

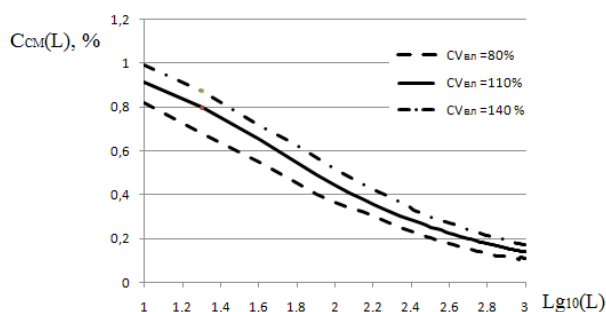


Рисунок 2 – Градиент неровноты смешивания, полученный для льнохлопковой ленты, при различных значениях коэффициента вариации льняного волокна

Для определения влияния длины волокон на градиента неровноты смешивания компонентов проведено моделирование волокнистых продуктов при постоянной длине волокон хлопка, равной 27 мм, постоянной линейной плотности 0,19 текс; длине волокон льна 20, 27, 34 мм, линейной плотности 0,6 текс. Результаты моделирования показаны на рисунке 3.

Установлено, что увеличение длины волокна приводит к повышению градиента неровноты смешивания на длинных отрезках (при $L > L_B$). Это связано с уменьшением количества концов волокон в сечении продукта и снижению его однородности по составу. На коротких отрезках (при $L < L_B$) графики стремятся в точку, соответству-

ющую неровноте смешивания идеального продукта в поперечном сечении ($L = 0$).

Для определения градиента неровноты смешивания компонентов от неровноты по длине волокон проведено моделирование при длине волокон 27 мм и неровноте 0 – 40 %, линейной плотности хлопка 0,19 текс и льна 0,6 текс.

В результате анализа полученных данных установлено, что неровнота по длине волокон не оказывает влияния на градиент неровноты смешивания (различия в величине данного показателя для смоделированных образцов не превышают 1,5 %).

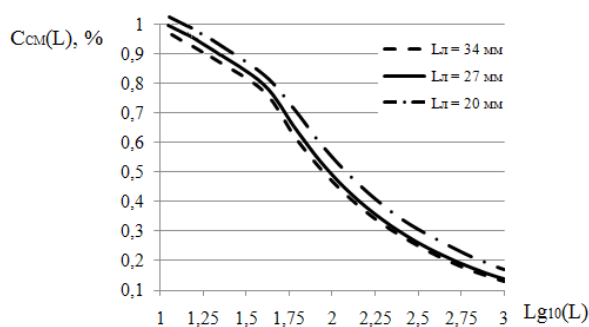


Рисунок 3 – Градиент неровноты смешивания, полученный для льнохлопковой ленты, при различной средней длине волокон компонентов

На основании обработки результатов проведенных экспериментов разработана формула расчета гипотетического градиента неровноты смешивания с использованием формулы Брени для расчета градиента неровноты по линейной плотности [7]:

$$C_{см}(L) = C_{см}(0) \sqrt{1 - \frac{L}{3 \cdot \bar{l}_{CP}}}, \text{ при } L > \bar{l}_{CP}$$

$$C_{см}(L) = C_{см}(0) \sqrt{\frac{\bar{l}_{CP}}{L} - \frac{\bar{l}_{CP}^2}{3 \cdot L^2}}, \text{ при } 0 < L < \bar{l}_{CP}$$
(7)

где $C_{см}(0)$ – неровнота смешивания в сечении продукта; \bar{l}_{CP} – средняя длина компонентов смеси; L – длина отрезков неровноты смешивания.

Совместно с Карпеней А.М. и Вербицкой Ю.П. разработана формула расчета неровноты смешивания в сечении идеального двухкомпонентного продукта:

$$C_{CM}(0) = \frac{100}{\sqrt{2 \cdot T_{II}}} \sqrt{\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} - 2\sqrt{T_1 K_1^2 (1 - \beta_1) + T_2 K_2^2 (1 - \beta_2)}}, \quad (8)$$

где $K_i^2 = 1 + \frac{C_{Ti}^2}{100^2}$ – показатель неровноты по линейной плотности i -ого компонента; T_{II} – линейная плотность продукта; β_i – доля вложения i -ого компонента; T_i – линейная плотность волокон i -ого компонента; C_{Ti} – коэффициент вариации по линейной плотности волокон i -ого компонента.

Для оценки погрешности разработанной формулы (7) проведено моделирование градиента неровноты смешивания двухкомпонентных продуктов при доле вложения компонентов 10 – 90 %, линейной плотности волокон 0,12 – 1 текс, неровноте по линейной плотности волокон 0 – 110 %, средней длине волокон 20 – 34 мм.

Графики градиента неровноты смешивания лент различного состава ($T_{B1} = 0,8$ текс, $T_{B2} = 0,19$ текс), полученные по формуле (7) и при моделировании неоднородных продуктов, представлены на рисунке 4.

В результате проведенных исследований установлено, что отклонение результатов моделирования от данных математических расчетов не превышает 5 %, что подтверждает эффективность использования данной формулы.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель многокомпонентного волокнистого продукта, позволяющая оценить влияние линейной плотности продуктов, доли вложения разнородных компонентов, средней линейной плотности, длины и неровноты по данным показателям волокон различных компонентов, закона распределения волокон в поперечном сечении на градиент неровноты смешивания и неровноту по линейной плотности многокомпонентных продуктов.

2. Установлено, что увеличение средней линейной плотности, неровноты по линейной плотности, средней длины волокон компонентов приводит к росту градиента неровноты смешивания, неровнота по длине волокон не оказывает существенного влияния на градиент неровноты смешивания.

3. Разработана формула расчета градиента неровноты смешивания идеального многокомпонентного продукта, учитывающая среднюю длину и линейную плотность волокон компонентов, неровноту по линейной плотности волокон, доли вложения компонентов в смесь.

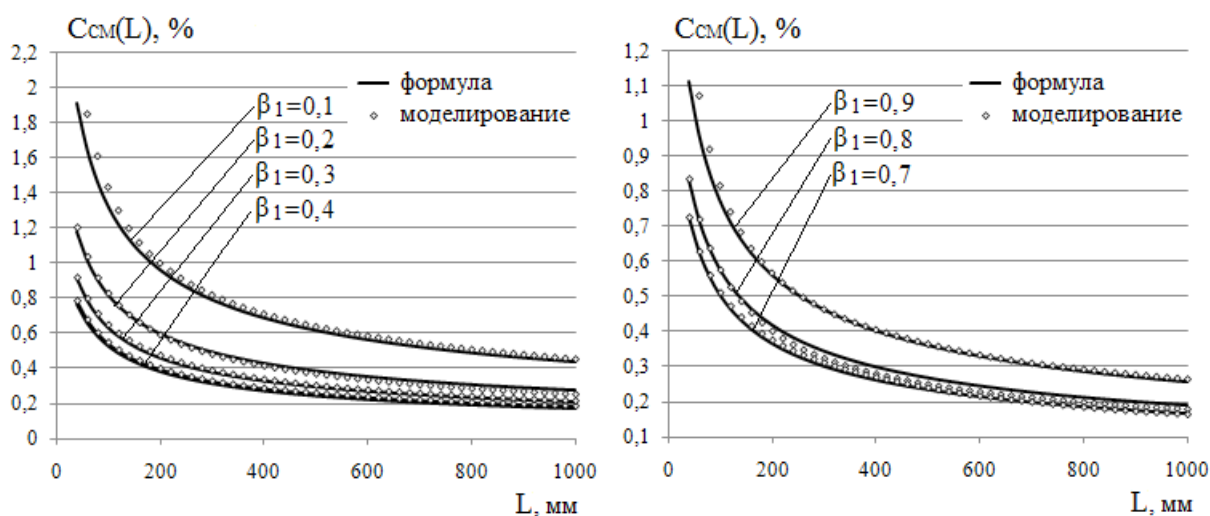


Рисунок 4 – Градиент неровноты смешивания продуктов различного состава

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марков, Ю. И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов / Ю. И. Марков. - Москва. - Машиностроение. 1973. - 216 с.
2. Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: учебник для вузов / А. Г. Севостьянов. - Москва : Легкая индустрия. 1980. - 392 с.
3. Науменко, А. М. Моделирование процесса сложения неоднородных многокомпонентных продуктов / А. М. Науменко, Д. Б. Рыклин // Вестник Витебского государственного технологического университета. Вып. 21. - Витебск, 2011. - С. 68 - 73.
4. Васильев, Р. А. Изучение свойств льняного волокна в технологическом процессе производства чистольняной пряжи пневмомеханическим способом прядения / Р. А. Васильев, Д. Б. Рыклин // Вестник Витебского государственного технологического университета. Вып. 20 - Витебск, 2011. - С. 16 - 23.
5. Harwood, R. Cottonisation or Flax / R. Harwood, V. Nusenbaum, J. Harwood // International conference on flax and bast plants - London, 2008. pp. 118 - 128.
6. Bradow, J.B. Small-sample cotton fiber quality quantitation / J.B. Brado, L.H. Wartelle, P.J., Bauer, G.F. Sassenrath - Cole // Journal of cotton science - New York, 1997/ pp. 48 -60.
7. Рыклин, Д. Б. Моделирование технологических процессов переработки неоднородных волокнистых смесей : монография / Д. Б. Рыклин. - Витебск : УО «ВГТУ», 2006. 170 с.

REFERENCES

1. Markov, Y.I. (1973) Equipment for mixing bulk materials [Apparaty dlja smeshivaniya sypruchih materialov]. Mashinostroenie - Mechanical Engineering, 216 p.
2. Sevostianov, A.G. (1980) Methods and tools for the study of mechanics and processes of textile industry : a textbook for high schools [Metody i sredstva issledovaniya mehaniko- tehnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti]. Legkayaindustriya - Light industry, 392 p.
3. Navumenka, A.M., Ryklin, D.B. (2011) Modeling of doubling process of blended fibrous products [Modelirovanie processa slozheniya neodnorodnyh mnogokomponentnyh produktov], Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta - Vestnik of the Vitebsk State Technological University, (21), pp. 68 - 73.
4. Vasilev, R.A., Ryklin, D.B. (2011) Research of the properties of flax fibers in the process of production rotor flax yarn [Izuchenie svojstv l'njanogo volokna v tehnologicheskom processe proizvodstva chistol'njanoj prjazhi pnevmomehanicheskim sposobom prjadenija], Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta - Vestnik of the Vitebsk State Technological University, (20), pp. 16-23.
5. Harwood, R., Nusenbaum, V., Harwood, J. (2008) Cottonisation or Flax - International conference on flax and bast plants, London, pp. 118 - 128.
6. Bradow, J.Â., Wartelle, L.H., Bauer, P.J., Sassenrath -Cole, J.B. (1997) Small-sample cotton fiber quality quantitation - Journal of cotton science, pp. 48 -60.
7. Ryklin, D.B. (2006) Modeling process of processing heterogeneous fiber mixtures [Modelirovanie tehnologicheskikh processov pererabotki neodnorodnyh voloknistyh smesej]. Vestnikvitebskiy gosudarstvenniy tehnologicheskij universitet Vitebsk State Technological University, 170 p.

Статья поступила в редакцию 07.10.2013 г.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГРЕБНЕЧЕСАНИЯ

Д.Б. Рыклин, О.М. Катович

УДК 677.21.021.186+677.21.051.186

РЕФЕРАТ

ГРЕБНЕЧЕСАНИЕ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, НЕРОВНОТА, РАССОРТИРОВКА, ОТДЕЛЕНИЕ, ВОЛОКНИСТЫЙ ПРОДУКТ

Цель работы – создание компьютерной программы, позволяющей определять и оптимизировать параметры работы гребнечесального оборудования, а также прогнозировать комплексные результаты переработки полуфабрикатов прядильного производства.

На основании анализа работы гребнечесальной машины разработана имитационная модель процесса гребнечесания, учитывающая случайный характер процессов и свойств волокнистого продукта.

В процессе моделирования с использованием компьютерной программы, которая создана на основе разработанной модели, установлено, что учет возможности обрыва и проскальзывания волокон при воздействии на них рабочих органов гребнечесальных машин позволяет существенно приблизить получаемые результаты к данным о фактической рассортировке волокон.

В результате моделирования процесса гребнечесания получена имитационная модель рассортировки, отделения и спайки, учитывающая случайный характер процессов и свойств волокнистого продукта, и компьютерная программа на ее основе.

В производственных условиях доказана достоверность разработанной модели и подтверждена возможность ее использования для оптимизации технологического процесса гребнечесания при условии экспериментального определения значений коэффициентов модели.

В последние годы на текстильных прядильных предприятиях Республики Беларусь осуществляется широкомасштабная модернизация с установкой современного технологического оборудования, в связи с чем возникает необходимость детального исследования процессов производства пряжи и полотен.

ABSTRACT

COMBING, SIMULATION MODEL, UNEVENNESS, FIBRES LENGTH DISTRIBUTION, SLIVER

The simulation computer program that allows defining and optimizing the working setting parameters of combing machines for cotton processing is developed. The algorithm of the program does not depend on the kind of processed fibers and the type of combing machine. By simulating the following parameters are taken into account: fiber length and linear density, irregularity of these parameters, working settings of combing machine. The program allows to consider the possibility of breakage and slippage of fibers during combing process for compliance with the results of simulation to the actual of fibers length distribution. The adequacy of developed model is proved on the basis of analysis of the experimental results that were obtained in spinning mill.

Одним из наиболее сложных процессов прядильного производства, оказывающим значительное влияние на качественные показатели выпускаемой продукции, является процесс гребнечесания. С учетом технологических особенностей современных гребнечесальных машин и часто изменяющегося ассортимента

выпускаемой пряжи актуальной задачей является определение влияние свойств перерабатываемого сырья на рациональные значения параметров процесса гребнечесания. Однако проведение экспериментальных исследований в реальных производственных условиях в ряде случаев затруднено в связи с загруженностью оборудования и ускоренным износом отдельных регулировочных деталей при частой переналадке машин.

Одним из способов сокращения объема экспериментальных исследований является разработка математических моделей, описывающих технологические процессы. Разработке математической модели процесса гребнечесания посвящены теоретические работы отечественных и зарубежных ученых, таких как Н.А. Васильев [1], А.Г. Севостьянов [2], А.Н. Ванчиков [3], Л.Т. Музылев [4], Е.И. Битус [5], S.W. Lee [6], Lord E. [7], Belin R.E. [8], Shapiro H.N. [9], Byatt W.J. [10], Lynch L.C. [11], Tallan J.D. [12] и др. Полученные ими модели отличаются степенью сложности, количеством применяемых допущений, используемым математическим аппаратом. В большинстве случаев они применяются для определения влияния величины питания и разводки на производительность машины, выход гребенного очеса и качество прочеса.

Согласно теории гребнечесания все волокна холстика в зависимости от их длины могут быть разделены на 3 группы: прочес, очес и волокна неточно сортируемой группы [13].

Однако экспериментально установлено, что распределение волокон прочеса по длине, получаемое на основании применения известных теоретических формул [13], значительно отличается от фактического распределения при сохранении общих закономерностей процесса рассортировки.

Среди причин этого несоответствия главными являются следующие:

- обрыв передних кончиков волокон, зажатых в тисках, иглами (или зубьями) гребенного барабанчика;
- обрыв задних кончиков волокон, отделяемых в прочес, при их протаскивании между иглами верхнего гребня;
- проскальзывание длинных волокон в тисочном зажиме и попадание их в очес.

Анализируя существующие модели, можно сделать вывод, что на сегодня недостаточно подробно изучено влияние процессов разрыва и проскальзывания волокон в процессе гребнечесания на результаты рассортировки волокон по классам длины. Это приводит к тому, что фактическая диаграмма рассортировки существенно отличается от теоретически получаемых данных. Кроме того, большинство моделей характеризуются локальным характером описания процессов, протекающих на гребнечесальной машине, то есть некоторые модели позволяют исследовать процесс гребнечесания с точки зрения рассортировки волокон, а другие – с точки зрения формирования прочеса.

В связи с этим целью данной работы было создание имитационной модели позволяющей определять и оптимизировать параметры работы гребнечесального оборудования, а также прогнозировать комплексные результаты переработки полуфабрикатов прядильного производства.

Разработка предлагаемой имитационной модели процессов, осуществляемых на гребнечесальных машинах, основывалась на модификации классических подходов к моделированию волокнистых продуктов, рассортировки волокон по длинам в процессе гребнечесания и спайки отделенных порций.

Первым этапом моделирования являлось получение массива данных о волокнах, составляющих питающий холстик и подвергающихся гребнечесанию. С учетом ограниченных возможностей современных компьютеров было принято решение о моделировании не холстика в целом, а одной из лент, входящих в его состав, и распространении результатов моделирования на остальные ленты холстика.

В качестве математического аппарата для моделирования волокнистого продукта была использована так называемая модель “идеальной” или “случайной” ленты (модель Martindale). Эта модель является единственным теоретическим представлением, дающим количественную информацию, широко используемую на практике.

Волокнистый продукт представляется в виде пуассоновского потока, то есть считается, что вероятность появления ровно n передних (или задних) концов волокон в интервале $(t, t + \tau)$ находится по следующей формуле:

$$p_n = \frac{(\lambda\tau)^n e^{-\lambda\tau}}{n!}, \quad (1)$$

где λ – параметр потока волокон, равный математическому ожиданию числа передних концов волокон в единицу времени (или на единицу длины продукта), то есть интенсивность потока.

При моделировании принималось, что длина и линейная плотность волокна являются случайными величинами, характеризующимися нормальным законом распределения с заданными параметрами.

Однако стационарная модель потока в ряде случаев не позволяет получить результаты, которые соответствуют практическим результатам. Основной причиной несовпадения результатов является тот факт, что рандомизированная модель не учитывает преобразование продукта в процессах вытягивания и сложения. В то же время известно, что в процессе вытягивания биеение цилиндров, движение неконтролируемых волокон и ряд других явлений становятся причинами появления периодических составляющих неровноты. В связи с этим в разработанной модели предусмотрена возможность исследования процесса гребнечесания волокнистых продуктов, характеризующихся комбинированной неровнотой, включающей случайную и периодическую составляющую. В этом случае интенсивность потока λ описывалась периодической функцией координаты исследуемого сечения, то есть расстояния от данного сечения до начала моделируемого продукта [14].

Согласно разработанному алгоритму, моделирование волокнистого продукта, подвергающегося гребнечесанию, осуществляется следующим образом:

1. По закону Пуассона с учетом заданного закона изменения интенсивности потока генерируется количество концов волокон на каждом рассматриваемом участке продукта.

2. Для каждого волокна, передний конец которого приходится на рассматриваемый участок, генерируются длина и линейная плотность как случайные величины, распределенные по нормальному закону распределения с заданными характеристиками: математическим ожиданием и коэффициентом вариации.

3. С учетом координаты начала волокна и его

длины осуществляется добавление его линейной плотности к линейной плотности продукта на всех соответствующих его участках.

Таким образом, получаемый массив заполняется следующей информацией для каждого волокна продукта (холстика): длина, линейная плотность, координата переднего конца (расстояние от начала холстика до начала волокна).

На следующем этапе осуществляется моделирование процесса рассортировки с использованием расчетной схемы, представленной на рисунке 1, на который введем следующие обозначения координат концов волокна:

X – расстояние от конца бородачки до переднего конца волокна, мм;

Z – расстояние от заднего конца волокна до тисочного зажима $T-T$, измеренное вдоль волокна, мм.

Расстояние от заднего конца волокна до тисочного зажима с учетом принятых обозначений рассчитывается по формуле

$$Z = l_B + X - L_B, \quad (2)$$

где X – расстояние от конца бородачки до переднего конца волокна, мм; Z – расстояние от заднего конца волокна до тисочного зажима $T-T$, измеренное вдоль волокна, мм; l_B – длина исследуемого волокна, мм; L_B – длина бородачки, прочесываемой гребенным барабанчиком, мм.

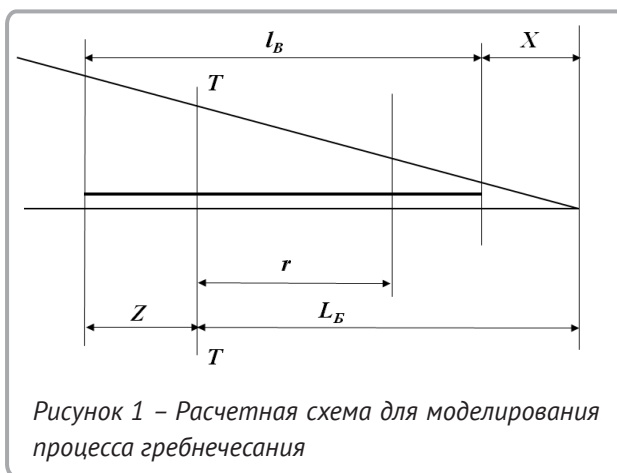


Рисунок 1 – Расчетная схема для моделирования процесса гребнечесания

Данные координаты уменьшаются в каждом следующем цикле на длину питания за счет подачи холстика вперед питающими цилиндрами. Если величина X меньше длины питания F , то в данном цикле волокно отделяется в прочес, и

его передний конец располагается на расстоянии XE_0 от начала отделенной порции, где E_0 – вытяжка в процессе отделения.

Для учета указанных недостатков традиционных моделей процесса гребнечесания в разрабатываемую математическую модель были внесены корректировки.

Учен тот факт, что волокна, прочесываемые гребенным барабанчиком, могут проскальзывать в тисочном зажиме. Однако принято допущение о том, что проскальзывание волокон может учитываться только в случае, когда длина участка волокна, зажатого в тисочном зажиме, меньше 5 мм. При этом вероятность проскальзывания повышается с уменьшением длины данного участка.

Допустим, что для волокна, координата Z которого больше либо равна 5 мм, вероятность проскальзывания в зажиме равна 0, то есть проскальзывание невозможно из-за надежного зажима волокна. Если величина Z меньше 5 мм (зажим ненадежный), для расчета вероятности проскальзывания будем использовать формулу

$$P_{\Pi} = \overline{P_{\Pi}} \frac{l_B - r - Z}{\overline{l_B} - r} \left(1 - \frac{Z}{5} \right), \quad (3)$$

где $\overline{P_{\Pi}}$ – средняя вероятность проскальзывания волокна, задний конец которого совпадает с тисочным зажимом; l_B – длина исследуемого волокна, мм; $\overline{l_B}$ – средняя длина волокна, мм; r – длина участка бородки, непрочесываемого гребенным барабанчиком в рассматриваемом цикле, называемого «мертвым пространством», мм.

При определении вероятности разрыва волокна в процессе чесания гребенным барабанчиком учитываются следующие факторы:

- обрыв волокна становится более вероятным с увеличением его участка, прочесываемого гребенным сегментом;
- вероятность разрыва повышается при снижении коэффициента зрелости волокна. Косвенной характеристикой зрелости можно считать линейную плотность волокна.

В связи с этим вероятность разрыва волокна при чесании гребенным барабанчиком определяется по формуле

$$P_{PB} = \overline{P_{PB}} \frac{L_B - r - X}{L_B - r} \cdot \frac{\overline{T_B}}{T_B}, \quad (4)$$

где $\overline{P_{PB}}$ – средняя вероятность разрыва волокна, передний конец которого совпадает с концом бородки; T_B – линейная плотность волокна, текс; $\overline{T_B}$ – средняя линейная плотность волокна, текс.

Координата начала каждого из моделируемых волокон X для расчета разрыва и проскальзывания определяется как

$$X = X_0 - F \cdot (n - 1), \quad (5)$$

где X_0 – расстояние от начала холстика (в первом моделируемом цикле) до переднего конца моделируемого волокна; n – номер цикла от начала процесса моделирования; F – длина питания за один цикл, мм.

В тех случаях, когда выполняется условие $X > L_B - r$, волокно не рвется и не проскальзывает, так как в данном цикле не прочесывается гребенным барабанчиком.

Если в результате моделирования установлено, что волокон обрывается в результате воздействия гребенного барабанчика, координата разрыва определяется как случайная величина, равномерно распределенная в пределах «мертвого пространства». В результате обрыва волокно разделяется на две части, первая из которых попадает в очес в данном цикле, а вторая остается зажатой в тисках. С учетом длины второй части волокна и ее расположением относительно тисков в последующие циклы моделирования определяется последующая возможность попадания в очес или прочес. То есть в следующих циклах моделирования оставшаяся часть волокна рассматривается как отдельное волокно меньшей длины.

Вероятность разрыва волокон при чесании верхним гребнем определяется как

$$P_{PG} = \overline{P_{PG}} \cdot \frac{\overline{T_B}}{T_B}, \quad (6)$$

где $\overline{P_{PG}}$ – средняя вероятность разрыва волокна при чесании верхним гребнем.

В формуле (6), так же как и в формуле (4), принято допущение о том, что вероятность обрыва снижается с увеличением коэффициента зрелости волокна, косвенно учитываемого через его линейную плотность. Координата точки разрыва волокна определяется как случайная величина, равномерно распределенная на всей длине волокна. Это связано с тем, что обрыв может произойти на участке от верхнего гребня до заднего отделительного зажима, через который проходят все рассматриваемые участки волокна.

В результате разрыва волокно разделяется на две части, первая из которых обязательно попадает в прочес, а вторая – в очес.

Кроме рассортировки необходимо осуществлять моделирование процесса спайки, то есть формирования ватки прочеса из отделенных порций.

Допустим, что передний конец рассматриваемого волокна находится на расстоянии X от конца бородки. После отделения, если данное волокно попадает в прочес, его передний конец оказывается на расстоянии, рассчитываемом по формуле

$$X_{II} = X \cdot E_0, \quad (7)$$

где E_0 – вытяжка порции в процессе отделения.

Так как вытяжку при отделении невозможно измерить непосредственно на гребнечесальной машине, ее необходимо рассчитывать по формуле

$$E_0 = \frac{\Delta}{F}, \quad (8)$$

где Δ – перемещение прочеса вперед в процессе отделения, мм; F – длина питания за один цикл, мм.

Если передний конец волокна располагается на расстоянии от X_0 от начала холстика, то его задний конец располагается на расстоянии $(X_0 + l_B)$. Данное волокно будет отделяться в прочес в цикле, когда выполняется условие

$$X + l_B < L_B. \quad (9)$$

С учетом условия (9) цикл, в котором волокно переходит из холстика в отделенную порцию,

можно рассчитать как целую часть числа:

$$N = \frac{(X_0 - R - A + \alpha F + l_B)}{F + l}, \quad (10)$$

где R – разводка, то есть минимальное расстояние между нижней губкой тисков и задним зажимом отделительного прибора, мм; A – расстояние, на которое тиски смещаются к отделительному прибору в течение процесса отделения, мм; α – момент питания, то есть доля длины питания, на которое питающие цилиндры подадут холстик вперед до начала процесса отделения.

Рассматриваемое волокно будет находиться от начала прочеса на расстоянии

$$X_{III} = (N - 1) \cdot L_3 + X \cdot E_0, \quad (11)$$

где L_3 – длина эффективной подачи прочеса за цикл, мм.

На основе приведенных формул разработан алгоритм моделирования, то есть имитационная модель процесса гребнечесания, которая легла в основу компьютерной программы. Программа написана на языке Java с учетом формул, приведенных выше.

Работа программы включает следующие этапы:

- моделирование отрезка холстика определенной длины и линейной плотности, состоящего из волокон, параметры которых являются случайными величинами, распределенными по заданным законам;
- моделирование процессов гребнечесания, отделения и спайки порций с учетом введенных параметров работы машины;
- оптимизация параметров работы гребнечесальной машины в пределах заданного диапазона изменения технологических режимов (при необходимости).

На основании приведенных формул и допущений программа позволяет получать распределение волокон по длине в холстике, порции, прочесе, очесе, а также градиент неровноты холстика и прочеса по линейной плотности, определять выход гребенного очеса.

Рассмотрим результаты моделирования процесса гребнечесания при следующих характери-

стиках волокон холстика и параметрах процесса гребнечесания:

- средняя длина волокна – 26 мм;
- коэффициент вариации по длине волокна – 30 %;
- средняя линейная плотность волокна – 0,183 текс;
- коэффициент вариации по линейной плотности волокна – 35 %;

- длина питания – 5,2 мм;
- разводка между нижней губкой тисков и задним отделительным зажимом – 21,5 мм.

При моделировании принято, что холстик характеризуется случайной неровностью, то есть периодическая составляющая неровности отсутствует. Результаты моделирования рассортировки волокон в процессе гребнечесания представлены в таблице 1.

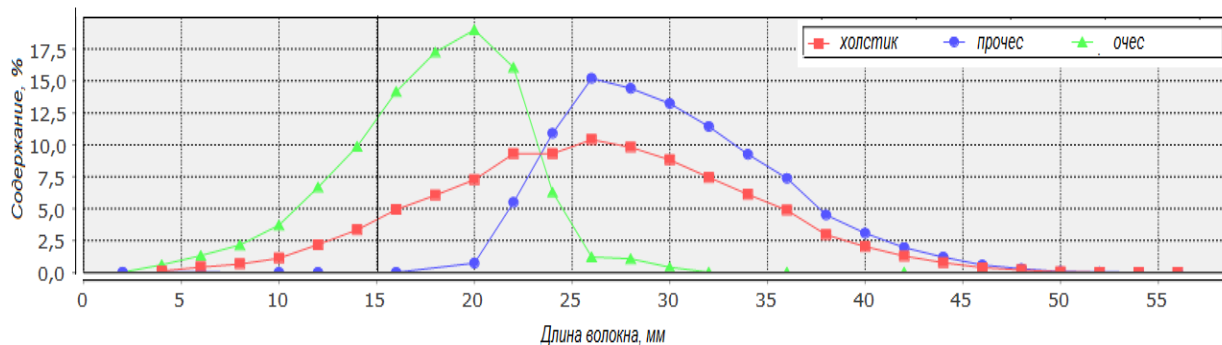


Рисунок 2 – Диаграммы распределения волокон в холстике, очесе и прочесе по классам длины

Таблица 1 – Данные о рассортировке волокон в процессе гребнечесания, полученные с помощью программы моделирования

Наименование показателя	Значение показателя			
	Для холстика	Без учета разрыва и проскальзывания	С учетом разрыва волокон	С учетом разрыва и проскальзывания волокон
Штапельная длина волокон в прочесе, мм	35,5	35,5	35,5	35,5
Модальная длина волокон в прочесе, мм	26,0	26,0	26,0	26,0
Содержание коротких волокон в очесе (по массе), %	-	50,5	53,19	48,4
Содержание коротких волокон в прочесе (по массе), %	-	0	0,045	0,032
Содержание коротких волокон в очесе (по количеству), %	-	67,07	68,44	65,83
Содержание коротких волокон в прочесе (по количеству), %	-	0	0,123	0,125
Средняя линейная плотность волокон в холстике, мтекс	183	-	-	-
Средняя линейная плотность волокон в прочесе, текс	-	226	226	226
Средняя линейная плотность волокон в очесе, текс	-	122	128	130
Коэффициент вариации по длине волокон в прочесе, %	25,5	19,3	19,4	19,4
Выход гребенных очесов, %	-	13,78	15,27	16,07
Доля (по массе) разорванных волокон при чесании гребенным барабанчиком, %	-	-	1,284	1,021
Доля (по массе) разорванных волокон при чесании верхним гребнем, %	-	-	0,111	0,101
Количество длинных волокон, выделившихся в очес из-за проскальзывания в тисочном зажиме, %	-	-	-	2,06

Анализируя данные таблицы 1 и рисунка 2, можно отметить, что возможность проскальзывания волокон в тисочном зажиме приводит к увеличению выхода гребенных очесов с 13,78 % до 16,07 %. Также можно по представленным диаграммам отметить наличие длинных волокон в очесе и коротких волокон в прочесе, что соответствует реальным условиям процесса гребнечесания.

Адекватность разработанной имитационной модели можно показать, сопоставляя полученные данные с результатами экспериментальных исследований, проведенных при исходных условиях, которые были приняты при моделировании. Оценка качества полуфабрикатов и гребенного очеса проведена с использованием прибора AFIS PRO2 фирмы Uster Technologies AG (Швейцария). Результаты испытания полуфабрикатов и гребенного очеса приведены в таблице 2.

Сопоставляя данные, представленные в таблицах 1 и 2, можно отметить следующее:

- отклонение расчетного значения штапельной длины волокон прочеса от фактического значения составляет 0,9 мм или 2,6 %;
- расчетный выход гребенного очеса превышает фактическое значение на 0,87 %, то есть в 1,03 раза.

На основании этого можно сделать вывод, что результаты моделирования по указанным показателям хорошо согласуются с опытными данными. Таким образом, установлено, что разработанная модель может быть использована для исследований и оптимизации технологического процесса гребнечесания.

По таким показателям, как линейная плотность волокна и коэффициент вариации по длине волокна в очесе и прочесе, установлены более существенные расхождения расчетных и фактических данных при совпадении основных тенденций. Так, учет влияния линейной плотности волокон в разработанной модели на вероятность их разрыва привел к тому, что средняя линейная плотность волокон очеса существенно снизилась по сравнению со значением данного показателя для холстика со 183 до 130 мтекс. Данная закономерность подтверждается результатами экспериментальных исследований (линейная плотность холстика 183 мтекс, а очеса – 150 мтекс). Для более точного прогнозирова-

ния результатов рассортировки волокон различной степени зрелости на следующем этапе работы модель будет доработана.

Необходимо также отметить, что для получения результатов моделирования, соответствующих фактическим данным, значения вероятности разрыва и проскальзывания волокон должны устанавливаться на основании предварительно получаемых экспериментальных данных. Возможность использования в модели экспериментальных результатов повышает ее гибкость и позволяет учитывать особенности конкретного технологического оборудования, его технического состояния, а также эффективности процессов подготовки волокнистого материала к процессу гребнечесания в реальных производственных условиях.

Таблица 2 – Результаты испытания полуфабрикатов и гребенного очеса, проведенные с использованием прибора AFIS

Наименование показателя	Значение показателя		
	для холстика	для прочеса	для очеса
Средняя длина волокна, мм	25,9	26,2	13,8
Коэффициент вариации средней длины, %	32	30,7	53
Штапельная длина волокна, мм	33,8	34,6	20,2
Линейная плотность волокна, мтекс	183	190	150
Коэффициент вариации по длине волокон, %	32	30,7	53
Показатель зрелости волокна	0,97	1,0	0,77
Содержание незрелых волокон, %	4,4	4,1	11,1
Выход очеса, %	-	-	15,2

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа работы гребнечесальной машины разработана имитационная модель рассортировки, отделения и спайки, учитывающая случайный характер процессов и свойств волокнистого продукта.

2. В процессе моделирования с использованием компьютерной программы, которая создана на основе разработанной модели, установлено, что учет возможности обрыва и проскальзывания волокон при воздействии на них рабочих органов гребнечесальных машин поз-

воляет существенно приблизить получаемые результаты к данным о фактической рассортировке волокон.

3. На основании анализа результатов экспериментального исследования в производственных условиях доказана достоверность разработанной модели и подтверждена возможность ее использования для оптимизации технологического процесса гребнечесания при условии экспериментального определения значений коэффициентов модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, Н. А. Механическая технология волокнистых веществ. Харьков, 1902. 688 с.
2. Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – Москва: Легкая индустрия, 1980. 392 с.
3. Ванчиков, А. Н. Анализ технологического процесса на гребнечесальных машинах разных конструкций. Москва, 1941. 688 с.
4. Музылев, Л. Т., Яковлев, И. К. Усовершенствование процесса гребнечесания шерсти. Москва : Легкая индустрия, 1970. 196 с.
5. Битус, Е. И. Моделирование рассортировки волокон шерсти по длине при гребнечесании с учетом их разрыва. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2002, №6, 28-32 с.
6. Lee, S. W. A probability model for random fibre breakages. Textile research journal. - P. I. 1967. - Vol. 37, № 10. - P. 860-879.
7. Lord, E. Some observations on fibre breakage in the ginning of cotton. Journal of the Textile Institute. - 1963. - Vol. 54, № 2. - P. 69-73.
8. Belin, R. E. Directional effects in worsted rectilinear combing. Journal of the Textile Institute. - 1967. - Vol. 58, № 4. - P. 31-35.
9. Shapiro, H. N. Mathematical aspects of cotton fibre length distribution under various breakage models. Textile research journal. - 1964. - Vol. 34, № 4. - P. 303-307.
10. Byatt, W. J. Changes in the weight distribution of fibre length of cotton as a result of random fibre breakage. Textile research journal. - 1958. - Vol. 58, № 5. - P. 415-421.
11. Lynch, L. C. An instrument for rapid automatic measurement of fibre fineness distribution. Textile research journal. - 1976. - Vol. 46. - P. 633-660.
12. Tallant, J. D. Breakage model and measuring technique for fibre length distribution. Textile re-search journal. - 1968. - Vol. 38, № 3. - P. 149-155.
13. Рыклин, Д. Б. Технология и оборудование для производства волокнистой ленты; УО «ВГТУ». - 2008. Витебск: УО «ВГТУ», 268 с.
14. Рыклин, Д. Б. Моделирование технологических процессов переработки неоднородных волокнистых смесей. Витебск : УО «ВГТУ», 2006. 170 с.

REFERENCES

1. Vasiliev, N.A. (1902). Mechanical technology of fibrous materials. [Mehanicheskaja tehnologija voloknistyh veshhestv] Kharkov, 688 p.
2. Sevostianov, A.G. (1980). Methods and tools for the research of mechanics and technological processes of textile industry: a textbook for high schools [Metody i sredstva issledovanija mehaniko-tehnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti] Moscow: Light industry [Legkaja industrija], 392 p.
3. Vanchikov, A.N. (1941). Analysis of the process on combing machines of different designs [Analiz tehnologicheskogo processa na grebnechesal'nyh mashinah raznyh konstrukcij] - Moscow. 688 p.
4. Muzylev, L.T, Yakovlev, I.K. (1970). The improving of wool combing. [Uovershenstvovanie processa grebnechesanija shersti] Moscow: Light Industry [Legkaja industrija], 196 p.
5. Bitus, E. I. (2002). Simulation of the sorting of wool fibres during combing taking into account their breakage. [Modelirovanie rassortirovki volokon shersti po dline pri grebnechesanii s uchetom ih razryva]. Math. universities. Technology of Textile Industry [Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti]. (6), pp. 28-32.
6. Lee, S.W. (1967). A probability model for random fibre breakages. Textile research journal. P. I. - Vol. 37, (10), pp. 860-879.
7. Lord, E. (1963). Some observations on fibre breakage in the ginning of cotton. Journal of the Textile Institute. -Vol. 54, (2), pp. 69-73.
8. Belin, R.E., Taylor D.S. (1967). Directional effects in worsted rectilinear combing. Journal of the Textile Institute. - Vol. 58, (4), pp. 31-35.
9. Shapiro, H.N., Spare G. (1964). Mathematical aspects of cotton fibre length distribution under various breakage models. Textile research journal. -Vol. 34, (4), pp. 303-307.
10. Byatt, W.J., Elting J.H. (1958). Changes in the weight distribution of fibre length of cotton as a result of random fibre breakage. Textile research journal. - Vol. 58, (5), pp. 415-421.
11. Lynch, L.C., Michie H.A. (1976). An instrument for rapid automatic measurement of fibre fineness distribution. Textile research journal. -Vol. 46. pp. 633-660.
12. Tallant, J.D. (1968). Breakage model and measuring technique for fibre length distribution. Textile research journal. - Vol. 38, (3). pp. 149-155.
13. Ryklin, D.B. (2008). Technology and equipment for fibrous sliver manufacturing [Tehnologija i oborudovanie dlja proizvodstva voloknistoj lenty]; Vitebsk: VSTU [Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet], 268 p.
14. Ryklin, D.B. (2006) Modeling of technologies of fiber blend processes [Modelirovanie tehnologicheskikh processov pererabotki neodnorodnyh voloknistyh smesej]: monograph Vitebsk: VSTU, [Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet], 170 p.

Статья поступила в редакцию 09.09.2013 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА БИООБРАБОТКИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ

Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская

УДК 677.11.027.62

РЕФЕРАТ

В статье рассматривается технология биобработки льняных тканей периодическим и полунепрерывным методами на базе производственного оборудования РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Определена эффективность применения каждого метода, проведен сравнительный анализ свойств полотен до и после ферментной обработки.

Использование биотехнологических режимов при заключительной отделке льносодержащих тканей и изделий требует высокой культуры производства [1]. Необходимо учитывать, что ферментативные препараты эффективны в очень узких температурных интервалах, несовместимы со многими химическими реагентами, имеют ограниченные сроки хранения и строгие условия эксплуатации.

Активность ферментов сильно зависит от pH среды, что связано с амфотерной природой белков и, следовательно, ферментов. Большинство ферментов имеют оптимальную активность при pH среды, близкой к нейтральной (5,0 – 8,0). Влияние концентрации водородных ионов на каталитическую активность ферментов выражается в разной степени воздействия ферментов на активный центр, то есть ту часть молекулы фермента, в которой происходит связывание и превращение субстрата [2].

Варьируя условиями проведения процесса обработки и составом энзимсодержащей композиции, можно целенаправленно воздействовать на полимерную макромолекулу целлюлозы, обеспечивая эффекты «биополировки», «поношенности» и умягчения.

Технологический процесс энзимной обработки может быть как периодическим (промышленные стиральные машины) для обработки готовых изделий, либо красильно-роликовые машины (джиггера) для обработки рулонных материалов, так и полунепрерывным (линия, состоящая из пропиточных и промывных машин), но с обязательным условием последующей меха-

ABSTRACT

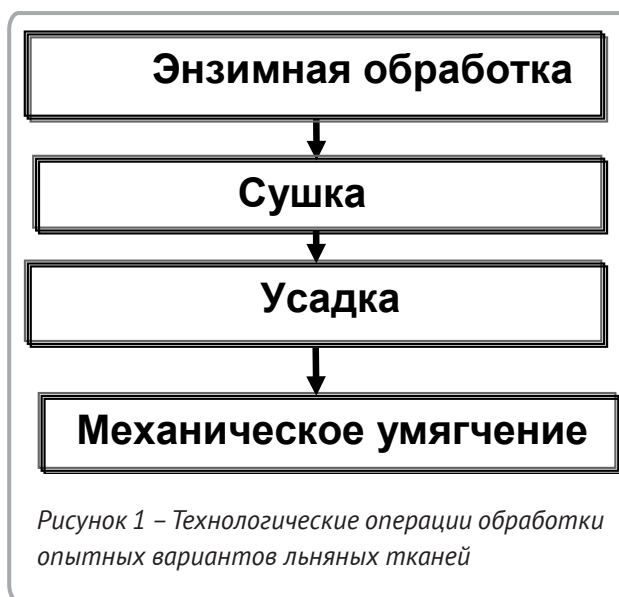
The article is devoted to investigation of the enzyme finishing technology of linen fabrics by two methods: periodic and semicontinuous on equipment of Orsha Linen Mill. The efficiency of each method was determined, the fabrics properties before and after enzyme finishing were analysed.

нической активации процесса (например AIRO, ворсовальные машины и др) [3].

С целью изучения возможности получения умягченных, с эффектом «легкий уход» и «стирай-носи» рулонных льняных тканей и готовых изделий, в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» проведены экспериментальные исследования процесса обработки тканей энзимными препаратами (целлюлазы и их композиции с амилазами фирмы «Clariant»). Это новый вид заключительной отделки льняных материалов в условиях данного предприятия.

Объектом исследований являлись льняные ткани двух артикулов, заправочные характеристики которых представлены в таблице 1:

- вариант 1 – арт. 4с33-Шр+Гл обр. 491;
- вариант 2 – арт. 11с402-Шр+Гл обр. 2-101.



Технологический режим обработки материала выбирался исходя из производственных возможностей предприятия и состоял из следующих операций, представленных на рисунке 1.

Исследования по энзимной обработке полотна проводились периодическим и полупрерывным способами. Отличительной особенностью способов является технологическое оборудование, используемое для энзимной обработки.

Таблица 1 – Заправочные характеристики опытных вариантов тканей

Показатель	Значение параметра	
	арт. 4с33-Шр+Гл обр.491	арт.11с402-Шр+Гл обр. 2-101
Переплетение	полотняное	полотняное
Сырьевой состав и линейная плотность пряжи (основа, уток)	Пряжа льняная мокрого прядения 56 текс	Пряжа очесовая мокрого прядения 58 текс ВО бел.
Масса 1 м ² , г	175	195
Масса 1 пог. м., г	293	293
Число нитей/ 10 см		
	по основе	180
по утку	138	142

Технология периодического способа отделки позволяет использовать следующий тип оборудования:

1. Энзимная обработка тканого материала осуществлялась на красильно-роликовой машине фирмы Thies. В качестве энзима использован препарат Бактозоль CNX (фирмы Clariant) с минимальной концентрацией. Модуль ванны 1:10. После часовой обработки материала проведена дезактивация фермента с последующей промывкой ткани.

2. Сушка материала проводилась на сушильно-ширильной машине «Textima 5» в 2 прохода: 1 проход – обычная сушка с водой; 2 проход – сушка с химическим умягчением. В качестве

мягчителя использовали препарат EvoSoft. Температура воздуха в секциях сушильной машины варьировалась от 107 до 150 °С.

3. Для придания ткани окончательных размеров проведена обработка материала на тканеусадочной машине ТУМ ф. Сибитекс (Италия). Скорость проводки материала 50 м/мин.

4. Механическое умягчение материала на машине "AIRO 24" ф. Бианкаланк. Скорость движения материала 8 м/мин, температура рабочего воздуха в двустороннем эжекторе 110 – 120 °С, реверсивное движение ткани в эжекторе с интервалом между инверсиями 3 секунды.

Эффективность энзимной обработки материала оценивалась путем сравнения физико-механических свойств тканей двух образцов до и после обработки. Результаты исследований свойств материала представлены на рисунках 2 – 5.

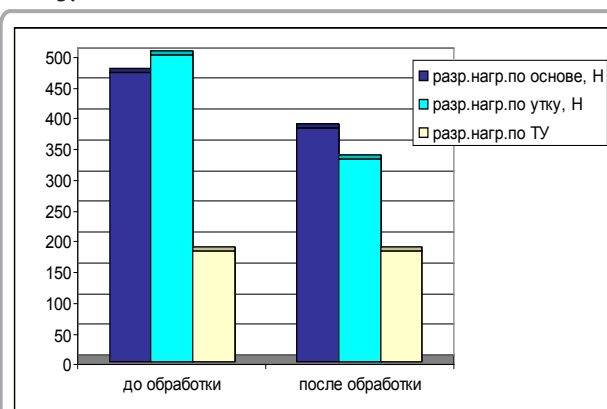


Рисунок 2 – Разрывная нагрузка ткани арт. 4с33-Шр+Гл (обр. 491)

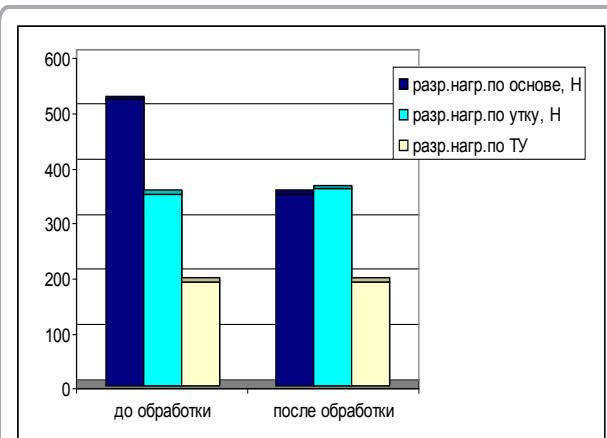


Рисунок 3 – Разрывная нагрузка ткани арт. 11с402-Шр+Гл (обр. 2-101)

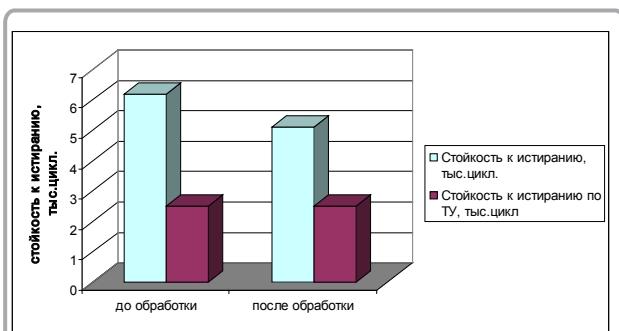


Рисунок 4 – Показатель стойкости к истиранию для тканей двух артикулов

Анализ прочностных характеристик двух вариантов ткани показывает потерю прочности ткани обр. 491 (арт. 4с33-Шр+Гл) на 20 %, обр.2-101 (арт. 11с402-Шр+Гл) – на 30 %, однако при сравнении с ТУ прочность у обработанных образцов в 2 раза больше нормированной. Аналогичная картина по показателю стойкости к истиранию. При сравнении суровой ткани с образцами, обработанными энзимами, можно отметить повышение коэффициента драпируемости в среднем на 25 – 30 %.

Органолептическая оценка образцов показывает наличие мягкого грифа после enzymной обработки, при смятии ткани имеют мягкие округлые складки без острых углов.

Таким образом, обработка льняных материалов enzymными препаратами в сочетании с механической активацией позволяет увеличить мягкость полотен с незначительной потерей прочности.

Проведены экспериментальные исследования процесса enzymной отделки опытных вариантов ткани путем нанесения enzymного препарата на ткань с последующей ее вылежкой в течение 24 часов. Целью проведенных исследований являлось определение возможности enzymной обработки льняных тканей полунепрерывным способом. Полунепрерывный способ заключается в пропитке ткани раствором enzymного препарата определенной концентрации с последующей накаткой в рулон и вылежкой при комнатной температуре в течение установленного времени. Полунепрерывный способ является менее производительным, однако менее энергоемким. Подготавливались 4 варианта льняной ткани арт. 4с33-Шр+Гл, которые пропитывались ферментным препаратом Бактозоль

CNX (фирмы Clariant) с концентрацией 3 % от массы материала. Каждый пропитанный вариант ткани скручивали в виде рулона, сверху закрывали полиэтиленом, выдерживали в темном месте при комнатной температуре (20°C) в течение определенного времени:

- 1 вариант – ткань вылеживалась 2 часа;
- 2 вариант – время вылежки 6 часов;
- 3 вариант – время вылежки 10 часов;
- 4 вариант – время вылежки 24 часа.

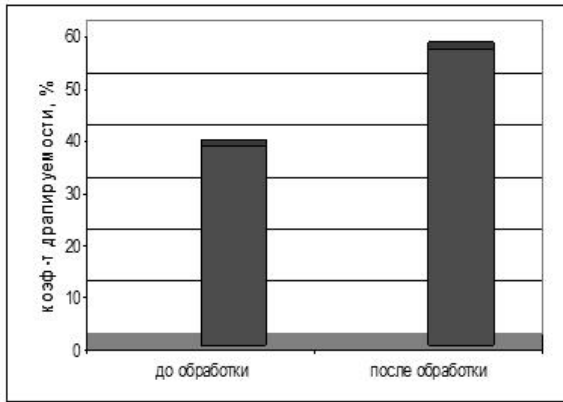
После enzymной обработки ткань дезактивировали от действия enzymного препарата, а затем промывали холодной водой и высушивали. Впоследствии образцы ткани подвергались усадке и механическому мягчению (порядок операций аналогичен схеме, представленной на рис. 1).

Проведены исследования физико-механических свойств полученных вариантов ткани после enzymной обработки, результаты которых представлены на рисунках 6 и 7.

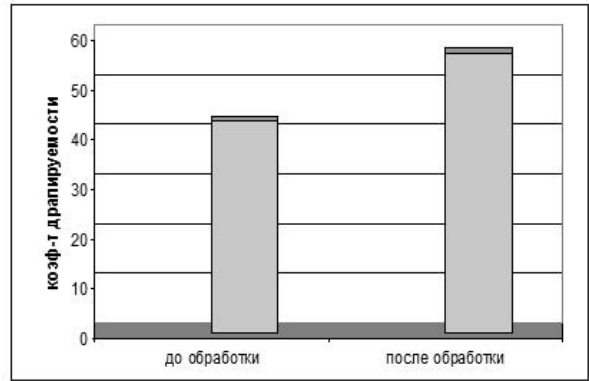
Анализ гистограмм показывает, что enzymный препарат проявляет свою активность при комнатной температуре при длительном воздействии на образец – в течение 24 часов. Это подтверждается падением разрывной нагрузки по основе на 7 %, по утку – на 30 %. Меньшее время воздействия фермента не отражается на свойствах исследуемого материала. Поэтому последующей операции по механическому мягчению подвергался образец ткани после 24-часового воздействия ферментным препаратом.

Проведены исследования физико-механических свойств льняной ткани, прошедшей все этапы химического и механического мягчения (рис. 1), результаты исследований представлены на рисунке 8.

В результате проведенных исследований установлено, что для достижения требуемых эффектов «биополировки», «поношенности» и умягчения рекомендуется производить ферментную обработку льняных тканей периодическим способом с последующим химическим умягчением силиконсодержащими препаратами и механическим воздействием на полотно. Практическая значимость полученных результатов подтверждается актом внедрения биотехнологического способа обработки льняных тканей периодическим способом на РУПТП «Оршанский льнокомбинат».



арт. 4с33-Шр+Гл (обр.491)



арт. 11с402-Шр+Гл (обр.2-101)

Рисунок 5 – Коэффициент драпируемости двух образцов тканей

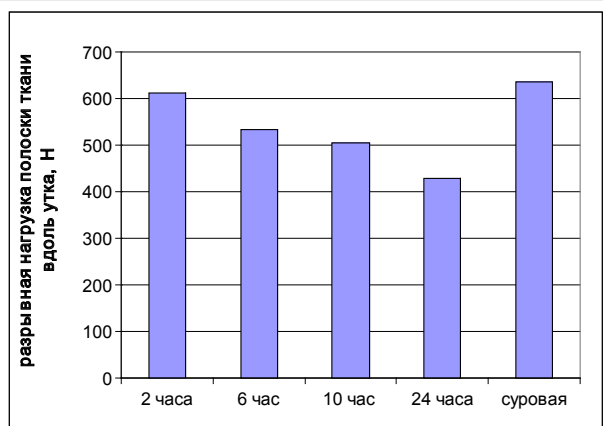
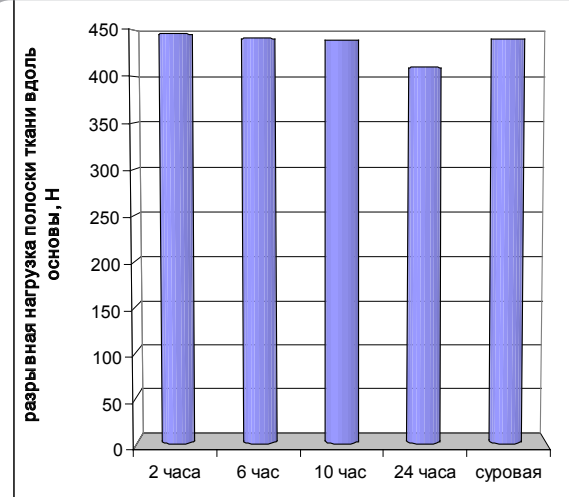


Рисунок 6 – Разрывная нагрузка опытного образца ткани арт. 4с33-Шр+Гл

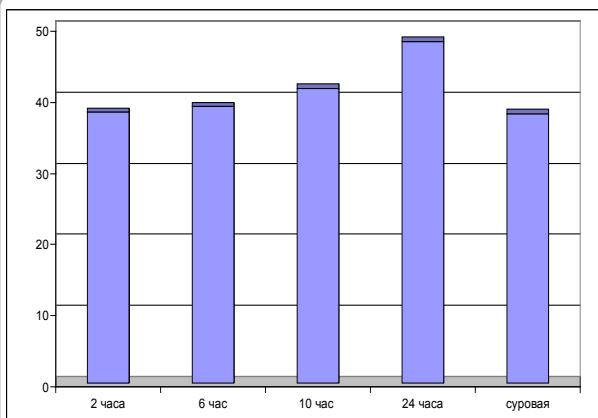


Рисунок 7 – Коэффициент драпируемости опытных образцов ткани арт. 4с33-Шр+Гл

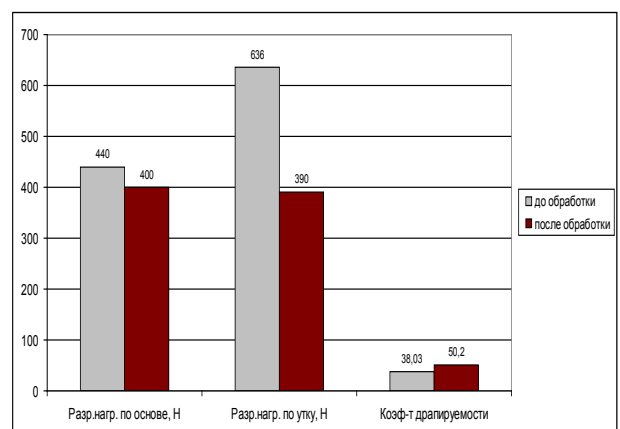


Рисунок 8 – Физико-механические свойства образца ткани арт. 4с33-Шр+Гл, обработанного полунепрерывным способом

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьева, В. Отделка льняных тканей, проблемы и пути их решения / В. Афанасьева, В. Переволоцкая, Т. Башилова // Русская мануфактура. – 2000. – № 2. – С. 26-28.
2. Чешкова, В. А. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха : учебное пособие для вузов / В. А. Чешкова. – Иваново : ГОУВПО «ИГХТУ», 2007. – 289 с.
3. Мельников, Б. Н. Современное состояние и перспективы использования биохимических процессов в текстильной промышленности / Б. Н. Мельников, А. В. Чешкова, В. И. Лебедева // Текстильная химия. – 1998. – №1(13). – С.70 - 83.
4. Шибашова, С. Ю. Льняные ткани нового поколения: мягкость, комфорт, практичность / С. Ю. Шибашова, А. В. Чешкова, А. В. Кузьмин // Текстильная промышленность. – 2002. – №8 - С. 29 - 30.

Статья поступила в редакцию 27.02.2013 г.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРЯДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРМИРОВАННЫХ ШВЕЙНЫХ НИТОК

Н.В. Ульянова

УДК 677.072.6:687.023 – 037.4

РЕФЕРАТ

АРМИРОВАННЫЕ ШВЕЙНЫЕ НИТКИ, АССОРТИМЕНТ, КОМПЛЕКСНАЯ ПОЛИЭФИРНАЯ НИТЬ, ПОЛИЭФИРНОЕ ВОЛОКНО, НЕРОВНОТА.

Объект исследований – полиэфирные армированные нити линейной плотности 16,7 текс для швейных ниток ЛЛ и технологические процессы их производства.

Использованные методы – спектральный анализ неровноты продуктов прядения, методы математического планирования эксперимента и статистической обработки данных.

Результаты работы – в результате проведенных исследований определены направления повышения качества армированных нитей для швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ.

Область применения результатов – текстильная промышленность.

Выводы – в ходе проведения экспериментальных исследований выявлено, что существенное повышение качества армированных нитей достигается при снижении линейных плотностей ленты и ровницы, а также при повышении частной вытяжки в зоне предварительного вытягивания вытяжного прибора кольцевой прядильной машины.

На основании анализа результатов проведенных экспериментальных исследований определен оптимальный диапазон натяжения стержневой комплексной нити, поступающей под переднюю пару вытяжного прибора, обеспечивающий максимальную разрывную нагрузку и минимальную неровноту по свойствам армированной нити.

Произведенные при указанных заправочных параметрах армированные полиэфирные нити были переработаны в ассортимент швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ. Испытания выработанных швейных ниток доказали эффективность применения разработанных рекомендаций.

ABSTRACT

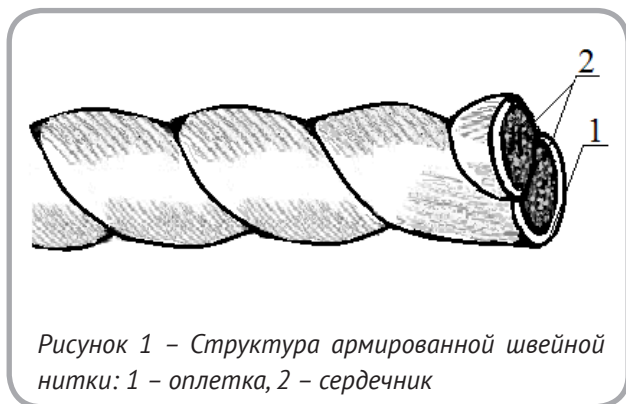
The work devoted to complex research of the production technology of reinforced sewing threads 35 LL. These threads consist from two core-spun polyester yarns of linear density 16,7 tex.

Machine setting parameters were recommended for improving the quality of core-spun yarns for sewing threads manufacturing. The influence of ring spinning machine settings parameters on core-spun yarns properties was determined. It was recognized that the substantial increase of the yarn quality is achieved by reduction of slivers and rovings linear densities. The optimal range of the input tension of polyester filament yarn in the core-spun yarns production was determined.

The trials of produced sewing thread have proven the efficiency of the developed recommendations.

Анализ ассортимента швейных ниток, используемых в настоящее время на швейных предприятиях Республики Беларусь, показал, что далеко не все виды ниток нашли широкое применение. В последние годы наблюдается тенденция к замене хлопчатобумажных швейных ниток на синтетические нитки различной структуры [1]. Наибольшее распространение получили комбинированные (армированные) швейные нитки. Армированные полиэфирные швейные нитки состоят нескольких скрученных между собой стренг, каждая из которых содержит стержневую высокопрочную комплексную полиэфирную нить 2, покрытую полиэфирными волокнами 1 (рисунок 1).

Востребованность указанного вида ниток можно объяснить тем, что они не вызывают затруднений при использовании их на высокоскоростных швейных машинах, которыми сегодня преимущественно оснащены потоки швейных предприятий, обеспечивая получение прочных, устойчивых к различным деформациям швов при изготовлении и эксплуатации изделий. Кроме того, потребность в армированных швейных нитках вызвана расширением производства текстильных материалов из химических волокон и нитей, так как для улучшения эксплуатационных показателей готовой продукции при пошиве изделий из таких тканей необходимо использовать нитки из аналогичного сырья.



За последние годы в области технологии армированных швейных ниток учеными проведены исследования, направленные на изучение влияния параметров работы кольцевой прядильной машины [2, 3] на свойства армированной пряжи. Полушкиным А. А. исследовано изменение упруго-релаксационных свойств армированных швейных ниток под воздействием статических и

динамических нагрузок с различными амплитудно-частотными характеристиками [4]. Чельшевым С. В. разработана технология производства и ассортимент армированной бикомпонентной пряжи, отличающейся от известной более прочным закреплением оплетки на стержневой нити, повышенной прочностью и равномерностью вследствие введения в треугольник кручения двух комплексных составляющих [5]. Большое количество работ направлено на исследование и разработку технологического процесса отделки швейных ниток. Тудияровой И. В. разработан процесс отделки швейных ниток в пенной среде [6], Виноградовой А.И. исследовано изменение свойств окрашенных полиэфирных швейных ниток под воздействием микроорганизмов [7]. Каплун Ю. П. и Наумова Н. В. для придания готовым продуктам новых фрикционных и электрофизических свойств обрабатывали полуфабрикаты прядильного производства замасливающими и авиважными составами [8, 9].

Однако, несмотря на широкое распространение технологии армированных швейных ниток, специалисты текстильных предприятий используют в основном практический опыт и традиционный подход для решения задач, что вызывает снижение качества вырабатываемой пряжи.

За последние годы проведена широкомасштабная модернизация оборудования, в том числе и для производства швейных ниток. Однако существующий ассортимент выпускаемых швейных ниток пока не полностью удовлетворяет потребностям отечественных предприятий.

В связи с расширением ассортимента армированной пряжи и снижением ее линейной плотности сложилась необходимость продолжения исследований по данному направлению с применением технологического оборудования, установленного на отечественных прядильных предприятиях.

Таким образом, изыскание рациональных параметров работы текстильного оборудования для выработки армированных швейных ниток является актуальной задачей.

Объектом исследований в данной работе являлись полиэфирные швейные нитки торгового номера 35 ЛЛ, технология производства которых включает изготовление армированных нитей линейной плотности 16,7 текс, формирование из них крученых нитей 16,7 текс×2, их крашение и

перематывание на товарные паковки.

На первом этапе исследований на основе анализа спектров неровноты армированных полиэфирных швейных ниток сделано предположение, что одной из проблем, препятствующих повышению их качества, является обрывность полиэфирных волокон, составляющих их волокнистое покрытие [10 – 12].

Химические волокна характеризуются повышенной прочностью и равномерностью по свойствам. Проблема их обрывности возникает в случае переработки на прядильном оборудовании волокон пониженной линейной плотности (менее 0,17 текс). Так, например, при производстве швейных ниток 35 ЛЛ целесообразно применять полиэфирное волокно линейной плотности 0,11 текс, что позволяет увеличить количество волокон в сечении армированной нити до 52 волокон (при линейной плотности покрытия 5,7 текс), обеспечивая при этом полное покрытие комплексной нити волокном даже на тех участках, где количество волокон минимально. Однако уменьшение линейной плотности волокна ведет к снижению их прочности, что впоследствии приводит к обрывности волокон в процессе их переработки.

В связи с обрывностью тонких полиэфирных волокон на начальном этапе исследований необходимо было установить участок технологического процесса, на котором возникает указанная проблема, а затем определить пути ее устранения.

Штапельный анализ полуфабрикатов прядильного производства, получаемых на переходах процесса производства армированных нитей, показал, что обрывность волокон по технологическим переходам проявлялась незначительно. В связи с этим сделан вывод: повреждение волокон в основном происходит непосредственно при формировании армированных нитей на кольцевой прядильной машине G35 фирмы Rieter. Этот факт объясняется следующими обстоятельствами. По существующей технологии [13] при производстве армированных нитей линейной плотности 16,7 текс для швейных ниток ЛЛ используется ровница линейной плотности 333 текс. Общая вытяжка в вытяжном приборе прядильной машины с учетом линейной плотности мычки составляет 58,4. Максимальное рекомендуемое значение частной вытяжки в

зоне предварительного вытягивания равно 1,19. При установке указанного параметра на данном уровне вытяжка в зоне основного вытягивания составляет 49. Анализ технологической информации показывает, что рассчитанное значение вытяжки является достаточно высоким для того, чтобы в сочетании с низкой прочностью и повышенной цепкостью полиэфирных волокон способствовать их обрывности.

В связи с этим было предложено проведение исследований по следующим направлениям с целью выявления наиболее действенных способов снижения обрывности волокон:

- уменьшение сил трения между волокнами за счет замены распорного элемента (клипсы), регулирующего зазор между ремешками в зоне основного вытягивания;
- снижение крутки ровницы для уменьшения сил трения между волокнами в процессе вытягивания в вытяжном приборе прядильной машины;
- уменьшение вытяжки в зоне основного вытягивания.

Последнее направление может быть реализовано за счет изменения линейной плотности ровницы. Для снижения линейной плотности ровницы уменьшали линейную плотность ленты, вырабатываемой на последнем переходе ленточных машин.

Выбор размера распорного элемента осуществлялся на основе рекомендаций фирмы Rieter с учетом предположения о необходимости снижения сил трения между волокнами. Учитывая меньшую плотность полиэфирных волокон по сравнению с хлопковыми, было принято решение об увеличении зазора между ремешками с 3,0 мм до 3,5 мм, что обеспечивается установкой черной клипсы.

С учетом особенностей свойств полиэфирных волокон по сравнению со свойствами хлопкового волокна технологический процесс получения полиэфирной ровницы на машине 668 фирмы Zinser был откорректирован. Показатели неровноты по линейной плотности вариантов ровницы представлены в таблице 1.

Анализируя данные, представленные в таблице 1, можно отметить, что с уменьшением линейной плотности ровницы до 300 текс и увеличением её крутки наблюдается снижение неровноты ровницы по линейной плотности на

коротких отрезках приблизительно в 1,5 раза.

Таблица 1 - Показатели неровноты по линейной плотности вариантов ровницы, определенные на приборе USTER TESTER 5

Наименование показателя	Значение показателя для варианта				
Линейная плотность ленты, текс	3700	3700	3330	3330	
Линейная плотность ровницы, текс	330	330	300	300	
Крутка ровницы кр./м	32	28	32	36	
Квадратическая неровнота по линейной плотности, %, на отрезках длиной	1 см	5,25	4,80	4,71	4,58
	1 м	2,37	1,93	1,58	1,55
	3 м	1,69	1,56	1,15	1,01

Из всех вариантов ровницы нарабатывались образцы армированных полиэфирных нитей. При проведении экспериментальных исследований наибольшее внимание уделялось влиянию параметров работы оборудования на показатели неровноты и ворсистой армированных нитей, определяемых на приборе USTER TESTER 5.

В результате анализа полученных данных установлено, что:

- увеличение размера распорного элемента (клипсы) в большинстве случаев привело к повышению неровноты нити по линейной плотности за счет увеличения количества порков всех видов;
- с увеличением крутки ровницы наблюдается снижение неровноты армированных нитей по линейной плотности, хотя степень влияния указанного фактора для различных вариантов нитей различна;
- снижение линейной плотности ровницы оказало влияние на неровноту армированных полиэфирных нитей.

В процессе анализа установлено, что изменение линейной плотности ровницы с 330 до 300 текс с одновременным повышением ее крутки с 32 кр./м ($\alpha_T = 5,8$) до 36 кр./м ($\alpha_T = 6,2$) позволяет снизить ворсистость с 5,62 до 4,54, уменьшить неровноту армированной нити по линейной плотности в 1,1 раза и сократить количество

непсов всех размеров, особенно в диапазоне (+140 %) с 76,5 до 21,5 штук на 1 км нити.

В процессе проведения исследований также установлено, что при использовании современного оборудования на этапах подготовки к прядению и предпрядения высокое качество швейных ниток может быть достигнуто при применении модернизированных прядильных машин П-66-5М4.

В связи с особенностями конструкции вытяжного прибора кольцевой прядильной машины П-66-5М4 частная вытяжка была повышена до 2,6, а вытяжка в зоне основного вытягивания снизилась до 20,2. С целью снижения неравномерности нити и предотвращения образования сукрутин в процессе ее перематывания было принято решение о снижении крутки, сообщаемой армированной нити на кольцевой прядильной машине до 730 кр./м. Качественные показатели армированных полиэфирных нитей, выработанных на кольцевой прядильной машине G35 фирмы Rieter и машине П-66-5М4, представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 можно заметить, что в результате проведенных экспериментальных исследований относительная разрывная нагрузка армированной полиэфирной нити, выработанной на кольцевой прядильной машине П-66-5М4, несмотря на снижение крутки, повысилась почти на 5 %, что превышает допустимое значение, равное 46,6 сН/текс (согласно ТУ РБ 500046539.060 – 2011 (ТУ РБ 500046539.072 – 2001)) [14]. Несколько увеличилось и её относительное разрывное удлинение (11,2 %) по сравнению с армированной нитью, выработанной на кольцевой прядильной машине G35 фирмы Rieter (10,2 %). Изменились показатели армированных полиэфирных нитей, определяемые на приборе USTER TESTER 5. По большинству показателей армированная нить, выработанная на кольцевой прядильной машине П-66-5М4, превосходит армированную нить, сформированную на кольцевой прядильной машине G35 фирмы Rieter. Анализируя представленные данные, можно отметить, что неровнота нити на отрезках длиной от 1 см до 1 м снижается в 1,33 – 2,4 раза. Одновременно с этим наблюдается существенное сокращение количества утолщенных участков и уменьшение ворсистой нити.

Таблица 2 – Качественные показатели армированных полиэфирных нитей

Наименование показателя		Значение показателя при использовании прядильной машины	
		G 35	П-66-5M4
Линейная плотность, текс		16,7	16,7
Крутка, кр./м		800	730
Разрывная нагрузка, сН		774	804,9
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс		46,3	48,2
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %		3,1	2,1
Относительное разрывное удлинение, %		10,7	11,02
Квадратическая неровнота по линейной плотности, %	на коротких отрезках (1 см)	11,2	8,37
	на отрезках длиной 1 м	2,45	1,03
Количество утоненных участков на 1000 м пряжи	(- 40 %)	0	0
	(- 50 %)	0	0
Количество утолщенных участков на 1000 м пряжи	(+ 35 %)	145,0	60,2
	(+ 50 %)	22,5	12,8
Количество непсов на 1000 м пряжи	(+ 200 %)	25	31,2
	(+ 280 %)	2,5	10,2
Ворсистость (H)		4,52	4,08
Среднее квадратическое отклонение ворсистости (sh)		1,3	1,11

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наработка армированных нитей на оборудовании, которое уступает по некоторым характеристикам кольцевой прядильной машине G35 фирмы Rieter, не сопровождается ухудшением качественных показателей армированных нитей. При этом выработанная армированная нить характеризуется более высокой равномерностью, меньшим количеством утолщенных участков, что говорит о правильности выбора технологических параметров заправки прядильного оборудования.

В процессе разработки технологии производства армированных швейных ниток необходимо уделить внимание не только повышению их физико-механических показателей, но и получению такой структуры, в которой комплексная нить находится в центре выходящей мычки, для того чтобы последняя равномерно оплетала ее поверхность. Центральное положение комплексной нити относительно мычки обеспечивается в том случае, когда она находится под постоянным натяжением. Однако чрезмерное повышение натяжения комплексной нити может вызвать обрывность составляющих ее филамен-

тов. При растяжении комплексной нити общая нагрузка распределяется по составляющим ее элементарным нитям пропорционально их модулю упругости. Поскольку модуль упругости отдельных элементарных нитей различен, то и нагрузка на них при растяжении распределяется неодинаково. Это вызывает неодновременный разрыв элементарных нитей с возрастанием нагрузки при растяжении комплексной нити: часть их обрывается раньше комплексной нити, что уменьшает ее разрывную нагрузку. Следовательно, чем больше предварительное натяжение комплексной нити, тем больше вероятность разрыва отдельных элементарных нитей [15].

Для исследования влияния натяжения комплексной нити, поступающей под переднюю пару вытяжного прибора, на физико-механические свойства армированной нити были разработаны варианты армированной полиэфирной нити линейной плотности 16,7 текс. В качестве исходных полуфабрикатов при выработке образцов пряжи использовалась ровница 300 текс из полиэфирного волокна 0,11 текс и комплексная полиэфирная нить 11,0 текс. Армированная полиэфирная нить вырабатывалась на модер-

низированной кольцевой прядильной машине П-66-5М4, заправочные параметры которой были установлены с учетом результатов проведенных ранее исследований.

Натяжение комплексной нити устанавливалось с помощью гребенчатого натяжного устройства, которое располагали перед выпускной парой вытяжного прибора. Для измерения натяжения применялся тензометрический прибор. Натяжение комплексной полиэфирной нити изменялось в диапазоне от 5 до 45 сН. Результаты исследований армированных нитей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований процесса формирования армированной полиэфирной нити линейной плотности 16,7 текс

Натяжение комплексной полиэфирной нити, сН	5	15	25	35	45
Коэффициент крутки, α	29,1	29,5	29,0	29,3	29,0
Разрывная нагрузка, сН	850	858	860	856	847
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	50,9	51,4	51,4	51,3	50,7
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	2,9	1,9	1,7	3,3	2,8
Относительное разрывное удлинение, %	10,8	10,9	10,9	11,0	10,9
Коэффициент вариации по разрывному удлинению, %	5,5	3,3	3,7	5,1	4,6

$$P_0 = 50,567 + 0,0771 * F_1 - 0,0016 * F_1^2, \quad (1)$$

где F_1 – натяжение, сН.

Зависимость относительной разрывной нагрузки армированной полиэфирной нити линейной плотности 16,7 текс от натяжения стержневой нити представлена на рисунке 2.

Анализируя представленную зависимость, можно отметить, что с повышением натяжения комплексной нити до 15 – 30 сН относительная разрывная нагрузка армированной полиэфирной нити возрастает до определенного предела. Объясняется это явление увеличением сил нормального давления, действующих со стороны периферийных волокон, что приводит к

возникновению больших сил трения на поверхности соприкосновения волокон, возрастающих за счет более интенсивного огибания ими сердечника [15]. Эти факторы ведут к повышению компактности нити и, как следствие, к увеличению ее прочности.

Дальнейшее повышение натяжения комплексной нити приводит к разрушению отдельных элементарных нитей до зоны формирования армированной нити, в результате чего снижается ее относительная разрывная нагрузка.

Указанному диапазону натяжения, обеспечивающему достижение максимальной прочности армированной нити, соответствует также минимальная ее неровнота как по разрывной нагрузке, так и по удлинению, что свидетельствует о стабильности процесса.

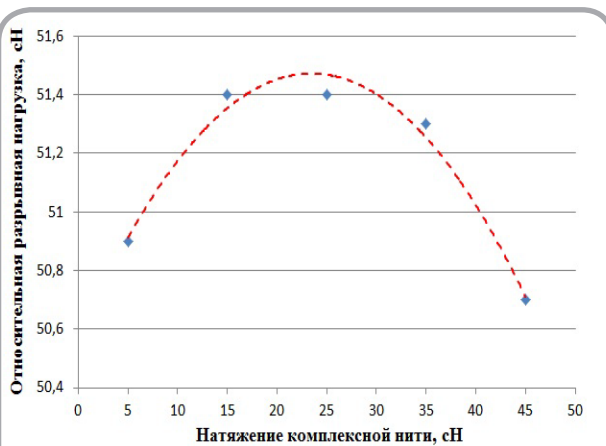


Рисунок 2 – Зависимость изменения относительной разрывной нагрузки армированной полиэфирной нити линейной плотности 16,7 текс от натяжения комплексной полиэфирной нити

Относительное разрывное удлинение армированной нити определяется в первую очередь свойствами стержневой нити и практически не зависит от ее натяжения.

Следовательно, можно утверждать, что оптимальный диапазон натяжения комплексной высокопрочной полиэфирной нити при выработке армированной полиэфирной нити для швейных ниток составляет от 15 до 25 сН.

Произведенные при указанных заправочных параметрах армированные полиэфирные нити были переработаны в ассортимент швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ. Испытания выработанных швейных ниток доказали эффективность

применения разработанных рекомендаций.

Для оценки пошивочных свойств армированных швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ была осуществлена их промышленная апробация [16]. Специалисты швейных предприятий отмечают, что представленные для апробации вышеуказанные швейные нитки обладают хорошими пошивочными свойствами, обеспечивают низкую обрывность ниток в процессе шитья и отсутствие пропусков стежков в строчке, стягивание волокнистого покрытия не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований определены направления повышения качества армированных швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ. Выявлено, что существенное повышение качества нитей достигается при снижении линейных плотностей ленты и ровницы,

а также при повышении частной вытяги в зоне предварительного вытягивания вытяжного прибора прядильной машины

2. На основании анализа результатов проведенных исследований определен оптимальный диапазон натяжения стержневой комплексной нити, поступающей под переднюю пару вытяжного прибора, обеспечивающий максимальную разрывную нагрузку и минимальную неровноту по свойствам армированной нити.

3. Произведенные при указанных запорочных параметрах армированные полиэфирные нити были переработаны в ассортимент швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ. Испытания выработанных швейных ниток доказали эффективность применения разработанных рекомендаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фомченкова, Л.Н. Швейные нитки на отечественном рынке. Текстильная промышленность, 2005, № 4, с. 28 – 33.
2. Ульянов, А.В. Совершенствование технологии получения армированной пряжи на кольцевой прядильной машине: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, С.-Петербург, гос. ун-т технол. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2003. 16 с.
3. Бодяло, Н.Н., Ольшанский, В.И., Коган, А.Г. Расчет натяжения выпрядаемой стренги на прядильно-крутильной машине, Вестник Витебского государственного технологического университета, 2010, № 19, с. 13 - 17.
4. Полушкин, А.А. Разработка технологии и исследование свойств бикомпонентных армированных и клееных ниток: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, С.-Петербург, гос. ун-т технол. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2007. 16 с.
5. Чельшев, С.В. Разработка и исследование механизма вытягивания армированных швейных ниток: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, С.-Петербург, гос. ун-т технол. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2011. 16 с.
6. Тудиярова, И.В. Исследование и разработка технологического процесса отделки швейных ниток в пенной среде: автореф. дис. канд. техн. наук, Московский гос. текстил. ун-т им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2008. 16 с.
7. Виноградова, А.В. Изменение свойств окрашенных полиэфирных швейных ниток под воздействием микроорганизмов :автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, С.-Петербург, гос. ун-т технол. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2004. 16 с.
8. Каплун, Ю.П. Разработка и внедрение гибких технологий производства армированных швейных ниток в современных условиях: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, С.-Петербург, гос. ун-т технол. и дизайна. – Санкт-Петербург, 2011. 16 с.
9. Наумова, Н.В. Разработка оптимальной структуры и технологии производства комбиниро-

ванных полиамидно-полиэфирных швейных ниток: автореф. дис. канд. техн. наук, Московский гос. текстил. ун-т им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2002. 16 с.

10. Рыклин, Д.Б. Оценка обрывности химических волокон в процессе переработки на основе результатов спектрального анализа неровноты нитей, Вестник Витебского государственного технологического университета, 2012, № 23, с. 79 - 85.
11. Uster Tester 5: Application Handbook. – Uster, 2007.
12. Uster Statistics 2007.
13. Ульянова, Н.В., Рыклин, Д.Б. Исследование свойств армированной пряжи, полученной с

использованием различного оборудования. С наукой в будущее, УО «Барановичский государственный колледж легкой промышленности им. В. Е. Чернышева». Барановичи, 2012, с. 159 - 163.

14. ТУ РБ 500046539.060 – 2011 (ТУ РБ 500046539.072 – 2001). Пряжа хлопчатобумажная и синтетическая, гребенная, одиночная для ниточного производства. Техническое описание. Введ. 2011 – 11 – 16.
15. Коган, А.Г. Производство комбинированной пряжи и нити. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 143 с.
16. Шаньгина, В.Ф. Соединения деталей одежды. Москва: Легкая индустрия, 1976. 208 с.

REFERENCES

1. Fomchenkova, L. N. Sewing threads on local markets [Shvejnye nitki na otechestvennom rynke]. Tekstil'naja promyshlennost' - Textil Industry, 2005, no. 4, pp. 28 – 33.
2. Ul'janov, A. V. Sovershenstvovanie tehnologii poluchenija armirovannoj prjazhi na kol'cevoj prjadil'noj mashine [Perfection technology of reception of reinforced yarn ring the spinning machine]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna – Saint-Petersburg State University of Technology and Design, 2003. 16 p.
3. Bodyalo, N. N., Olchanski, V. I., Kogan, A. G. Calculation of yarn tension in the twister. Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University, 2010, no. 19, pp. 13 -17.
4. Polushkin, A. A. Razrabotka tehnologii i issledovanie svojstv bikomponentnyh armirovannyh i kleennyh nitok [Development of technology and research of properties of bi-componented and laminated threads]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna – Saint-Petersburg State University of Technology and Design, 2007. 16 p.
5. Chelyshev, S. V. Razrabotka i issledovanie mehanizma vytjagivaniya armirovannyh shvejnyh nitok. [Development and research the mechanism of stretching reinforced sewing thread]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna – Saint-Petersburg State University of Technology and Design, 2011. 16 p.
6. Tudijarova, I. V. Issledovanie i razrabotka tehnologicheskogo processa otdelki shvejnyh nitok v pennoj srede [Research and development of technological process of finishing sewing thread in the foam environment]. Moskovskij gosudarstvennyj tekstil'nyj universitet im. A. N. Kosygina – Moscow State Textile University 'A.N. Kosygin', 2008. 16 p.

7. Vinogradova, A. V. Izmenenie svojstv okrashennyh polijefirnyh shvejnyh nitok pod voz-dejstviem mikroorganizmov [Change the properties of the painted polyester sewing threads under the influence of microorganisms]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna – Saint-Petersburg State University of Technology and Design, 2004. 16 p.
8. Kaplun, Ju. P. Razrabotka i vnedrenie gibkih tehnologij proizvodstva armirovannyh shvejnyh nitok v sovremennyh uslovijah [Development and introduction of flexible manufacturing technologies reinforced sewing thread in the current conditions]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna – Saint-Petersburg State University of Technology and Design, 2011. 16 p.
9. Naumova, N. V. Razrabotka optimal'noj struktury i tehnologij proizvodstva kombinirovannyh poliamidno-polijefirnyh shvejnyh nitok [Development of the optimal structure and production technologies of polyamide-polyester sewing threads]. Moskovskij gosudarstvennyj tekstil'nyj universitet im. A. N. Kosygina – Moscow State Textile University 'A.N. Kosygin', 2002. 16 p.
10. Ryklin, D. B. Evaluation of man-made fibers breakage in their processing on the basis of analyzing yarn mass spectrograms. Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Vitebsk State Technological University, 2012, no. 23, pp. 79 - 85.
11. Uster Tester 5: Application Handbook. – Uster, 2007.
12. Uster Statistics 2007.
13. Ul'janova, N. V. Issledovanie svojstv armirovannoj prjazhi, poluchennoj s ispol'zovaniem razlichnogo oborudovanija [Investigation of reinforced yarn properties produced using the various equipment]. With science in the future, Baranovichi State Light Industry College nam. V. E. Chernyshev - Baranovichi, 2012, pp. 159 - 163.
14. TO RB 500046539.060 – 2011 (TU RB 500046539.072 – 2001). Prjazha hlochatobumazhnaja i sinteticheskaja, grebennaja, odinochnaja dlja nitochnogo proizvodstva. Tehnicheskoe opisanie [Cotton and synthetic, combed, single yarn for thread production. Technical description]. Vved. 2011 – 11 – 16.
15. Kogan, A. G. Proizvodstvo kombinirovannoj prjazhi i niti [Production of core-spin yarn and filament]. Legkaja i pishhevaja promyshlennost' - Light and food industry, 1981. 143 p.
16. Shan'gina, V. F. Soedinenija detalej odezhdy [Compounds of dress details]. Legkaja industrija - Light industry, 1976. 208 p.

Статья поступила в редакцию 20.09.2013 г.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НИТОК В СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ШВАХ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА ОБУВИ

Е.А. Шеремет, Л.Г. Козловская, А.А. Науменко

УДК 685.34.24.4:658.34.042.22

РЕФЕРАТ

ОБУВНЫЕ НИТКИ, ОСТАТОЧНАЯ ЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Объект исследования – обувные нитки, принимаемые при сборке заготовки обуви.

Цель работы – изучение характера деформации обувных ниток для установления возможности применения экспресс-методов при оценке их качества и прогнозировании по показателям механических свойств.

В работе использованы измерительные методы оценки качества ниток и методы математического моделирования..

Установлены результаты влияния на остаточную циклическую деформацию обувных ниток таких технологических и эксплуатационных факторов, как усилие затяжки швов обуви, скорость нагружения, время эксплуатации. Получена математическая зависимость остаточной циклической деформации от указанных факторов.

Результаты работы могут быть использованы для прогнозирования качества обувных ниток и разработки экспрессных методов испытаний.

Качество соединительных швов деталей верха обуви во многом зависит от того как, соотносятся напряжения и деформации, возникающие в нитках при затяжке швов и последующей эксплуатации изделий, с физико-механическими свойствами этих ниток. Подобным вопросам уделено определенное внимание в некоторых работах, в частности в [1, 2]. Однако многие аспекты данной проблемы ввиду ее сложности остаются лишь обозначенными. Тем не менее, они имеют существенное практическое значение в отношении как производства изделий, так и прогнозирования их эксплуатационных характеристик.

В проведенном исследовании ставилась задача моделирования напряженно-деформированного состояния (в дальнейшем НД-состояния)

ABSTRACT

The research results of residual cycling deformation of thread used by assembling of upper footwear parts are given in this article.

The influence of 3 factors on the residual deformation was estimated: the effort of foot-wear lasting, loading speed, exploitation period.

The given factors are simulated on the pulser according to static load, frequency of rotation of sine mechanisms of pulser, the number of deformation cycles.

The characteristic of dependence of these factors is given and their effect on residual cyclic deformation is revealed.

The adequate polynomial model of dependence is constructed which completely corresponds to logic of physical interrelation of quantities and can be used for necessary analysis in prediction problems of deformation properties of threads.

The results of the research allow to make the conclusion about capabilities of reduction of testing period and the using of proximate methods for evaluation and prediction of foot-wear thread quality at preceding realization.

ниток, применяемых в соединительных швах деталей верха обуви на пульсаторе ПН-5, который предназначен для определения многоцикловых характеристик текстильных ниток. Возможности этого прибора позволяют моделировать взаимосвязи между характеристиками напряженно-деформированного состояния ниток, существующие в реальных условиях эксплуатации обувных изделий

Показателем интенсивности НД-состояния ниток выбрана остаточная циклическая деформация Δl_{oc} , отражающая режимы как изготовления, так и эксплуатации изделий. Величина этой деформации закладывается в процессе производства через величину усилия затяжки шва P [3]. На стадии же эксплуатации она зависит от скорости нагружения V , определяемой скоро-

стью ходьбы, и периода эксплуатации изделия t . Таким образом, в проведенном исследовании НД-состояние нитки описывалось функцией:

$$\Delta l_{oc} = f(P, V, \tau). \quad (1)$$

На пульсаторе ПН-5 введенные величины промоделированы следующим образом. Остаточная циклическая деформация Δl_{oc} (мм) регистрировалась непосредственно по линейной шкале прибора как нарастающее во времени необратимое абсолютное удлинение испытываемой пробы ниток. Величина P (Н) моделировалась статической нагрузкой, прикладываемой к пробе перед началом испытаний. Для этой цели использовался входящий в комплект прибора набор специальных гирь. Масса гири выбиралась по приложенной к прибору таблице в зависимости от линейной плотности ниток и с учетом средних усилий шва при затяжке обуви на колодку. Выбранная гиря укладывалась на верхнюю кромку нижнего зажима и в ходе испытания создавала постоянное по величине статическое натяжение нитки. Скорость циклического нагружения V моделировалась частотой вращения эксцентрика ω (c^{-1}), перемещающего верхний зажим прибора, и задавалась с помощью имеющегося на ПН-5 регулятора скорости вращения эксцентрика со шкалой, отградуированной в $мин^{-1}$. Были выбраны условия эксперимента, приближенные к условиям опытной носки. Период эксплуатации t моделировался числом циклов испытаний пробы n . При этом единичный цикл нагрузки-разгрузки испытываемой нитки на приборе соответствовал одному шагу при ходьбе.

С учетом приведенных соответствий модель функции (1) в привязке к пульсатору ПН-5 имеет вид (2):

$$\Delta l_{oc} = f(P, \omega, n). \quad (2)$$

Изучение этой функции выполнялось в два этапа. На первом этапе рассматривалась однофакторная зависимость $\Delta l_{oc} = f(n)$ при средних значениях двух других факторов – P и ω . Интервалы возможных значений факторов $P_{min} \leq P \leq P_{max}$ и $\omega_{min} \leq \omega \leq \omega_{max}$ определены с учетом ли-

тературных и опытных данных. Они имеют такой вид: $13 \leq P \leq 17 Н$ и $150 \leq \omega \leq 500 мин^{-1}$. На основании этого средние их значения составляют соответственно 15 Н и $325 мин^{-1}$.

Целью этого этапа являлось установление характера влияния числа циклов n на величину остаточной циклической деформации нитки в шве. Интерес представлял вопрос о том, как изменяется скорость роста Δl_{oc} по мере возрастания n . Для испытаний были выбраны нитки, применяемые в настоящее время в производстве. Показатели их физических и механических свойств представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели свойств изучаемых ниток

Условное обозначение ниток	Требования ГОСТ			Фактические данные		
	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка не менее, Н	Удлинение при разрыве не более, %	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, Н	Удлинение при разрыве, %
70 Л	65	2,55	23	74,4	4,01	18,24
86 Л	87,8	3,88	21	88,8	5,43	18,55

Графическое изображение результатов испытаний приведено на рисунке 1.

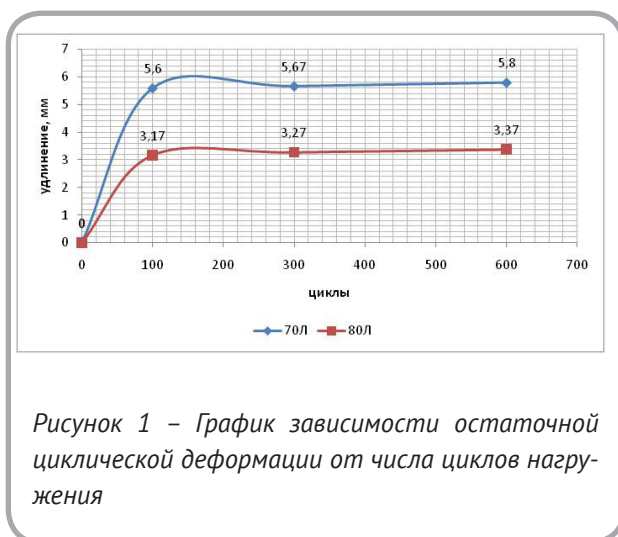


Рисунок 1 – График зависимости остаточной циклической деформации от числа циклов нагружения

Из рисунка следует, что скорость роста Δl_{oc} не остается постоянной. До значения n^* , равного 100 циклам, она быстро и почти линейно возрастает, достигая 90 % своего максимального значения Δl_{oc}^{max} . При этом $n^* \ll n_{max}$.

Это свидетельствует о том, что практически нет смысла продолжать испытания после значения n^* , так как основная информация об Δl_{oi} уже получена. Отсюда вытекает принципиальная возможность разработки экспрессных методов многоцикловых испытаний ниток для обувного производства.

На втором этапе исследования применитель-

но к нитке 70Л рассмотрено совместное влияние факторов, стоящих в правой части соотношения (2). Для уменьшения числа необходимых опытов использовалось факторное планирование эксперимента. С целью минимизации числа опытов выбран трехуровневый план типа ВЗ [4]. Матрица этого плана и результаты исследования содержатся в таблице 2.

Таблица 2 – Условия и результаты эксперимента

Номер опыта	Матрица плана эксперимента				Значение выходного параметра Δl_{oi}
	x_0	x_1	x_2	x_3	
					Y
1	+	+	+	+	5,07
2	+	-	+	+	4,15
3	+	+	-	+	4,07
4	+	-	-	+	3,69
5	+	+	+	-	4,04
6	+	-	+	-	4,57
7	+	+	-	-	3,67
8	+	-	-	-	4,12
9	+	+	0	0	4,22
10	+	-	0	0	4,84
11	+	0	+	0	4,95
12	+	0	-	0	4,65
13	+	0	0	+	5,28
14	+	0	0	-	5,40

Кодированные значения факторов x_1, x_2, x_3 и интервалов варьирования факторов λ определя-

лись по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 x_1^+ &= (P^{max} - P_0) / \lambda_p; & x_1^- &= (P^{min} - P_0) / \lambda_p; & \lambda_p &= (P^{max} - P^{min}) / 2; \\
 x_2^+ &= (\omega^{max} - \omega_0) / \lambda_\omega; & x_2^- &= (\omega^{max} - \omega_0) / \lambda_\omega; & \lambda_\omega &= (\omega^{max} - \omega^{min}) / 2; \\
 x_3^+ &= (n^{max} - n_0) / \lambda_n; & x_3^- &= (n^{min} - n_0) / \lambda_n; & \lambda_n &= (n^{max} - n^{min}) / 2;
 \end{aligned}$$

где P_0, ω_0, n_0 – основные (средние) уровни соответствующих факторов; $\lambda_p, \lambda_\omega, \lambda_n$ – значения шагов варьирования факторов.

По данным таблицы 2 и методике, описанной в [4], построена адекватная полиномиальная модель, имеющая вид (3):

$$y = 5,245 + 0,255 \cdot x_2 + 0,286 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,081 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,723 \cdot x_1^2 - 0,448 \cdot x_2^2 \quad (3)$$

Как свидетельствует построенная модель, все введенные факторы оказались нелинейно влияющими на выходной параметр – остаточную циклическую деформацию нитки. Отсюда следует, что ниточный шов является нелинейным объектом. Реакция его – величина остаточной циклической деформации – определяется не только значениями действующих факторов, но и сочетанием уровней факторов. Об этом свидетельствует наличие эффектов парного их

взаимодействия, что является косвенным признаком возможности скачкообразных изменений Δl_{oc} при изменении P, ω, n . Для оценки этой возможности проводился канонический анализ полученной полиномиальной модели. При этом использовалась методика, описанная в [4]. Каноническая форма исследуемой модели имеет вид кубического уравнения (4):

$$B^3 - 1,171 \cdot B^2 + 0,306 \cdot B - 0,010 \cdot \gamma = 0. \quad (4)$$

Один из его корней оказывается близким к нулю, два других – комплексно сопряженные. Следовательно, поверхности равных значений выходного параметра представляют собой параллельные плоскости. А это, в свою очередь, свидетельствует о том, что в выбранных областях варьирования факторов P, ω, n не существует экстремального значения Δl_{oc} . Не существует также и сочетаний их значений, при которых возникают скачкообразные изменения Δl_{oc} . Поэтому плавным и непрерывным изменениям факторов P, ω, n в области эксперимента соответствуют плавные и непрерывные изменения Δl_{oc} .

Анализ особенностей влияния факторов на Δl_{oc} проведем путем дифференцирования уравнения (3) поочередно по каждой из кодированных переменных x_1, x_2 и x_3 . Использование уравнения модели изучаемой зависимости в кодированной форме позволяет оценивать интенсивность влияния факторов по величине коэффициентов b_i и b_{ij} , так как кодированные значения факторов заключены в одинаковый для них интервал: $-1 \leq x_i \leq 1$. Итак, получаем:

$$\begin{aligned} dy / dx_1 &= -1,446 \cdot x_1 + 0,286 \cdot x_3 \\ dy / dx_2 &= -0,896 \cdot x_2 + 0,081 \cdot x_3 \\ dy / dx_3 &= 0,286 \cdot x_1 + 0,081 \cdot x_2 \end{aligned}$$

Анализируя полученные соотношения, легко видеть, что при возрастании усилия затяжки шва x_1 (фактор P) снижается скорость роста остаточной циклической деформации по этой переменной, но возрастает по переменной x_3 (фактор n). Однако, судя по коэффициентам при x_1 и x_3 , влияние фактора P намного сильнее. Иными словами, правильно затянутый шов (когда напряжение в нитке шва существенно не выхо-

дит за пределы обратимых деформаций) препятствует нарастанию остаточной циклической деформации даже при увеличении числа циклов нагружения n . Обратная зависимость между скоростью нарастания остаточной циклической деформации (dy/dx_3) по частоте циклического воздействия x_2 (фактор ω) от этой частоты легко объясняется тем, что само по себе периодическое воздействие состоит в чередовании фаз нагрузки и отдыха. В фазе отдыха происходит релаксация деформации, то есть ее снижение. При возрастании ω сокращается длительность фазы нагрузки, что влечет за собой снижение деформации, которая успевает развиться за это время. Автоматически снижается и остаточная циклическая деформация. Положительное влияние факторов x_2 и x_3 во втором и третьем уравнениях не требует особой физической аргументации.

Таким образом, построенная адекватная полиномиальная модель зависимости (1) полностью соответствует логике физической взаимосвязи входящих в нее величин и может с полным основанием использоваться для необходимых расчетов в задачах проектирования и прогнозирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прогнозирование сложных деформационных процессов обувных материалов / А. В. Демидов, А. Г. Макаров, А. М. Сталевич // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – № 3. – С. 48-49.
2. Жихарев, А. П., Смирнова Н. А. Свойства и ассортимент швейных ниток/ А. П. Жихарев, Н. А. Смирнова. – Москва : МГУДТ, 2007. – 143с.
3. Фукин, В. А. Технология изделий из кожи : учебник для вузов в 2 ч. Ч.1 / В. А. Фукин, А. Н. Калита. – Москва : Легпромбытиздат, 1988. – 272 с.
4. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов/ К. Хартман, В. Лецкий, В. Шеффер. – Москва : Мир, 1977. – 552 с.

REFERENCES

1. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Prediction of complex deformation processes of shoemaking materials [Prognozirovanie slozhnyh deformacionnyh processov obuvnyh materialov] // Kozhevenno-obuvnaja promyshlennost'. - Leather and footwear industry. – 2006. – № 3. – pp.48-49.
2. Zhiharev, A.P., Smirnova N.A. Features and range of sewing threads [Svojstva i assortment shvejnyh nitok]. - Moscow: MGUDT, 2007. – 143p.
3. Fukin, V.A., Kalita, A.N. Technology of leather: a textbook for high schools in 2 hours P.1 [Tehnologija izdelij iz kozhi: uchebnik dlja vuzov v 2 ch.Ch.1]. - Moscow: Legprombytizdat, 1988. – 272 p.
4. Hartman, K., Leckij, L., Sheffer, V. Design of Experiments in the study of processes [Planirovanie jeksperimenta v issledovanii tehnologicheskikh processov]. - Mir, 1977. – 552p.

Статья поступила в редакцию 24.10.2013 г.

СИНТЕЗ НИТИ С БАКТЕРИЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ВОЛОКОН

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

УДК 677.494.7

РЕФЕРАТ

Целью работы является получение полимерных наноразмерных волокон и нити из них. Для достижения поставленной цели исследовались зависимости свойств получаемого продукта от концентрации полимера в растворе и применяемых бактерицидных веществ. В ходе работы определены наиболее предпочтительные составы формирующих растворов с бактерицидными добавками путем изменения концентрации полимера в растворе и использования различных добавок. По результатам исследования получен наиболее предпочтительный состав образцов полимерных наноразмерных волокон и нити с антисептиками, которые являются экологически чистым продуктом, способным растворяться в ране по мере заживления, не требующим перевязок и удаления остатков материала.

ABSTRACT

In this paper we define the most preferred compounds forming solutions with antibacterial additives, by changing the concentration of the polymer solution and the use of various additives. The most preferable composition of the samples of polymer nanofibers and yarns with antiseptics, which are environmentally friendly product that can dissolve in the wound as it heals, not requiring dressings and remove excess material is obtained.

На сегодня полимеры с особыми свойствами используются во всех сферах деятельности человека. И в данной работе рассматривается получение полимерных нетканых материалов и нитей из наноразмерных волокон одним из современных методов переработки полимеров – электроспиннингом, то есть электроформова-

нием волокон (рис. 1).

Электроформование волокон – сухой бесфильтрный метод, в котором деформация исходного полимерного раствора, последующий транспорт отверждаемых при испарении растворителя волокон и формирование волокнистого слоя осуществляются исключительно электрическими силами в едином рабочем пространстве.

Принцип электроспиннинга заключается в следующем: при наложении электрического поля на металлический капилляр с жидкостью (расплавом или раствором полимера) она заряжается, и плоский мениск становится выпуклым. При определенных условиях, в частности, напряженность поля, вязкость, скорость подачи жидкости, поле начинает вытягивать ее струйку, сечение которой оказывается меньше диаметра капилляра.

Если к тому же это был раствор полимера, то из-за испарения растворителя волокно становится еще тоньше. Можно добиться того, что его диаметр составит всего несколько нанометров.



Рисунок 1 – Схема получения наноразмерных волокон полимеров методом электроформования



Рисунок 2 – Экспериментальная установка для формирования наноразмерных волокон

Интерес к нановолокнам вызван тем, что механические свойства материалов, такие как предел прочности, прочность на разрыв, на изгиб и на сжатие, модули упругости возрастают при уменьшении диаметра волокон и достигают теоретического предела при достижении наноуровня [1]. В случае полимерных нановолокон размерный эффект может проявляться в объемных свойствах в результате дополнительного взаимодействия между молекулами полимера, вызванного их ориентацией, когда диаметр волокна становится сопоставим с длиной молекулы [2].

Целью работы является получение полимерных наноразмерных волокон и нити из них.

Для достижения поставленной цели исследовались зависимости свойств получаемого продукта от концентрации полимера в растворе и применяемых бактерицидных веществ.

Нами использовался стандартный процесс получения волокон, включающий три стадии – перевод формуемого материала в вязко-текучее состояние, формование волокон и их отверждение [3]. Вязкотекучее состояние определяет способность материала к волокнообразованию и характеризуется определенными значениями вязкости и поверхностного натяжения, согласованными между собой. В данной работе использовался раствор полимера, так как он проявляет

лучшую способность к волокнообразованию, в сравнении с расплавами, также более прост при реализации в лабораторных условиях [3].

Для получения необходимых данных о вязкости раствора полимера (применен водный раствор поливинилового спирта – ПВС), напряженности электрического поля и прочих параметров процесса получения нановолокон и нити собрана экспериментальная установка (рисунок 2).

Процесс формования организован следующим образом: электрическое напряжение 25 кВ прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается через капилляр диаметром 0,8 мм. Высокое напряжение заряжает раствор полимера одноименным электрическим полем, которое в результате электростатического взаимодействия приводит к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. В процессе электростатического вытягивания полимерная струя претерпевает ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи. Полученные струи отверждаются за счёт испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, находящейся на расстоянии 150 мм от капилляра и имеющей противоположное значение электрического потенциала. При этом поляриность может быть

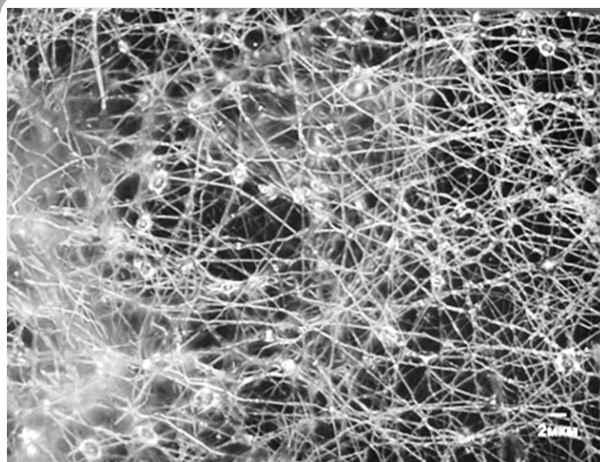


Рисунок 3 – Структура полученного нетканого образца

Таблица 1 – Вид получаемых наноразмерных волокон

Бактерицидные добавки	Концентрация полимера, %				
	6	8	9	10	12
Цефтриаксон					
Хлоргексидин					
Рифампицин					
Тилозин					
Без добавки					

Примечание:

- волокнообразование минимально или отсутствует, капельное течение;
- волокнообразование со значительными капельными включениями;
- волокнообразование с небольшими капельными включениями;
- стабильное волокнообразование

как прямой, так и обратной, когда капилляр заземлен, а на осадительный электрод подается высокое напряжение. Коллектор (осадительный электрод) должен иметь хорошую электропроводность, но может иметь различную форму: в виде стержня, плоскости или цилиндра, также он может быть сплошным или в виде сетки, твердым или жидким, стационарным или движущимся.

В ходе работы определены наиболее предпочтительные составы формирующих растворов с бактерицидными добавками путем изменения концентрации полимера в растворе и использовании различных добавок. Прочие параметры не изменялись. Исследования зависимости процесса волокнообразования от концентрации полимера и примененных бактерицидных добавок проводились с получением нетканых образцов (рисунок 3).

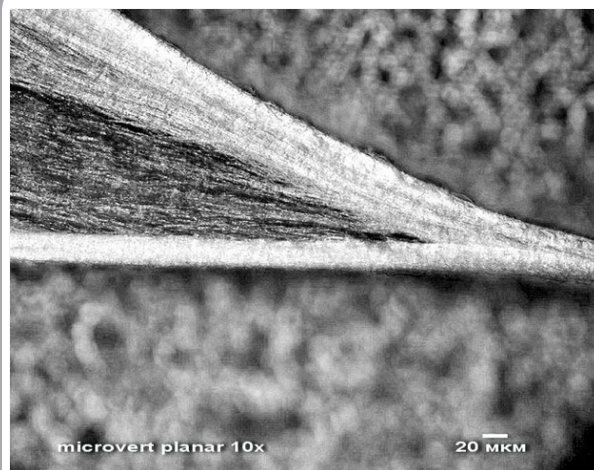


Рисунок 4 – Вид полученного образца нити в месте скрутки

Характер процесса получения наноразмерных волокон с бактерицидными добавками отражен в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, стабильное волокнообразование происходит при 8 – 9 % содержания полимера с 15 % бактерицидных добавок в сухом веществе, в случае применения нерастворимых добавок (рифампицин) верхняя граница диапазона расширяется до 10 %. Из этого следует, что получение наноразмерных волокон с бактерицидными добавками электроспиннингом – простой и достаточно гибкий способ, позволяющий получать продукт с требуемыми свойствами даже при нестабильности парамет-

ров исходных материалов.

Для получения образца нити были применены составы, входящие в предпочтительный диапазон концентраций раствора, при этом диаметры отдельных волокон составили 300 – 380 нм, фото нити показано на рисунке 4.

В ходе исследований нами выявлены зависимости процесса волокнообразования от концентрации применяемого полимера и включаемых бактерицидных добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы получен наиболее предпочтительный состав образцов полимерных

наноразмерных волокон и нити с антисептиками, которые являются экологически чистым продуктом, способным растворяться в ране по мере заживления, не требующим перевязок и удаления остатков материала. Данные нетканые материалы способствуют ускорению процесса заживления ран. Они позволят облегчить работу медиков и ветеринарных работников при оказании лечебной помощи, а также будут эффективны при лечении широкого спектра ранений – от мелких порезов и царапин до тяжелых, длительно незаживающих пролежней и язв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Qi, H.J. Determination of mechanical properties of carbon nanotubes and vertically aligned carbon nanotube forests using nanoindentation. / H.J. Qi, K.B.K. Teo, K.K.S. Lau, M.C. Boyce, W.I. Milne, J. Robertson, K. Gleason // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2003. – Volume 51, №11–12. – P. 2213-2237
2. Burger, C. Nanofibrous materials and their applications / C. Burger, B.S. Hsiao, B. Chu // Annu. Rev. Mater. Res. – 2006. – 336.–P.368
3. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ - процесс) / Ю. Н. Филатов; под ред. В. Н. Кириченко. – Москва : ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997

Статья поступила в редакцию 27.02.2013 г.

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДОБАВОК НА ФОРМИРОВАНИЕ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

В.И. Жорник

УДК 621.892.09

РЕФЕРАТ

ПЛАСТИЧНЫЙ СМАЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ, ДИСПЕРСНАЯ ФАЗА, НАНОРАЗМЕРНАЯ ДОБАВКА, МЫЛЬНЫЙ ЗАГУСТИТЕЛЬ, СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ, КОЛЛОИДНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ, НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ, РЕСУРС РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Объект исследования – пластичные смазочные материалы на мыльном загустителе, модифицированные наноразмерными добавками. Предмет исследования – процессы структурообразования дисперсной фазы пластичных мыльных смазок, содержащих наноразмерные добавки, и их взаимосвязь с эксплуатационными свойствами смазки. Цель работы – разработка метода повышения эксплуатационных характеристик пластичных смазок, содержащих наноразмерные добавки.

В статье на примере литиевой пластичной смазки представлен механизм формирования структуры смазки с мыльным загустителем. Показано, что наноразмерные частицы добавки в зависимости от технологической схемы их введения в реакционную массу могут по-разному влиять на характер протекания процесса структурообразования дисперсной фазы пластичной смазки и свойства последней. Предложен новый метод введения наноразмерных добавок в реакционную массу, при котором частицы добавки выступают в качестве дополнительных центров структурообразования дисперсной фазы мыльной смазки и имплантируются во внутрь волокон из соли высокомолекулярной кислоты. В результате образуется разветвленная бинарная дисперсная фаза (наноразмерные частицы добавки и высокомолекулярная соль) с прочно зафиксированными и равномерно распределенными по всему объему смазки наноразмерными частицами добавки. Подобная структура дисперсной фазы пластичной смазки обуславливает ее улучшенную коллоидную стабильность и повышенную нагрузочную способность. Частицы на-

норазмерной добавки способствуют реализации эффекта трибомеханического модифицирования поверхности трения, увеличивая ресурс работоспособности смазки.

ABSTRACT

The mechanism of structure formation of soap thickener grease passing on the scheme sol-gel process is introduced. The influence of nanosized additive on the character of the structure formation of the dispersed phase of grease and its properties under the various technological schemes of the additive injection into the reaction mass is shown. The method of the nanosized additives injection in the reaction mass, wherein the particles of additive are as the additional centers of crystallization of the dispersed phase of soap grease and they are implanted inside the fibers of the salts of high molecular weight acid is developed. This provides the formation of ramified binary dispersed phase including the nanosized particles of the additive and high molecular weight salt. The nanosized particles of additive are uniformly dispersed in the grease and are fixed within the fibers of the dispersed phase. Such structure of the dispersed phase of the grease causes its improved colloidal stability, high load capacity and increased resource efficiency through the realization of effect of tribomechanical modification of friction surface.

ВВЕДЕНИЕ

Свойства пластичного смазочного материала (ПСМ) зависят, в первую очередь, от основных его компонентов: дисперсионной среды (масла) и дисперсной фазы (загустителя). Двухфазная композиция – дисперсионная среда и дисперсная фаза – составляют так называемую базовую смазку, свойства которой могут улучшаться за счет применения функциональных присадок и добавок, вводимых обычно на стадии охлаждения смазочного материала. Наибольшее распространение в качестве загустителя получили соли высокомолекулярных кислот (мыла). Вводимые в состав ПСМ твердые, в том числе наноразмерные, добавки призваны выполнять роль противозадирых, противоизносных, антифрикционных, приработочных компонентов. Однако введение наноразмерных добавок в ПСМ представляет значительную технологическую сложность, что связано с характерной трехмерной структурой дисперсной фазы (ДФ) пластичных смазок и склонностью наноразмерных частиц к агрегированию. Формирование структуры пластичной смазки в общем случае проходит в две стадии: образование первичных мицелл (центров кристаллизации) с их дальнейшим ростом до макроассоциатов определенных размеров и взаимодействие образующихся дисперсных макроассоциатов друг с другом с образованием трехмерного структурного каркаса. При введении наноразмерной добавки в ПСМ после образования ДФ наночастицы остаются свободно мигрирующими в дисперсионной среде с возможностью соединяться в крупные агрегаты, а модифицированный подобным образом ПСМ характеризуется низкой коллоидной стабильностью и малым ресурсом работоспособности [1].

Цель настоящей работы состояла в разработке метода повышения эксплуатационных характеристик пластичных смазок, содержащих наноразмерные добавки. В задачи исследования входили анализ физико-химических процессов при формировании ДФ пластичных смазочных материалов на мыльных загустителях, исследование влияния наноразмерных добавок на структурообразование ДФ и разработка технологических приемов повышения коллоидной стабильности, нагрузочной способности и ресурса работоспособности ПСМ, модифицированных наночастицами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс формирования структуры дисперсной фазы пластичной смазки изучался на примере литиевой смазки Литол-24. В качестве наноразмерной добавки применялся наноалмаз, а именно: ультрадисперсная алмазно-графитовая шихта ША-А (ТУ РБ 100056180–2003). Модифицирование ПСМ наноразмерной добавкой осуществлялось по двум технологическим схемам: после окончания процесса кристаллизации ДФ и до начала кристаллизации ДФ. Изучение структурного каркаса смазок осуществлялось на сканирующем электронном микроскопе Cam Scan фирмы «Oxford» (Великобритания) и сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения Mira фирмы «Tescan» (Чехия). Отмывка дисперсной фазы смазок проводилась по методике [2]. Коллоидная стабильность оценивалась на приборе КСА по ГОСТ 7142–79, нагрузочная способность – на 4-шариковой машине трения по ГОСТ 9490–83. Триботехнические испытания проводились на машине трения, работающей по схеме возвратно-поступательного перемещения контактирующих тел, в соответствии с методикой, изложенной в работе [3].

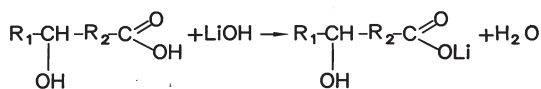
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Технология получения пластичной литиевой смазки реализуется в реакционной камере и включает следующие основные стадии: нагрев определенной части масла, введение в него и расплавление высокомолекулярной 12-гидрооксистеариновой (12-St) кислоты, введение гидроокиси лития, нейтрализация, термообработка, охлаждение расплава введением оставшейся части масла, введение добавок и присадок, охлаждение до комнатной температуры, гомогенизация, фильтрация, деаэрация.

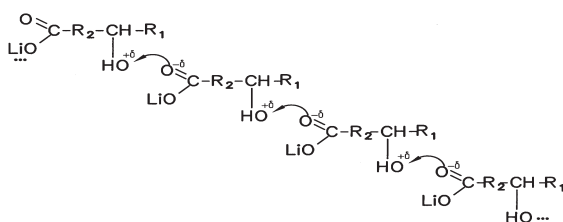
Рассмотрим подробнее золь-гель процессы, происходящие при получении пластичной литиевой смазки. Известно, что 12-St кислота представляет собой высокомолекулярную карбоксильную кислоту с гидроксильной группировкой у двенадцатого атома углерода. При комнатной температуре 12-St кислота представляет собой крупные белые гранулы с температурой плавления 85 – 90 °С. После введения кислоты в масло и нагрева до 90 °С она полностью расплавляется. При этом молекулы кислоты, представляющие собой поверхностно-активное вещество

(карбоксильная группировка и длинный углеводородный хвост), равномерно распределяются в объеме масла. Образуется изотропный расплав («истинный раствор») молекул кислоты в масле.

На следующем этапе процесса в реактор вводится водный раствор гидроокиси лития, и протекает реакция нейтрализации по схеме



При этом дипольные молекулы кислоты, реагируя со щелочью, образуют слабополярные молекулы литиевой соли 12-St кислоты, равномерно распределенные в объеме реакционной массы, формируются золи мыла в масле. При последующей термической обработке происходит удаление несвязанной воды из реакционной массы и повышается объемная концентрация дисперсной фазы в коллоидном растворе. При температуре в реакторе 205 – 210 °С появляется полный изотропный расплав, при этом молекулы соли приобретают возможность перемещаться и принимать более энергетически выгодное положение. Под воздействием ван-дер-ваальсовых сил, водородных связей, ионных и ковалентных взаимодействий происходит интенсивное образование контактов между частицами первичной структуры (золями) и формирование структуры второго типа – достаточно устойчивой трехмерной сетки (гелеобразование). Механизм образования структур такого вида предположительно можно объяснить следующим образом. При получении литиевой соли 12-St кислоты кислород ацила соли взаимодействует с водородом гидроксильной группы, расположенной у 12-го атома углерода углеводородного радикала соседней молекулы соли по следующей схеме:

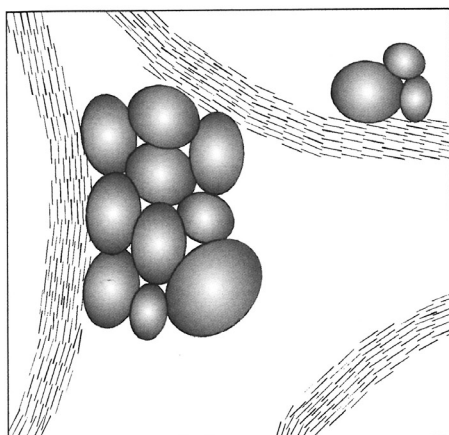


Введение холодного масла путем резкого

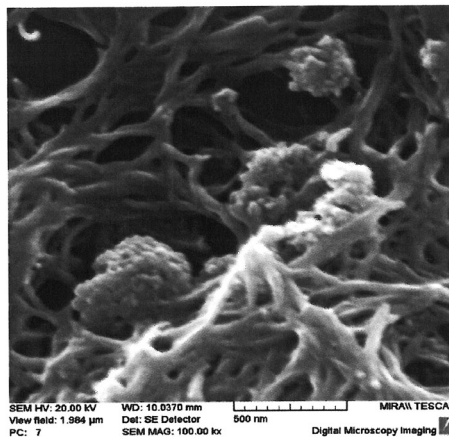
охлаждения «замораживает» сформировавшуюся пространственную структуру, и образуется устойчивый каркас пластичной смазки. В процессе дальнейшего медленного охлаждения масло проникает в структурный каркас и удерживается там за счет капиллярных и адгезионных сил, происходит «набухание» смазки. После охлаждения реакционной массы до 120 °С вводятся вязкостные присадки, а затем осуществляются гомогенизация, фильтрация и деаэрация ПСМ.

Характерная волокнистая структура пластичных смазок создает значительные сложности для равномерного распределения наночастиц добавки по всему объему смазочного материала. Применение для диспергирования наночастиц в пластичных смазках высокоэнергетических диспергирующих устройств невозможно, так как в процессе диспергирования будет происходить интенсивное механическое разрушение структуры ДФ смазки. Также значительное влияние оказывает тот факт, что наночастицы находятся в окружении молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ). Гидрофобные «хвосты» молекул ПАВ повернуты во внешнюю среду, и волокно образовано молекулами, у которых углеводородные гидрофобные «хвосты» также направлены в сторону периферии. Таким образом, при введении наночастиц в пластичную смазку происходит их адгезионное взаимодействие с волокном по гидрофобным поверхностям. Это взаимодействие отчасти связывает некоторую долю частиц нанодобавки с волокнами ДФ смазки, однако не препятствует их агломерирующему взаимодействию с другими частицами, свободно мигрирующими в дисперсионной среде. Схема взаимодействия наночастиц со структурным волокном дисперсной фазы и микроструктура дисперсной фазы литиевой смазки с наноразмерной добавкой, введенной в состав смазки после окончания процесса кристаллизации дисперсной фазы, показаны на рисунке 1.

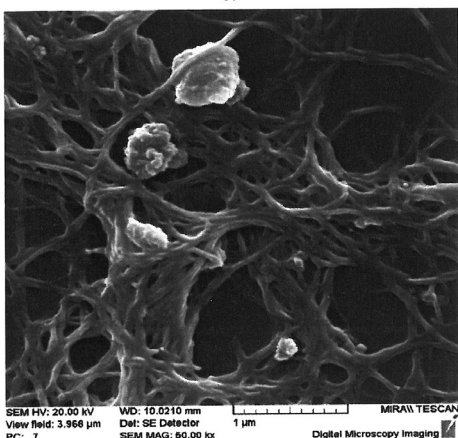
На представленных иллюстрациях видны агломераты частиц нанопластика с размерами 0,1 – 1 мкм, при этом различима их зернистая структура с зернами 10 – 30 нм (рис. 1, а). Отдельно расположенные агломераты наночастиц отсутствуют, все они контактируют с волокном дисперсной фазы, однако связь этих агломератов с волокнами высокомолекулярной соли, судя по внешнему виду структуры, непрочная.



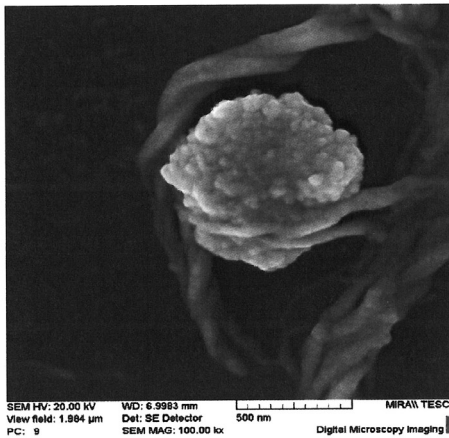
a



б



в

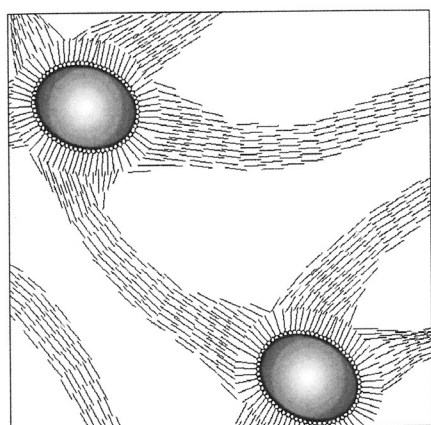


г

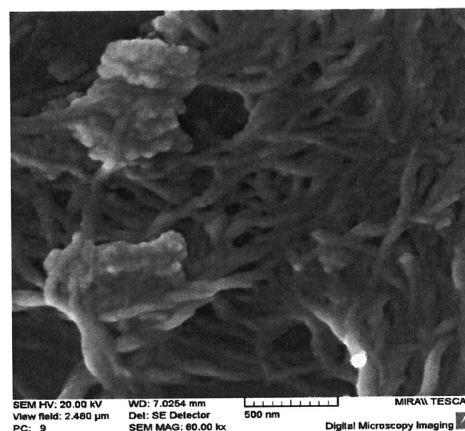
Рисунок 1 – Схема взаимодействия наночастиц с волокном ДФ (а) и микроструктура дисперсной фазы литиевой смазки с добавкой наноалмазов, введенной после окончания процесса кристаллизации ДФ (б, в, г)

При введении наночастиц добавки в реакционную массу до начала кристаллизации ДФ процесс структурообразования ПСМ идет по несколько иному механизму. Вначале, вводя в масло и энергично диспергируя добавку, добиваются равномерного распределения наноразмерной фракции в дисперсионной среде. После введения и расплавления 12-St кислоты происходит осаждение молекул кислоты на частицах нанодобавки за счет сложных физико-химических и сорбционных процессов, протекающих на поверхности наночастиц. При этом происходит образование изотропного расплава («истинного раствора») в виде частиц нанодобавки с присоединенными к ним молекулами кислоты, а также несвязанных молекул 12-St кислоты. В процессе омыления реакция нейтрализации идет как с несвязанными молекулами кислоты,

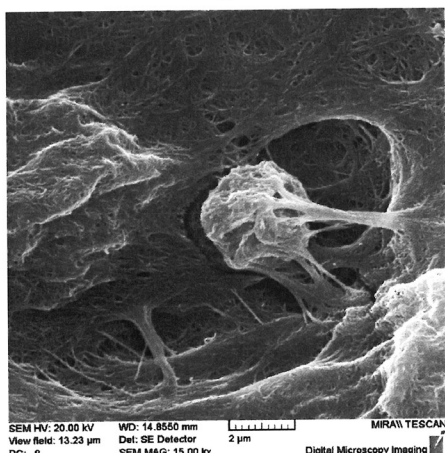
так и на поверхности наночастиц. Реакция гелеобразования происходит уже не только между отдельными молекулами мыла (золями), но и между наночастицами или агломератами наночастиц добавки, благодаря связанным с ними молекулам мыла. Наночастицы покрываются оболочкой структурированных солей высокомолекулярных кислот, и дальнейший рост волокон ДФ идет от поверхности частиц. Происходит пространственная сшивка волокон структурного каркаса узловыми образованиями, содержащими наночастицы добавки (рис. 2, а). Наноразмерные частицы содержатся в загустителе полученного смазочного материала, образуя при этом бинарную дисперсную фазу (связанные адсорбционными силами наноразмерные частицы добавки и высокомолекулярная соль), которая отличается от дисперсной фазы простых



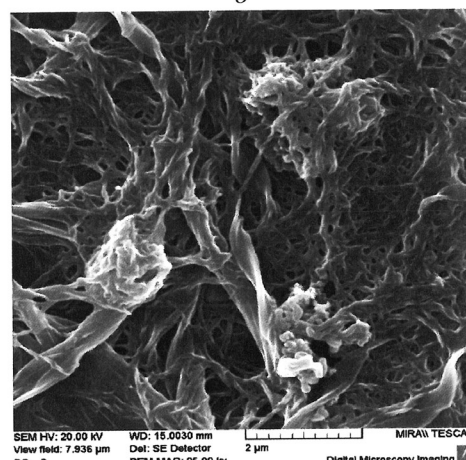
a



б



в



г

Рисунок 2 – Схема взаимодействия наночастиц с волокном ДФ (а) и микроструктура ДФ литиевой смазки с добавками наночастиц, введенными в реакциюную массу до начала кристаллизации ДФ (б,в,г)

мыльных загустителей. При этом образуется разветвленный коротковолокнистый каркас ДФ с прочно зафиксированными в нем и равномерно распределенными по всему объему смазочного материала наноразмерными частицами (рис. 2 б, в, г). В данном случае наноразмерные твердые частицы выступают не только в качестве функциональной (противозадирной, антифрикционной или противоизносной) добавки, но и являются неорганическим загустителем.

Различие в структуре дисперсной фазы ПСМ, модифицированных наноразмерными добавками по разным технологическим схемам, предопределяет отличие и в их свойствах. В частности, коллоидная стабильность смазки Литол-24, модифицированной по варианту 1 (введение наночастиц добавки после формирования ДФ), составила 7,8 %, а для смазки

Литол-24, модифицированной по варианту 2 (введение наночастиц добавки до начала кристаллизации ДФ), этот показатель соответствовал 4,5 %. Нагрузка сваривания смазки Литол-24, модифицированной по варианту 1, составила 1520 Н, а для смазки Литол-24, модифицированной по варианту 2, – 1950 Н.

На рисунках 3 и 4 представлено изменение коэффициента трения пар «отожженная сталь 45 – закаленная сталь 45» и «закаленная сталь 45 – закаленная сталь 45» в присутствии смазки Литол-24+ША-А, приготовленной по двум вышеуказанным технологическим вариантам. Из представленных данных видно, что применение технологической схемы создания пластичной смазки с наноразмерными добавками по варианту 1 без их прочного закрепления в структурном каркасе ДФ не обеспечивает длительного

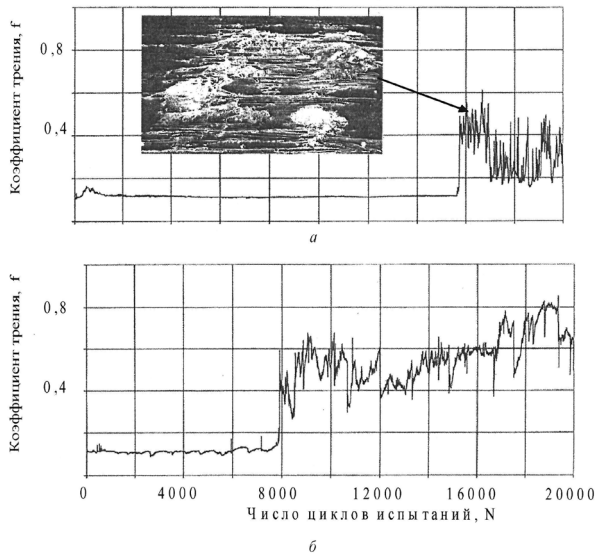


Рисунок 3 – Изменение коэффициента трения в процессе испытаний при давлении $p = 20$ МПа отожженной стали 45 (HV 250-270) (а) и закаленной стали 45 (HRC 42-45) (б) в присутствии смазки Литол-24+ША-А, изготовленной по варианту 1 (контртело – закаленная сталь 60Г твердостью HRC 58-60)

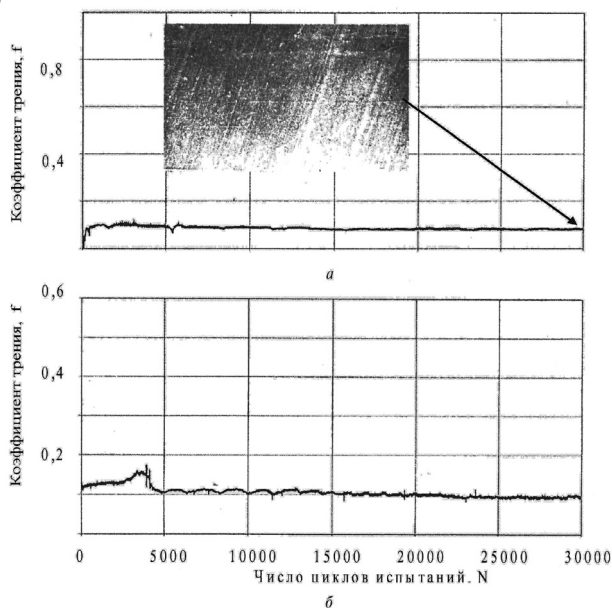


Рисунок 4 – Изменение коэффициента трения в процессе испытаний при давлении $p = 20$ МПа отожженной стали 45 (HV 250-270) (а) и закаленной стали 45 (HRC 42-45) (б) в присутствии смазки Литол-24+ША-А, изготовленной по варианту 2 (контртело – закаленная сталь 60Г твердостью HRC 58-60)

сохранения высоких антифрикционных свойств смазки, и резкое возрастание коэффициента трения наступает уже после 8000 циклов для закаленной и 16000 циклов для отожженной стали 45 (рис. 3), в то время как имплантация наноразмерных алмазосодержащих частиц в структуру дисперсной фазы позволяет сохранить высокие триботехнические свойства смазки на протяжении всего периода испытаний, соответствовавшего 30000 циклов (рис. 4).

Причина непродолжительного ресурса работоспособности ПСМ, модифицированного по варианту 1, обусловлена тем, что при работе пары трения дисперсная фаза смазки испытывает в зоне трения интенсивное деструктурирующее воздействие, в результате которого происходит разрушение ее длиноволокнистой структуры. При этом агрегаты наночастиц алмаза, прочно не закрепленные в структурном каркасе, попадая в зону трибоконтакта, в которой развиваются высокие температуры, склонны к коалесценции с образованием крупных твердых частиц, оказывающих абразивное действие на трущиеся поверхности с повышением коэффициента трения и интенсивности изнашивания.

При получении пластичной смазки, модифицированной по варианту 2, более продолжительный ресурс работоспособности ПСМ предопределен, во-первых, тем, что в этом случае формируется более разветвленная коротковолокнистая структура дисперсной фазы, обеспечивающая большую маслоудерживающую способность и, следовательно, большую нагрузочную способность смазочного материала. Во-вторых, при разрушении структурного каркаса наноразмерные частицы алмаза, закрепленные в волокнах ДФ, высвобождаются и попадают в зону трения в активном состоянии, сохранив свои сверхмалые размеры, что предопределяет отсутствие абразивного действия со стороны алмазосодержащих частиц добавки.

При этом они способны оказывать модифицирующее действие на поверхность трения через протекание процессов интенсивного пластического деформирования вершин микронеровностей с реализацией эффекта трибомеханического модифицирования [4, 5]. Это определяет повышенные противозадирные и противоизносные свойства ПСМ, модифицированной наноразмерными добавками по вариан-

ту 2. При этом также следует иметь в виду, что большая разветвленность ДФ обуславливает повышенную вязкость смазочного материала, что снижает его прокачиваемость через каналы системы смазки узла трения. В связи с чем выбор того или иного варианта реализации технологии получения модифицированной наноразмерными добавками пластичной смазки следует осуществлять с учетом особенностей функционирования узла трения.

ВЫВОДЫ

В работе на примере литиевой пластичной смазки представлен механизм формирования структуры ПСМ с мыльным загустителем, протекающий по схеме золь-гель процесса, с образованием устойчивого трехмерного структурного волокнистого каркаса дисперсной фазы из литиевой соли высокомолекулярной 12-гидрооксистеариновой кислоты. Показано, что наноразмерные частицы добавки в зависимости от технологической схемы их введения в реакционную массу могут по-разному влиять на характер протекания процесса структурообразования дисперсной фазы ПСМ и свойства последней. Различие в структуре дисперсной фазы ПСМ, модифицированных наноразмерными добавками по разным технологическим схемам, предопределяет отличие и в их свойствах. В частности, коллоидная стабильность смазки Литол-24, модифицированной по варианту введения наночастиц добавки после формирования ДФ, составила 7,8 %, а для смазки Литол-24, модифицированной по варианту введения наночастиц добавки до начала кристаллизации ДФ, этот показатель соответствовал 4,5 %. Нагрузка сваривания для этих вариантов смазки Литол-24 равнялась соответственно 1520 Н и 1950 Н. При введении наноразмерных алмазно-графитовых частиц в реакционную массу после завершения процесса кристаллизации дисперсной фазы агрегаты наночастиц добавки остаются в составе дисперсионной среды (масло), будучи слабо связанными с волокнами ДФ (соль высокомолекулярной кислоты). В результате в процессе трибоконтактирования пары трения в присутствии такой смазки может наблюдаться образование крупных абразивных частиц из агломератов наночастиц добавки, снижающих ресурс работоспособности ПСМ. При введении наноразмерных алмазосодержащих добавок в реакцион-

ную массу до начала процесса формирования структурного каркаса ДФ наночастицы добавки выступают в качестве активных центров структурообразования ДФ и имплантируются во внутрь волокон из соли высокомолекулярной кислоты. В результате образуется разветвленная бинарная ДФ (наноразмерные частицы добавки и высокомолекулярная соль) с прочно зафиксированными и равномерно распределенными по всему объему ПСМ наноразмерными частицами добавки, обуславливающая повышенную коллоидную стабильность смазки. Масляная пленка подобного ПСМ характеризуется повышенной нагрузочной способностью. В процессе трибозаимодействия входящие в состав волокон дисперсной фазы наночастицы высвобождаются и попадают в зону трения в активном состоянии, сохранив свои сверхмалые размеры и реализуя эффект трибомеханического модифицирования поверхности трения, что обуславливает увеличенный ресурс работоспособности ПСМ с бинарной дисперсной фазой. Пластичные смазки с бинарной ДФ, содержащей наноразмерные алмазосодержащие частицы, могут эффективно применяться в тяжело нагруженных узлах трения мобильных машин и технологического оборудования, работающих при повышенных температурах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витязь П.А., Жорник В.И., Кукареко В.А., Комаров А.И., Сенють В.Т. (2011). Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками. Минск: Беларус. навука, 527 с.
2. Чекан В.А., Маркова Л.В., Пинчук Т.И., Ивахник А.В. (2005). Разработка методики препарирования 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 алмазографитовыми 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 алмазографитовыми добавками. Ч. 2. Модель разрушения. Трение и износ. (2), с. 196–200.

Статья поступила в редакцию 05.11.2013 г.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА

И.Ю. Козловская, В.Н. Марцуль

УДК 665.64.097.3+67.08

РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований комплексной переработки отработанного катализатора крекинга с получением соединений лантана, сорбента ионов металлов либо микроэлементной добавки. Результаты исследования технологии переработки отработанного катализатора крекинга позволяют выбирать технологическую схему переработки в зависимости от требуемых свойств и направлений использования получаемых продуктов.

ABSTRACT

The article presents the results of the experimental work on complex processing of spent petroleum hydrocarbon cracking catalyst for production of the compounds of lanthanum, sorbents or microelement additive. The results of the research of the processing technology of spent petroleum hydrocarbon cracking catalyst allow you to select a flow chart of processing, depending on the desired properties and using of the obtained products.

Вовлечение в хозяйственный оборот отходов напрямую связано с решением проблемы охраны окружающей среды и с повышением эффективности использования природных ресурсов. Учитывая ограниченность сырьевой базы и необходимость удовлетворения потребностей многих отраслей промышленности за счет импорта, для Республики Беларусь этот вопрос имеет первостепенное значение. В связи с чем особенно важной является научная проработка вопросов использования в качестве сырья отходов производства. К таким отходам относится отработанный катализатор крекинга углеводородов (ОКК).

Комплексная переработка ОКК включает стадии кислотного выщелачивания редкоземельных элементов (РЗЭ), разделение суспензии ОКК с получением кислотного экстракта и твердого остатка, выделение концентрата лантана из кислотного раствора. Для получения товарных продуктов необходимо предусмотреть стадии промывки и сушки концентрата лантана и твердого остатка.

При реализации данной технологии на практике необходимо определить технологические параметры каждой стадии комплексной переработки, позволяющие получать продукты высокого качества при минимальных затратах реагентов и энергии.

Анализ входных переменных процесса кис-

лотного выщелачивания показал, что наиболее значимым из них являются массовое соотношение отработанного катализатора и кислоты в реакционной смеси, вид и концентрация используемой кислоты, температура проведения процесса, время выщелачивания, количество ступеней обработки, способ внесения кислоты.

При выборе выщелачивающего агента выходными переменными являются степень извлечения лантана в экстракт, состав получаемых концентратов, оцениваемый по содержанию лантана, алюминия и микропримесей. Как отражено в [1], азотная кислота, в сравнении с серной, является гораздо более эффективным экстрагентом лантана и, вместе с тем, в меньших количествах переводит в раствор алюминий. Степень извлечения лантана в кислотный экстракт достигает 85 % и более при использовании азотной кислоты с концентрацией 7 моль/л, максимальное извлечение серной кислотой достигает 53 % [1]. Использование азотной кислоты для выщелачивания лантана имеет также ряд преимуществ при разделении получаемых кислотных растворов:

- осаждением можно получить концентраты с более высоким содержанием лантана и меньшим алюминия;
- растворы нейтрализации, получаемые при осаждении лантана аммиаком, могут быть использованы в качестве азотного удобрения;

– в случае необходимости получения соединений лантана высокой степени чистоты может быть проведено их выделение из азотнокислых растворов методом экстракции ТБФ [2].

На основании проведенных исследований и с учетом максимального извлечения в экстракт лантана и алюминия по стехиометрии рассчитана потребность в азотной кислоте при проведении кислотного выщелачивания.

В экспериментах по обработке ОКК при реализации в технологическом режиме кислотного выщелачивания и получении опытной партии концентратов лантана кислоту брали с избытком в 1,5 раза (гидромодуль процесса 1 : 2).

Одним из определяющих факторов для выбора соотношения между отработанным катализатором и раствором кислоты является тепловой эффект реакции. Взаимодействие между компонентами реакционной смеси – экзотермический процесс, выделение тепла происходит до момента окончания реакции между ее компонентами. Исходя из этого, по тепловому эффекту можно определить время окончания лимитирующей стадии взаимодействия ОКК с азотной кислотой и подобрать гидромодуль процесса.

Установлено, что тепловой эффект реакции взаимодействия ОКК с раствором азотной кислотой (концентрация 7 моль/л) при их соотношении 1 : 2 составляет 168 кДж/г ($\Delta T = 3,4^{\circ}\text{C}$), при 1 : 4 – 141 кДж/г ($\Delta T = 2,4^{\circ}\text{C}$), 1 : 10 – 106 кДж/г ($\Delta T = 1,8^{\circ}\text{C}$).

Из рассчитанных значений теплового эффекта следует, что выбранный гидромодуль является обоснованным.

При выборе температурного режима обработки отработанного катализатора необходимо также учитывать тепловой эффект реакций, протекающих в растворе. Температура реакционной смеси определяется начальными температурами участвующих компонентов, тепловым эффектом взаимодействия кислоты с ОКК и тепловым эффектом растворения кислоты в воде.

Учет теплового эффекта взаимодействия ОКК с раствором кислоты позволит снизить расход теплоносителя на поддержание требуемой температуры выщелачивания.

Изменение температуры при протекании реакций взаимодействия отработанного катализатора с растворами кислот отражено в виде графических зависимостей на рисунках 1–3.

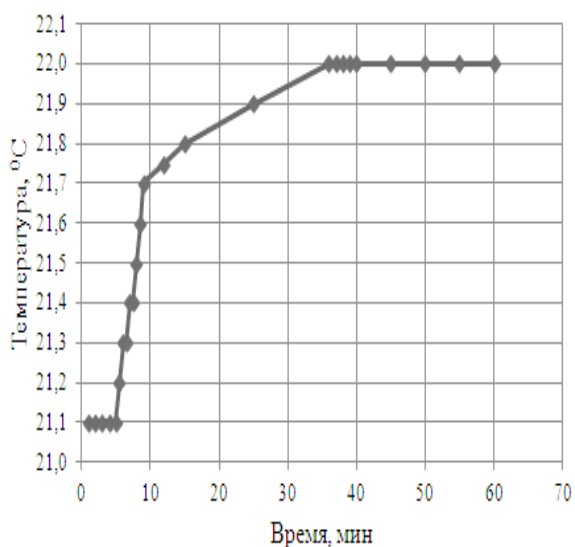


Рисунок 1 – Зависимость изменения температуры от времени при обработке ОКК раствором азотной кислоты концентрацией 4,6 моль/л

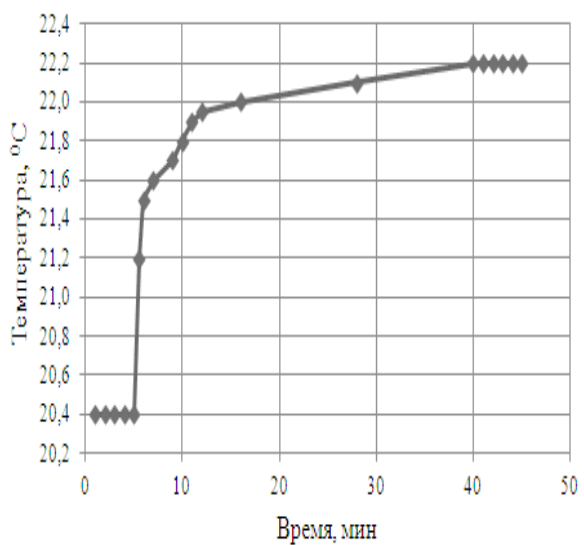


Рисунок 2 – Зависимость изменения температуры от времени при обработке ОКК раствором азотной кислоты концентрацией 7 моль/л

Расчет тепловых эффектов для различных концентраций кислот произведен на 1 г отработанного катализатора. Установлено, что тепловой эффект реакций взаимодействия ОКК с азотной кислотой концентрацией 4,6 моль/л составляет 53 кДж/г, 7,0 моль/л – 106 кДж/г, 14 моль/л – 334 кДж/г.

Что касается времени кислотного выщелачивания, исследования степени извлечения лантана в кислотный раствор показали, что увеличение времени обработки от 2 до 3 часов не приводит к существенному ее увеличению [2].

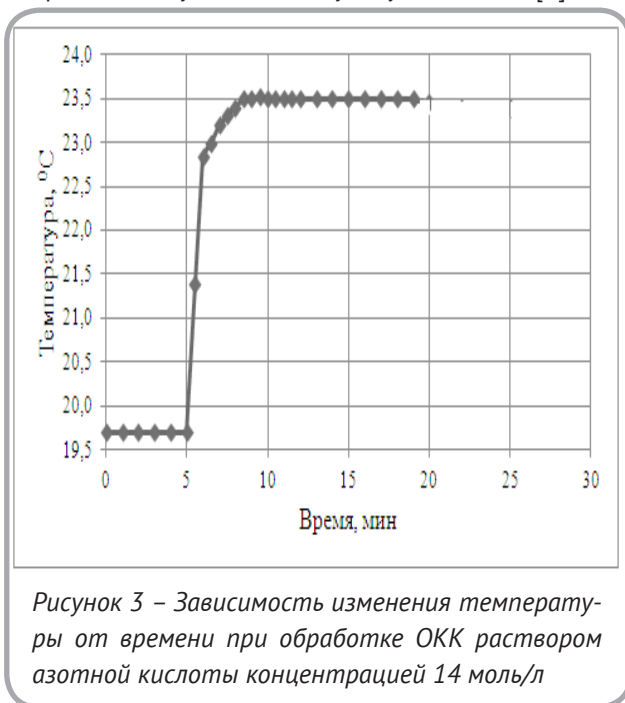


Рисунок 3 – Зависимость изменения температуры от времени при обработке ОКК раствором азотной кислоты концентрацией 14 моль/л

Извлечение лантана было проведено одноступенчатой обработкой ОКК азотной кислотой. Установлено, что однократная экстракция позволяет перевести в раствор максимальное количество лантана, что объясняется особенностями отработанного катализатора, в котором лантан не только включен в структуру цеолита, но и присутствует в ионообменной форме.

Разделение суспензии ОКК в растворе кислоты было проведено по двум вариантам: отделение экстракта центрифугированием и последующая промывка; предварительное разбавление экстракта перед отделением (центрифугированием) и получение за одну ступень разбавленного экстракта (степень разбавления выбирается в зависимости от требований к конечным продуктам). Осадки, полученные после отделения кислотного экстракта, имеют влажность 33 – 38 %.

Варианты обработки полученного твердого остатка после отделения раствора кислоты зависят от целей его дальнейшего использования: применение в качестве сорбента требует стадий промывки и термической обработки твердого остатка; в случае его использования в качестве микроэлементной добавки – стадия промывки

отсутствует. Сорбционная емкость полученного сорбента по ионам железа достигает 2 мг-экв/г.

Для разделения полученных кислотных экстрактов можно предложить различные способы, выбор одного из них определяется требованиями к конечному продукту (концентрату).

В работе были рассмотрены такие варианты, как:

- нейтрализация кислотного экстракта раствором аммиака до pH 8,2 с получением концентратов, содержащих соединения алюминия и лантана;
- осаждение соединений лантана карбонатом натрия, протекающее до pH 4,72 и сопровождающееся частичным осаждением соединений алюминия;
- дробное осаждение соединений алюминия и лантана в различных диапазонах pH при нейтрализации раствором аммиака [3, 4].

При проведении дробного осаждения соединений алюминия и лантана в различных диапазонах pH стадия разделения кислотного экстракта состоит из двух этапов – отделение соединений алюминия и лантана при pH 3,5 – 6,3 и 7,2 – 8,2 соответственно.

Принципиальная схема комплексной переработки отработанного катализатора представлена на рисунке 4.

В рассмотренных случаях необходимой стадией для получения продуктов переработки является обезвоживание концентратов. Содержание влаги в полученных концентратах достигает 97 – 98,5 %, что требует их дальнейшей обработки. Установлено, что обезвоживание осадков нейтрализации кислотных экстрактов на вакуум-фильтре ($\Delta P = 0,05$ Мпа) обеспечивает снижение их влажности до 55,0 % – 57,0 %, центрифугирование (3000 мин^{-1} , 5 минут, фактор разделения 3500) до влажности 65 – 68%.

Режим термической обработки полученных концентратов выбирается в зависимости от направления использования. При необходимости получения оксидов алюминия и лантана осадки прокаливают при температуре 450–500°C.

Результаты исследования технологии переработки отработанного катализатора крекинга позволяют выбирать технологическую схему переработки в зависимости от требуемых свойств и направлений использования про-

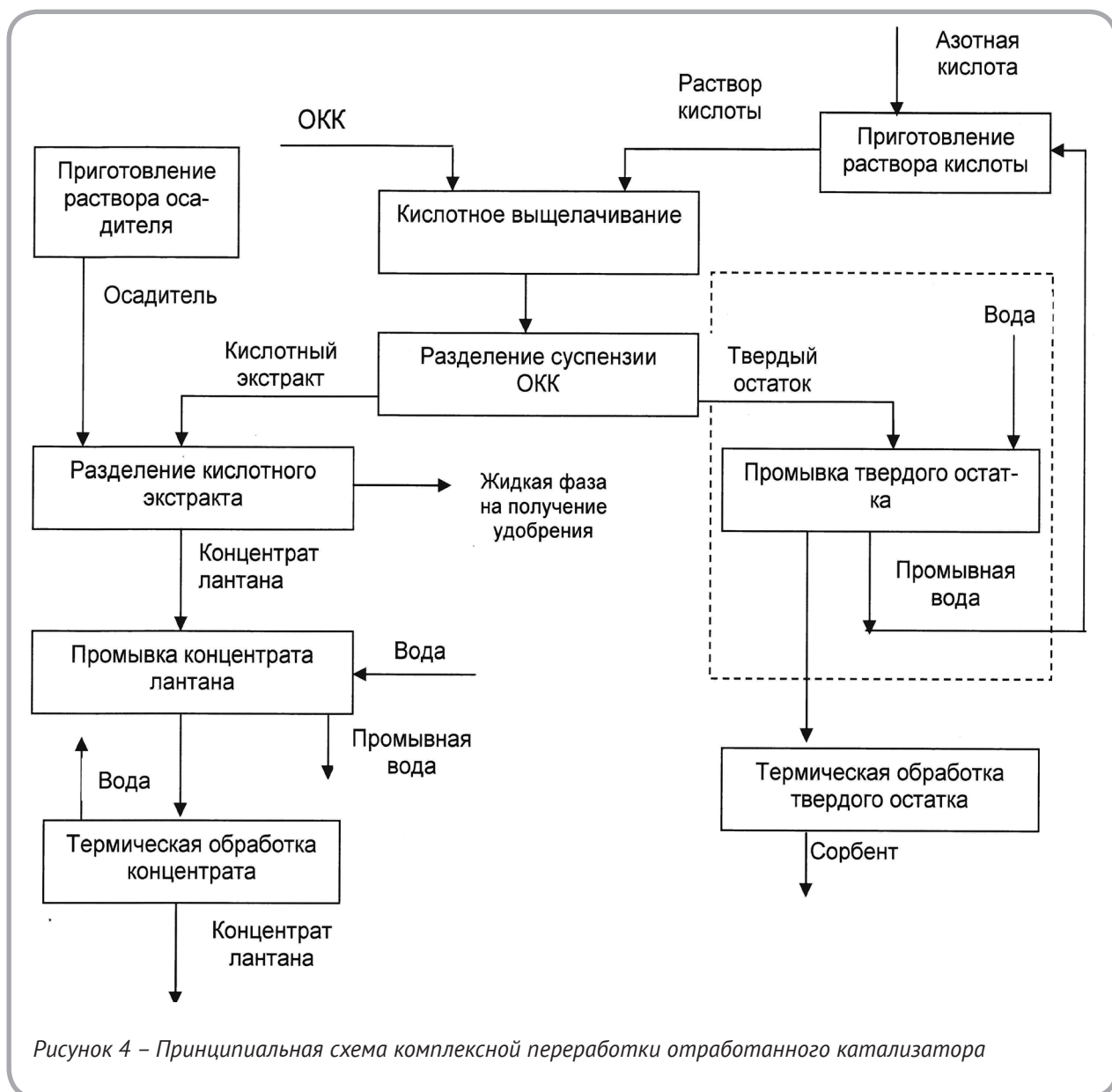


Рисунок 4 – Принципиальная схема комплексной переработки отработанного катализатора

дуктов. Получаемый концентрат лантана может быть использован в технологии производства катализаторов, для получения лантаносодержащих микроудобрений, в производстве технической керамики.

В соответствии с ТУ СТ ТОО 38960949–002–2006 «Азотнокислый раствор редкоземельных элементов» компонентом, определяющим возможность использования азотнокислых растворов лантана, является присутствие в них железа (не более 0,01% по отношению к массе оксидов РЗЭ). В азотнокислом концентрате, полученном из отработанного катализатора крекинга, концентрация железа составляет 24 – 34 мг/дм³. Пересчет содержания железа к содержанию

лантана (в пересчете на оксид) свидетельствует о том, что $m(Fe) : m(La_2O_3)$ меньше 0,01 %. Этот факт свидетельствует о возможности использования полученных азотнокислых экстрактов в технологии производства катализаторов.

Проведенные экспериментальные исследования состава и свойств отработанного катализатора крекинга, условий извлечения из него лантана свидетельствуют о возможности его комплексной переработки с получением соединений РЗЭ и сорбента ионов металлов, микроэлементной добавки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козловская, И. Ю. Кислотное выщелачивание редкоземельных элементов из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти / И. Ю. Козловская, В. Н. Марцуль // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорган. в-в. – 2011. – Вып. XIX. – С. 75–78.
2. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология : в 3 кн : учеб. для вузов / С. С. Коровин [и др.]; под ред. С. С. Коровина. – Москва : МИСИС, 1996. – Кн. 1. – 376 с.
3. Козловская, И. Ю. Осаждение редкоземельных элементов из кислотного концентрата отработанного цеолитсодержащего катализатора / И. Ю. Козловская, В. Н. Марцуль // Вестник ВГТУ. – 2011. Вып. 20 – С. 112–117.
4. Козловская, И. Ю. Выделение лантана из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти / И. Ю. Козловская, В. Н. Марцуль // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорган. в-в. – 2012. – Вып. XX – С. 62–66.

Статья поступила в редакцию 21.02.2013 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА

Н.П. Матвейко, С.К. Протасов, В.В. Садовский

УДК 546.3:543.253

РЕФЕРАТ

Определено содержание тяжелых металлов в волосах человека различной возрастной группы. Установлено, что во всех проанализированных образцах волос присутствуют цинк, свинец, ртуть и медь в количествах, мкг/г: 19 – 64; 0,37 – 1,91 и 1,93 – 9,63 соответственно. В образцах волос курящих людей обнаружен также кадмий. Содержание кадмия, свинца и ртути во всех исследованных образцах волос не превышает референсные значения. Отмечено, что в образцах волос всех изученных возрастных групп жителей г. Минска содержание микроэлементов цинка и меди меньше нижнего предела нормы, что может быть обусловлено особенностями используемых в пищу продуктов питания.

ABSTRACT

The content of Zn, Cd, Pb, Cu and Hg in human hair specimen of different age groups by stripping voltametry method is determined.

Обязательным условием нормального функционирования организма человека является стабильность его химического состава. Отклонения в содержании химических элементов, вызванные различными факторами, приводят к нарушению в состоянии здоровья человека. В последние годы все больший интерес для выявления состояния обмена элементов в организме человека и влияния тяжелых металлов представляет исследование волос человека. Волосы являются наиболее доступным субстратом человека для подобного рода исследований, отбор их проб прост и безболезнен. Тяжелые металлы, попавшие в волосы во время роста, не удаляются из них в дальнейшем. Состав волос достаточно полно отражает содержание тяжелых металлов в организме человека [1, 2].

Референсные (средние) значения содержания элементов, в том числе и тяжелых металлов, в волосах человека в различных литературных источниках неодинаковы [3 – 5]. Наиболее полное сведения о референсных значениях содержания элементов в волосах человека приведены в работе [3]. В частности, интервалы референсных значений содержания некоторых микроэлементов и токсичных элементов в волосах человека

следующие (мкг/г): цинк 120,00 – 250,00; медь 10,00 – 30,00; кадмий 0,00 – 0,102; свинец 0,20 – 5,00; ртуть 0,01 – 2,00.

Цель данной работы – определить содержание тяжелых металлов *Zn, Cd, Pb, Cu* и *Hg* в волосах жителей г. Минска.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для исследования образцы волос массой 0,1 – 0,2 г состригали с затылочной части головы на всю длину. Пробу волос обрабатывали ацетоном, промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Подготовку каждой пробы волос проводили методом мокрой минерализации с использованием двухкамерной программируемой печи ПДП – 18М. Каждую пробу обрабатывали концентрированной азотной кислотой и 30 %-ным раствором пероксида водорода и выпаривали при температуре 130 °С. Затем пробы озоляли при температуре 450 °С в течение 30 минут. Обработку проб концентрированной азотной кислотой, 30 %-ным раствором пероксида водорода, выпаривание и озоление проводили несколько раз до получения однородной золы серого цвета. Зола растворяли в 1 мл концентрированной муравьиной кислоты, после чего объем раствора доводили дважды

перегнанной водой (бидистиллятом) до 10 мл. Для анализа отбирали аликвоты объемом 0,3 – 0,5 мл и разбавляли фоновым электролитом до 10 мл.

Содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4. Индикаторным электродом служила амальгамированная серебряная проволока, электродом сравнения и вспомогательным электродом – хлорсеребряный электрод. Условия проведения анализа и состав фонового электролита определяли отдельными исследованиями. Установлено, что электрохимическую очистку индикаторного электрода целесообразно осуществлять в течение 20 с попеременной анодной и катодной поляризацией при потенциале +100 и –1150 мВ соответственно. Накопление металлов на поверхности индикаторного электрода при потенциале –1350 мВ в течение 20 – 40 с (время зависит от концентрации металлов в растворе). Успокоение раствора при потенциале –1120 мВ в течение 10 с, а развертка потенциала со скоростью 80 мВ/с на фоне 0,37 М водного раствора муравьиной кислоты.

Определение *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* проводили методом добавок с использованием стандартного раствора, содержащего по 2 мг/л каждого металла, который готовили на основе государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистиллята. Расчет концентрации тяжелых металлов в пробах выполняли с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx».

Содержание ртути определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки АВА-3 с применением вращающегося пирографитового индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и платинового вспомогательного электрода. Анализ проб волос на содержание ртути выполняли, используя условия, описанные в работе [6], на фоне 0,2 М раствора серной кислоты, содержащего 0,1 моль/л нитрата калия. Скорость развертки потенциала 5 В/с. Содержание ртути в ячейке определяли методом добавок с использованием стандартного раствора ртути, приготовленного из ГСО и бидистиллята.

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

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены типичные вольтамперные кривые, зарегистрированные при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* в пробах волос человека.

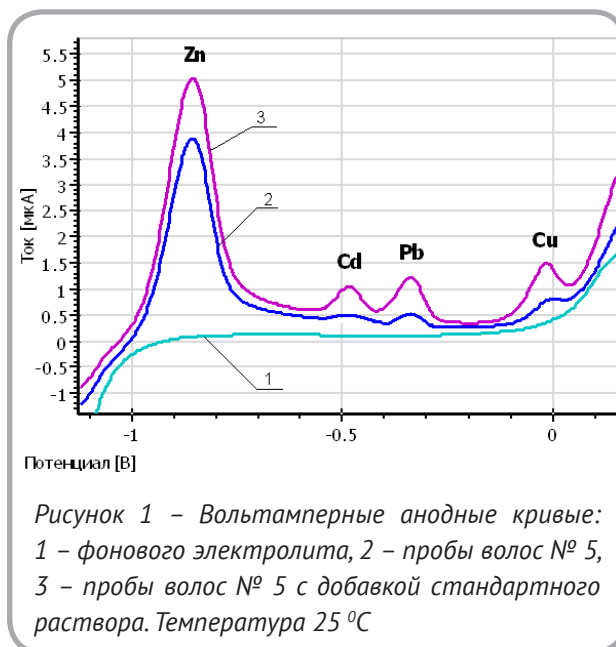
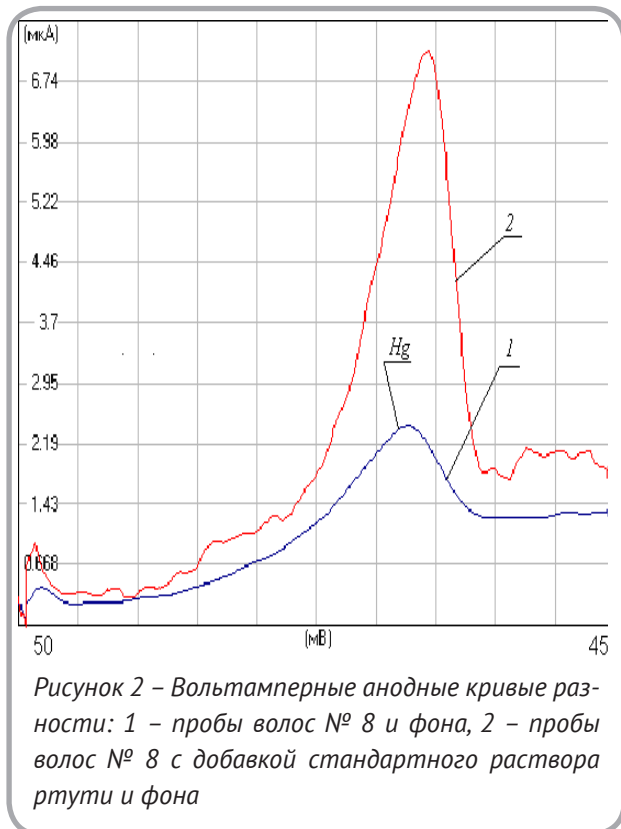


Рисунок 1 – Вольтамперные анодные кривые: 1 – фонового электролита, 2 – пробы волос № 5, 3 – пробы волос № 5 с добавкой стандартного раствора. Температура 25 °С

Из рисунка 1 видно, что на вольтамперной кривой фона отсутствуют пики, обусловленные окислением веществ, что свидетельствует о чистоте фонового электролита. На вольтамперной кривой пробы образца волос № 5 имеется четыре пика при потенциалах –850; –470; –340; –20 мВ, которые относятся к процессам анодного окисления *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* соответственно. При введении в раствор добавки стандартного раствора пики тока окисления *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* пропорционально возрастают, что видно на вольтамперной кривой пробы с добавкой (кривая 3). Подобное характерно и для вольтамперных кривых, зарегистрированных для образцов волос №№ 8 и 9. Для других исследованных образцов волос на вольтамперной кривой пробы отсутствует пик тока окисления кадмия, который появляется на вольтамперной кривой пробы с добавкой стандартного раствора, что свидетельствует об отсутствии в пробах этих образцов волос кадмия.

На рисунке 2, как пример, приведены

вольтамперные кривые разности пробы образца волос № 8 и фона (кривая 1), а также вольтамперные кривые разности этой пробы с добавкой стандартного раствора ртути и фона



(кривая 2).

Видно, что на зарегистрированных при определении ртути вольтамперных кривых наблюдается лишь один пик при потенциале +315 мВ, который обусловлен анодным окислением Hg. Причем введение добавки стандартного раствора ртути приводит к возрастанию пика окисления ртути (кривая 2). Аналогичные вольтамперные кривые при определении ртути получены для всех исследованных образцов волос человека.

На основании совокупности вольтамперных кривых, зарегистрированных для всех изученных образцов волос, рассчитано содержание тяжелых металлов в 1 г каждой пробы волос.

Результаты исследований и их статистической обработки представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что во всех исследованных образцах волос содержание цинка меньше нижнего предела физиологической нормы – 120,0 мкг/г. Кадмий в незначительных количествах (не превышают норму 0,102 мкг/г) обнаружен лишь в трех образцах исследованных волос № 5, № 8 и № 9, которые принадлежат курящим субъектам.

Из таблицы также видно, что во всех исследованных образцах волос содержится свинец в ко-

Таблица – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg в образцах волос человека

№ пробы/ возраст, лет	Содержание металла, мкг/г волос									
	Zn	S _p , %	Cd	S _p , %	Pb	S _p , %	Cu	S _p , %	Hg	S _p , %
1/70	23±0,3	0,8	-	-	1,31±0,03	1,5	2,91±0,05	1,1	0,07±0,003	2,7
2/66	36±0,4	0,7	-	-	1,36±0,03	1,4	2,12±0,03	0,9	0,05±0,002	2,5
3/63	64±0,5	0,5	-	-	1,22±0,02	1,0	3,22±0,06	1,2	0,06±0,002	2,1
4/60	21±0,3	0,9	-	-	1,47±0,03	1,3	3,35±0,06	1,1	0,04±0,002	3,1
5/56	30±0,3	0,6	0,014±0,001	4,5	1,91±0,04	1,3	8,82±0,12	0,9	0,18±0,005	1,8
6/36	68±0,5	0,5	-	-	1,23±0,02	1,0	4,43±0,07	1,0	0,04±0,002	3,1
7/31	33±0,3	0,6	-	-	1,41±0,03	1,3	9,63±0,13	0,8	0,04±0,002	3,1
8/23	20±0,3	0,9	0,007±0,0007	6,2	1,71±0,04	1,5	1,93±0,03	1,0	0,15±0,005	1,9
9/21	19±0,3	1,0	0,020±0,002	6,2	1,62±0,03	1,2	8,62±0,12	0,9	0,14±0,004	1,9
10/12	37±0,4	0,7	-	-	0,53±0,01	1,2	3,31±0,06	1,1	0,02±0,001	3,1
11/7	42±0,4	0,6	-	-	0,37±0,01	1,7	3,64±0,06	1,0	0,02±0,001	3,1
Норма [3]	120-250	-	0,00-0,102	-	0,20-5,00	-	10-30	-	0,01-2,00	-

личествах от 0,37 до 1,91 мкг/г, что не превышает физиологическую норму 5,00 мкг/г [3]. При этом наименьшее количество свинца характерно для образцов волос детей (№ 10 и № 11) и составляет 0,53 и 0,37 мкг/г соответственно. Содержание свинца в образцах волос курящих субъектов (№№ 5, 8, 9) примерно в 1,5 раза выше, чем у некурящего человека.

В волосах курящих людей (образцы волос №№ 5, 8, 9) характерно также более высокое содержание ртути, однако во всех исследованных образцах волос ее количество не превышает референсные значения 2 мкг/г.

Во всех исследованных образцах волос обнаружена медь. Ее количество колеблется в интервале 1,93 – 9,63 мкг/г, при этом для всех образцов оно ниже физиологической нормы 10 мкг/г.

ВЫВОД

Таким образом, исследования содержания тяжелых металлов в волосах жителей г. Минска разной возрастной группы показали, что количество *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* практически не зависит от возраста человека. Исключение составляет лишь свинец, содержание которого в образцах волос детей в 3 и более раз меньше, чем у взрослого человека. Следует также отметить, что кадмий обнаружен только в образцах волос курящих людей (№№ 5, 8, 9). В волосах этих же людей отмечается и более высокое содержание свинца и ртути. Кроме того, исследования показали, что в образцах волос всех изученных возрастных групп жителей г. Минска содержание микроэлементов цинка и меди меньше нижнего предела нормы, что может быть обусловлено особенностями используемых в пищу продуктов питания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горгошидзе, Б. Е. Вопросы медицинской элементологии и значения определения микроэлементов в биосубстратах для диагностики и профилактики заболеваний репродуктивной системы / Б. Е. Горгошидзе, И. З. Харисчаришвили // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2006. – № 6. – С. 60–63.
2. Харисчаришвили, И. З. Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека / И. З. Харисчаришвили, Б. Е. Горгошидзе // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2006. – № 7. – С. 65–67.
3. Комплексный анализ волос на наличие тяжелых металлов и микроэлементов (23 показателя) (волосы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smed.ru/guides/66843/>. Дата доступа: 21.05.2013.
4. Скальный, А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – Вып. 1. – С. 55–56.
5. Скальный, А. В. Микроэлементы у детей: распространенность и пути коррекции. Практическое пособие для врачей / А. В. Скальный, Г. В. Яцык, Н. Д. Одинаева. – Москва, 2002. – 86 с.
6. Хустенко, Л. А. Экспресс-определение ртути в природных водах методом инверсионной вольтамперометрии на углеродном электроде, модифицированном золотом / Л. А. Хустенко, Л. Н. Ларина, Б. Ф. Назаров // Журн. аналит. химии. – 2003. – Т. 58. – № 3. – С. 297–216.

Статья поступила в редакцию 17.06.2013 г.

КОНТРОЛЬ ПОКРЫТИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.А. Нестер

УДК 621.317

РЕФЕРАТ

ОЛОВЯНОЕ ПОКРЫТИЕ, ХРОНОАМПЕРОМЕТРИЯ

В статье приводятся данные исследований, направленные на определение толщины покрытий, которые могут ускорить проведение испытаний в процессах травления плат методом, отличающимся от применяемого капельного.

Метод можно применять в условиях автоматизированного производства, позволяющего резко увеличить продуктивность и качество печатных плат.

ABSTRACT

TIN COVER, CHRONOAMPEROMETRY, DESSOLVING POTENTIAL, POLARIZING DEPENDENCE

The article presents research data for determining of coating thickness. It can speed up the testing process during the etching of circuit boards using method which differs from dripping one.

The method can be used in automated industrial process. It can dramatically increase the productivity and quality of circuit boards.

ВСТУПЛЕНИЕ

Восстановление водных растворов травления печатных плат является одной из главных задач в создании процессов многократного использования водных ресурсов. Проходя активной частью технологического процесса травления печатных плат, водный раствор насыщается соединениями меди, способными загрязнять значительные объемы воды, ведет к усиленной эксплуатации очистных сооружений предприятия, увеличению стоков на городские очистные системы. Это требует значительных финансовых затрат, человеческих ресурсов на обеспечение всего комплекса работ с нейтрализацией отработанных продуктов травления и утилизацию отходов. Однако и этот перечень работ не спасает окружающую среду от загрязнения.

Для уменьшения экономических затрат, уменьшения затрат воды на технологические нужды процесса травления печатных плат необходимо создание циклов повторного использования водных ресурсов с выделением и утилизацией меди или повторным ее использованием для нанесения на платы [1, 2]. Это требует автоматического системного оборудования, в котором для контроля покрытий используются методы, имеющие высокую точность и освобождающие персонал от рутинной ручной работы.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ патентной и научно-технической литературы показал, что вопросами измерения и создания приборов вплотную не занимаются. Современные исследователи не уделяют надлежащего внимания рассмотрению и созданию аппаратов, которые бы учитывали вопросы автоматизации в аппаратах восстановления водных растворов, их повторного использования [3].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В наше время высоких технологий и широкого загрязнения окружающей среды все сильнее стоит вопрос создания замкнутых систем водоснабжения с повторным использованием водных растворов и сточных вод предприятий.

Современное производство с его динамическими изменениями нуждается в автоматизированных технологиях производства в том числе и очистки гальваностоков для обеспечения автоматического регулирования подачи воды, водных растворов согласно технологическому процессу.

Для защиты дорожек печатных плат и для лучшей возможности пайки в промышленности очень широко применяется олово. Олово является одним из наиболее часто применяемых элементов для пайки печатных плат, который сохраняет при этом свойства к защите и пайки даже после длительного хранения, особенно,

если это олово легировано висмутом в незначительном количестве (0,3...5 %) [4].

В то же время для определения толщины металлического покрытия в цехах по производству печатных плат и в гальванических производствах практически единым методом есть капельный, рекомендованный ГОСТ 9.302–79.

Минимальная толщина покрытия, которая может быть вымерена капельным методом, составляет 0,265 мкм. Это значительно ограничивает его возможности при измерении толщины оловянных покрытий, нанесенных химически, так как их толщины редко превышают 1,0 – 1,5 мкм. Относительная погрешность метода при этом составляет $\approx 30\%$. Кроме того, капельный метод измерения толщины металлических покрытий не может быть использован для автоматического контроля в системах автоматизированного производства и управлении технологическим процессом.

А это является важным при изготовлении печатных плат с восстановлением и повторным использованием водных растворов где необходимы быстрые и надежные методы определения характеристик.

К сожалению, на сегодня отсутствуют современные, надежные и в тот же время быстрые методы, которые могли бы быть использованы в автоматизированном производстве.

Взвесив всё вышеуказанное, а также отсутствие исследований в этом направлении как в Украине, так и за ее пределами, были рассмотрены все возможные варианты, которые могли бы ускорить технологические операции. Оказалось, что перспективными в этом отношении могут быть электрохимические методы (электрохимические методы определения толщины металлических покрытий хронопотенциометрия, хроновольтамперометрия, хроноамперометрия в ряде случаев могут конкурировать с традиционными химическими методами), которые имеют высокую точность и пригодны для использования в системах автоматического управления [5]. Поэтому в данной работе проведены исследования и предложена методика хроновольтамперометрического и хроноамперометрического измерения толщины оловянных покрытий на меди.

ИЗЛОЖЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поляризационные измерения проводились с помощью двухкоординатного потенциометра

ПДГ14-002 и потенциостата П-5827М. Оловянные покрытия наносились химическим методом в растворе, рекомендованном ГОСТ 9.047–75, на медные образцы площадью 1 см^2 , изготовленные из фольги М1 толщиной 50 мкм. Для исследования использовали реактивы марок «хч» и «чда». Растворы готовились на дистиллированной воде. Электродом сравнения служил насыщенный хлорсеребряный электрод.

При использовании методов хроновольтамперометрии были выполнены исследования, которые позволили иметь представления о некоторых процессах. Так, анодные потенциодинамические кривые, снятые на предварительно луженых медных образцах, имели два четко выраженных максимума тока, разделенных областью полной пассивации электрода. Первый подъем тока наблюдался при потенциалах более позитивных $-0,45\text{ В}$. Начало второго подъема тока отвечало потенциалу $-0,1\text{ В}$.

Для идентификации максимумов тока в тех же условиях были сняты поляризационные кривые на монолитном оловянном и медном электродах при $U = 20\text{ мВ/с}$ и $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$. При этих исследованиях раствор отвечал составу: $80\text{ г/л NaCl} + 16\text{ мл/л HCl}$.

Поляризационная зависимость, снятая на медном электроде, практически целиком совпала со вторым пиком тока, полученном на луженом медном образце. Из этого был сделан вывод о том, что природа второго максимума тока обусловлена окислением металлической меди к одновалентному состоянию с переходом ее в хлоридные комплексы вида CuCl_2^- . Монолитное олово во всей исследованной области потенциалов растворялось без любых кинетических затруднений (рис. 1 – 3), на соответствующей поляризационной кривой область пассивации электрода была отсутствующей.

Подобное расхождение в характере поляризационных кривых вызвано не пассивацией электрода, а полным растворением оловянного покрытия на предварительно луженых образцах к достижению потенциала начала растворения меди. Поэтому количество электричества, которое пошло на растворение олова, пропорционально плоскости под первым пиком тока на кривых (поляризационных зависимостях) и должно определяться массой и соответственно толщиной покрытия.

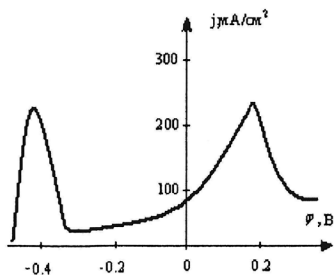


Рисунок 1 – Поляризационная зависимость при электроде из меди, покрытой оловом

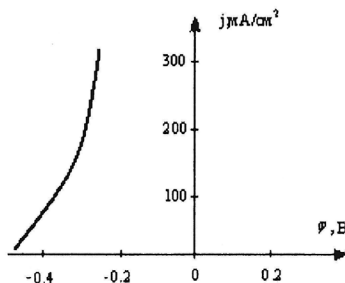


Рисунок 2 – Поляризационная зависимость при электроде из олова

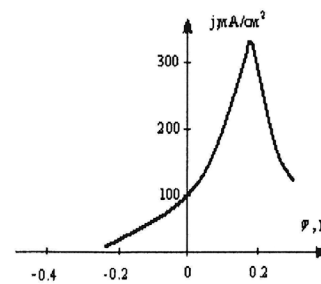


Рисунок 3 – Поляризационная зависимость при электроде из меди

Измерения зависимости плотности тока растворения олова от времени при разных скоростях развертывания потенциала показали, что с увеличением скорости развертывания высота пика тока возрастала, продолжительность его снижалась, а площади, ограниченные кривой, сохранялись приблизительно постоянными.

Для более строгого установления взаимосвязи полноты растворения олова со скоростью развертывания потенциала был проведен корреляционный анализ с помощью следующих уравнений:

$$\tau_x = \sqrt{\frac{\sum x^2 i}{n}}, \quad \tau_y = \sqrt{\frac{\sum y^2 i}{n}},$$

$$r = \frac{\sum x_j \cdot y_j}{n \cdot \tau_x \cdot \tau_y}, \quad x - \bar{x} = r \frac{\tau_x}{\tau_y} (y - \bar{y}),$$

где x – толщина покрытия, мкм; y – скорость развертывания потенциала, мВ/с; τ_x, τ_y – среднее квадратичное отклонение; r – коэффициент корреляции.

Результаты расчета здесь не представлены, но при указанных условиях были получены следующие значения величин: $\tau_x = 0,004965$; $r = 0,6358$; $\tau_y = 27,5$.

Коэффициент корреляции, равный 0,6358, указывает на некоторую зависимость полноты фиксации олова от скорости развертывания потенциала. Зависимость плотности тока растворения олова от времени при разных скоростях развертки потенциала имеет следующий вид:

$$\delta = 0,00235 + 1.155 \cdot 10^{-4} \cdot U.$$

Из уравнения вытекает, что в диапазоне скоростей развертывания потенциала от 5 до 80 мВ/с результаты измерений практически не зависят от избранной скорости развертывания. Свободный член в уравнении очевидно определяется условиями предыдущего лужения олова на образец и справедлив только в данном частном случае.

Экспериментальные данные зависимости средней толщины оловянного покрытия от скорости развертывания потенциала полностью не приведены, но составили следующие величины:

1. $U = 80, \quad \delta = 0,106$;
2. $U = 40, \quad \delta = 0,107$;
3. $U = 20, \quad \delta = 0,096$;
4. $U = 10, \quad \delta = 0,096$;
5. $U = 5, \quad \delta = 0,103$.

Зависимость определенной толщины покрытия от скорости развертывания потенциала представлена на рисунке 4, откуда видно, что результаты опыта и расчета целиком совпадают и составляют величину порядка 0,105 мкм. Итак, хроновольтамперометрия может определяться как метод определения толщины оловянных покрытий.

Однако условия измерения должны быть подобраны таким образом, чтобы олово растворялось целиком к достижению потенциала начала растворения материала подкладки. Последнее может создать определенные трудности при определении относительно больших толщин покрытия и привести к ошибкам. Указанное заставляет подумать о других исследованиях, которые бы могли быть применены в автоматических линиях. Одним из таких может стать хроноамперометрия.

Метод хроноамперометрии, то есть метод наложения на исследуемый образец постоянного потенциала и регистрации тока растворения

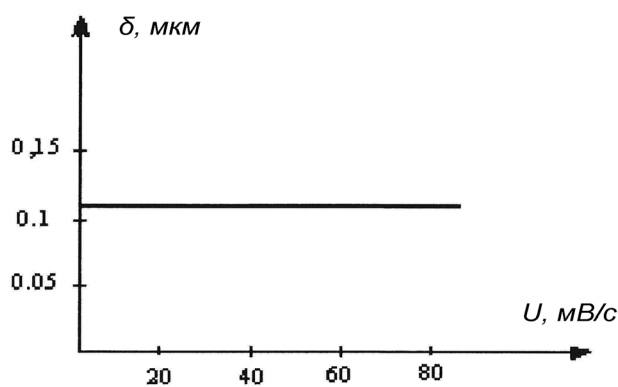


Рисунок 4 – Зависимость определенной толщины покрытия от скорости разворачивания потенциала

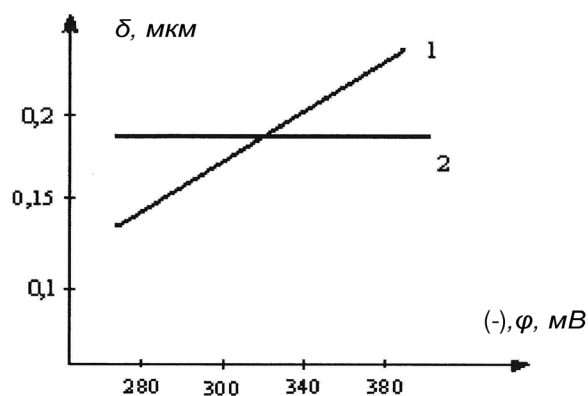


Рисунок 5 – Зависимость определенной толщины покрытия: 1 – от потенциала растворения; 2 – толщины покрытия, определенной весовым методом

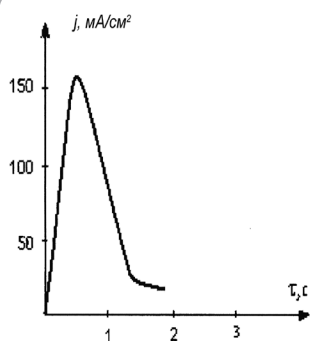


Рисунок 6 – Зависимость плотности тока растворения при потенциале -250 В

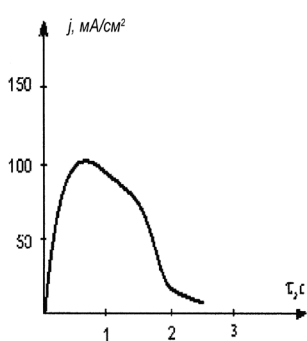


Рисунок 7 – Зависимость плотности тока растворения при потенциале -300 В

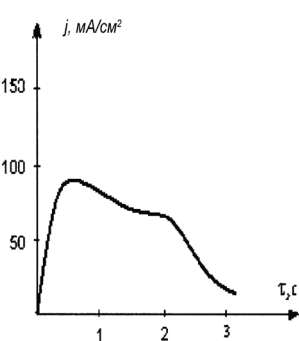


Рисунок 8 – Зависимость плотности тока растворения при потенциале -350 В

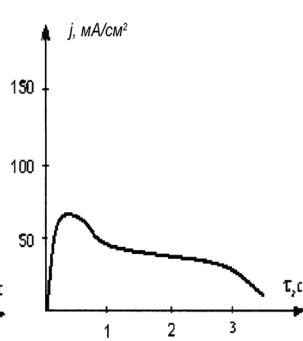


Рисунок 9 – Зависимость плотности тока растворения при потенциале -400 В

олова во времени, не имеет недостатков, присутствующих в хроновольтамперометрии, так как потенциал растворения постоянный и может быть выбран в области значений, в которых возможны только реакции растворения олова. Поэтому исходя из анализа поляризационных кривых была исследована область потенциалов от -0,45 до -0,25 В.

Зависимости изменения тока растворения от времени в условиях наложения на образец постоянного потенциала показаны на рисунках 6 – 9. В области довольно отрицательных потенциалов, когда скорости растворения олова незначительны, кривые имели площадки, длина которых зависела от толщины покрытия. После окончания растворения олова ток снижался практически к нулю. По мере сдвига потенциала растворения в положительную сторону площадка тока переходила в максимум, высота которого

возрастала, а продолжительность снижалась. Однако результаты измерения толщины покрытия одной и той же величины, в зависимости от потенциала растворения, значительно отличались

(рис. 5). Уравнение регрессии $\delta = f(\varphi)$, полученное с помощью математического аппарата и по результатам исследований позволяет утверждать, что точность определения толщины покрытия в значительной мере зависит от потенциала его растворения.

$$\delta = 0.049985 - 3.398 \cdot 10^{-4} \varphi .$$

Средние квадратичные отклонения и коэффициент корреляции были соответственно равны:

$$\tau_g = 57,48; \tau_x = 0,0335, r = -0,0588$$

Экспериментальные данные зависимости толщины оловянного покрытия от потенциалов растворения и определенные весовым методом значительно отличались. Причем, в условиях наложения потенциала, близкого к потенциалу начала растворения олова, результаты значений измерения значительно завышены, а в области более положительных потенциалов видно их понижение. Это значительно затрудняет определение толщины покрытия.

Проведенные опыты показали возможность использования электрохимических методов для определения толщины оловянных покрытий на медной основе.

К их недостаткам нужно отнести зависимость точности измерения от потенциала в случае хроноамперометрии и проблематичность использования хроновольтамперометрии для анализа толстых покрытий (больше 5 – 6 мкм).

Более универсальным и свободным от указанных недостатков есть хронопотенциометрический метод анализа, который может успешно использоваться в лабораторных условиях с использованием серийной аппаратуры.

Выполненные нами ранее исследования

хронопотенциометрического метода и методов хроновольтамперометрии, хроноамперометрии разрешают сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность использования электрохимических методов для определения толщины оловянных покрытий на медной подложке.

2. Установлена более высокая эффективность хронопотенциометрического метода определения толщины покрытия.

3. Исследована зависимость толщины покрытия от скорости развертывания потенциала и потенциалов растворения.

4. Установлено соответствие расчетных и опытных результатов хроновольтамперометрического метода.

Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшие исследования в данном направлении, в нашем понимании, должны быть направлены на исследования процессов хроноамперометрии, хроновольтамперометрии и хронопотенциометрического метода в производственных условиях предприятий и создание математического аппарата обеспечения технологического процесса повторного использования водного раствора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гибкие автоматизированные гальванические линии / В. Л. Зубченко, [и др.] ; под общей ред. В. Л. Зубченко. - Москва : Машиностроение, 1989. - 672 с.
2. Коваленко, Д. Г. Современное состояние и перспективы развития гальванопроизводства, создание малоотходных, экологически чистых производств // Перспективная технология производства РЭА. - 1991. - №3. - С. 3.
3. Виговська, Т. В. Отходы как факторы экологической опасности / Т. В. Виговська // Вестник ТУП. - 2002. - № 4. - Ч.3. - С.153-158.
4. Ильин, В. А. Цинкование, кадмирование, оловянирование и свинцевание / В. А. Ильин - Ленинград : Машиностроение, 1983 .
5. Багоцкий, В. С. Основы электрохимии / В. С. Багоцкий. - Москва : Химия. - 1988. - 133 с.

Статья поступила в редакцию 11.12.2012 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСАХ

Н.С. Черкес

УДК 628.512:543.26

РЕФЕРАТ

В статье представлен сравнительный анализ фотометрических, спектрофотометрических, флуоресцентных и газохроматографических методов количественного определения фталевого ангидрида в жидкой и газообразной средах. Тематика работы актуальна, поскольку контроль содержания фталевых соединений в жидких и газообразных средах представляет определенные сложности, обусловленные одновременным присутствием веществ, обладающих близкими к фталевым соединениям свойствами. На основании сравнения достоинств и недостатков опробованных методов разработана газохроматографическая методика выполнения измерений содержания фталевого ангидрида в промышленных выбросах.

ABSTRACT

The development of the technologies for polyether production on the basis of phthalic compounds has led to necessity of creation of a selective measuring techniques of phthalic anhydride for industrial emissions. The analysis of photometric, spectrophotometric, fluorescent and gas chromatographic methods for quantitative definition of phthalic anhydride is presented in the article.

При производстве фталевого ангидрида парофазным каталитическим окислением ароматических углеводородов кислородом воздуха образуется большое количество токсичных газов, подлежащих очистке перед выбросом в атмосферу. Состав отходящих газов определяется качеством исходного сырья, свойствами применяемого катализатора, температурой процесса контактирования, методом очистки отходящих газов и другими факторами.

К основным загрязняющим веществам, входящим в состав отходящих газов и подлежащим обязательному экологическому контролю, относятся фталевый ангидрид (ангидрид 1,2-бензолдикарбоновой кислоты) и малеиновый ангидрид (ангидрид цис-этилен-1,2-дикарбоновой кислоты) [1].

Фталевый ангидрид очень реакционноспособен. Данный факт, с одной стороны, расширяет возможности проведения различных реакций, продуктами которых являются окрашенные соединения, пригодные для фотометрического определения, но с другой стороны, высокая реакционная способность вызывает ряд трудностей, связанных с устранением мешающих веществ из

реакционной смеси из-за общности их свойств с фталевым ангидридом. К таким веществам относится малеиновый ангидрид.

При проведении анализа существующих методов определения фталевого ангидрида рассматривались фотометрические, спектрофотометрические, флуоресцентные и газохроматографические методы. Целью работы являлся поиск метода определения фталевого ангидрида в жидких и газообразных средах, отличающегося высокой селективностью.

Определение фталевого ангидрида с индикатором арсеназо I [2]. Метод основан на получении из растворов арсеназо I и меди комплекса, окрашенного в фиолетовый цвет, и разрушении этого комплекса фталевой кислотой, образующейся в водной смеси из фталевого ангидрида.

Согласно методике, окраску раствора визуально сравнивают с окраской шкалы. Так как сравнение окраски анализируемых растворов визуально нельзя назвать точным, подготовку проб проводили согласно методике [2], а анализ полученных растворов – спектрофотометрическим методом. С целью установления длины волны, отвечающей максимальному поглощению

света пробой, обработанной составным индикатором на основе арсеназо I на спектрофотометре «СФ-56», были сняты спектры поглощения. Диапазон измерений соответствовал 190–1100 нм с шагом дискретизации 1 нм. Проанализировав полученные спектры, установили, что поглощение света пробой происходит интенсивней при 220 нм.

С целью исследования влияния малеинового ангидрида на результат количественного определения фталевого ангидрида было приготовлено три пробы. В первой пробе содержалось 50 мкг фталевого ангидрида, во второй – 50 мкг малеинового ангидрида. Третья проба представляла смесь 50 мкг фталевого ангидрида и 50 мкг ангидрида. Подготовленные пробы обрабатывали составным индикатором на основе арсеназо I, после проводили измерение оптической плотности растворов при 220 нм (D). Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ пробы	Наименование пробы	Оптическая плотность при 220 нм
1	Фталевый ангидрид	0,85
2	Малеиновый ангидрид	0,79
3	Смесь фталевого и малеинового ангидридов	1,36

Как видно из данных таблицы 1, наличие в третьей пробе малеинового ангидрида заметно увеличивает оптическую плотность. Этот факт позволяет предположить, что примесь малеинового малеинового ангидрида оказывает существенное влияние на достоверность количественного определения фталевого ангидрида.

В результате опробования методики измерения фталевого ангидрида с индикатором арсеназо I можно выделить как достоинства, так и недостатки. Несомненным достоинством методики является простота, экспрессность и высокая чувствительность по отношению к фталевому ангидриду (10–5000 мкг в пробе). Недостатком является чувствительность метода по отношению к малеиновому ангидриду, что затрудняет использование рассмотренной методики определения фталевого ангидрида при совместном

присутствии его с малеиновым ангидридом в промышленных выбросах.

Определение фталевого ангидрида с гидрохиноном [3]. При конденсации фталевого ангидрида с гидрохиноном в присутствии концентрированной серной кислоты образуется интенсивно окрашенный хинизарин (1,4-диоксиантрахинон).

Для опробования вышеназванного метода было приготовлено два раствора фталевого ангидрида с содержанием 0,5 и 4 мг в пробе соответственно; два раствора малеинового ангидрида с содержанием 0,5 и 4 мг в пробе соответственно; два раствора, представляющих собой смеси фталевого и малеинового ангидридов с содержанием ангидридов в первой пробе по 0,5 мг и во второй по 4 мг. Отметим, что фталевый ангидрид растворяли в бензоле (около 10 мин до полного растворения), а малеиновый ангидрид растворяли в ацетоне (около 10 мин до полного растворения), так как малеиновый ангидрид почти не растворился в бензоле даже при нагревании. Пробы обрабатывались согласно методике [3], после фотометрировались при 480 нм на фотоэлектроколориметре «КФК-3». Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

Наименование пробы	D при 480 нм	
	содержание вещества в пробе 0,5 мг	содержание вещества в пробе 4 мг
Фталевый ангидрид	0,01	0,5
Малеиновый ангидрид	0,001	0,002
Смесь фталевого и малеинового ангидридов	0,01	0,5

Основываясь на результатах испытания методики определения фталевого ангидрида с гидрохиноном, можно выделить как достоинства, так и недостатки. Основным достоинством метода является высокая селективность по отношению к фталевому ангидриду. К недостаткам следует отнести большую продолжительность стадии пробоподготовки (около 4-х часов); большой расход

бензола (на одну пробу около 110 мл); низкую чувствительность метода – 0,5–4 мг (500–4000 мкг) фталевого ангидрида в пробе.

Определение фталевого ангидрида с резорцином [4]. Метод основан на том, что при сплавлении фталевого ангидрида с резорцином образуется флуоресцеин, который определяют в щелочной среде по интенсивности флуоресценции в ультрафиолетовом свете.

Для опробования метода определения фталевого ангидрида с резорцином был приготовлен раствор фталевого ангидрида с содержанием 0,5 мг в пробе; раствор малеинового ангидрида с содержанием 0,5 мг в пробе и раствор, представляющий собой смесь 0,5 мг фталевого ангидрида и 0,5 мг малеинового ангидрида. Пробы обрабатывались согласно методике [4], а интенсивность флуоресценции измеряли при помощи флуориметра «Флюорат-02-2М».

На основании полученных экспериментальных данных выявлена зависимость интенсивности флуоресценции от содержания фталевого ангидрида в пробе. Однако при многократных попытках приготовления растворов градуировочной шкалы и построения градуировочных зависимостей коэффициент аппроксимации, в лучшем случае, составлял 0,82, что свидетельствует о невысокой точности метода. Данный факт, скорее всего, связан с большой многостадийностью и продолжительностью анализа. Рассмотренный метод обладает невысокой чувствительностью по отношению к фталевому ангидриду: 0,05–0,5 мг (50–500 мкг) в пробе, отличается многостадийностью.

Определение фталевого ангидрида газохроматографическим методом. В литературе описание газохроматографического метода определения фталевого ангидрида не найдено. Однако фталевый ангидрид обладает большим сродством к изомерам фталевой кислоты и другим родственными по строению и свойствам веществам, которые определяют газохроматографическим методом. В основном все методики сводятся к проведению реакции этерификации в присутствии серной кислоты [5]. Продуктом реакции является эфир фталевой кислоты. Перед вводом эфира в хроматографическую колонку в реакционной смеси нейтрализуют оставшуюся серную кислоту, так как кислая среда агрессивна к материалам и узлам хроматографа. Серную

кислоту нейтрализуют разными способами: добавлением солей слабых неорганических кислот и сильных оснований, добавлением органических оснований, экстракцией полученного эфира из кислой реакционной смеси и др. [6]. Рассмотренные методы также разнятся между собой типом и фазой хроматографической колонки, используемой при анализе.

При опробовании газохроматографического метода определения фталевого ангидрида варьировались условия проведения реакции этерификации, способы нейтрализации серной кислоты, условия хроматографирования как на капиллярной колонке, так и на насадочной с использованием разных неподвижных фаз.

Наилучшие результаты были достигнуты при переводе фталевого и малеинового ангидридов по реакции этерификации в диизоамиловые эфиры с последующим их газохроматографическим анализом на насадочной колонке с неподвижной фазой Хроматон N-AW-HMDS, обработанной 5 % апиезоном L. Условия проведения хроматографического анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения хроматографического анализа

Показатель	Значение
Температура термостата колонки: Начальный изотермический участок, температура, °С	140
Начальный изотермический участок, продолжительность, мин	1
Скорость подъема температуры, °С/мин	10
Конечный изотермический участок, температура, °С	240
Конечный изотермический участок, продолжительность, мин	10
Температура испарителя, °С	300
Температура детектора, °С	250
Расход газоносителя, см ³ /мин	30
Расход водорода, см ³ /мин	30
Расход воздуха, см ³ /мин	300

График хроматограммы диизоамиловых эфиров представлен на рисунке 1.

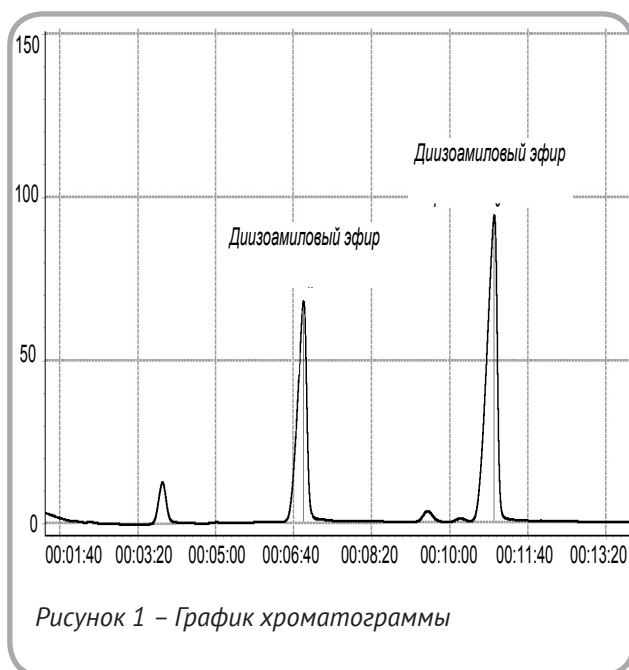


Рисунок 1 – График хроматограммы

Время элюирования диизоамилового эфира малеиновой кислоты составило 6,50 минут; диизоамилового эфира о-фталевой кислоты – 10,52 минуты.

Несомненными достоинствами газохроматографического метода определения фталевого ангидрида в присутствии малеинового ангидрида являются высокая селективность, высокий предел обнаружения и точность. К недостаткам следует отнести продолжительность анализа.

Определение фталевого ангидрида с солянокислым гидроксиламинем [7]. Метод основан на переводе фталевого ангидрида в диметиловый эфир и взаимодействии диметилового эфира о-фталевой кислоты с гидроксиламинем в щелочной среде с образованием гидроксамовой кислоты, которая с хлорным железом образует гидроксамат железа, окрашенный в желто-зеленый цвет.

Для опробования метода определения фталевого ангидрида с солянокислым гидроксиламинем было приготовлено три пробы. В первой пробе содержалось 100 мкг фталевого ангидрида, во второй – 100 мкг малеинового ангидрида. Третья проба представляла смесь 100 мкг фталевого ангидрида и 100 мкг малеинового ангидрида. Подготовленные пробы обрабатывали по методике [7] и далее фотометрировали при 420

нм на фотоэлектроколориметре «КФК-3».

При сопоставлении значений оптической плотности было отмечено, что наличие в пробе малеинового ангидрида заметно влияет на количественное определение фталевого ангидрида. Данный факт нельзя игнорировать при определении фталевого ангидрида при его совместном присутствии с малеиновым ангидридом. Значимыми недостатками опробованного метода являются многостадийность и продолжительность анализа. К достоинствам метода следует отнести высокую чувствительность по отношению к фталевому ангидриду – 0,03–3 мг (30–3000 мкг) в пробе.

Титриметрический метод определения фталевого ангидрида по ГОСТ 24445.1–80. Метод определения основан на титровании фталевого ангидрида раствором гидроксида натрия в присутствии смешанного индикатора, приготовленного по ГОСТ 4919.1–77. Так как метод имеет очень низкую чувствительность, опробование его не проводили.

На основании полученных экспериментальных данных и сравнения достоинств и недостатков опробованных методов определения фталевого ангидрида в присутствии малеинового ангидрида на кафедре промышленной экологии БГТУ была разработана газохроматографическая методика выполнения измерений содержания фталевого ангидрида и малеинового ангидрида в промышленных выбросах. Разработанная методика включает концентрирование ангидридов из воздуха, экстрагирование и растворение уловленных соединений смесью изоамилового спирта и бензола, перевод ангидридов по реакции этерификации в диизоамиловые эфиры и последующий их газохроматографический анализ.

Разработанная методика прошла метрологическую аттестацию в БелГИМ, допущена к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь и внесена в реестр Методик выполнения измерений в области экологического контроля в Республике Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гуревич, Д. А. Фталевый ангидрид / Д. А. Гуревич. – Москва : Химия, 1968. – 232 с.
2. Быховская, М. Л. Методы определения вредных веществ в воздухе: Практическое руководство / О. Д. Хализова. – Москва : Медицина, 1966. – 531 с.
3. Коренман, И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / И. М. Коренман. – Москва : Химия, 1975. – 313 с.
4. Перегуд, Е. А. Химический анализ воздуха промышленных предприятий / Е. А. Перегуд, Е. В. Гернет, И. М. Коренман. – Москва : Химия, 1965. – 209 с.
5. Березина, В. Г. Хроматографический анализ окружающей среды / В. Г. Березина. – Москва : Химия, 1979. – 608 с.
6. Робертс, Д. Основы органической химии : Учебное пособие. Т.2. // Д. Робертс, М. Кассерио, – Москва : Мир, 1978. – 457 с.
7. Дмитриев, М. Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: Справочное издание / И. А. Пингина. – Москва : Химия, 1989. – 106 с.

Статья поступила в редакцию 21.02.2013 г.

ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРНОГО ТИПА КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Л.В. Алексахина

УДК 332:639

РЕФЕРАТ

В статье проанализированы преимущества объединений кластерного типа и обоснована целесообразность создания рыбохозяйственного кластера как современной формы организации рыбохозяйственной деятельности. Создание рыбохозяйственного кластера в наибольшей степени соответствует оптимизации использования природно-ресурсного потенциала, объектов инфраструктуры региона и человеческого капитала в регионах Украины. Он имеет значительный потенциал в повышении эффективности рыбохозяйственной деятельности за счет роста уровня конкурентоспособности рыбохозяйственного комплекса на основе усиления производственных кооперационных взаимосвязей, кадрового и информационного обмена между участниками кластера и обязательного участия органов власти в функционировании кластерного формирования.

ABSTRACT

The advantages of cluster-type associations are analysed and the expediency of cluster creating in the fishery industry as a modern form of organization of fisheries management is justified. Creating of the cluster in the fishery activities is most relevant to optimization of using the natural resource potential, the objects of region infrastructure and human capital in the regions of Ukraine. It has significant potential to improve the efficiency of fisheries management by increasing the level of competitiveness in the fishing industry and by strengthening industrial cooperation interrelations, personnel and information exchange between members of the cluster and mandatory participation of government in the operation of the cluster formation.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современные экономические реалии в Украине, являющейся морской державой, но характеризующейся кризисным состоянием рыбохозяйственного комплекса и импортозависимостью рыбного рынка, предопределяют необходимость поиска и внедрения эффективных организационных форм осуществления рыбохозяйственной деятельности, теоретически разработанных и апробированных в мировой практике.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последних научных исследованиях и публикациях представлены различные подходы к формированию территориальных производственных систем: производственных комплексов, территорий приоритетного развития, свободных экономических зон, отраслевых

и региональных кластеров. Среди них следует особо выделить интеграционные объединения кластерного типа, которые адекватны современным конкурентным условиям осуществления экономической деятельности в различных зонах хозяйствования и, как показывает практика их создания, весьма эффективны [1 – 19].

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Широко представленные в научной литературе дифференцированные интерпретации кластерной концепции теоретического характера и научно-прикладные аспекты создания кластеров в целом ряде отраслей промышленности, позволяют рассматривать кластеризацию как эффективный инструмент развития отраслей, особенно актуальный, по нашему мнению, в сфе-

ре активного природопользования, поскольку позволяет решать совокупность экологосоциально-экономических проблем развития конкретных территорий и государства в целом. Специфичность геополитических условий Украины и уникальность региональных характеристик предопределили специализацию производства и параметры хозяйственных комплексов: одним из традиционных видов специализации для приморских регионов Украины является рыбохозяйственная деятельность.

Ограниченная применимость общего подхода к кластерам, отраслевая специфика и общественная значимость рыбохозяйственной деятельности обуславливают необходимость обоснования применения принципиальной модели кластерных формирований в рыбохозяйственном комплексе Украины и отдельных регионов, природно-ресурсный потенциал которых включает водные объекты.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Проанализировать преимущества объединений кластерного типа и обосновать целесообразность создания рыбохозяйственного кластера как современной формы организации рыбохозяйственной деятельности.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Ставшее уже традиционным понимание кластера (от английского «cluster» означает кисть, букет или группа, скопление, сосредоточение) по М.Портеру как группы сконцентрированных по географическому признаку взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга компаний и организаций в определенной сфере, конкурирующих и одновременно осуществляющих совместную деятельность [12], учитывает важность географической локализации элементов кластера. Вместе с этим оно представляется достаточно универсальным и обуславливает [18] определенную концептуальную эластичность кластерной концепции, тем самым создавая предпосылки для дальнейшей разработки теоретических положений формирования и функционирования как отраслевых, так и региональных кластеров. Так, исследование мнений ученых [1 – 19] о содержательных характеристиках понятия «кластер» позволило обобщить и структурировать современные представления об основополагающих чертах кластеров.

Научно-интересным является подход М.

Энрайта [11], который характеризуется смещением акцента в рассмотрении кластера с национального уровня на региональный, в связи с его мнением о формировании конкурентных преимуществ государства на региональном уровне, обусловленном историческими предпосылками развития регионов и разнообразием региональных условий хозяйствования. Мы поддерживаем вывод ученого о том, что именно региональные кластеры нуждаются в целенаправленной поддержке государственных структур и исследовательских организаций, поскольку это в большей мере способствует учету региональных особенностей (специфики расселения, размещения производств и объектов природопользования) и обеспечению адресных мер стимулирования развития и повышения эффективности функционирования интегрированных объединений конкретной территории. В развитие данного подхода [2, 11, 16] рассматривают кластер как инновационный способ проведения государственной кластерной политики с целью повышения национальной конкурентоспособности на микроэкономическом уровне, отмечая в связи с этим практическую направленность развития подходов к пониманию содержания данного понятия.

Современные ученые [1 – 19], учитывая научные выводы М. Портера, М. Энрайта и др., рассматривают теоретико-методологические основы и прикладные аспекты формирования кластеров в контексте регионального развития и управления, предлагая инновационные кластерные модели региональной экономики, в том числе в [4, 7, 9, 13, 17] акцентируя внимание на разработке подходов к применению кластерной политики для повышения уровня конкурентоспособности АПК как основы обеспечения продовольственной безопасности государства.

Так, М.П. Войнаренко [1] при формулировке содержания понятия «кластер» акцентирует внимание на тесном сотрудничестве региональных научных учреждений, органов местной власти, а также предприятий, производящих однородную продукцию и характеризующихся общностью технологических процессов, что, по мнению ученого, позволит обеспечить экономический рост в регионе. Автор, в целом соглашаясь с мнением ученого, полагает, что в данном подходе недостаточно учтена роль предприятий и организа-

ций смежных отраслей в функционировании отрасли специализации кластера, что необходимо принимать во внимание, чтобы в должной мере отразить сетевой характер кластерного формирования.

В этой связи, по нашему мнению, более обоснован подход Л.И. Федуловой [16] и А.П. Павлюка [10] к пониманию кластера, предполагающий включение в состав интеграционного объединения кластерного типа территориально приближенные, взаимосвязанные и взаимодополняющие компании (поставщики, производители и др.) и связанные с ними организации (образовательные учреждения, органы государственного управления, инфраструктурные компании), действующие в определенной сфере на основе сотрудничества и взаимопомощи.

При исследовании содержательных характеристик кластера А.А. Коренчук [6] указывает на упорядоченность совокупности организаций и отдельных лиц и устойчивость взаимосвязей между ними в рамках данного вида интеграционного формирования, что обеспечивает в совместной деятельности достижение положительного синергетического эффекта, превышающего простую сумму потенциалов, его составляющих. Ученый отмечает, что источниками возникновения синергетического эффекта являются сотрудничество партнеров в течение продолжительного периода, сочетание кооперации и конкуренции, близость потребителя и производителя, диффузия знаний и умений, обусловленная миграцией персонала в рамках кластера.

На наш взгляд, научный интерес представляет мнение С.И. Соколенко [15] относительно преимуществ кластера в создании уникальной основы для развития инновационной деятельности, в связи с чем в рамках кластерного формирования становится возможным производство продукции мирового уровня. Вместе с этим ученый отмечает важную роль сектора малых и средних предприятий в функционировании объединения кластерного типа и в развитии региона, указывая на возможность существенного повышения уровней производительности труда и рентабельности.

В связи с отмечаемой учеными [15, 16] значимостью кластеризации в обеспечении инновационного пути регионального развития, автор согласно с утверждением Пилипенко И.В. [11] о

том, что в кластерном формировании ключевая роль принадлежит человеческому капиталу как носителю знаний, навыков и источнику инноваций, а также информационному обмену идеями, «ноу-хау» между предприятиями и сотрудниками. В этой связи в [11] отмечается, что при организации кластера акцент делается, прежде всего, на высокотехнологичные отрасли экономики. Такой подход, по нашему мнению, существенно ограничивает сферу применения кластеров как формы организации региональных хозяйственных комплексов, и в современных экономических реалиях целесообразно, в первую очередь, акцентировать внимание на развитии традиционных отраслей промышленности, ориентированных на потребителя (особенно производящих продовольствие как основу жизнедеятельности населения региона).

Таким образом, следует отметить, что представленные выше трактовки дефиниции «кластер» [1 – 19] в целом отражают ряд содержательных характеристик кластерных формирований как специфической формы интеграции науки и производства, характеризуемой сочетанием интересов хозяйственных комплексов и органов власти, что позволяет идентифицировать его среди других видов объединений и выделить предпосылки формирования кластеров, определить совокупность отличительных черт кластеров (рис. 1), направления и задачи создания кластеров, а также преимущества, формируемые объединениями кластерного типа для отрасли и региона (рис. 2).

Отметим, что представленные в научной литературе [1 – 19] дифференцированные интерпретации кластерной концепции в большей мере носят теоретический характер, поэтому полагаем, что общие особенности кластеров могут иметь ограниченную применимость в специфических геополитических условиях, в связи с разнобразием характеристик территориальных образований, предопределяющих уникальность региональных кластеров.

Целью дальнейшего изучения научно-прикладных аспектов кластеризации является адаптация принципиальной модели кластерного формирования к отраслевой специфике и особенностям конкретной территории.

Понимая кластер как сетевую форму организации научно-производственного цикла на

региональном уровне, предполагающую объединение субъектов хозяйствования региона в соответствии с экономическими интересами при активном участии органов власти, полагаем целесообразным применение опыта зарубежных стран по созданию интеграционного объединения кластерного типа как вектора развития рыбохозяйственного комплекса в регионах Украины, традиционно специализирующихся на рыбохозяйственной деятельности.

Учитывая важность роли предприятий рыбохозяйственного комплекса в обеспечении занятости населения и необходимость оптимизации

природопользования, именно содействие органов власти в интеграции научных учреждений и субъектов хозяйствования рассматривается нами как фактор успешного сочетания социально-экономических и экологических интересов.

Так, мы полагаем, что создание конкурентных преимуществ рыбохозяйственного комплекса в регионе посредством его кластеризации возможно в связи с наличием ряда предпосылок, создающих основу для успешного применения данной формы организации хозяйственной деятельности.

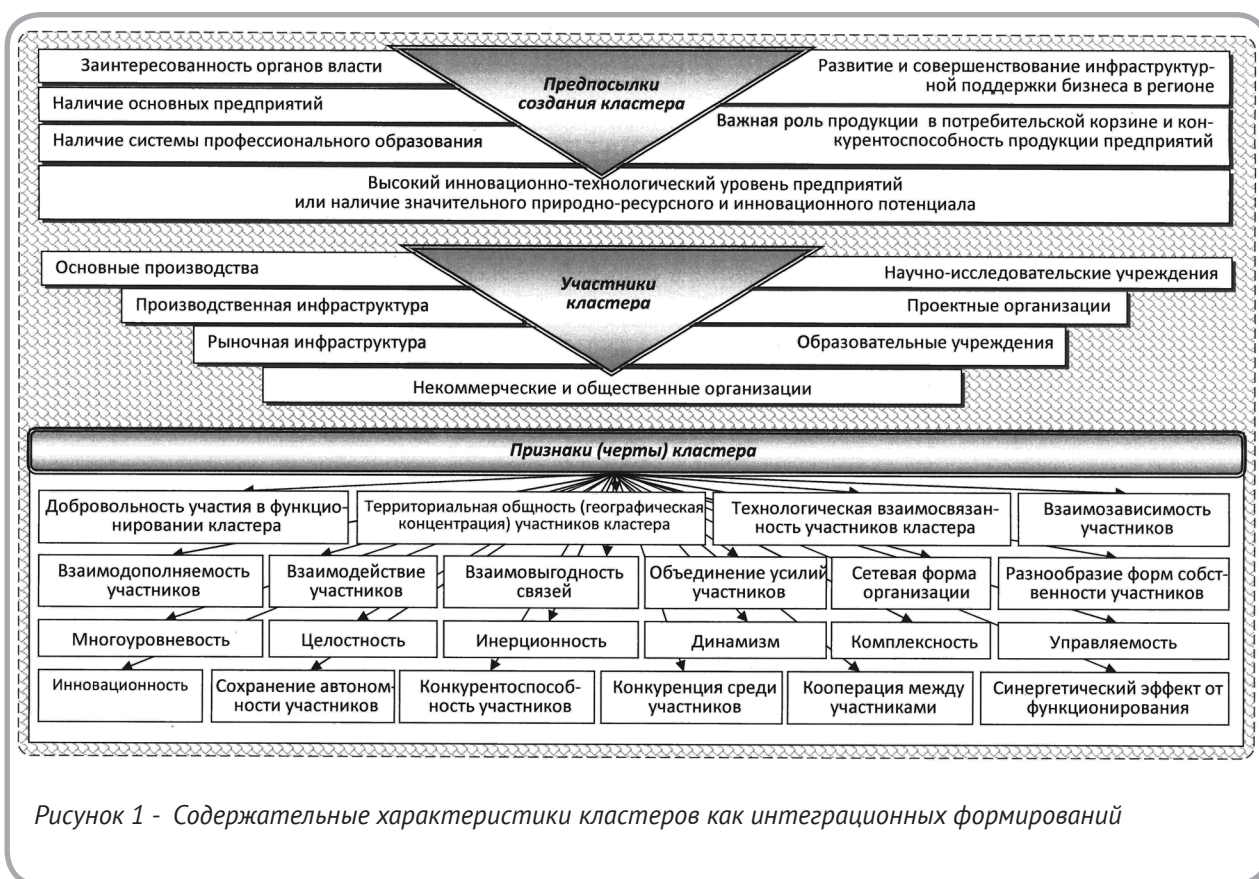


Рисунок 1 - Содержательные характеристики кластеров как интеграционных формирований

Источник: составлено автором на основе исследования [1 – 19]

Прежде всего, в качестве основополагающих предпосылок создания кластера в рыбном хозяйстве регионов Украины следует отметить наличие основных производственных предприятий, предопределяющих специализацию перспективного рыбохозяйственного кластера и формирующих его ядро, природно-ресурсный и инновационный потенциал региона, а также возможности организации инфраструктурной поддержки бизнеса в регионе, что обуславливает

достижение высокого инновационно-технологического уровня субъектов природопользования.

Вместе с этим необходимо отметить важность роли продукции из гидробионтов, производимой предприятиями перспективного кластера, в потребительской корзине населения, что предопределяет перспективный устойчивый спрос на нее, обуславливая возможность расширения объемов производства участниками кластера.

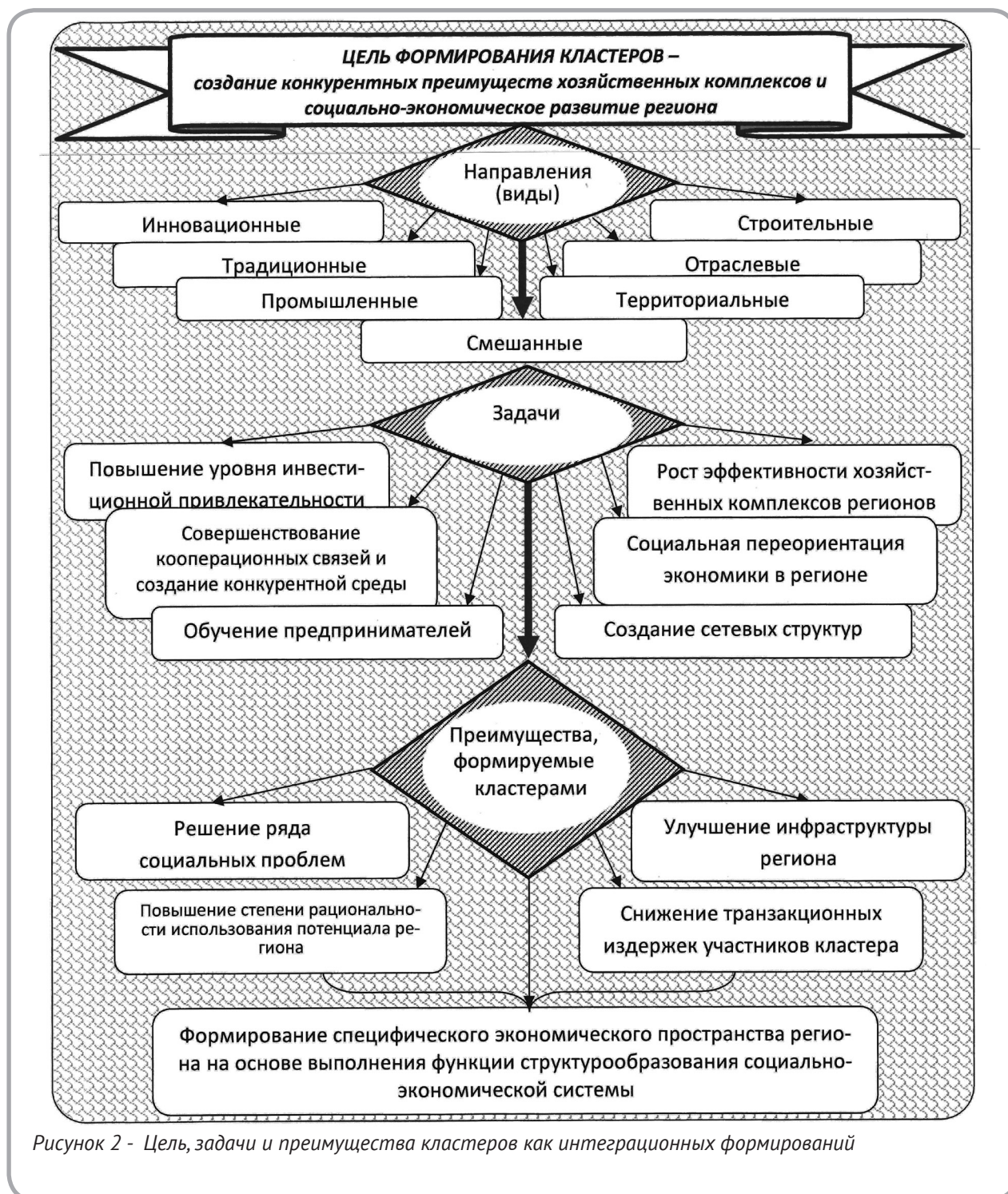


Рисунок 2 - Цель, задачи и преимущества кластеров как интеграционных формирований

Источник: составлено автором на основе исследования [1 – 19]

По нашему мнению, при рассмотрении предпосылок создания рыбохозяйственного кластера в регионе следует принимать во внимание наличие системы профессионального образования, поскольку квалиметрические характеристики человеческого капитала как самого ценного

ресурса региона определяют возможность достижения высокого технологического уровня осуществления производственно-хозяйственной деятельности и инновационного развития рыбохозяйственных комплексов территориальных образований.

Вместе с этим необходимо признать, что в современной Украине имеет место острая необходимость повышения степени заинтересованности органов власти как важная предпосылка создания эффективного рыбохозяйственного кластерного формирования. Это требует существенного внимания, поскольку эффективная трансформация территориальной структуры (посредством кластеризации) в конкретных геопространственно-временных координатах возможна при изменении характеристик системы управления региональным воспроизводственным процессом на основе устойчивой мотивации к этому субъекта управления [19].

Отметим, что сконцентрированные в регионе участники перспективного рыбохозяйственного кластера (научно-исследовательские учреждения, проектные организации, основные производства, объекты производственной и рыночной инфраструктуры, образовательные учреждения, некоммерческие и общественные организации) при разнообразии форм собственности сохраняют свою автономность, добровольно строят отношения с партнерами на основе технологической взаимосвязанности, взаимодополняемости, взаимодействия, взаимозависимости, взаимовыгодности и конкуренции, что позволяет гово-

рить о сетевой форме организации деятельности внутри кластера и создает основу для получения синергетического эффекта от функционирования рыбохозяйственного кластера [1, 6, 15, 16].

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выявленные преимущества интеграционных формирований кластерного типа позволяют утверждать, что они в наибольшей степени соответствуют задачам организации рыбохозяйственного комплекса, в частности, конкретного региона, поскольку предусматривают оптимизацию использования природно-ресурсного потенциала, объектов инфраструктуры региона и человеческого капитала как главного фактора, обеспечивающего экономический рост территориальных систем. Поэтому вполне обоснован подход, утверждающий значительный потенциал кластерных формирований как фактора повышения эффективности рыбохозяйственной деятельности в регионах за счет роста уровня конкурентоспособности комплекса на основе усиления производственных кооперационных взаимосвязей, кадрового и информационного обмена между участниками кластера, обязательного участия органов власти в функционировании кластерного формирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войнарченко, М. П. Механізми адаптації кластерних моделей до політико-економічних реалій України / М. П. Войнарченко // Світовий та вітчизняний досвід запровадження нових виробничих систем (кластерів) для забезпечення економічного розвитку територій : Матеріали конф. 1–2 листоп. 2001 р. – К.: Спілка економістів України, 2001. – С. 25–33.
2. Дубовик, В. С. Формування інноваційних кластерів як методу активізації інноваційної діяльності в економіці регіону / В. С. Дубовик // Продуктивні сили України. – 2009. – № 1. – С. 153-163.
3. Єрмакова, О. А. Перспективи створення транскордонного морського кластера в Чорноморському регіоні / О. А. Єрмакова // Економіка пром-сті. – 2008. – № 4. – С. 141-146.
4. Кеникстул, В. Константинович В. Совершенствовать экономическую вертикаль управления агропромышленным комплексом / В. Кеникстул, В. Константинович // АПК: экономика, управление. – 2008. – № 7. – С.18-20.
5. Ковалевская О. С. Характеристика регионального кластера как сложной системы / О. С. Ковалевская // Економіка промисловості. – 2008. – № 3. – С. 70-74.

6. Коренчук, А. А. Обеспечение конкурентоспособности региона на основе кластерного подхода : автореф. дисс. ... к.э.н. / Академия экономики и предпринимательства Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина. – Тамбов, 2008. – 24 с.
7. Кундиус, В. Определение инвестиционно эффективных видов деятельности кластеров АПК / В. Кундиус // АПК: экономика, управление. – 2008. – № 7. – С. 28-32.
8. Левковська, Л. В. Формування інноваційних кластерів в Україні / Л. В. Левковська // Продуктивні сили України. – 2009. – № 1. – С. 115-119.
9. Некрасов, Р. Кластерное развитие регионального АПК / Р. Некрасов // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 5. – С. 37-43.
10. Павлюк, А. П. Кластерна модель регіональної економіки: теоретико-методологічні засади / А. П. Павлюк // Продуктивні сили України. – 2009. – № 1. – С. 105-114.
11. Пилипенко, И. В. Новая геоэкономическая модель развития страны: повышение конкурентоспособности с помощью развития кластеров и промышленных районов / И. В. Пилипенко // Безопасность Евразии. – 2003. – № 3. – С. 580–604.
12. Портер М. Э. Конкуренция / М. Э. Портер ; пер. с англ.; под ред. Я. В. Заблоцкого [и др.]. – Москва : ИД «Вильямс», 2005. – 602 с.
13. Романов, А. Формирование агропромышленных кластеров в России / А. Романов, В. Арашуков // АПК: экономика, управление. – 2008. – № 3. – С. 41-45.
14. Свірідова, Н. Д. Кластерний аналіз у процесі залучення іноземних інвестицій / Н. Д. Свірідова // Економіка промисловості. – 2005. – № 3. – С. 105-109.
15. Соколенко, С. И. Промышленная и территориальная кластеризация как средство реструктуризации / С. И. Соколенко // Безопасность Евразии. – 2002. – № 1. – С. 432–437.
16. Федулова, Л. І. Концептуальні засади державної регіональної промислової політики в умовах інноваційного розвитку / Л. І. Федулова // Стратегічні пріоритети. – 2008. – № 1(6). – С. 112–119.
17. Хвесик, Ю. М. Становлення інституційних форм розвитку конкурентних відносин в агропромисловому виробництві регіону / Ю. М. Хвесик // Продуктивні сили України. – 2009. – № 1. – С. 145-152.
18. Чекаловец, В. И., Перспективы кластерных структур в морской отрасли Украины / В. И. Чекаловец, Н. Г. Гребенник // Вісник економіки транспорту і промисловості. – № 26. – 2009. – С. 40-43.
19. Яшева, Г. А. Обоснование кластерного подхода к повышению эффективности регионального производства / Г. А. Яшева // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – № 23. – С. 171.

Статья поступила в редакцию 03.05.2013 г.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПАРЕНТНОСТИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЫНКА ПРОИЗВОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

И.Н. Бурденко

УДК 336.763

РЕФЕРАТ

ТРАНСПАРЕНТНОСТЬ, РЫНОК ПРОИЗВОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ, АСИММЕТРИЯ ИНФОРМАЦИИ, ЛИКВИДНОСТЬ РЫНКА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЫНКА, ИРРАЦИОНАЛЬНОСТЬ ПОВЕДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ РЫНКА, ТРАНСАКЦИОННЫЕ ИЗДЕРЖКИ

В статье дано представление о рынке производных финансовых инструментов как сложной системе. Рассмотрен состав входящей и исходящей информации, необходимой для обеспечения эффективности рынка производных финансовых инструментов, а также значение прозрачности в обеспечении этого. Описаны основные качественные характеристики рынка производных финансовых инструментов, влияние прозрачности на их формирование и основные проблемы, которые возникают при этом на украинском рынке производных финансовых инструментов.

Результаты почти двенадцати лет рыночных реформ характеризуются тем, что украинский рынок производных финансовых инструментов фактически не выполняет свою главную функцию: управление финансовыми рисками и волатильностью для нужд реального сектора. Основной причиной, которая не позволяет рынку производных финансовых инструментов (далее – ПФИ) превратиться в эффективный инструмент хеджирования, привлечения инвестиций в украинскую экономику и поддержание ликвидности финансового рынка, являются несовершенные условия и правила функционирования рынка, а также отсутствие адекватной информационно-аналитической среды.

Поэтому на сегодня все более актуальными становятся задачи обеспечения рынка ПФИ полезной и прозрачной информацией, которая имеет существенное влияние на деятельность рынка, формирование его качественных характеристик и принятие решения его участниками.

Целью статьи является рассмотрение роли информации и прозрачности в формирова-

ABSTRACT

TRANSPARENCY, THE DERIVATIVES MARKET, THE ASYMMETRY OF INFORMATION, MARKET LIQUIDITY, MARKET EFFICIENCY, IRRATIONAL BEHAVIOR OF MARKET PARTICIPANTS, TRANSACTION COSTS

The paper gives understanding of the derivatives market as a complex system. This article describes the importance of transparency and the composition of the incoming and outgoing information which is necessary for ensuring the effectiveness of the derivatives market. The basic qualitative characteristics of the derivatives market, the impact of transparency on their formation and the main problems in the Ukrainian derivatives market are described.

нии необходимого информационного обеспечения, влияние прозрачности на основные качественные характеристики рынка ПФИ, а также раскрытие проблем информационного обеспечения рынка ПФИ Украины.

С развитием общей теории систем понятие информации конкретизировалось и начало употребляться в более точном смысле для обозначения сведений, знаний наблюдателя о системе и среде ее функционирования [1].

В контексте исследования рынка ПФИ как сложной системы будем применять подход, который предусматривает наличие информации в любых системах и ее трансформацию из одного вида в другой. При этом информация должна учитывать особенности функционирования системы.

Следовательно, если рассматривать рынок ПФИ как систему, то для его функционирования необходима такая информация о внешней и внутренней среде, которая позволяет участникам рынка принимать решение относительно выбора и осуществления определенной тор-

говой стратегии и обеспечивает равновесие, эффективность и ликвидность рынка через выполнение им информационной функции (рис. 1). И что особенно важно, данная система должна иметь обратную связь, потому что только система с обратной связью может создавать тренды. При этом входящей информацией являются количественные данные по операциям с ПФИ и качественные и количественные характеристики эндогенных и экзогенных факторов (например, информация рейтинговых агентств, финансовая отчетность субъектов реальной экономики и финансовых посредников, политические и экономические новости и тому подобное), а исходящей – публичная информация, которая позволяет принимать решение как на микро-, так и макроуровне рынка ПФИ.

В результате обработки этого информационного «сырья» внутри системы оно превратится в «готовую продукцию» - цены на финансовые инструменты, которые вращаются на рынке. Данные о рыночных ценах поступают на выход системы. Эффективность такой системы характеризуется ее способностью к адекватному восприятию максимально возможных объемов входной информации и скорой ее переработки, то есть трансформации всей этой информации в новые значения рыночных цен [2].

Таким образом, информация для рынка ПФИ является совокупностью необходимых сведений, которые характеризуют состояние и поведение рынка ПФИ и способствуют формированию ценовых ожиданий и более прогнозируемой конъюнктуры рынка, что уменьшает степень неопределенности в процессе сбора, обработки, анализа и распространения больших объемов информации, связанных как с ценами и объемами операций с ПФИ, так и количественными и качественными параметрами эндогенных и экзогенных факторов, которые непосредственно влияют на ценообразование и принятие решений на разных уровнях рынка ПФИ.

Единственный способ достижения эффективности рынка – получение необходимой транспарентной информации, что позволяет оценить определенные показатели тем или иным образом.

Таким образом, своевременная полезная информация является определяющим фактором успеха на рынке ПФИ, а наличие транспарент-

ной информации позволяет принять адекватные решения инвесторами и формирует поведение и ожидания участников рынка ПФИ, а также влияет на его качественные характеристики. Рассмотрим особенности функционирования рынка ПФИ через призму транспарентности, взаимосвязи и влияния ее на основные качественные характеристики рынка ПФИ, в частности асимметрия информации, манипулирование рынком, ликвидность, эффективность и фрагментарность рынка, иррациональность поведения участников рынка, трансакционные издержки.

Одним из результатов недостаточной транспарентности рынка ПФИ в Украине является асимметрия информации. Концепция асимметрии информации (агентских отношений) выходит из гипотезы, что один из контрагентов проинформирован лучше другого [3]. Возникновение информационных преимуществ приводит к появлению асимметрии информации и разделяет участников рынка на «информированных» и «неинформированных», что прямо влияет на результаты торгов и основные характеристики рынка ПФИ.

Следовательно, рынок склонен к возникновению неравного (асимметричного) получения транспарентной информации. Во многих случаях возникают разнообразного рода препятствия для получения своевременной и качественной информации. В итоге одни экономические субъекты могут получить информационное преимущество перед другими [4, с. 15].

При этом профессиональные знания торговцев, которые опосредствуются через информацию как знание, непрямо (неявно) влияют на цену производных финансовых инструментов и механизм выполнения соглашений, что приводит к росту асимметрии информации и конкуренции. Приведем мнение классика относительно этого факта: «Следует допустить, что конкуренция между квалифицированными профессионалами, с собственными мнениями и знаниями, превосходят те, которыми владеет среднестатистический частный инвестор, нейтрализует выходы неопытного индивидуума, предоставленного самому себе» [5].

Неравный доступ к информации для разных групп участников рынка приводит к большому количеству инсайдерских соглашений по ценам, которые не отображают реальную стоимость бу-

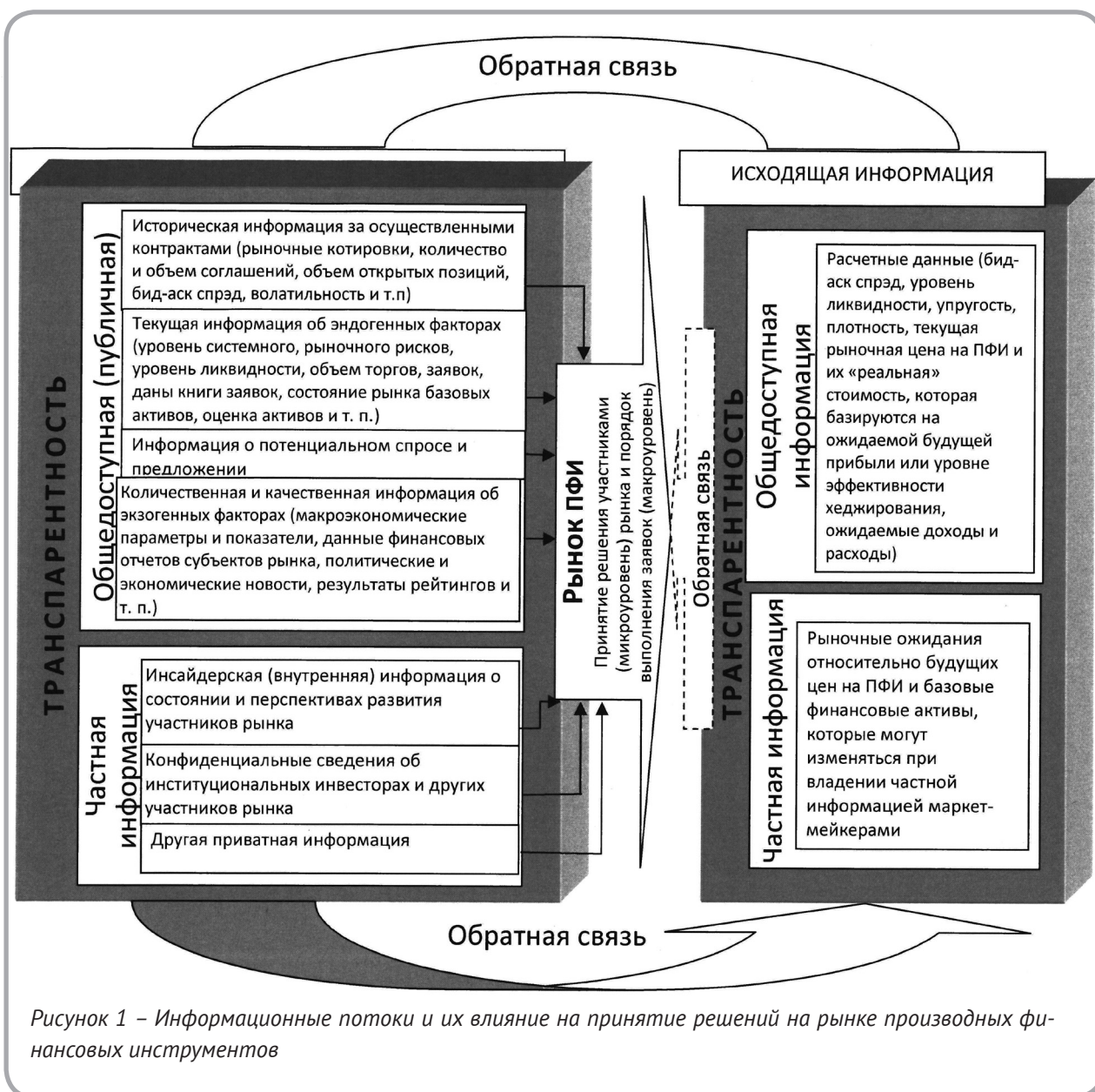


Рисунок 1 – Информационные потоки и их влияние на принятие решений на рынке производных финансовых инструментов

маг. Это приводит к манипулированию рыночными ценами и доходностью активов и значительно искажает статистику торгов [6, 7].

Как следствие низкой транспарентности – применение нерыночных моделей ценообразования на рынке ПФИ не через эффективный спрос и предложение, а путем манипулирования данными, что не позволяет определить справедливую стоимость ПФИ, а также и базовых финансовых инструментов.

Как отмечает национальное рейтинговое агентство «Рюрик», на фондовом рынке Украины наблюдаются массовые прецеденты инсайдерских соглашений. В течение последних лет значительно выросло количество случаев принятия

решений о приобретении или продаже ценных бумаг не на основании доступной опубликованной информации, а на основании информации, которой владеет лишь ограниченный круг должностных лиц или работников эмитента [8].

Безусловно, ликвидность является характерным и необходимым признаком рынка и регуляторы должны создавать условия, которые будут способствовать росту рыночной ликвидности. Ликвидность на сегодня является наиболее важным аспектом рыночных качеств, потому что она определяет легкость, степень и скорость передачи рисков, которые могут возникнуть [9].

Европейская комиссия утверждает, что «обязательная транспарентность может способство-

вать большей ликвидности рынков, гарантируя, что все игроки имеют одинаковый доступ к информации о реальных рыночных условиях, а также за счет снижения транзакционных издержек (например, спрэдов)». Кроме того считается, что именно предторговая транспарентность может в некоторых случаях улучшить ликвидность [10, 11].

При этом следует учитывать, что ликвидность оценивается разными индикаторами, и уровень транспарентности будет по-разному влиять на значение этих индикаторов. Так, например, высокая транспарентность может снизить бид-аск спрэд, который уменьшает обращение к маркет-мейкерам, и привести их к выходу с рынка, что негативно повлияет на уровень ликвидности [12].

Следовательно, транспарентность положительно влияет на ликвидность рынка ПФИ. Однако при этом следует иметь такой ее уровень, который бы не влиял негативно на ее индикаторы.

Рыночная эффективность связана с высокой информативностью о ценах. Гипотеза эффективности рынка базируется на возможности немедленно (оперативно, в режиме реального времени) получать необходимую информацию о ценах и мгновенно реагировать на появление такой информации. При этом эффективность будет характеризоваться способностью к адекватному восприятию больших объемов входной информации и скоростью ее трансформации в новые значения рыночных цен открытия, то есть механизмом открытия цен.

Фактически, на абсолютно эффективном рынке цена любого финансового инструмента всегда равняется его справедливой (внутренней) стоимости. Владение транспарентной информацией позволит участникам рынка спрогнозировать и точно оценить будущие изменения рыночной стоимости финансовых инструментов и доходность операций с ПФИ.

Однако это только теория, а практически ежедневно участники рынка ПФИ осуществляют попытку «переиграть» рынок и получить сверхдоходы. Большинству участников это удастся, и, как свидетельствует статистика, в мире преобладают именно спекулятивные операции с ПФИ (объем спекулятивных операций – более 90 %) [13], а не операции хеджирования.

Однако существует мнение среди ученых, что

теория эффективного рынка не во всех случаях способна обеспечить равновесие и ожидание участников, в частности не обеспечивает раскрытие и обоснование механизма формирования «пузырей на финансовых рынках». Так, Д. Канеман, который является основателем концепции альтернативных финансов (проспективной теории), утверждает, что поведение субъекта финансового рынка не всегда определяется рационально и является прогнозируемым, оно зависит от субъективных психологических факторов [14].

Как отмечает Твид Ларс: «Объяснение этому лежит в совокупности специфических феноменов, обычно описываемых как «детерминированный хаос. А хаос значит, что для многих или даже подавляющего большинства экономических систем количественное прогнозирование объективным образом провести нельзя. Поэтому при разгроме темных сил времени и невежества нам остается альтернатива подчиняться только своим личным и субъективным предположениям. И они, конечно же, сплетаются с нашими личными и субъективными эмоциями, такими как надежда, страх и жадность» [15, с. 10].

Вполне, однако, вероятно, что инвесторы – и даже холодные, суровые, профессиональные инвестиционные менеджеры – нерациональны, или рациональны не на все 100 процентов. Возможно, они предпочитают иметь некоторую прибыль и чувствовать, что они в своих решениях не одиноки, чем иметь максимальную прибыль и испытывать непрекращающуюся тревогу [16]. Следовательно, цены на финансовые инструменты зависят не только от баланса между спросом и предложением, но и от поведения участников рынка ПФИ, которое не всегда является рациональным.

Таким образом, неопределенность или недоступность информации может привести к панике и прекращению операций, что усиливает кризис и делает ее последствия разрушительнее. Именно паника участников рынка привела к кризису в Азии в 1997 – 1998 гг., которые, стремясь защититься от обесценения финансовых активов, поспешно их распродавали.

В отличие от ликвидности, эффективность рынка и механизм открытия цены являются менее значимыми характеристиками рынка ПФИ. Причина в самой природе ПФИ, которые являются производными от базовых активов денежно-

го, долгового рынка и рынка капитала, соответственно большая часть информации о ценах на ПФИ есть производная от этих рынков.

Транзакционные расходы делятся на две категории: прямые (явные) и не прямые (неявные) [17]. Прямые транзакционные расходы – это расходы, которые можно идентифицировать и признать (сборы, операционные и административные расходы).

Выполнение условия прозрачности потенциально может стимулировать рост явных расходов через обеспечение поддержания технических мощностей информационных систем и оплаты труда сотрудников. Однако современные технологические и инновационные достижения позволяют минимизировать явные расходы, например, бесплатный доступ к публичной информации центрального информационного агентства. При этом уменьшение информационных потоков, которые не влияют на принятие решения профессиональными участниками рынка и инвесторами и которые требуют дополнительных расходов на ее получение и обработку, или ошибочная, недостоверная информация должны сразу отклоняться, что также повлияет на уменьшение явных и неявных транзакционных расходов.

Следующая проблема, которая возникает через низкую информационную эффективность и которую можно решить, придерживаясь принципа прозрачности, – фрагментация рынка ПФИ. Равный доступ всех участников к информации устраняет препятствия между рынками, создавая единственный рынок, в рамках которого происходит консолидация (объединение) за счет повышения связей между участниками.

При консолидации рынков происходит создание единого информационного пространства, в пределах которого информация будет приблизительно одинаковой по качественным характеристикам.

Имеющиеся на сегодня препятствия приводят к существованию изолированных локальных фондовых центров в Украине, между которыми происходит выделение информации об участниках рынка, спросе и предложениях, инвесторах и эмитентах, групп профессиональных участников и элементах технической и информационной инфраструктур [18]. Все это приводит к диспропорции на рынке ПФИ как единой системы и ме-

ханизма ценообразования.

Таким образом, возможность одинакового доступа к информации в режиме реального времени профессиональным участникам рынка и инвесторам, которая отвечает требованиям прозрачности, позволяет осуществлять прогнозы относительно будущих цен на ПФИ, существенно снижает уровень неопределенности, а значит и системного риска. Кроме того, наличие информационной прозрачности уменьшает неопределенность высшего уровня, которая связана с формированием адекватной финансовой политики на национальном и наднациональном уровнях экономик.

Согласно рейтингам международных рейтинговых агентств украинский рынок ПФИ относится к «пограничным (frontier markets)» рынкам, который характеризуется:

- небольшим объемом операций с ПФИ;
- низкой ликвидностью и высоким уровнем риска его финансовых инструментов, в том числе ПФИ;
- ограниченным набором используемых производных финансовых инструментов;
- выполнением весьма ограниченных функций (хеджирование рисков и управление волатильностью, спекулятивные возможности получения дохода, информационная функция);
- несовершенством рыночной инфраструктуры, включая информационную непрозрачность, фрагментарность требований к раскрытию информации;
- наличием инсайдерской информации и безнаказанностью при ее использовании;
- немногочисленностью профессиональных участников, которые и не отличаются высокой финансовой устойчивостью.

Все это свидетельствует о том, что украинский рынок ПФИ не пользуется преимуществами прозрачности и раскрытия информации и находится на начальном этапе своего развития.

Учитывая это, следует отметить, что информационная функция рынка ПФИ способствует формированию эффективного рынка. Выполнение этой функции возможно через создание украинскими регуляторами необходимых предпосылок и условий для обеспечения получения прозрачной информации всеми участниками рынка ПФИ. При этом современный этап развития рынка ПФИ Украины требует совер-

шенствования именно нормативной (регуляторной) транспарентности, которая, в более широком смысле, является желаемой при управлении рисками, связанными с ПФИ. Приоритетным направлением развития нормативной (регуляторной) транспарентности рынка ПФИ является формирование постторговой отчетности, а именно:

- практическая реализация в постторговой отчетности принципов прозрачности и раскрытия информации на рынке ПФИ, зафиксированных в Международных стандартах финансовой отчетности, «Целях и принципах регулирования фондового рынка (Objectives and Principles of Securities Regulation)» и других международных нормативных документах;
- гармонизация требований к объему, качеству и периодичности публикуемых отчетов для разных классов ПФИ, а также отчетности по операциям с ПФИ, которые раскрываются в разных источниках одним участником;
- создание единой информационной базы о контрактах с ПФИ торгового репозита-

рия, который будет ответственным за формирование отчетных данных (информация о торговле и открытых позициях на биржевом и внебиржевом рынке ПФИ) для национальных регуляторов с целью контроля состояния рынка ПФИ;

- обязательность уведомления регуляторов о больших по объему контрактах с ПФИ (лимит данного контракта необходимо устанавливать нормативно);
- унификация процесса раскрытия информации и предоставления постторговой отчетности;
- раскрытие любой информации о контрактах с ПФИ и прекращении таких контрактов в учете с обязательным отражением любых изменений к ним.

Это направление позволит развиваться украинскому рынку ПФИ (биржевому и внебиржевому), обеспечивая необходимый уровень ликвидности, равновесия и эффективности через постоянный контроль системного риска и рисков, присущих непосредственно ПФИ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безбородова Т.В. Структурно-морфологічна модель системи інформаційного забезпечення процесу управління. Економіка та держава. 2007. № 4. С.27-29.
2. Лытнев О.Н. Гипотеза эффективности рынка // Основы финансового менеджмента [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gaar.ru/articles/50708/>.
3. Akerlof G. The Market of Lemons: Qualitative Uncertainty and The Market Mechanism. *Quarterly Journal of Economics*. 1970. Vol. 84. P. 488-500.
4. Костюк В. Н. Информация как социальный и экономический ресурс. Москва : Издательство Магистр, 1997. 156 с.
5. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. Москва : Гелиос АРВ, 1999. 352 с.
6. Долинский Л.Б. Актуальные вопросы экспертной оценки долговых ценных бумаг в Украине. *БизнесИнформ*. 2010. № 3 (1). С. 14-17.
7. Слуцька О.В. Особливості функціонування ринку корпоративних облігацій України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/PORTAL/soc_gum/Vdnuet/econ/2011_4/Slucka.pdf
8. Официальный сайт Национального рейтингового агентства «Рюрик». Режим доступа: http://rurik.com.ua/documents/comments/%E2%84%963306_ukr.pdf
9. Transparency and over-the-counter derivatives: The role of transaction transparency / ISDA research notes. 2009. 10 с.

10. Lagana Marco, Martin Perina, Isabel von Köpplen-Mertes, and Avinash Persaud Implications for Liquidity from Innovations and Transparency in the European Corporate Bond Market // European Central Bank. Occasional Paper. 2006. № 50. 46 p.
11. Goldstein Michael, Edith Hotchkiss and Erik Sirri Transparency and Liquidity: A Controlled Experiment on Corporate Bonds // Review of Financial Studies. 2007. № 20 (2). P. 235-273.
12. Bessembinder Hendrik, William Maxwell Transparency and the Corporate Bond Market // Journal of Economic Perspectives. 2008. № 2. P. 217-234.
13. Щепочкина Н. А. Мировой финансовый рынок: возможности и пределы регулирования [Электронный режим]: Автореф. дис...канд. экон. наук. М., 1989. 24 с. Режим доступа : http://www.fa.ru/dep/uranpk/dissertation_councils/referats/Documents/2012_09/автореферат_Щепочкина_НА.pdf
14. Kahneman D. Prospect theory: An analysis of decisions under risk / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. 1979. № 47. P. 313-327.
15. Твид Ларс Психология финансов. Москва: ИК Аналитика, 2002. 376 с.
16. Гудман Д. Биржа - игра на деньги [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.steps-to-trade.com/smit19.html>.
17. Harris Larry Trading and Exchanges: Market Microstructure for Practitioners. New York, Oxford University Press, 2003. 421 p.
18. Тормозова Т.В. Фрагментарность рынка ценных бумаг // Вестник Финансовой академии. 2003. №3. С.34-45.

Статья поступила в редакцию 02.03.2013 г.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Е.В. Ванкевич, Ю.В. Антонышева

УДК 005.51:005.96

РЕФЕРАТ

ПЛАНИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ, ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ ПЕРСОНАЛА, ИЗБЫТОЧНАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ, НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА

Цель работы состоит в обосновании направлений расчета экономически обоснованной численности занятых в организациях Республики Беларусь. Задачами работы являются: анализ сложившейся системы планирования численности персонала на белорусских предприятиях и её последствий, анализ зарубежных подходов к планированию численности персонала, определение причин значительного превышения фактической численности персонала в организациях Республики Беларусь над экономически обоснованным размером, определение направлений совершенствования системы планирования численности персонала на предприятиях Республики Беларусь. Для выполнения поставленных задач в рамках исследования авторами проведен анализ содержания действующих норм на примере отдельных предприятий с помощью нормировочных карт и фотографии рабочего дня, оценена действующая в Республике Беларусь нормативно-правовая база планирования и нормирования численности персонала. В результате установлено, что принятые нормы являются заниженными (на 13,5 %) и ненпряженными, что обуславливает их значительное перевыполнение (до 170 % на отдельных предприятиях). При расчете численности вспомогательного и административно-управленческого персонала используются базовые нормативы, разработанные в 80-х годах XX века. Поэтому на белорусских предприятиях изначально закладывается избыточная численность персонала в размере от 17 до 50 %, а повышенные социальные обязательства государства не позволяют провести ее высвобождение. В работе обоснован ряд рекомендаций для совершенствования системы нормирования на предприятиях и высвобождения персонала социально ответственным способом.

ABSTRACT

We have found out that a high level of employment in Belarus is due to the excess of actual number of employees over the economically viable quantity.

Personnel demand is calculated on the basis of standard time required for the manufacture of products and useful labour payload. The analysis has revealed both of these components to be invalid. A review of normalization charts and photographs of the daily operations at one of the Belarusian companies have demonstrated that the existing regulations are unstrained and underestimated by 13.5%. Therefore, the actual number of employees of the analysed transaction exceeds the reasonable cost by 11.8%. A typical feature is constant overfulfillment of daily quotas (in some companies up to 150-170%).

Efficiency is also volatile, as it lays the planned loss at 15% when in fact it does not exceed 5%. This causes the labour output ratio to rise, cost to overrun and payroll to increase. The customary practice of labour planning explains the growth of staffing curve in our companies. Further analysis discloses that current system of Organization & Regulation of the Workplace has been developed in 1980 and reinstated in the 2000s. It makes the system relevant only on the date of approval but nowise on the merits. By using foreign approaches to calculate the cost of necessary workers we have discovered that State-owned enterprises staff excess reaches 50 %. However the foreign model does not conform to socially oriented economic policy of Belarus and does not comply with the accepted business practice (it lacks developed outsourcing services, staff leasing, working place automation).

Given the harsh conditions of global competition, basic tendencies of staff planning improvement are as follows: cross-industry and industry labour standards updating, socially responsible release of excessive quantities.

Отличительной чертой белорусского рынка труда является перенос проблем обеспечения занятости с макро- на микроуровень (уровень субъекта хозяйствования) и в тоже время слабый учет особенностей поведения предприятий при формировании направлений государственной политики занятости. Высокий уровень занятости в стране и низкий уровень безработицы объясняются значительным превышением размеров фактической численности работающих над экономически обоснованной численностью. Предприятия выполняют плановые объемы выпуска продукции с численностью занятых, намного превышающей численность персонала у зарубежных предприятий – аналогов и конкурентов. Но именно на предприятиях формируются трудовые затраты, которые затем закладываются в себестоимость продукции. Необходимость постоянного повышения среднемесячной заработной платы, а также высокий процент налогообложения фонда заработной платы являются одной из причин высокой себестоимости белорусской продукции и снижают ее конкурентоспособность. В то же время, существующая в республике нормативно-правовая база планирования необходимой численности трудовых ресурсов на предприятиях изначально предполагает ее завышенный уровень. Но в теоретическом отношении пока не выработано единых подходов к определению экономически обоснованной численности персонала и потенциала избытка. Поэтому важной теоретической и прикладной задачей становится совершенствование теоретико-методических основ планирования численности персонала и разработка практических рекомендаций по оптимизации численности работающих на предприятиях.

АНАЛИЗ СЛОЖИВШЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема определения экономически обоснованной численности персонала является особенно острой для государственных предприятий, так как накопившийся в период огосударствленной экономики избыток персонала не был в полной мере высвобожден в связи с повышенными социальными обязательствами государства [3, с. 154 – 169]. В современных условиях это требует своего оперативного решения. Однако белорусские предприятия не имеют

теоретической базы и нормативного основания для расчета и, соответственно, высвобождения потенциала избытка.

Планируемая потребность в персонале для обеспечения планового объема производства продукции в настоящее время рассчитывается как сумма численности рабочих и служащих. Численность рабочих-сдельщиков основного производства определяется как частное от деления нормативного времени, необходимого для производства продукции, рассчитанной как суммы по каждой номенклатурной группе изделий исходя из нормативов времени на изготовление изделий *i*-той номенклатурной позиции продукции, и полезного фонда рабочего времени одного рабочего. В зависимости от вида норм труда расчет численности рабочих может выполняться на основе следующих данных: норма времени на изготовление единицы продукции *i*-го вида; норма обслуживания (количество единиц оборудования, обслуживаемое одним рабочим); количество смен; нормы штата (численность рабочих, необходимая для обслуживания единицы оборудования); сменная норма выработки; др.

При внешне благоприятной картине по нормированию труда на белорусских предприятиях более детальный анализ ситуации позволяет говорить об использовании устаревших норм для расчета численности рабочих основного производства. Действующая система организации, нормирования и оплаты труда на предприятии построена на нормативно-правовой базе, разработанной в 1970 – 1980-х годах в СССР и переутвержденной в 2000-х годах. Документы актуальными являются только по дате утверждения, а не по существу. В основе этих документов – устаревшие данные о затратах времени (периода 1980-х годов) без учета современных информационных технологий либо данные по отраслевым концернам о фактической численности работников в подразделениях организации, которая переносится на другие организации спустя как минимум 10 лет.

Анализ нормировочных карт и проведение фотографии рабочего дня на примере одного из предприятий легкой промышленности Беларуси показали, что даже на успешных предприятиях действующие нормы являются ненапряженными и заниженными. Так, расчет нормы выработки и нормы обслуживания прядильщицы (квалифи-

кация которой соответствует среднему разряду в цехе, имеющей средний процент выполнения норм по данному виду работ) на основании фотографии рабочего дня и листа её результатов и технических характеристик машины, продукции и заправки, организационных условий показал, что расчетное число веретен, которое может обслуживать прядильница, составляет 227 веретен, фактически она обслуживает 240 веретен. Но из нормировочной карты, рассчитанной на предприятии, норма обслуживания принята равной 200 веретен, то есть действующая норма ниже расчетной на 13,5 %. При норме обслуживания 200 веретен на предприятии в анализируемом цеху необходимо 19 прядильниц, если же в расчет принять норму 227 веретен, то в цех потребуется 17 прядильниц, в таком случае необходимо высвободить два человека только на данной операции. То есть фактическая численность только на анализируемой операции превышает экономически обоснованную на 11,8 %.

На предприятии нормы устанавливаются на основе «Отраслевых типовых норм обслуживания для прядильниц и нормативов времени на работы при обслуживании машин на предприятиях шерстяной промышленности», утвержденных Министерством легкой промышленности СССР в 1985 году, и не учитывают изменения в технике, технологии, организации производства и труда, произошедшие в последнее время.

Норма выработки прядильницы по нормировочной карте предприятия 13,1 кг/ч, а исходя из расчетов, полученных в ходе фотографии ра-

бочего дня, норма выработки – 14,025 кг/ч, то есть больше на 0,925 кг/ч, или на 7,06 %. Поэтому данные предприятия свидетельствуют о постоянном перевыполнении норм (рис. 1).

Данные рисунка 1 показывают, что в течение 2012 года не было случаев невыполнения норм. Средний процент выполнения составляет 111,7 %. Причем 61,4 % прядильниц перевыполняют норму на 110 % и более.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что норма, не соответствовавшая достигнутому организационно-техническому уровню производства, влечёт за собой излишние затраты рабочего времени и, соответственно, дополнительный расход фонда заработной платы (без соответствующей отдачи в росте производительности труда). Если учесть, что средняя заработная плата прядильницы составляла 4 млн. бел. руб., следовательно, при наличии двух лишних прядильниц перерасход фонда заработной платы с начислениями в месяц будет составлять 10,77 млн., в год – 129,22 млн.

Таким образом, используемая в настоящее время норма способствует росту себестоимости и трудоемкости изготовления продукции. На основе заниженных норм труда нельзя создать эффективной мотивации, так как «приработок рабочих-сдельщиков, премии, надбавки и различные доплаты становятся фиксированными гарантированными выплатами, не влияющими на результаты труда» [1]. Не случайно на отдельных белорусских предприятиях средний процент выполнения норм достигает до 170 % в

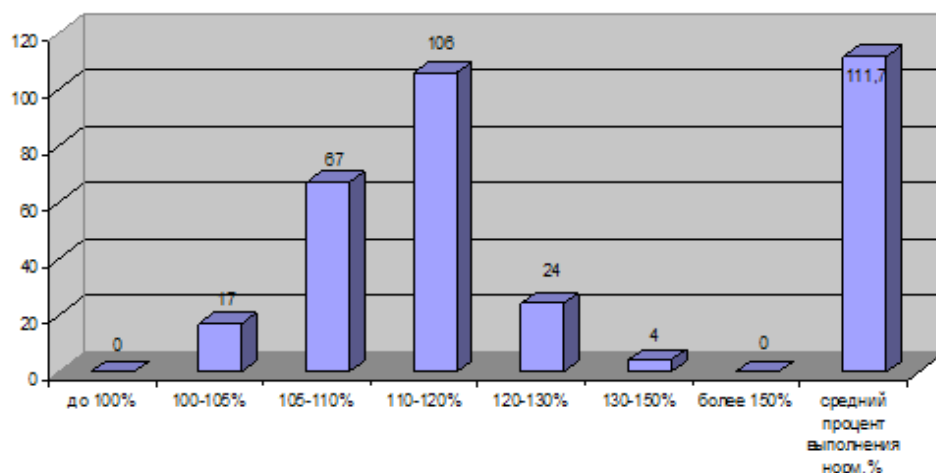


Рисунок 1 – Распределение прядильниц по выполнению норм по пряже Т84-синтетика, 2012 год, чел.

течение года.

Второй элемент, используемый при определении плановой численности основных рабочих-сдельщиков, – полезный фонд рабочего времени (он находится при расчете в знаменателе, и рассчитывается как разница между календарным фондом и суммой потерь рабочего времени в связи с праздничными, выходными днями и отпусками). Его величина также оказывается значительно волатильной, так как при расчете предприятия могут варьировать плановым процентом потерь рабочего времени. И если, например, при расчете закладывается плановый процент потерь 15 %, а фактически по предприятию он не превышает 5 % за последние 10 лет, то это автоматически дает большую требуемую численности работников основного производства.

Аналогичная ситуация складывается при расчете плановой численности вспомогательных рабочих, при расчете которой закладывается значительный резерв численности работников вспомогательных и обслуживающих производств. Например, нормы труда на обслу-

живание административных, учебных и общественных зданий утверждены Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 30.06.2003 № 80. В соответствии с ними во всех организациях нормируется численности обслуживающего персонала. При разработке данного сборника использовались нормативы 80-х годов XX века¹. Это объясняет изначально высокий уровень планируемой численности работников вспомогательных и обслуживающих производств.

Для определения численности административно-управленческого персонала в литературе рекомендуют воспользоваться формулой Розенкраца [4, с. 265], в которой учитываются среднее количество определенных действий в рамках *i*-того организационно-управленческого процесса за год и время, необходимое для их выполнения; др. Резерв избыточной численности заложен в данном расчете как в части количества выполняемых работ, так и времени на их выполнение (табл. 1).

В итоге, анализ существующей практики планирования потребности предприятий в трудо-

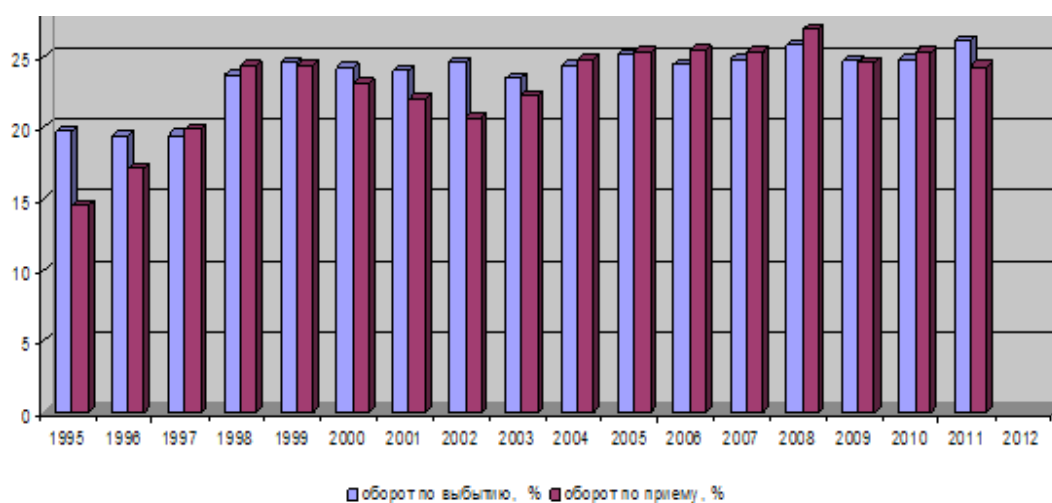


Рисунок 2 – Динамика найма и выбытия персонала в организациях Республики Беларусь, 1995-2012 г.г.

Ист.: [2, стр. 144]

¹В частности, в их основе лежат: Нормативы численности рабочих, занятых обслуживанием общественных зданий (зданий управлений и зданий конструкторских и проектных организаций). М.: ЦБНТ, 1988; «Нормы времени на текущий ремонт и техническое обслуживание зданий и сооружений». Мн., 1986; «Нормативы времени на уборку служебных и культурно-бытовых помещений». М.: ЦБНТ, 1983; «Типовые нормы обслуживания для рабочих, занятых на работах по санитарному содержанию домовладений». М.: ЦБНТ, 1982; «Типовые укрупненные нормы обслуживания для рабочих, занятых на работах по санитарному содержанию домовладений». М.: ЦБНТ, 1986; «Типовые нормы времени на полотерные и стеклопротирочные работы». М.: ЦБНТ, 1983; «Нормы труда на обслуживание административных, учебных и общественных зданий». Минск: НИИ труда. 1999.

Таблица 1 – Перечень отдельных нормативных документов, регламентирующих численность специалистов в организациях Республики Беларусь

Специалисты	Нормативный документ	Основа	Комментарий
Бухгалтерия	Межотраслевые нормативы численности работников, занятых бухгалтерским учетом и финансовым обеспечением деятельности коммерческих организаций (Приложение к постановлению Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 14.11.2006 N 143).	Закон Республики Беларусь от 18.10.1994 г. N 3321-XXII «О бухгалтерском учете и отчетности» (в редакции Законов Республики Беларусь от 25.06.2001 г., 17.05.2004 г.), Типовой план счетов и Инструкция по его применению, утв. постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 30.05.2003 г. N 89, Правила составления и представления бухгалтерской отчетности, утв. постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 17.02.2004 г. N 16 (в редакции постановления от 31.03.2005 г. N 40). Положение о документах и документообороте в бухгалтерском учете, утв. Министерством финансов СССР 29.07.1983 г. N 105 и др.	Содержат требования к численности с учетом полного спектра выполняемых функций бухгалтерского учета и финансового обеспечения силами самой организации, без возможности использования аутсорсинга и прикладных программ, ЭВМ.
Отдел труда и заработной платы	Межотраслевые нормативы численности работников служб организации труда и заработной платы коммерческих организаций (утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты РБ 24.09.2007 № 117)	Типовые межотраслевые нормативы численности служащих по группам функций (извлечение). - М.: НИИ труда, 1979; Организационно-методические материалы по нормированию и оплате труда. - Минск: НИИ труда, 2005; Типовые нормы времени на работы, выполняемые экономистами по труду на производстве. - М.: ЦБНТ, 1989	Не учитываются возможности автоматизации и компьютеризации данной функции
Кадровая служба	Межотраслевые нормативы численности работников кадровых служб коммерческих организаций (утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты РБ 27 декабря 2005г., № 187)	Типовое положение о кадровой службе предприятия (организации), утв. постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 18 декабря 1997 г. N 118 с изменением, внесенным постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 19 апреля 2005 г. N 44; Типовые межотраслевые нормативы численности служащих по группам функций «Управление трудовыми ресурсами»; (извлечение), Москва, НИИ труда, 1979; Межотраслевые укрупненные нормативы времени на работы по комплектованию и учету кадров. Москва, ЦБНТ, 1991	Не рассчитаны на выполнение современных кадровых технологий и не учитывают возможности автоматизации кадровой службы
Работники аппарата управления	Рекомендации по разработке примерных структур и штатных нормативов численности работников аппарата управления коммерческих организаций государственной формы собственности и организаций с долей собственности государства в их уставных фондах более 50 процентов (утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты РБ 09.03.2004 № 25)	Общегосударственный классификатор Республики Беларусь «Профессии рабочих и должности служащих», утв. 30 декабря 1996 г. № 234	Численность работников аппарата управления рекомендуется устанавливать в размерах, не превышающих 15 % среднесписочной численности работников, но в статистической отчетности организаций не рассчитывается и не учитывается

вых ресурсах выявил, что уже на этапе планирования потребности предприятий в трудовых ресурсах изначально закладывается завышенный уровень. Поэтому наиболее характерной проблемой белорусских предприятий становится превышение фактической численности работающих над экономически обоснованным ее размером. Потенциал избыточной численности на различных предприятиях составляет от 5 до 30 % среднесписочной численности промышленно-производственного персонала, в отдельных случаях даже больше. В зависимости от трудоемкости выпускаемой продукции, фонд заработной платы этого персонала с начислениями в структуре общей себестоимости составляет от 2 до 12 %.

Не менее важным является нерациональное соотношение численности работников различных категорий. Так, на многих государственных предприятиях на одного рабочего основного производства приходится от 1,33 до 4 рабочих вспомогательного производства, в то время как в мире соотношение обратное – на 3 рабочих основного производства приходится 1 вспомо-

разом, в настоящее время на белорусском рынке труда сложилась ситуация, когда на предприятиях изначально, на этапе планирования численности, закладывается значительное превышение фактической численности над экономически необходимым уровнем, причем далее нет необходимости ее снижать, так как практика хозяйствования подталкивает их к обратному.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА

В этих условиях полезно изучить зарубежный опыт планирования численности персонала. Рекомендуемый общий целевой показатель для производственных предприятий Западной Европы определяет, что численность занятых в подразделениях, обслуживающих основное производство, в целом не должна превышать 35% от общей численности работников предприятия, а отношение численности административно-управленческого персонала к численности рабочих основного производства должно составлять 1 к 8 (до 1 к 12 чел.) [6]. Рекомендуемые нормы управляемости представлены в таблице 2.

Применение таких количественных критериев соотношения численности работников к отдельным белорусским предприятиям выявляет значительный резерв избыточной численности персонала по вспомогательному и административно-управленческому персоналу – от 17,4 % до 50 % (таблица 3).

Расчеты показывают, что при применении зарубежных подходов к расчету экономически необходимой численности работающих на государственных предприятиях (ОАО, где доля государства в уставном фонде доминирует) избыточная численность достигает значительных размеров, в то время как на частных предприятиях она практически приближена к оптимальному значению.

Конечно, мы не можем в чистом виде импортировать зарубежные подходы к расчету экономически обоснованной численности работников, и тем более принимать на их основе решения о высвобождении. Это не только не соответствует социально ориентированной экономической политике нашего государства, но и принятой бизнес-практике. В условиях отсутствия развитых услуг по аутсорсингу, лизингу персонала, автоматизации рабочих мест работников бухгалтер-

Таблица 2 – Нормы управляемости для служащих (специалистов), чел.

Численность основных производственных рабочих, чел.	Удельный вес основной продукции в объеме производства, %		
	0	50	100
50	17	15	13
100	20	18	16
200	24	21	19
500	30	27	24
1000	36	32	28

Составлено по: [5]

гательный рабочий. Доля служащих на многих государственных предприятиях достигает 30 % среднесписочной численности промышленно-производственного персонала. Именно принятая практика планирования потребности в персонале во многом объясняет рост потребности в кадрах, который формируют наши предприятия. Анализ оборота рабочей силы (рис. 2) показывает, что предприятия также активно набирают персонал, как и высвобождают его. Таким об-

рии, отделов труда и заработной платы, плановых, диспетчерских, кадровых и других служб предприятия не смогут обеспечить выполнение производственной программы. Но, с другой стороны, жесткие условия глобальной конкуренции и низкая экономическая эффективность белорусской экономики заставляют искать возможные и социально приемлемые варианты решения этой проблемы.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования планирования численности персонала на предприятиях Республики Беларусь и приведения его фактической численности в соответствие с экономически обоснованной. Основными направлениями совершенствования системы планирования численности персонала на предприятиях Республики Беларусь являются:

1. Совершенствование организации и нормирования труда, что предполагает:

- совершенствование нормативно-правовой базы, регулирующей социально-трудовые отношения в части использования гибких форм занятости и оплаты труда, аутсорсинга, лизинга персонала;
- обновление межотраслевых и отраслевых нормативов трудовых затрат, приведение их в соответствие с международными нормами;
- расширение подготовки специалистов по

нормированию труда и управлению персоналом в Республике Беларусь, создание автоматизированных рабочих мест для нормировщиков;

– компьютеризация проектирования технологической и организационной документации, а также норм затрат времени.

2. Нормативно-правовое, методическое и организационное сопровождение высвобождения избыточной численности работников предприятий, направленное на предупреждение массовых высвобождений работников. Это предполагает снижение численности занятых работников до экономически обоснованного уровня и одновременно оказание комплексной поддержки работников предприятий, а также профилактику возможных негативных социальных последствий высвобождения, сохранение социальной стабильности и повышение эффективности занятости на предприятиях.

Мероприятия по проведению высвобождений будут способствовать решению следующих задач:

- снижение масштабов неэффективности занятости в организации на основе роста производительности труда и эффективности использования рабочего времени,
- сокращение неэффективных рабочих мест, ликвидация низкооплачиваемых и низкоквалифицированных рабочих мест;
- оптимизация соотношения работников по категориям персонала, возрасту;
- организационно-технические мероприятия по снижению трудоемкости выпускаемой

Таблица 3 – Расчетные значения численности вспомогательного и административно-управленческого персонала (АУП)

Организационно-правовая форма предприятия и вид экономической деятельности	Фактическое значение	Списочная численность, рассчитанная по европейским подходам	Разница
ОАО, текстильное и швейное производство	Списочная численность 878 чел., в том числе рабочие основного производства 477 чел., вспомогательные – 191 чел., АУП – 182 чел.	697 чел.	избыток - 17,4 % списочной численности (31 чел. вспомогательные рабочие и 122 чел. АУП)
ООО, текстильное и швейное производство	Списочная численность 404 чел., в том числе рабочие основного производства 323 чел., вспомогательные – 28 чел., АУП – 53 чел.	484 чел.	недостаток вспомогательных рабочих в размере 80 чел., небольшой избыток АУП – 12 чел.
ОАО, химическое производство	Списочная численность 909 чел., в том числе рабочие основного производства 514 чел., вспомогательные – 282 чел., АУП – 113 чел.	751 чел.	избыток 17,4 % списочной численности (110 чел. вспомогательные рабочие и 48 чел. АУП)
ОАО, деревообработка	Списочная численность 2205 чел., в том числе рабочие основного производства 778 чел., вспомогательные – 909 чел., АУП – 518 чел.	1136 чел.	избыток 48,4 % списочной численности (649 чел. вспомогательные рабочие и 420 чел. АУП)

продукции и совершенствованию организации производства, организации и нормирования труда, организации управления на предприятии;

– обеспечение прогрессивных сдвигов в профессионально-квалификационной структуре персонала за счет профессионального развития и карьерного продвижения работников, повышения результативности мероприятий по переподготовке, повышению квалификации работников;

– создание условий для повышения уровня вознаграждения работников организации и усиления его связи с индивидуальными результатами.

Большую роль в повышении эффективности занятости и расширении возможностей для высвобождаемых работников могут сыграть гибкие формы занятости и гибкие системы оплаты труда, стимулируя мотивацию работников и способствуя сохранению их уровня жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлитина, И. А. Основные направления совершенствования нормирования труда в Республике Беларусь // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cis.minsk.by/page.php?id=6390>.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2012. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2012.
3. Ванкевич, Е. В. Современные проблемы организации производства, труда и управления на предприятиях легкой промышленности Республики Беларусь / Е. В. Ванкевич, В. А. Скворцов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. – 284 с.
4. Кибанов, А. Я. Управление персоналом организации : учебное пособие / А. Я. Кибанов. – Москва : ИНФРА-М, 2006. – 638 с.
5. A manager's span of control is the number of employees that he or she can effectively be in control of at any one time // <http://www.economist.com/node/14301444>.
6. What is the difference between a direct and indirect employee in manufacturing? // http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_difference_between_a_direct_and_indirect_employee_in_manufacturing; Definition of Direct & Indirect Employees in Accounting.

REFERENCES

1. Kozlinitina, I.A. The main directions of improving the labor valuation in the Republic of Belarus [Osnovnie napravlenija soverchenstvovanija normirovanija truda v Respublike Belarus] // <http://www.cis.minsk.by/page.php?id=6390>.
2. Statistical Yearbook of the Republic of Belarus, 2012. - Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus, 2012 [Statisticheskij ezhegodnik Respubliki Belarus, 2012g. – Minsk: Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus, 2012].
3. Vankevich, E.V. Modern problems of the organization of production, labor and management in light industry of the Republic of Belarus/ E. Vankevich, V. Skvortsov. - Vitebsk: VSTU, 2010. – 284s. [E.V. Sovremennye problemy organizacii proizvodstva, truda i upravlenija na predpriyatijah legkoj promyshlennosti Respubliki Belarus'/ E.V. Vankevich, V.A. Skvorcov – Vitebsk : UO «VGTU», 2010 – 284s.].
4. Management staff of the organization: textbook/ A. Kibanova – Moscow: INFRA-M, 2008 -638s [Kibanov, A.Ja. Upravlenie personalom organizacii: uchebnoe posobie/ A.Ja. Kibanov – Moskva: INFRA-M, 2006 – 638s.].

Статья поступила в редакцию 11.07.2013 г.

THE QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE ELEMENTS OF STANDARDIZED WORK SHEET

Waldemar Izdebski, Urszula Kałkol, Justyna Smagowicz

УДК 331

РЕФЕРАТ

СТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ РАБОТА, СТАНДАРТИЗИРОВАННЫЙ РАБОЧИЙ ЛИСТ, БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Исследование посвящено выявлению наиболее важных элементов стандартизации рабочих листов для анализируемого процесса. В ходе исследования были идентифицированы 45 компонентов. Эти элементы содержат информацию, которая необходима, чтобы возлавить процесс эффективно и без каких-либо сбоев. Полученные результаты показывают, что некоторые элементы, определенные в стандартных листах, повторяются: шаблоны, представленные в литературе, а также применяемые в компании. Однако представляется, что частота отдельных элементов неодинакова в обоих источниках. Компоненты с высокой частотой появления в литературе не используются в компании наоборот. Проверка возникновения элементов, используемых в стандартных рабочих листах в каждом источнике, является предметом данной статьи.

ABSTRACT

STANDARDIZED WORK, STANDARDIZED WORK SHEET, LEAN MANUFACTURING

The study concerns identification of the most important elements of Standardized Work Sheet for the process. During the study were identified 45 components. Those elements contain information which are necessary to lead the process effectively and without any disruptions. The obtained results show that some elements identified in Standardized Work Sheet are repeated in both: the templates presented in the literature, as well as applied in the company. However it appears that the frequency of individual elements is not the same in both sources. Components with high frequency of appearing in the literature are not used in the company and vice versa. Verification of occurrence of elements used in Standardized Work Sheet in each sources is the subject of this paper.

1. INTRODUCTION

Within Polish organizations, standardized work has been known for several dozen years. Initially, the organizations were applying the approach which is focused on controlling worker's efficiency. However, the emergence of new management concepts (such as Toyota Production System or Lean Manufacturing) allowed applying the new approach to the standardized work. As part of this study the authors examined one of the main tools of standardized work - Standardized Work Sheet and identified the main elements of this document. This knowledge allows to effectively implementing the standardized work by knowing what kind of information is necessary to lead the process and where can be found.

2. STANDARDIZED WORK

Standard means a "widely recognized norm, widely recognized type, model or product that

meets specific requirements, something employed as a model of authority" (based on the Polish Academy of Science Polish Language Dictionary of 1992). Standards are employed in a range of fields, including organization of work, where a certain fixed behaviour pattern is deemed standard provides that it does not depart from general expectations of employees, employees' supervisors, and, also, customers who, as a result of certain work, receive a service or a product they have ordered [5]. Pursuant to the definition by the International Organization for Standardization, standardization means a certain activity aimed at achieving an optimum degree of order with regard to actual or potential problems, and common norms [8].

The term "standardized work" entered the literature almost 100 years ago. In the 1920s, Henry Ford introduced first elements of standardization

into his manufacturing plants, claiming that "... today's standardization [...] is the necessary foundation on which tomorrow's improvement will be based. If you think of "standardization" as the best you know today, but which is to be improved tomorrow – you get somewhere. But if you think of standards as confining, then progress stops" [5]. Regrettably, in this very case, the theory did fail to match the practice. Standardized work actually led to standards imposed by order from superior authority, which standards should be strictly adhered to by all employees. Under Frederic Taylor's (Western approach), the duty of setting standards is with managers who draw on their knowledge and experience, without resorting to any suggestions from affected workers. Workers, therefore, have no influence on a final version of any standards although they do have hands-on knowledge of the process flow at their workplace and multi-year experience in executing given tasks. Feeling ignored and underestimated, workers no longer feel the need for their active engagement in the process of implementing any work methods that have been set. Workers accept imposed standards, although frequently they are aware that these fail to reflect an actual situation on a production line. Observations performed in some organizations for the purpose of creating work norms show that some tasks have more time allotted there to than required for their actual execution; therefore, the existing standards lead to significant excess time [6].

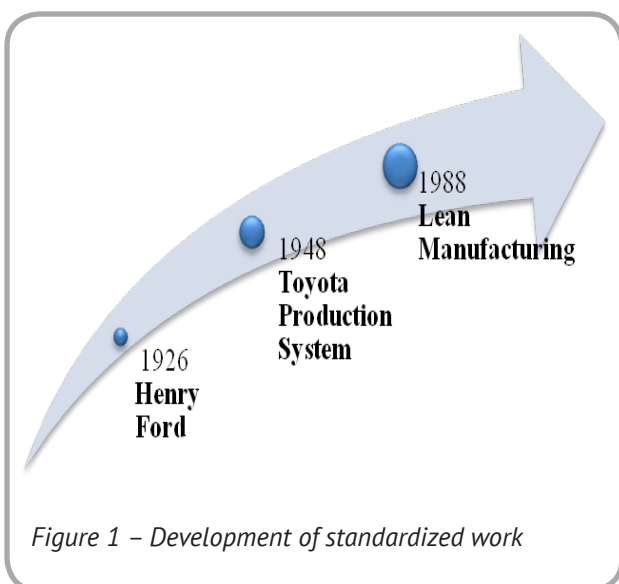


Figure 1 – Development of standardized work

(source: self study)

Completely different assumptions are made by the Lean Manufacturing (LM) concept which is primarily focused on team work of all people within an organization. And therefore, lean organizations have delegated most duties from managers to their subordinates. In such situation, subordinates feel responsible for tasks, which they execute, and are more motivated to streamline the execution of such tasks. These are also work standards that are formulated with the participation of production workers as well as managers in different levels of the hierarchy, process engineers, and, sometimes even presidents. In sum, participant in the standard creation process is anyone who possesses suitable knowledge and experience [6]. The aforementioned approach is also called a Japanese approach or perspective. Strong growth of the Toyota Production System (TPS) and of the Lean Manufacturing concept combined with dissemination of that knowledge in foreign countries, allow taking a broader perspective on standardized work. W. Feld and P. Dennis see standardized work as best working methods used by workers, and define it as "documentation of the agreed (approved) best way of executing a certain task, for the purpose of communication, training, and streamlining processes in a manufacturing unit [2]. The approach taken by Japanese companies (including an automotive company Toyota) has extended standardized work to include other areas of the manufacturing process, and perceives standardized work as "processes that are safest and easiest for workers, and are the most-effective and productive way for the company to assure quality for the Customer" [4]. In practice, these processes consist in uninterrupted smooth management of the company's essential resources, which include: personnel, capital, information (knowledge), and materials, by way of maintenance and continuous revision (improvement) of the existing standards through the Kaizen activities/efforts.

3. DOCUMENTATION OF STANDARDIZED WORK

The development of the Toyota Production System affected on increased application of standardized work in the manufacturing enterprises. Taichi Ohno claims that to effective implementation it is necessary to implement three key documents (listed in «The Toyota Way. Fieldbook. A practical guide for implementing

Toyota's 4P») [7], which are:

1. Standardized Work Sheet (for operations) which is used to identify and eliminate the wastes in the manufacturing process.
2. Standardized Work Combination Sheet (sequence of operations) which shows the time dependence of two or more operations performed at the same time (for instance two or more operators performed their work at the same time or in case of both manual and machine work at the same time)
3. Production Capacity Sheet (for machines) which determines the capacity of the machines at the workplace

The most popular and frequently used by manufacturing enterprises is the Standardized Work Sheet. The main purpose of this document is to identify all tasks performed at the workstation and gain related information. The majority of information contained in Standardized Work Sheet are included in other documents used at the individual workstation but they play different role in the process. Toyota Production System strongly recommends to use standardized work documents because they are strictly focused on improving production processes. The example of Standardized Work Sheet is shown on Figure 2.

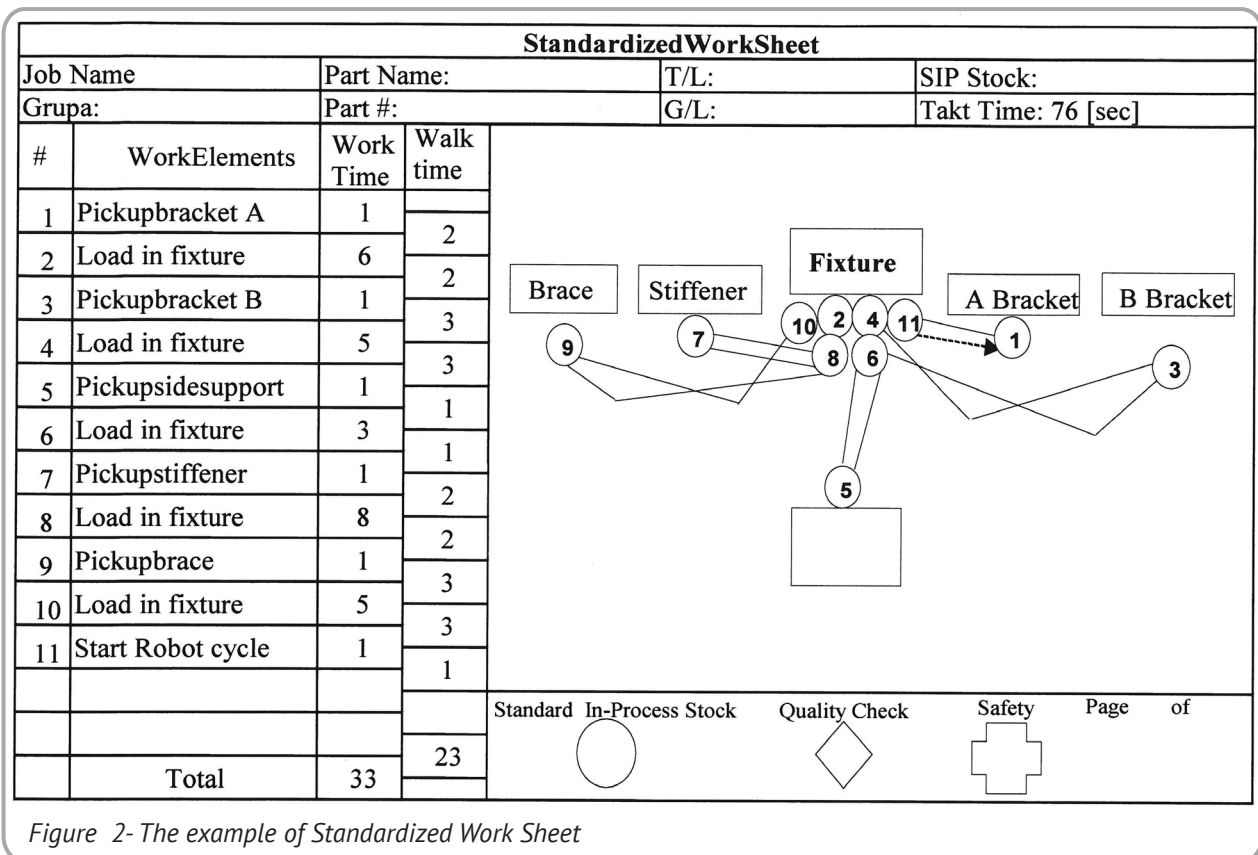


Figure 2- The example of Standardized Work Sheet

(source: [7])

4. DESCRIPTION OF RESEARCH

The research described in the article were conducted for six months (in the period July - December 2012) during the research project at the Warsaw University of Technology, Faculty of Management. Study concerns manufacturing enterprises and companies that carry out the implementation of Lean Manufacturing in their businesses. That kind of companies offer the ability to use applications that facilitate the

implementation of Lean Manufacturing, as well as professional care throughout the implementation process. The study used publicly applications, including templates and examples of solutions implemented in different companies.

The subject of the conducted research was Standardized Work Sheet. It turns out that the majority of companies using standardized work documentation do apply different sheets. Enterprises create sheets based on the experience

of Toyota Production System but with longer use of the documents they evolve, leading to significant deviations from the original design. The authors decided to identify the key elements of Standardized Work Sheet occurring both in literature and in documents used by manufacturing enterprises. The quantitative characteristics of the frequency of elements allow to classify most commonly used – maybe the most important ones. The authors focused also on the elements that appear sporadically in the documentation because they suspect that those elements may also contain information which are important for the process.

The execution of the research included both a literature analysis of the documents (authors such as: Dennis, Liker and Meier, Niederstadt and The Productivity Press Development Team) as well as an analysis of documents used by manufacturing companies (15 sheets). Based on the collected results the authors identified:

- 23 elements of the Standardized Work Sheet contained in the literature,
- 43 Elements of the Standardized Work Sheet contained in enterprises.

Authors pay particular attention to high discrepancies number of elements, identified in both sheets (used by enterprises and presented in literature).

The identified elements of Standardized Work Sheet with their percentage share of the occurrence in all examined documents are shown in the Table 1.

5. The results of the research

The results of the literature's research suggest that in all analyzed documents (the participation rate of 100 %) are presented an overview of the process, such as organizational unit name, the name of the test process, as well as key points, indicating the specific aspects of quality, safety performance of each task. The relatively high share of 80 % present items that contain detailed information about the process, such as a list of the operations performed, takt time, cycle time and date of issue, which, according to the concept of Lean Manufacturing, are the basis to improve production processes in the enterprise.

The lowest level of participation are characterized by indirect information about the analyzed process, such as: the name of the process executed before and after the analyzed process, the data that

identify the operator or shift. It should be noticed that some elements such as name of a part and the total cycle time are also characterized by a low frequency of occurrence in the templates presented in the literature. However, this situation may be caused by occurrence corresponding information in different form of presentation. That's why the document uses only one data in order not to duplicate the information and maintain the readability of the document.

The results obtained from the research performed on manufacturing enterprise's documents suggest that in all the analyzed documents appear general information of the process, such as: the name of company or the organizational unit. Most companies (share of 73 %) placed in their sheets details information about analyzed process, such as: cycle time, date of issue, a list of the performed tasks, the duration of the tasks performed by the employee, work flow chart or key points, which are the six elements as may be necessary to use each sheet of the Standard Work Sheet. The particular attention was also drawn by the authors on elements of the documentation, characterized by a low percentage (less than 13 %), which data are presented in Table 2.

During the analysis the authors pointed out that the vast majority of this information was not included in the templates described in the literature but there are extremely useful to determine the appropriate method of operation during the process. Actually, some of the data contains general information about the process, such as name of workstation or number of worked shifts.

However, among these elements were also information on the detailed description of the performed tasks (contains valuable information about how to perform specific tasks), duration of expectations time (from the point of view of the process is a waste - necessary to eliminate in the first place during the improving process) or frequency of repeated tasks (information important in ensuring safe and comfortable working conditions). From the point of view of the management it is very important to identify the tasks which add or not the "value". During the performance of value-added tasks (VA) there is a fundamental transformation of the input material (for example: material processing, changing

Table 1 – The identified elements of Standardized Work Sheet

The elements of documentation		Percentage share element in the documents [%]	
		Literature'sresearch	Enterprice'sresearch
1	Documentname	100	93
2	Enterprise name	100	93
3	Department/Location	100	93
4	Processname	100	67
5	Pre-processname	20	20
6	Next-processname	20	20
7	Workcell	0	7
8	Identification number of the operator	20	7
9	Identification number of work shift	20	0
10	Number of workshift	0	7
11	Team Leadername	40	7
12	Supervisorname	40	0
13	Person who conduct the research	40	33
14	Jigs/ Tools	0	7
15	Part number/ Product name	20	33
16	Units per shift	0	33
17	Takt time	80	73
18	Cycletime	80	47
19	Availableworktime	0	7
20	Standard In-Process Stock	40	20
21	Date of preparingdocument	80	73
22	Number of document's version	60	20
23	Revisions of the document	0	20
24	Date of lastmodification	0	7
25	Person who verify the document	0	7
26	Person responsible for compliance standard	0	33
27	Work/ Operationelements	80	73
28	Description of operation step	0	7
29	Workinstructionscomments	0	27
30	Drawings/Photos of process stages	0	13
31	Othertasks	0	13
32	Manual Time	50	73
33	Machine Time	0	47
34	Walking Time	40	53
35	Waiting Time	0	7
36	Total Time of work	20	33
37	Frequency of task'srepetition	0	7

Table 1 – The identified elements of Standardized Work Sheet

38	Worktimecoursegraph	0	13
39	Workflow diagram	60	73
40	VA and NVA task's division	0	13
41	Value Add Chart	0	7
42	Critical Points	100	73
43	Processimprovementideas	0	7
44	OperatorsLoad Chart	0	13
45	Suggestednumber of operators	0	13

(source: selfstudy)

physical and chemical properties of material or packaging of the finished product), crucial to meet the needs and expectations of the customer. In the process, there are also tasks non-value-added (NVA) of two kinds: the first are necessary to ensure the proper conduct of the process (such as quality control, handling the product or filling in the documentation), the second are an obvious loss or waste (such as waiting for operation of the machine by the employee and long times of transition for workers between tasks performed in a sequence).

The authors pointed out that a relatively large number of elements not present in the templates provided in the literature, but they appear in the document used by the surveyed companies. Some items are not included because of the repetition of the information—the phenomenon described above – such as:

- the required volume of production (convertible with the cycle time),
- the person responsible for compliance with the standard (in most companies, this obligation rests with the Team Leader),
- the name of the workstation (identified with the name of the current process).

However, some elements indicate a high utility in practical use (confirmed by the relatively high rate of over 13 % share), but they are not presented in the existing publications. All elements important for the company and not included in the Standardized Work Sheets included in the literature are presented in Table 3.

Table 2 – The elements of Standardized Work Sheet with low percentage share

The elements of documentation		Percentage share element in the documents [%]	
		Literature' sresearch	Enterprise' sresearch
1	Workcell	0	7
2	Identification number of the operator	20	7
3	Number of workshift	0	7
4	Team Leadername	40	7
5	Jigs/ Tools	0	7
6	Availableworktime	0	7
7	Date of lastmodification	0	7
8	Person who verify the document	0	7
9	Description of operation step	0	7
10	Drawings/Photos of process stages	0	13
11	Othertasks	0	13
12	Waiting Time	0	7
13	Frequency of task'srepetition	0	7
14	Worktimecoursegraph	0	13
15	VA and NVA task's division	0	13
16	Value Add Chart	0	7
17	Processimprovementideas	0	7
18	OperatorsLoad Chart	0	13
19	Suggestednumber of operators	0	13

(source: selfstudy)

Table 3 - The elements of Standardized Work Sheet not included in literature

The elements of documentation		Percentage share element in the documents [%]	
		Literature' sresearch	Enterprice' sresearch
1	Availableworktime	0	7
2	Revisions of the dokument	0	20
3	Description of operation step	0	7
4	Workinstruc- tionscomments	0	27
5	Drawings/Photos of process stages	0	13
6	Othertasks	0	13
7	Machine Time	0	47
8	Waiting Time	0	7
9	Frequency of task'srepetition	0	7
10	Worktimecoursegraph	0	13
11	VA and NVA tasks division	0	13
12	Value Add Chart	0	7
13	Processimprovementideas	0	7
14	OperatorsLoad Chart	0	13
15	Suggestednumber of operators	0	13

(source: selfstudy)

The analysis of the results presented in Table 3 shows that there are two elements with high percentage share: the duration of the tasks performed by machine (percentage share at the level of 47 %) and instructions on how to perform the tasks (percentage share at the level of 27%). The subject of further research will be analyze what kind of information carry those elements and why enterprises use this elements in the template, despite the lack of guidance in the literature. Theoretically most of these elements are available in other documents at the workplace, for example in operational instructions or normative of the machine but for some reason enterprises decided to use theme in the documentation of standardized work. The authors can only suppose that this is related totheirhigh utility in the implementation of process improvements. The assumptions will be considered in future research by the authors.

6. CONCLUSIONS

The obtained results show that some elements identified in the Standardized Work Sheetare repeated in both: the templates presented in the literature as well as applied in the company. However, the authors drew a particular attention to the elements that prove the large discrepancies between information included in both sources (literature and enterprises). This situation can be caused by lack of knowledge the employee who create the sheet for the first timeanddo not have a knowledge what kind of elements should be included in the document. However, it may also result from the knowledge and long experience in the application of those document by the employee who knows how to develop the template by new concepts supporting application of standardized work during the years.These considerations will be the subject of further research.

REFERENCES

1. Dennis P., Lean Production Simplified, Productivity Press, New York 2002
2. Feld W., Lean Manufacturing. Tools, Techniques and How To Use Them, The St. Lucie Press, Boca Raton 2007
3. Ford H., Today and Tomorrow, ProdPress.com, Wrocław, 2007
4. Imai M., Gemba Kaizen: A Commonsense Low-Cost Approach to Management, MT Biznes, Warszawa 2006
5. Kosieradzka A., Smagowicz J., Continuous improvement of manufacturing processes with the use of standardized work, [in]: Computer Integrated Management, OW PTZP, Opole 2009
6. Liker J.K., The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, MTBiznes, Warszawa 2005
7. Liker J.K., Meier D. „The Toyota Way. Fieldbook”, McGraw– Hill, New York 2006
8. Spivak S.M., Brenner F.C., Standardization Essentials. Principles and Practice, Marcel Dekker Inc., New York 2001

Статья поступила в редакцию 06.11.2013 г.

ЭЛЕМЕНТЫ ГИБКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.В. Маковская

УДК 331.5 (476)

РЕФЕРАТ

ВНУТРЕННИЙ РЫНОК ТРУДА, ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ПРЕДПРИЯТИЕ, РАБОЧЕЕ ВРЕМЯ, РАБОЧЕЕ МЕСТО, ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА, ТРУДОВЫЕ ЗАТРАТЫ, РАБОТНИК, РАБОТОДАТЕЛЬ

Предметом исследования являются гибкие формы использования трудовых ресурсов в рамках внутреннего рынка труда предприятия. Цель исследования состоит в определении специфики функционирования элементов гибкости в использовании ресурса труда на микроуровне. В работе использованы статистические и эконометрические методы исследования.

Результатами работы стали выделенные статистические характеристики гибких элементов в использовании трудовых ресурсов на микроуровне и практические выводы относительно поведения предприятий при выборе форм гибкости и предполагаемых социально-экономических эффектах от их взаимосвязи в процессе применения на предприятии.

ABSTRACT

The paper presents the results of the study of flexible elements in the using of labor resources in the Belarusian enterprises. The specificity of the flexible using of labor resources at the micro level is shown. The statistical monitoring of flexible forms of employment is conducted and the direction of their impact on the operating results of the enterprise is identified. Practical recommendations for the enterprises by the selection of labor resources at the micro level are developed. The role of the flexible elements for labor resource using for an effective response to changes in labor demand and supply to promote the growth of labor productivity, to reduce costs and adapt them to solve the problem of full employment is investigated.

Использование гибких элементов в управлении трудовыми ресурсами на микроуровне является относительно новым процессом в практике регулирования трудовых процессов на предприятии. Цель такого процесса состоит в оптимизации затрат труда и в адекватном влиянии на эффективность функционирования внутреннего рынка труда и как, следствие, на эффективность национального рынка труда. Это содействует гибкости национального рынка труда, что в итоге позволяет решать проблемы безработицы, поиска новых источников трудовых ресурсов, поиска и оптимизации по их использованию. Это актуально для стран, где наблюдаются процессы старения населения и для стран с малочисленным количеством трудовых ресурсов.

Использование элементов гибкого управления на внутреннем и национальном рынках труда дает следующие преимущества:

во-первых, позволяет эффективно реагиро-

вать на изменения спроса и предложения на рынках труда микро- и макроуровней;

во-вторых, содействует росту производительности труда; по оценкам международных экспертов, в среднем на 20 % возрастает производительность труда у тех компаний, которые активно использовали гибкие формы в управлении трудовыми отношениями [1];

в-третьих, обеспечивает приток в компанию молодых специалистов и сокращает издержки их адаптации;

в-четвертых, решает проблемы, связанные с выходом на пенсию, например, за счет постепенного перехода от полной занятости к ее гибким формам и затем к выходу на пенсию.

За последние двадцать лет в мировой экономической науке определились направления исследований, которые отражают формы, принципы, методы, мотивы и т. п. использования гибких режимов рабочего времени. Гибкость рабочего

времени представляет определенный научный интерес, о чем свидетельствует значительное количество публикаций. Обобщение полученных результатов исследований гибких элементов в управлении трудовыми ресурсами свелось к следующему [2 – 11]:

- доказано, что механизмы гибкого использования «нормального» рабочего времени возможны только в том случае, если они предусмотрены внутрифирменными программами рабочего времени. Важной характеристикой этих программ является предоставление свободы работникам в регулировании размера собственного рабочего времени или при его планировании с целью удовлетворения индивидуальных предпочтений работников. Если такой свободы нет, рабочее время регулируется работодателями и предпочтения работников не учитываются, что негативно сказывается на их производительности. Сделан вывод о том, что такие формы, как гибкие графики рабочего времени, неполный рабочий день, неполная рабочая неделя, «сжатый» годовой фонд рабочего времени имеют выраженный эффект в долгосрочной перспективе;

- определено, что степень гибкости рабочего времени работников зависит от того, выплачивается ли ему почасовая оплата или он получает заработную плату;

- предпринята попытка теоретического обоснования мотивации работодателей в отношении применения или неприменения гибких режимов рабочего времени. Используют ли они рациональные экономические расчеты для принятия решения в пользу гибких графиков или эти решения носят субъективный и иррациональный характер, основанный на привычках, несовершенной информации, долгосрочном опыте и т.п.;

- определены причины, которые мотивируют работодателей в отношении использования гибких режимов рабочего времени: гибкий график как награда работникам за рост производительности труда; использование для стимулирования индивидуальных показателей работы работников; отсутствие гибких форм работы увеличивает количество прогулов, опозданий, имитацию больничных отпусков; без использования гибких форм рабочего времени увеличивается размер затрат на оборот персонала и на заполнение вакансий; уменьшаются институци-

ональные издержки при использовании гибких форм рабочего времени; использование гибких графиков рабочего времени повышает качество жизни работников, что стимулирует рост производительности труда; предоставление работникам права в выборе вариантов гибкого рабочего времени выступает альтернативой повышения заработной платы.

Таким образом, обзор исследовательской практики гибких режимов рабочего времени свидетельствует о том, что они имеют потенциальное влияние на деятельность компании через рост индивидуальной или организационной производительности, что позволяет не увеличивать количество трудовых затрат на единицу произведенной продукции и не увеличивать стоимость рабочей силы.

Условия рыночного развития предполагают наличие гибких элементов управления социально-экономической системой. Такие элементы позволяют приспособлять систему и механизмы ее управления к изменениям рынка. Каждая система определяет свой набор гибких элементов. Трудовая сфера предприятий является специфической социально-экономической системой, которая формируется исходя из специфики трудовых отношений и механизма спроса и предложения труда на микроуровне. Изучение особенностей данной системы и формирования набора элементов гибкого управления ей представляется возможным в рамках внутреннего рынка труда (ВРТ) предприятия. Такое исследование является новым не только для национальной экономики Беларуси, но и для всех экономик, которые отдают приоритет гибким формам рыночного управления.

На внутреннем рынке труда предприятия все элементы гибкого использования ресурса труда представлены в полном масштабе. На предприятиях, где не сформированы ВРТ, элементы гибкости либо отсутствуют, либо представлены одним элементом (например, сокращением численности работников). Внутренний рынок труда – это совокупность социально-экономических и трудовых отношений, которые формируются под влиянием механизма реализации спроса и предложения ресурса труда на микроуровне. Институциональное оформление данного механизма представлено заключением трудовой сделки «купли-продажи» рабочей силы, в виде

заключения трудовых соглашений (контрактов, договоров). Субъектами такой сделки выступают: работодатели, предъявляющие спрос на труд требуемого количества и качества, и наемные работники, предлагающие услуги своего труда определенного качества и на определенных условиях (заработная плата, условия труда, социальные гарантии и т. п.).

В механизме функционирования внутреннего рынка труда «заложены» элементы эластичности (гибкости) спроса и предложения труда. Это связано с тем, что:

- цикличность хозяйственной деятельности предприятия предполагает либо оптимизацию, либо увеличение потоков ресурса труда;
- для достижения эффективности использования трудовых ресурсов необходимы гибкие трудовые отношения «работник-работодатель», что позволяет увеличивать отдачу от специфического человеческого капитала;
- организация хозяйственной деятельности предполагает изменения форм и условий занятости на предприятии.

Функционирование внутреннего рынка труда имеет монопсонический характер в силу того, что один работодатель предъявляет спрос на всю численность работников предприятия и только на профессии и специальности, которые обеспечивают функционирование производства; работники, формирующие предложение труда внутри организации, имеют ограниченную мобильность на внешнем рынке труда, так как они закреплены посредством социально-экономических гарантий на предприятии.

Поэтому гибкость в функционировании ВРТ следует рассматривать как механизм приспособления предприятия (работодателя) к внешним факторам, которые связаны со структурными изменениями в экономике, с сокращением спроса на продукцию, с изменением конъюнктуры на рынках ресурсов, с институциональными изменениями на рынке труда и в национальной экономике и т. п. Цель такого механизма – сокращение и адаптация трудовых издержек в условиях изменения рыночной конъюнктуры путем корректировки объема и структуры спроса и предложения труда на ВРТ.

Механизм гибкости индивидуален для каждого ВРТ предприятия и зависит от целей его использования и от рыночной конъюнктуры, в

которой работает предприятие. Механизм гибкости в функционировании ВРТ представляет собой эластичность параметров спроса на ресурс труда, выраженных через гибкость численности работников, гибкость рабочего времени, гибкость заработной платы, гибкость затрат на персонал, гибкость рабочего места.

Гибкость численности работников – изменение количества списочной (и среднесписочной) численности работников предприятия, которое вызвано колебаниями спроса на продукцию.

Гибкость рабочего времени – изменение продолжительности и распределения рабочего времени без изменения численности работников предприятия. Гибкость рабочего времени определяется краткосрочной конъюнктурой спроса на продукцию предприятия.

Гибкость заработной платы – изменение (повышение или снижение) уровня среднемесячной заработной платы в рамках предприятия.

Гибкость затрат на персонал – изменение во времени финансовых затрат на содержание персонала на предприятии, включая изменения структуры затрат, их объема и механизма распределения. Под затратами на персонал следует понимать: тарифную и надтарифную (включая премии и надбавки) части заработной платы, все виды законодательно установленных компенсаций, затраты на оплату труда работников, не состоящих в штате предприятия, затраты на социальный пакет, социальные отчисления и выплаты, командировочные расходы, резерв отпусков, выплаты за неотработанное время, расходы на подготовку и переподготовку кадров, социально-бытовые расходы, прочие расходы.

Гибкость рабочего места: а) одновременная занятость работника на нескольких рабочих местах в режиме совмещения трудовых операций (или функций); б) «плавающие» экономические рабочие места – места, которые создаются или ликвидируются по мере производственной необходимости (как правило, рабочие места вспомогательных работников, сезонные рабочие места); в) нестандартные рабочие места, организованные вне предприятия (пример, e-занятость и виртуальные рабочие места, или рабочее место на дому).

Цель исследования – определение специфики функционирования элементов гибкости в использовании ресурса труда на микроуровне,

оценка их взаимовлияния и связи с параметрами функционирования национального рынка труда. В данной работе представлены результаты решения следующих задач:

- определение статистических характеристик элементов гибкости в использовании ресурса труда на предприятиях промышленности;
- определение связей и взаимовлияния элементов гибкости при формировании спроса на труд на ВРТ.

В целях оценки элементов гибкости в использовании ресурса труда на ВРТ была сформирована исследовательская выборка, включающая промышленные предприятия с внутренними рынками труда: нефтехимической отрасли (ОАО «Могилевхимволокно»); легкой промышленности (ЗАО «Вяснянка», ОАО «Лента»); машиностроения (ОАО «Могилевский завод «Строммашина», Филиал РУП «МАЗ «Завод Трансмаш»). В выборке представлены предприятия с совокупной среднесписочной численностью работников 15546 человек (2012г.).

Статистический мониторинг элементов гибкости в использовании ресурса труда на предприятиях промышленности был проведен по следующим направлениям:

1. Анализ изменения (гибкости) среднеспи-

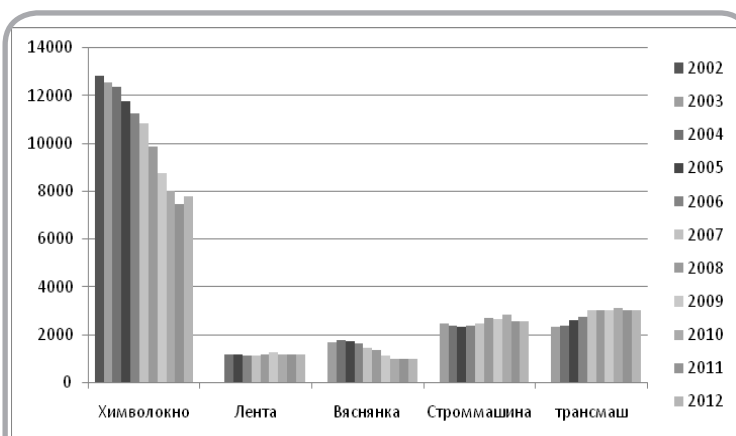


Рисунок 1 – Изменения среднесписочной численности работников предприятий, чел.

сочной численности работников предприятий

На протяжении исследуемого периода (2002-2012 г.г.) все представленные предприятия демонстрируют определенную степень гибкости спроса на труд на ВРТ. Причем такая гибкость не является односторонней, т.е. предприятия как сокращают, так и увеличивают объем спроса на труд. Поэтому определить однозначный тренд

в поведении спроса на ВРТ не представляется возможным. Это подтверждает сущность гибкости в использовании ресурса труда, которая необходима для адаптации в использовании этого ресурса к изменениям конъюнктуры рынка (и прежде всего рынков сбыта произведенной продукции).

2. Анализ гибкости заработной платы и уровня производительности труда.

Данный анализ был сделан для каждого предприятия (на рис. 2 представлены совокупные результаты исследования всех предприятий в выборке). Цель такого анализа – выявление соотношения роста заработной платы и произ-

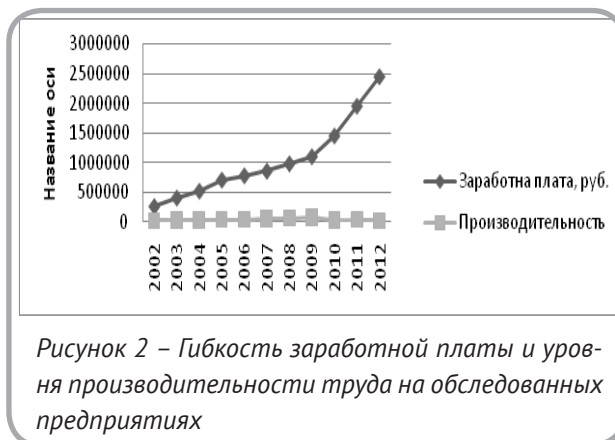


Рисунок 2 – Гибкость заработной платы и уровня производительности труда на обследованных предприятиях

водительности труда на предприятии.

Результаты анализа соотношений роста заработной платы и производительности труда показали, что значительный рост заработной платы на протяжении исследуемого периода говорит о ее «подвижности вверх». Такая гибкость определена институциональными параметрами государственного регулирования. Однако гибкость заработной платы в рамках исследования подтверждена ее способностью к сокращению и к смене направлений (рост и сокращение). Такая гибкость может представлять отдельный исследовательский интерес.

Представленный анализ еще раз подтвердил определение заработной платы как элемента приспособления (гибкости) к условиям рыночной конъюнктуры. Показатели роста производительности труда не являются эластичными. В целом соотношение роста заработной платы и роста производительности труда является несопоставимым, так как темпы роста двух парамет-

ров не коррелируют друг с другом и указывают на отсутствие гибкости в таком соотношении.

3. Анализ гибкости рабочего времени на обследованных предприятиях

Анализ гибкости рабочего времени проведен с учетом его структуры (отработанное и потерянное рабочее время), нестандартных форм его использования (неполное рабочее время) и недоиспользования (потери рабочего времени по причине предоставления отпусков по инициативе нанимателя).

Анализ показал, что на всех обследованных предприятиях сложилась одинаковая картина как в отношении использования таких элементов гибкости, как неполный рабочий день и административные отпуска, так и в соотношении отработанного и потерянного рабочего времени.

В целом предприятия предпочитают использовать для корректировки объема спроса на труд в краткосрочном периоде административные отпуска. Их использование наблюдалось как в начале наблюдений (2002 – 2005 гг.), так и в последние годы наблюдений (2010 – 2012 гг.). Частота использования режимов неполных рабочих дней наблюдалась только в период с 2002 г. по 2004 г. На решение предприятий в выборе использования одной из этих форм (или их совмещение) влияют институциональные факторы, и прежде всего административные нормы со стороны государственного регулирования.

Обследованные предприятия имеют одинаковую тенденцию в соотношении количества отработанного и потерянного рабочего времени: потери рабочего времени незначительны на фоне почти полного использования полезного фонда рабочего времени. Средний коэффициент использования полезного фонда рабочего времени на протяжении исследуемого периода колеблется в интервале 0,96 – 0,98. Однако нет одинаковой тенденции в динамике отработанных человеко-часов и потерь рабочего времени. На трех предприятиях наблюдается положительная динамика роста отработанных человеко-часов и сокращения потерь рабочего времени. На двух предприятиях наблюдается сокращение отработанных человеко-часов и соответственно

увеличение потерь рабочего времени.

Таким образом, анализ рабочего времени, его структуры, нестандартных форм его использования и недоиспользования показал, что в исследуемом периоде наиболее востребованным элементом гибкости в использовании трудовых ресурсов был административный отпуск. Deskриптивный анализ выявил относительную гибкость в использовании фонда рабочего времени и соответственно колебания (в большую или меньшую сторону) потерь рабочего времени.

4. Анализ гибкости затрат на персонал

Анализ затрат на персонал на обследованных предприятиях был дан в разрезе их структуры: тарифная и надтарифная части заработной

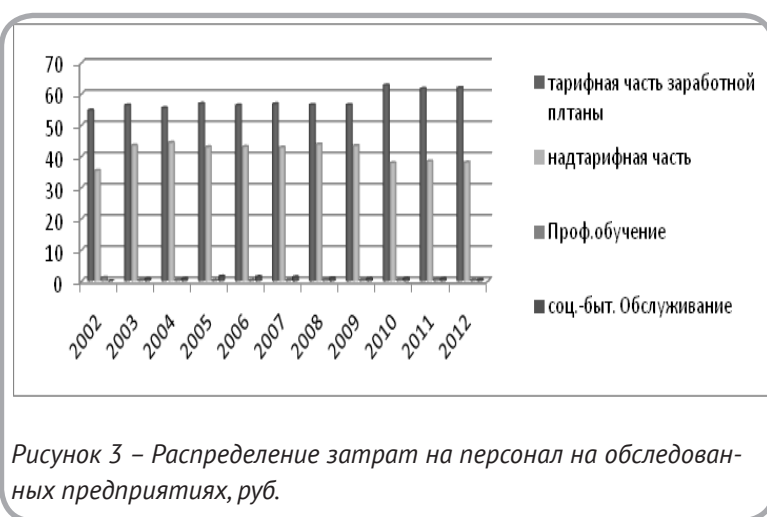


Рисунок 3 – Распределение затрат на персонал на обследованных предприятиях, руб.

платы, затраты на профессиональное обучение, переобучение и повышение квалификации, затраты на внутрифирменное социально-бытовое обслуживание.

В результате анализа выявлена следующая среднестатистическая картина в распределении затрат (рис. 3).

Наибольшая доля затрат (55 – 60 %) приходится на формирование тарифной части заработной платы. Причем эти затраты нестабильны и имеют на протяжении исследуемого периода разную долю в совокупной структуре затрат. Средний процент колебаний (2002 – 2012 гг.) затрат на тарифную часть заработной платы составил 6 – 10 п.п., что позволяет говорить о некоторой степени их гибкости.

Затраты на тарифную часть заработной платы определяют расходы на ее надтарифную составляющую (которая по сути является производной). Поэтому изменения надтарифной части

прямо пропорциональны изменениям тарифной части заработной платы. В целом среднестатистический процент надтарифной части в струк-



Рисунок 4 – Изменения затрат на профессиональное обучение и внутрифирменное социально-бытовое обслуживание, руб.

туре затрат на персонал составил 40 – 45 %.

Незначительными представляются затраты на персонал, связанные с профессиональным обучением (в среднем 0,2 – 0,5 %) и внутрифирменным социально-бытовым обслуживанием (1,5 – 2,2 %). Изменение данных затрат может быть представлено в виде диаграммы (рис. 4).

Проведенный анализ позволяет говорить о том, что затраты на персонал на обследованных предприятиях являются нестабильными.

На основе выделенных статистических характеристик элементов гибкости в использовании ресурса труда на предприятиях промышленности получены следующие результаты:

1. Объем спроса на ВРТ обследованных предприятий нестабилен. Направления эластичности спроса на труд и факторов, ее обуславливающих, индивидуальны для каждого предприятия.

2. Значительный рост заработной платы свидетельствует о ее гибкой «подвижности вверх», что определено, в большей мере, институциональными параметрами государственного регулирования. Показатели роста производительности труда не являются эластичными. В целом соотношение роста заработной платы и роста производительности труда несоизмеримо, темпы роста двух параметров не коррелируют друг с другом и указывают на отсутствие гибкости в таком соотношении.

3. Наиболее распространенными элементами гибкости в использовании рабочего времени стали административные отпуска и эластичность

в распределении фонда рабочего времени.

4. Структура затрат на персонал представляется самой эластичной из всех элементов гибкости в использовании ресурса труда.

Определение связей и взаимовлияния элементов гибкости при формировании спроса на труд на ВРТ. Определить связь между элементами гибкости и формированием спроса на ВРТ и дать их оценку позволяет эконометрический анализ.

В результате полученных оценок следует сформулировать следующие практические выводы относительно поведения предприятий при выборе гибких элементов использования ресурса труда и предполагаемых социально-экономических эффектах от их взаимосвязи в процессе применения на предприятии:

1. В условиях нестабильной рыночной конъюнктуры предприятия будут в первую очередь применять сокращение количества отработанного рабочего времени посредством предоставления работникам административных отпусков и сокращать затраты на заработную плату.

2. Сокращение статей затрат, связанных с профессиональным обучением персонала, не является элементом гибкого использования ресурса труда. В условиях производственных (рыночных) изменений увеличивается потребность в инвестициях в человеческий капитал работников. Это обосновывает необходимость данного вида затрат на персонал. Поэтому предприятие оставляет без изменений эту статью расходов.

3. Использование предприятием режимов неполного рабочего времени, как правило, комбинируется с введением отпусков по инициативе нанимателя. Это позволяет минимизировать совокупные трудовые издержки в условиях нестабильной конъюнктуры рынка от введения сразу нескольких элементов гибкого использования ресурса труда. Например, введение административных отпусков для менее производительных работников без сохранения заработной платы позволяет сократить зарплатные издержки и перераспределить их в пользу более производительных работников, которые могут быть заняты в режиме неполного рабочего времени. Тем самым сохраняется кадровое ядро наиболее квалифицированных работников.

4. При введении административных отпусков предприятие не заинтересовано сохранять за-

рабочую плату работников, так как данный вид трудовых затрат экономически не обоснован. В целях обеспечения социальных норм путем сохранения заработной платы предприятия будет выплачивать только ее тарифную часть (или процент от нее).

5. Поведение предприятий при использовании гибких заработных плат определяется, во-первых, с учетом количества отработанного рабочего времени, во-вторых, с учетом того, что при увеличении ее одной части сокращается ее другая часть. Одновременный рост элементов заработной платы не только увеличивает материальные затраты предприятия, но и мини-

мирует ее стимулирующую функцию (так как появляется эффект отлынивания от работы, при котором работник понимает, что заработная плата будет расти независимо от результатов его труда). При определении части заработной платы, которая будет использована как элемент гибкости при управлении трудовыми ресурсами, как правило, предпочтение отдается ее надтарифной части.

6. Принятие предприятием решения о дополнительных трудовых затратах основывается на том, что они производны от размера средней заработной платы на предприятии, и прежде всего от ее тарифной части.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Varshavskaya, E. J. (2007) Management of the labor market in the face of increasing employment flexibility (the experience of developed countries) [Upravlenie runkom truda v usloviyah gibkoy zanyatosti]. In.: Socio-economic changes in Russia, Vol. 4. pp. 176-180
2. Costa, G.; Sartori, S.; Akerstedt, T. (2006) "Influence of flexibility and variability of working hours on health and well-being", in Chronobiology International, Vol. 23, No. 6, pp. 1125-1137.
3. Golden, L. (1998) "Working time and the impact of policy institutions: Reforming the overtime hours law and regulation", in Review of Social Economy, Vol. 56, No. 4, pp. 522-541;
4. Golden, L. (2005) "Overemployment in the US: Which Workers Face Downward Constrained Hours?", in Y. Boulin, M. Lallement, J. Messenger and F. Michon (eds): Decent Working Time: New Trends, New Issues (Geneva, International Labor Organization).-. 2005. FLSA Overtime Reform: Widening the Lens, Perspectives on Work, presented at Overtime Regulations, Labor and Employment Relations Association National Policy Forum, Vol. 8, No. 2, p. 23.
5. Golden, L.; Gebreselassie, T. (2007) "Overemployment mismatches: The preference for fewer work hours", in Monthly Labor Review, Vol. 130, No. 4, pp. 18-37.
6. Golden, L.; Wiens-Tuers, B. (2008) «Overtime Work and Well-being at Home», in Review of Social Economy, Vol. 66, No. 1, pp. 25-49.
7. Golden, L.; Lambert, S.; Henly, J.; Wiens-Tuers, B. (2011) "Working Time in the Employment Relationship: Perceived Control and Work-Life Balance", in K. Townsend and A. Wilkinson (eds): Edward Elgar Handbook on Work and Employment Relations (Cheltenham, UK, Edward Elgar).
8. Henly, J.; Shaefer, H.L.; Waxman, E. (2006) "Nonstandard Work Schedules: Employer- and Employee-Driven Flexibility in Retail Jobs", in Social Service Review, Vol. 80, No. 4, pp. 609-634.
9. Kelly, E.; Kalev, A. (2006) "Managing flexible work arrangements in US organizations: Formalized discretion or 'Right to ask'», in Socio-Economic Review, Vol. 4, No. 2, pp. 379-416.
10. Kelly, E.; Kossek, E.; Hammer, L.; Durham, M.; Bray, J.; Chermack, K.; Murphy, L.; Kaskubar, D. (2008) "Getting There from Here: Research on the Effects of Work-Family Initiatives on Work-Family Conflict and Business Outcomes", in The Academy of Management Annals, Vol. 2, No. 1, pp. 305-349.
11. Kelly, E.L.; Moen, P. (2007) "Rethinking the clockwork of work: Why schedule control may pay off at work and at home", in Advances in Developing Human Resources, Vol. 9, pp. 487-506.

Статья поступила в редакцию 25.10.2013 г.

ЦЕНОВОЙ АНТИПУЗЫРЬ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ УКРАИНЫ

А.Л. Пластун

УДК 338.124.4:339.194

РЕФЕРАТ

Исследована сущность ценовых антипузырей и обосновано присутствие антипузыря на фондовом рынке Украины. Предложены рекомендации по принятию инвестиционных решений на базе информации о присутствии на рынке неверно оцененных активов.

ABSTRACT

The essence of price anti-bubbles is analyzed. The presence of anti-bubble in the Ukrainian stock market is proved. Recommendations to make investment decisions.

Кризисные явления в экономике случаются все чаще, увеличиваются и масштабы их последствий. Довольно часто появлению кризисных явлений предшествуют так называемые «ценовые пузыри» (еще их называют биржевыми, рыночными, спекулятивными, финансовыми) – резкий рост цен на определенные активы, который заканчивается биржевым коллапсом, выступающим в качестве триггера для дальнейшего развертывания кризисных явлений в экономике.

Ценовые пузыри являются типичными структурами. Об этом свидетельствует хотя бы их визуальная интерпретация. На рисунке 1 и рисунке 2 приведены два разных ценовых пузыря (разное время, разные рынки), но их визуальная схожесть очевидна.

Ценовой пузырь – это существенное отклонение рыночной стоимости актива от его внутренней стоимости. Внутренняя стоимость – это стоимость актива, рассчитанная при условии, что известно, какие доходы принесет он в будущем, а также какой риск существует по данному активу [3].

Васильев К. отмечает, что ценовой пузырь на рынке финансового актива – это значительное превышение цены фундаментальной оценки стоимости актива в течение периода времени, которое характеризуется продолжающимся ростом цен с последующим их крахом или значительным падением [2].

Рынок, который стремительно раздувается на основе спекуляций и необоснованного роста цен, экономисты называют «bubble», то есть пузырь.

Ценовой пузырь сопровождается ажиотажем

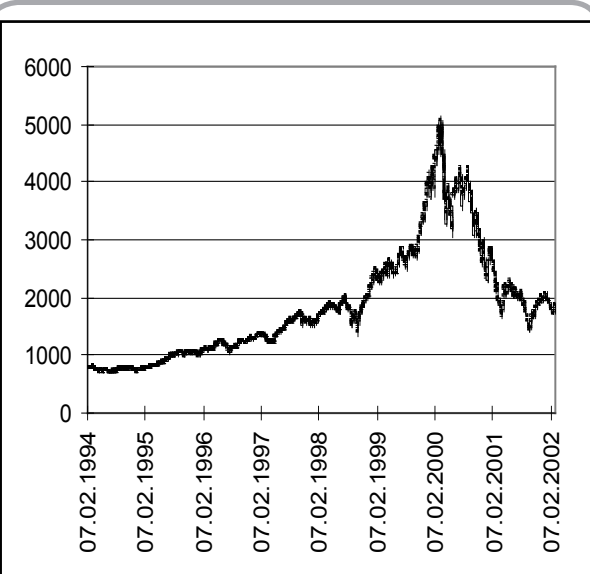


Рисунок 1 – Динамика изменения индекса Насдак за период 1994 – 2002 гг. (пузырь дот-комов) [1, 7]

ным спросом на определенный актив, в результате чего рыночная цена может в несколько раз превышать его реальную стоимость [9].

Исследованиями ценовых пузырей занимались преимущественно западные ученые. Наибольший вклад в теоретическую разработку и осмысления по данной тематике внесли Blanchard O., Watson M., Diba B., Grossman H., Flood R., Hodrick R., Obstfeld M., Garber P. Фундаментальный труд по исследованию ценовых пузырей был опубликован Сорнетте Д.

Появление ценового пузыря и его схлопывание приводят к образованию системной нестабильности на рынке, что проявляется в значительном рассогласовании ценовых колебаний.

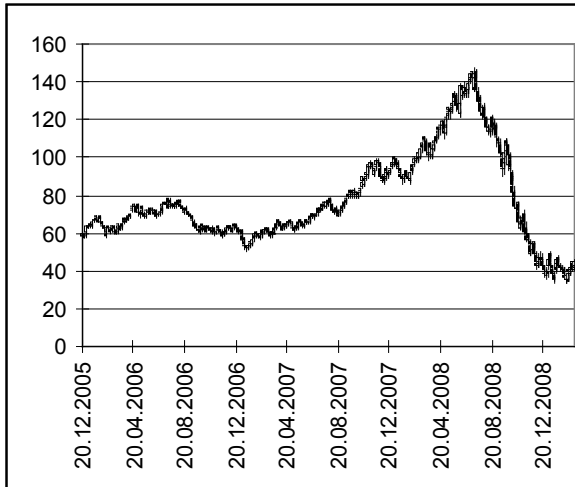


Рисунок 2 – Динамика изменения цен на нефть за период 2005 – 2008 гг. (нефтяной пузырь) [1, 7]

Именно биржевые пузыри и их последствия являются одной из аномалий, которую не способна объяснить теория случайных блужданий и гипотеза эффективного рынка.

Результатом ценовых рассогласований, возникающих после схлопывания пузыря, довольно часто является появление так называемого «антипузыря».

Ценовой антипузырь является симметричной конструкцией к пузырю и описывает ситуацию, когда рынок после пикового роста значительно теряет в цене [15].

Таким образом, рынок, чьи цены упали ниже уровня, который можно было бы описать любым разумным сценарием, является антипузырем [11].

Концепция антипузыря впервые была предложена Johansen A., Sornette D. (1999) как обратная сторона ценового пузыря, по аналогии с физическим термином «античастица». В своем исследовании они пришли к выводу, что взаимодействие между трейдерами и их стадное поведение приводят не только к возникновению спекулятивных пузырей и переоценке финансовых рынков, которые, как правило, заканчиваются крахами, но и к возникновению «антипузырей», сопровождающихся значительным падением рынка после исторических максимумов и недооценкой рыночных активов [16].

Пример антипузыря, возникшего на американском фондовом рынке в 2008 – 2009 годах,

приведен на рисунке 3. К типичным ценовым антипузырям можно отнести ситуации с индексом Никкей в начале 90-х или индексом S&P 500 в начале 2000-х.

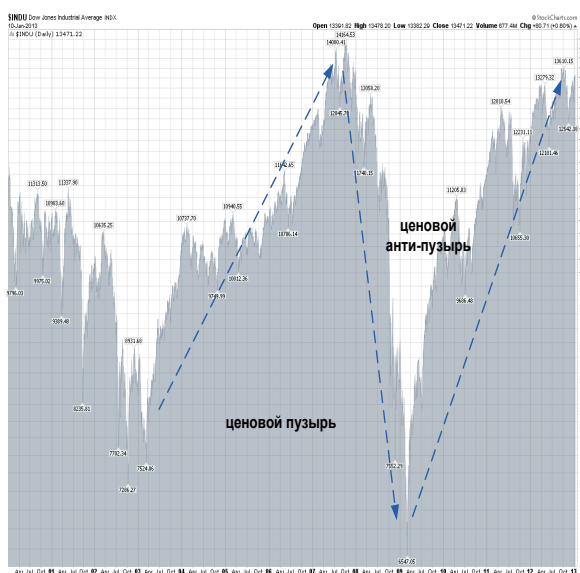


Рисунок 3 – Ценовой антипузырь на американском фондовом рынке 2008 – 2009 гг. [13]

Исследуя ценовые пузыри, ученые отмечают, что с позиции психологии они являются прямым результатом человеческой жадности. В то же время существуют периоды времени, особенно сразу после схлопывания пузыря, когда жадность отступает на задний план, а доминирующим становится чувство страха. Страх приводит к появлению «антипузырей» – такой ситуации, когда спрос на актив ограничен, в результате чего его рыночная цена может быть значительно меньше реальной стоимости [12].

В теории возникновение ценовых антипузырей является процессом более сложным, чем образование пузырей. Это связано как с чисто психологическими моментами (жадность часто бывает сильнее страха, компании охотнее распространяют позитивные новости, чем негативные, люди склонны преувеличивать значимость позитивных новостей и, наоборот, недооценивать или игнорировать новости отрицательные), так и техническими (открывать длинные позиции легче, чем короткие). Тем не менее, развитие инструментов биржевой торговли, увеличение прозрачности компаний и рынков в целом, особенности человеческой психологии (страх,

потеря доверия) приводят к тому, что сегодня проблема биржевых антипузырей не намного меньше по объемам и частоте возникновения, нежели проблема ценовых пузырей [17].

Исследование, проведенное Yan, Woodard, Sornette (2010), показало, что из 11 662 тестовых интервалов индекса S & P 500 за период с января 1950 по май 2009, структуры, подобные антипузырям, возникали в 2568 случаях (22 % тестовых интервалов). Еще одним интересным выводом данного исследования было то, что использование информации о типичном поведении рынка после возникновения ценовых антипузырей при построении торговой стратегии позволяет получить значительно лучшие результаты, чем те, которые получают обычные торговые стратегии на базе технического или фундаментального анализа [19].

Таким образом, своевременное распознавание антипузыря на определенном рынке позволяет получить сверхприбыли. Алгоритм работы при этом достаточно прост: в точке, соответствующей пику антипузыря (минимум рынка или его дно), необходимо открывать длинные позиции и удерживать их до исчезновения конструкции антипузыря.

Пиковая фаза глобального финансового кризиса 2007 года привела к появлению целого ряда ценовых антипузырей: большинство мировых фондовых рынков, антипузырь на рынке нефти, антипузырь в ряде валютных пар и так далее. На сегодняшний день большинство из них исчезло, тем не менее, все еще можно найти рынки, где ценовые антипузыри присутствуют и близки к схлопыванию. На одном из них хотелось бы остановиться подробнее. Речь идет о фондовом рынке Украины. Для того, чтобы визуальнo подтвердить предположение о наличии на фондовом рынке Украины антипузыря, на рисунке 4 приведена динамика одного из ведущих фондовых индексов Украины ПФТС с обозначениями типовых конструкций, отвечающих признакам пузырей и антипузырей.

По информации авторитетного издания Financial Times, в 2012 году Украина заняла второе место по уровню падения фондового рынка среди развивающихся стран [18]. При этом большинство фондовых рынков развитых стран демонстрировали положительные тенденции в течение последних двух лет. В качестве примера

приведем динамику индекса Доу-Джонса в течение 2011 – 2012 годов (рис. 5)

Таким образом, значительное падение украинского фондового рынка происходит на фоне роста мировых фондовых индексов.

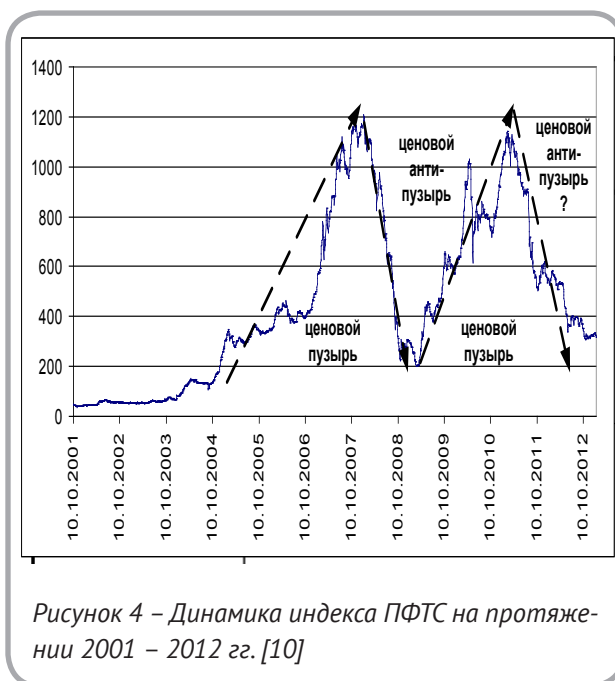


Рисунок 4 – Динамика индекса ПФТС на протяжении 2001 – 2012 гг. [10]

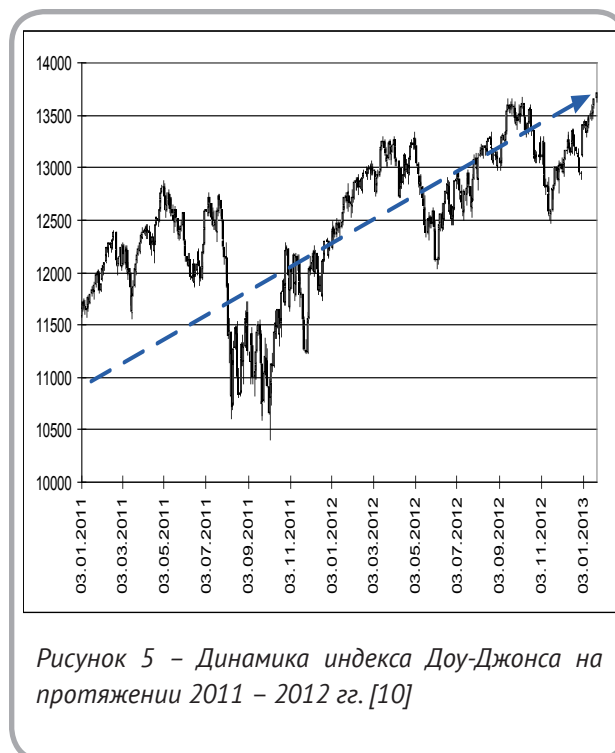


Рисунок 5 – Динамика индекса Доу-Джонса на протяжении 2011 – 2012 гг. [10]

Эти факты косвенно свидетельствуют о возможном антипузыре на фондовом рынке Украины. Для того, чтобы проверить это, проанализи-

зируем динамику изменения фондового рынка Украины и основных макроэкономических показателей страны (рис. 6 и 7).



Рисунок 6 – Динамика индекса UX на протяжении 2008 – 2012 гг. [8]

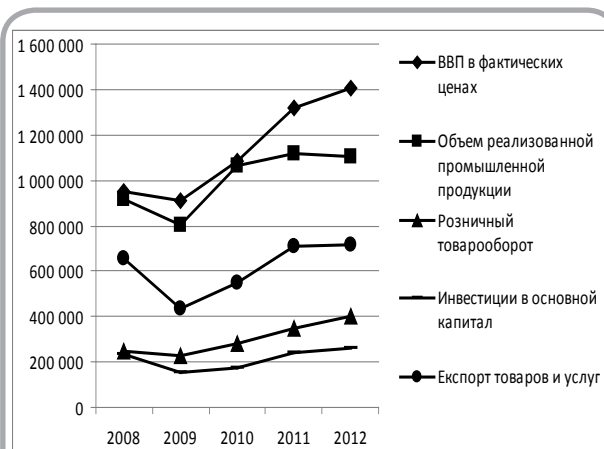


Рисунок 7 – Динамика ключевых макроэкономических показателей Украины за период 2008 – 2012 гг. [6]

Динамика индекса UX течение 2008 года была крайне негативной, что связано с пиком мирового финансового кризиса. Такая динамика подтверждалась и основными макроэкономическими показателями Украины, значения которых резко ухудшились в этот период. 2009 – 2010 годы были периодом восстановления, что нашло свое отражение в динамике фондового рынка и макроэкономических показателях. Впрочем, в течение 2011 – 2012 годов индекс UX потерял 2/3 стоимости, при том что основные макроэкономические показатели Украины за этот период не только не демонстрировали тенденции к падению, а наоборот демонстрировали рост. Таким

образом, в 2011 году на фондовом рынке Украины начал формироваться антипузырь. Пик этого антипузыря, по крайней мере по состоянию на 31.12.2012, пришелся на конец 2012 – начало 2013 года.

Информацию макроуровня, приведенную выше, подтверждают данные микроуровня – финансовые результаты деятельности предприятий-эмитентов, входящих в состав индексной корзины Украинской биржи. Большинство из них в течение 2010 – 2012 годов демонстрировали положительную тенденцию изменения основных показателей финансовой деятельности (имеются в виду валовые доходы, показатель EBITDA, объемы акционерного капитала и т. п.). В конечном итоге такая разнонаправленная динамика (падение цен на акции и улучшение или по крайней мере не ухудшение основных финансовых показателей) привела к значительной недооцененности фондового рынка Украины в целом, что является одним из признаков антипузыря.

Для того, чтобы подтвердить тезис, что текущая ситуация не просто результат достижения рынком определенной равновесной цены после схлопывания пузыря украинского фондового рынка, который формировался в течение 2003 – 2008 годов, оценим текущую цену рынка по отношению к его справедливой стоимости. Для этого сравним данные показателя P / S (отношение рыночной капитализации компании к ее выручке). Компании, имеющие низкие значения этого показателя, являются недооцененными. Данные компаний Украины будем сравнивать с данными аналогичных предприятий России, а также развитых стран мира.

Как свидетельствуют данные представленной таблицы, акции предприятий Украины значительно недооценены. Это подтверждает предыдущие выводы о наличии на фондовом рынке Украины антипузыря.

Проведение зеркальной аналогии с типичным поведением биржевых цен при ценовом пузыре позволяет сделать вывод, что наиболее вероятным развитием событий будет «схлопывание» антипузыря, которое будет заключаться в стремительном росте фондового рынка Украины. Исходя из этого, фондовый рынок Украины может рассматриваться как крайне перспективный объект для инвестирования с очень значитель-

Таблица – Значение показателя P/S в 2012 году для разных стран (групп стран)

Страна (группа стран)	Значение показателя P/S		
	Металлургия	Машиностроение	Энергетика
Россия (в среднем)*	1,55	0,43	0,28
Развитые страны (в среднем)*	0,91	0,8	1,09
Украина**	0,08	0,35	0,16

* данные формировались на базе анализа аналитических отчетов, публикуемых в системе комплексного раскрытия информации и новостей СКРИН [4]

** данные были взяты из отчета ИК «Драгон Капитал» [14].

ным потенциалом роста.

Таким образом, распознавание ценовых антипузырей является не только важной научной задачей, позволяющей лучше определять фазы экономического цикла и прогнозировать развитие экономических процессов, но и представляет значительный практический интерес. Поскольку конструкция антипузыря является достаточно типичной, его распознавание на относительно ранней стадии позволяет с большой точностью спрогнозировать будущие изменения цен на биржевые активы. Применение этой ин-

формации в инвестиционной деятельности позволяет получить сверхприбыли. Анализ динамики фондового рынка Украины за последние два года позволил сформировать предположение относительно возможного присутствия на нем ценового антипузыря. Дальнейший анализ подтвердил данное предположение. На основании этого был сформирован прогноз динамики фондового рынка Украины в ближайшем будущем, который заключается в его значительном росте как результате схлопывания сформировавшегося антипузыря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архив котировок компании MetaQuotes [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.metaquotes.net>
2. Васильев, К. Г. Экономико-математическое моделирование финансовых пузырей на фондовом рынке : дис ... к-та экон. наук : 08.00.13 / К. Г. Васильев // Санкт-Петербург. – 2006. – 117 с.
3. Провизион, М. Как распознают спекулятивные пузыри / М. Провизион // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://flime.ru/articles/35>
4. Система комплексного раскрытия информации и новостей СКРИН [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.skrin.ru/analytics/
5. Сорнетте, Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков / Д. Сорнетте. – Москва : «И-Трейд», 2003. – 198 с.
6. Статистический бюллетень Национального банка Украины [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/category?cat_id=57897
7. Торговый терминал компании «Альпари» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.alpari.org>
8. Украинская биржа. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.uх.ua
9. Финансовый пузырь [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://wmr1000.ru/b-stati/7-stadij-finansovogo-puzyrya.htm>

10. Фондовая биржа ПФТС. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://pfts.com.ua/>
11. Arnott R., West J. The Anti-Bubble Bursts [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.indexuniverse.com/sections/research/4384-the-anti-bubble-bursts.html?showall=&fullart=1&start=2>
12. Blanchard O J Speculative Bubbles, Crashes and Rational Expectations // Economics Letters, 1979
13. Dean Fantazzini, (2011) "Forecasting the Global Financial Crisis in the Years 2009-2010: Ex-post Analysis", Economics Bulletin, Vol. 31 No. 4 pp. 3259-3267
14. Dow Jones Industrial Average (2000 - Present Daily) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stockcharts.com/freecharts/historical/djia2000.html>
15. Dragon Capital Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.dragon-capital.com>
16. Johansen A. and Sornette D. Financial "antibubbles": Log-periodicity in Gold and Nikkei collapses, Int. J. Mod. Phys. C 10 (1999) 563-575.
17. Kay John Strange financial physics of the inverse bubble [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/ceafc5d8-41ea-11dd-a5e8-0000779fd2ac.html#axzz2IQaF5TVf>
18. Minto Rob Chart of the week: stock exchange winners and losers of 2012 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://blogs.ft.com/beyond-brics/2012/12/24/chart-of-the-week-stock-exchange-winners-and-losers-of-2012/#axzz2G8UUvwwO>
19. Yan, Wanfeng, Woodard, Ryan and Sornette, Didier , Diagnosis and Prediction of Market Rebounds in Financial Markets (March 29, 2010). Swiss Finance Institute Research Paper No. 10-15. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1586742> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1586742>

Статья поступила в редакцию 08.02.2013 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексахина Людмила Викторовна	– старший преподаватель, Керченский государственный морской технологический университет
Алексеев Игорь Сергеевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки», УО «Витебский государственный технологический университет»
Алисеевич Сергей Олегович	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Антонышева Юлия Вячеславовна	– студентка 3 курса, УО «Витебский государственный технологический университет»
Беляев Геннадий Яковлевич	– кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», УО «Белорусский национальный технический университет»
Бондарева Татьяна Петровна	– кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Ткачество», УО «Витебский государственный технологический университет»
Бурденко Ирина Николаевна	– кандидат экономических наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет и аудит», ГВУЗ «Украинская академия банковского дела Национального банка Украины»
Ванкевич Елена Васильевна	– доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе, УО «Витебский государственный технологический университет»
Дорошенко Илья Андреевич	– магистрант, УО «Витебский государственный технологический университет»
Дягилев Андрей Степанович	– кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Жорник Виктор Иванович	– доктор технических наук, заведующий лабораторией наноструктурных и сверхтвёрдых материалов, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
Замостоцкий Евгений Геннадьевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»

Издэбски Вальдемар	– доктор экономических наук, инженер, Варшавский технологический университет
Катович Оксана Михайловна	– магистр технических наук, м.н.с. кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Кобяков Сергей Михайлович	– кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Коган Александр Григорьевич	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Козловская Инна Юрьевна	– аспирант кафедры «Промышленная экология», УО «Белорусский государственный технологический университет»
Козловская Людмила Геннадьевна	– старший преподаватель кафедры «Стандартизация», УО «Витебский государственный технологический университет»
Конколь Уршуля	– магистр, инженер, Варшавский технологический университет
Котов Сергей Юрьевич	– аспирант кафедры «Технология машиностроения», УО «Белорусский национальный технический университет»
Маковская Наталья Владимировна	– доктор экономических наук, заведующая кафедрой «Экономика и управление», УО «Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова»
Марцуль Владимир Николаевич	– кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная экология», УО «Белорусский государственный технологический университет»
Матвейко Николай Петрович	– доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физикохимия материалов», УО «Белорусский государственный экономический университет»
Меняйло-Басистая Ирина Александровна	– аспирант кафедры «Товароведение, стандартизация и сертификация», Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина
Мурычев Павел Валерьевич	– аспирант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Нестер Анатолий Антонович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана труда и безопасности жизнедеятельности», Хмельницкий национальный университет
Науменко Александр Александрович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация», УО «Витебский государственный технологический университет»

Науменко Андрей Михайлович	– аспирант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Невских Виктория Владимировна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Ткачество», УО «Витебский государственный технологический университет»
Пластун Алексей Леонидович	– кандидат экономических наук, доцент кафедры «Бухгалтерский учет и аудит», ГВУЗ «Украинская академия банковского дела Национального банка Украины»
Протасов Семен Корнеевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Физикохимия материалов», УО «Белорусский государственный экономический университет»
Рыклин Дмитрий Борисович	– доктор технических наук, профессор кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Садовский Виктор Васильевич	– доктор технических наук, профессор, первый проректор, УО «Белорусский государственный экономический университет»
Скобова Наталья Викторовна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Смагович Юстина	– магистр, инженер, Варшавский технологический университет
Соколов Леонид Ефимович	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Стёпин Святослав Генрихович	– кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия», УО «Витебский государственный технологический университет»
Ульянова Наталья Вячеславовна	– магистр технических наук, аспирант кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», УО «Витебский государственный технологический университет»
Черкес Наталья Сергеевна	– ассистент кафедры «Промышленная экология», УО «Белорусский государственный технологический университет»
Шеремет Елена Анатольевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация», УО «Витебский государственный технологический университет»
Ясинская Наталья Николаевна	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия», УО «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, струк-

турированной; 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 ука-

заны 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 статьи, название журнала курсивом, номер выпуска), 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.

Пример перевода и транслитерации библиографического описания (оформление соответствует требованиям, описанным выше для русскоязычного описания):

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 [Tekhnikoekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta]. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 11, pp. 54-57.

Достаточно подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций даны на сайте

<http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2>.

7. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском, белорусском или английском языке;
- объем публикации должен составлять от 14 000 до 22 000 печатных знаков (4–10 страниц), набранных шрифтом *Times New Roman* 12, с полями по 20 мм на сторону и одинарным межстрочным интервалом;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов, и других сложных элементов форматирования;
- исключить автоматическую или ручную расстановку 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* от 9 до 12 пт.;
- иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подписную 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 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 скобках по правому краю страницы; порядковые номера ссылок на использованные источники долж-

ны быть написаны внутри квадратных скобок;

- *распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.*

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

8. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

9. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

10. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

11. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются на рецензию специалистам. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

12. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются. В случае возврата статьи автору на доработку датой представления считается день получения редакцией исправленной рукописи.

13. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, реферате и abstract, не искажающие основное содержание статьи.

14. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Скробовой АLINE Сергеевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@tut.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ДВАДЦАТЬ ПЯТЫЙ ВЫПУСК

Подписано в печать 27.11.2013. Печать ризографическая. Гарнитура PT Sans. Усл. печ. листов 20.1

Уч.-изд. листов 17.9 Формат 60x90 1/8. Тираж 100 экз. Заказ № 430

Выпущено издательским отделом ЦИТ ВГТУ

**УО «Витебский государственный
технологический университет»
210035, Республика Беларусь,
г. Витебск, Московский пр-т, 72.
Лицензия № 02330/0494384
от 16 марта 2009 г.**

**Журнал зарегистрирован в
Министерстве информации
Республики Беларусь
№ 2554 от 31 мая 2005 г.**