

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

---

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)»**

**Международная научно-техническая конференция**

**«ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ  
И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»  
(ИННОВАЦИИ – 2020)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

*Часть 2*

**Москва  
12 ноября 2020 г.**

УДК 677.02.001.5

Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 313 с.

В сборник материалов включены статьи профессорско-преподавательского, научного состава и молодых ученых российских и зарубежных вузов, представителей предприятий и других организаций, представленных на конференции и отражающих основные направления развития в области текстильной и легкой промышленности.

**Редакционная коллегия:**

проф. Белгородский В.С.; проф. Силаков А.В.; доц. Гуторова Н.В.; проф. Бесчастнов Н.П.; проф. Зарецкая Г.П.; проф. Кобраков К.И.; проф. Костылева В.В.; проф. Радько С.Г.; проф. Разумеев К.Э.; проф. Рыжкова Е.А.; проф. Седляров О.И.; проф. Хозина Е.Н.; проф. Шустов Ю.С.

ISBN 978-5-87055-985-8

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2020

© Коллектив авторов, 2020

© Обложка. Дизайн. Николаева Н.А., 2020

СЕКЦИЯ 3.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА, ЭКСПЕРТИЗА, ТЕХНИЧЕСКОЕ  
РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ  
ПРОДУКЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Шустов Ю.С., Тимофеева С.В.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО.....	12
<b>Шустов Ю.С., Абрамов А.В., Филиппов А.Д.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	16
<b>Филиппов А.Д., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ УТЕПЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	20
<b>Ефанов Е.Д., Шустов Ю.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА НА ПРОЧНОСТЬ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	23
<b>Иванов Н.А Шустов Ю.С.</b> СРАВНЕНИЕ ПОРОГОВОГО ВРЕМЕНИ ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТКАНЯМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ.....	27
<b>Кирсанова Е.А., Вершинина А.В., Веселова О.В., Иванова С.Н.</b> ОБЪЕМНЫЕ НЕТКАНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....	30
<b>Петухов А.Н., Давыдов А.Ф.</b> ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОЛИЭФИРА В ХЛОПКОПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЯХ НА ПОРОГОВОЕ ВРЕМЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ.....	33
<b>Пурынов И.С., Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Виноградова Н.А.</b> КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ЭКСПЕРТОВ ПРИ ВЫБОРЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	36
<b>Козлов А.С., Макарова Н.А., Горячкин Д.В.</b> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ С РАСШИРЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	39
<b>Мерзликина Т.В., Бешапошникова Н.В., Лебедева Т.С., Бешапошникова В.И.</b> ОЦЕНКА ЗНАЧИМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ СПЕЦОДЕЖДЫ.....	42
<b>Логина Е.А., Климова Н.В., Бешапошникова В.И.</b> АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АССОРТИМЕНТА МЕМБРАННЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ОДЕЖДЫ.....	46
<b>Давыдов А.Ф., Гончаров К.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПОШИВА СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ СТИРОК.....	49
<b>Давыдов А.Ф., Кургузов В.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК.....	53
<b>Агафонов В.Е., Буланов Я.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ МНОГОКРАТНОГО РАСТЯЖЕНИЯ И СКОРОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН.....	56

<b>Осипова Л.И., Курденкова А.В.</b> АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА И СВОЙСТВ ХИРУРГИЧЕСКИХ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	60
<b>Буланов Я.И., Курденкова А.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ, ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ИНДЕНТОРА НА УСИЛИЕ ПРОКОЛА БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ..	63
<b>Райкова Е.Ю., Пехташева Е.Л.</b> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЕ.....	68
<b>Суворова А.С., Давыдов А.Ф.</b> АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА КАНАТОВ И СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	72
<b>Давыдов А.Ф., Шампарова Н.В.</b> ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЗУЕМОСТИ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК..	77
<b>Винокурова Т.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ХИРУРГИЧЕСКИХ УЗЛОВ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	79
<b>Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА.....	83
<b>Буслаев С.Н., Смирнова Н.А.</b> ВЛИЯНИЕ ШВА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ ЛЕГКОГО АССОРТИМЕНТА.....	87
<b>Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Первак Г.И.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СМЕШЕНИЯ.....	89
<b>Замотин Н.А., Дягилев А.С.</b> РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ 3D-ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ДРУГ ДРУГА.....	93
<b>Радюк А.Н., Буркин А.Н., Шевцова М.В., Буланчиков И.А.</b> БЕЗОТХОДНАЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВКЛАДЫША ДЛЯ НИЗА ОБУВИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	97
<b>Борозна В.Д.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ТИПА «NUBUK».....	101
<b>Лопаткина С.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПАКЕТОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	105
<b>Скородумов В.Ф.</b> МАТРИЧНЫЙ МЕТОД ФЛОРИ ПРИ ОЦЕНКЕ КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАКРОМОЛЕКУЛ.....	108
<b>Азанова А.А., Миннебаева Р.Г., Давлетбаев И.Г.</b> К ВОПРОСУ ЭКСПЕРТИЗЫ ОДЕЖДЫ, ВОЗВРАЩЕННОЙ ПОТРЕБИТЕЛЕМ: ДЖИНСОВЫЕ БРЮКИ И ДРУГИЕ ИЗДЕЛИЯ.....	110
<b>Денисова О.И.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЭСТЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОРПОРАТИВНОЙ УНИФОРМЫ.....	113
<b>Зими́на М.В., Чагина Л.Л.</b> К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	116
<b>Тан Сяотун, Рыклин Д.Б.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДРАПИРУЕМОСТИ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-СКАНЕРА.....	119

СЕКЦИЯ 4.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
МОДИФИЦИРОВАНИЯ И ОТДЕЛКИ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Воронова Э.В., Колоколкина Н.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФО- МОВАНИЯ.....	124
<b>Бокова Е.С., Коваленко Г.М., Шаповалова И.А., Петрова Е.К.</b> ИНТЕРПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В РАСТВОРЕ ПОЛИЭФИРУРЕТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ КОЖИ.....	128
<b>Козуб Д.А., Редина Л.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИ- ФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИ-2-ПЕРФТОРПЕТОКСИТЕТРАФТОРПРОПИЛАКРИ- ЛАТОМ В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO <sub>2</sub> .....	131
<b>Кумпан Е.В., Хамматова В.В., Вильданова А.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОДЕЖДЫ ЗА СЧЁТ МОДИФИКАЦИИ ТЕКСТИЛЬ- НЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ.....	134
<b>Миролюбова Т.В., Редина Л.В.</b> ОКРАШИВАНИЕ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА СПАНБОНД ЧЕРНЫМ СУПЕР- КОНЦЕНТРАТОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕ- НА.....	138
<b>Сажнев Н.А., Губочкина А.А., Свидченко Е.А., Сурин Н.М., Кильдеева Н.Р.</b> ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКАЯ СШИВКА ВОЛОКОН ИЗ ХИТОЗАНА.....	141
<b>Середина М.А.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТОЙ МЕМБРАННОЙ ПЛЕНКИ ИЗ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.....	144
<b>Хамматова В.В., Разумеев К.Э.</b> РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ.....	147
<b>Фаткуллина Р.Р.</b> ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАБО- ЧЕЙ ОДЕЖДЫ.....	152
<b>Власов А.С., Панова В.А., Шетнев А.А., Корсаков М.К.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОСЕЛЕКТИВНОСТИ РЕАКЦИИ N-АРИЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	156
<b>Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.</b> СИНТЕЗ N-(6-(3-R-УРЕИДО)БЕНЗО[D]ТИАЗОЛ-2-ИЛ) АЦИЛАМИДА С O - И S- ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ ФРАГМЕНТАМИ.....	157
<b>Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.</b> АНАЛИЗ СПЕКТРОВ <sup>1</sup> H ЯМР АМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 3-(4- АМИНОФЕНИЛ)ХИНАЗОЛИН-4(3H)-ОНА.....	160
<b>Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.</b> АНАЛИЗ СПЕКТРОВ <sup>1</sup> H ЯМР СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1- ((ПИПЕРИДИН-4-ИЛ)МЕТИЛ)-ПИПЕРАЗИНА.....	163
<b>Константинова А.С., Шетнев А.А., Корсаков М.К.</b> СИНТЕЗ 5-ГИДРОКСИ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ ИЗ АМИДОКСИМОВ И ЭФИРОВ ХЛОРМУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРОСНОВНОЙ СИ-	

СТЕМЫ НАОН/ДМСО.....	166
<b>Никишина М.Б., Иванова Е.В., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.</b> АНАЛИЗ СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-АМИНО-4,5,6,7- ТЕТРАГИДРОТИАЗОЛО[5,4-с]ПИРИДИНА С ПОМОЩЬЮ <sup>1</sup> Н ЯМР СПЕКТРО- СКОПИИ.....	168
<b>Никишина М.Б., Иванова Е.В., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1-((ПИПЕРИДИН-4- ИЛ)МЕТИЛ)АЗЕПАНА С ПОМОЩЬЮ <sup>1</sup> Н ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ.....	171
<b>Панова В.А., Корсаков М.К., Шетнев А.А., Филимонов С.И.</b> СИНТЕЗ 3-АРИЛПИРАЗОЛ-5-КАРБОКСИЛАТОВ И ПИРАЗОЛО[1,5- А]ХИНОКСАЛИН-4-ОНОВ.....	174
<b>Селезнев В.С., Исаева Т.А., Кобраков К.И.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛИГАНДЫ НА БАЗЕ МЕТИЛФЛОРОГЛЮЦИНА ДЛЯ ПОЛУ- ЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ: СИН- ТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ИОНАМИ МЕДИ.....	177
<b>Федоров М.В., Иванов И.С.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАКИРЮ- ЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	180

СЕКЦИЯ 5.  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Макаров А.А., Юмашев Е.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА ОБРЫВА НИТИ В СОСТАВЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТКАЦКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....	185
<b>Захаркина С.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИАМЕТРОМ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМАХ В ПРОГРАММЕ MATLAB.....	189
<b>Исаева Е.А., Рыжкова Е.А.</b> ВНЕДРЕНИЕ АДРЕСНОГО ХРАНЕНИЯ НА СКЛАДЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	193
<b>Виниченко С.Н., Масанов Д.В., Никонов М.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИГНАЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВА ПРЯДИЛЬНОЙ ЛЕНТЫ.....	198
<b>Никонов М.В., Рыжкова Е.А.</b> ПОДБОР ТИПОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ.....	200
<b>Беспалов М.Е., Минаева Н.В.</b> ТЕХНОЛОГИИ СБОРА СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ E-TEXTILES.....	203
<b>Ветрова О.А., Кузьмина Т.М.</b> АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ СКЛАДА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	206
<b>Кузьмина Т.М., Кружнова А.А., Ветрова О.А.</b> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ ЭКСКУРСИОННЫХ МАРШРУТОВ.....	210
<b>Монахов В.И., Плынский И.И.</b> МОНИТОРИНГ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАТ-БОТОВ.....	213
<b>Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.</b> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА.....	217
<b>Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ.....	221
<b>Монахов В.И., Стрельников Б.А., Федина Л.А.</b> ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ.....	224
<b>Сухарев В.В.</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ ТОВАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	228

<b>Борзунов Г.И., Фирсов А.В., Новиков А.Н.</b> ОПТИМАЛЬНЫЙ РАСКРОЙ КАК ЗАДАЧА ОБ УПАКОВКЕ В КОНТЕЙНЕРЫ.....	231
<b>Власенко О.М.</b> ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАГРЕВАТЕЛЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ.....	234
<b>Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А.</b> СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ НАГРЕВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СУШКЕ ТКАНИ В ПРОЦЕССЕ ПРОПИТКИ.....	239
<b>Никитиных Е.И.</b> СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ МАНЕКЕНА ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПОДИУМА.....	242
<b>Фирсов А.В., Смирнов В.Б., Гетманцева В.В., Каршакова Л.Б.</b> ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ИНДУСТРИИ МОДЫ.....	246
<b>Михайлов Б.С.</b> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ ОДНОГО ВИДА ДВУМЯ ФИРМАМИ ПРИ НАЛИЧИИ КОНКУРЕНЦИИ МЕЖДУ НИМИ.....	250
<b>Кузьмин А.Г., Тюрин И.Н., Фирсов А.В., Белгородский В.С.</b> АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭКСПО-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ.....	254



СЕКЦИЯ 6.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Григорьев В.А., Хейло С.В., Мещеряков А.В.</b> МЕХАНИЗМ РЕМИЗНОГО ДВИЖЕНИЯ С УПРУГОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ЗАЗОРОВ В ШАРНИРАХ.....	259
<b>Григорьев В.А., Хейло С.В., Мещеряков А.В.</b> РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ....	262
<b>Жариков Е.И., Жариков В.Е., Королев П.А.</b> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИЖИМНЫХ ВАЛИКОВ ТЕКСТУРИРУЮЩИХ МАШИН ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ.....	266
<b>Каганов Ю.Т., Карпенко А.П.</b> СИНТЕЗ МНОГОСЕКЦИОННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТИПА ХОБОТ.....	270
<b>Канатов А.В., Федоров Э.В., Кулаков А.А.</b> ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕННОГО ИЗНОСА ФИЛЬЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВИСАНИЯ ФЕЛЬЕРНОЙ ПЛАСТИНЫ ИЗ ПЛАТИНОРОДИЕВЫХ СПЛАВОВ.....	273
<b>Коротеева Л.И., Хозина Е.Н., Королев П.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКОВОК ИЗ СТЕКЛЯННЫХ НИТЕЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ К КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ.....	277
<b>Кузякова С.В., Степнов Н.В.</b> ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С УПРУГИМ ТОЛКАТЕЛЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ.....	280
<b>Мещеряков А.В., Дудко С.Л., Зайцев А.Н.</b> ШПАРУТКИ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	283
<b>Мещеряков А.В., Федина Л.А., Богачева С.Ю.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРИВОДАХ ТКАЦКИХ МАШИН.....	286
<b>Мнацаканян В.У., Гулиева Р.М.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА.....	288
<b>Рудовский П.Н., Палочкин С.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ПРИ НАМОТКЕ БЕСКРУТОЧНОЙ РОВНИЦЫ.....	292
<b>Синицына Ю.В., Ермолаев М.М.</b> МЕТОД ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНЫХ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПРИВОДОВ ЛЕГКОЙ И ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	296
<b>Степнов Н.В., Кузякова С.В.</b> ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАШИННОГО АГРЕГАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ MATHCAD.....	300
<b>Филимонова Е.М., Поляков А.Е.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	303
<b>Голубев А.П., Корнеев А.А., Прокопенко А.К.</b> ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕК-	

СТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕ- РИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ.....	307
<b>Чугуй Н.В.</b> ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	310

**СЕКЦИЯ 3.  
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА, ЭКСПЕРТИЗА,  
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ  
И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ  
ПРОДУКЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ  
ПОЖАРНОГО  
COMPARATIVE EVALUATION OF FABRIC PROPERTIES  
FOR FIREWEAR**

**Шустов Ю.С.<sup>1</sup>, Тимофеева С.В.<sup>2</sup>  
Shustov Yu.S.<sup>1</sup>, Timofeeva S.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

<sup>1</sup>*The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*(e-mail: 6145263@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Группа компаний «Чайковский текстиль», Чайковский*

<sup>2</sup>*Group of companies "Tchaikovsky Textile", Tchaikovsky*

*Аннотация:* В работе рассмотрены физико-механические свойства тканей применяемых для изготовления спецодежды пожарных. Проведен однофакторный эксперимент, позволяющий установить зависимость стойкости к истиранию и водоупорности от количества стирок.

*Abstract:* The paper considers the physical and mechanical properties of fabrics used for the manufacture of overalls for firefighters. A one-factor experiment has been carried out to establish the dependence of abrasion resistance and water resistance on the number of washings.

*Ключевые слова:* защитная одежда для пожарных, физико-механические свойства тканей, однофакторный эксперимент, износ от стирок.

*Keywords:* protective clothing for firefighters, physical and mechanical properties of fabrics, one-factor experiment, wear from washing

В качестве объектов исследования были выбраны огнезащитные ткани специального назначения, выпускаемые производством ООО «ЧТК».

Для исследования изменения физико-механических свойств специальных тканей были взяты 5 различных образцов, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Объекты исследования

Ткань	Название	Состав	Производитель
1.	Frall 160	100 Хлопок	«Чайковская текстильная компания» Россия
2.	Frall Strong 300A	88 Хлопок 12ПА а.н	
3.	Frall 440A	100 Хлопок	
4.	Flame Fort 210A	100 Арамид а.н.	
5.	Frall 240A	100 Хлопок а.н.	

Все 5 испытуемых образцов тканей сработаны по одной огнезащитной технологии. Ткань пропитывается антипереном с последующим процессом - полимеризация, при котором образуются водонерастворимые полимеры огнезащитного препарата и одновременно формируются прочные химические связи между образовавшимся огнезащитным полимером и волокном, что повышает

устойчивость огнезащитной отделки к различным условиям эксплуатации и к мокрым обработкам: в процессе эксплуатации, после стирок и химчисток ткань сохраняет свои огнезащитные свойства.

Технология FRall отличается преимуществами:

- уровень огнезащитных свойств тканей линейки FRall – высокий,
- прочность и износостойкость – высокая,
- сырьевой состав тканей - 100% Хлопок и смесовые ткани,
- экологичность - низкое содержание формальдегида.

В таблице 2 приведены структурные характеристики рассматриваемых тканей.

Таблица 2 – Структурные характеристики исследуемых тканей

Наименование показателей	Наименование ткани				
	Frall 160	Frall Strong 300A	Frall 440A	Flame Fort 210A	Frall 240A
Поверхностная плотность суровой ткани, г/м <sup>2</sup>	120	242,5	374,4	211	218,4
Ширина ткани, см	176,4	178,6	167,8	155,4	171,7
Линейная плотность нитей основа/уток, текс	19,7/ 19,7	32,8/59	9,3/6,3	16,6x2/ 16,6x2	32,8/50
Число нитей основы на 100 мм ткани P <sub>o</sub>	274	306	300	326	298
Число нитей утка на 100 мм ткани P <sub>y</sub>	261	200	183	246	196
Разрывная нагрузка, Н основа/уток	464/421	824/758	1323/1323	1385/1038	877/677
Переплетение	Полотняное	Сатин 4/1	Сатин 4/1	Саржа 2/1	Саржа 2/1

Исходя из данных, представленных в таблице 2, видно, что наилучшими показателями обладают ткани Frall 440A , Flame Fort 210A.

В таблице 3 приведены значения физических свойств рассматриваемых материалов.

Таблица 3 - Физические свойства материалов

Наименование показателей	Наименование ткани				
	Frall 160	Frall Strong 300A	Frall 440A	Flame Fort 210A	Frall 240A
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> .с	305	47	13	29	60
Содержание свободного формальдегида, мкг/г	95,4	49,3	18,3	21,9	116,6
Устойчивость окраски к стиркам	3/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Устойчивость окраски к поту	3/4	4/4	4/3	4/4	4/4
Устойчивость окраски к дис. воде	3/4	4/4	4/3	4/3	4/4

Устойчивость окраски к орг. растворителям	3	4	4	4	4
Устойчивость окраски к сухому трению	3-4	4	3-4	4	4-5
Устойчивость окраски к мокрому трению	2-3	3	3	3	4

Наихудшими показателями по содержанию формальдегида обладают ткани 5 и 1, а наилучшими ткани 3, 4.

Важным показателем, характеризующим рассматриваемые материалы, является их поведение после многократных стирок. Поэтому ткани были подвергнуты 12 и 25 стиркам.

В таблице 4 и на рисунке 1 приведены результаты испытания стойкости к истиранию данных тканей.

Таблица 4 - Стойкость к истиранию, циклы

Наименование образца	0 стирок	12 стирок	25 стирок
Frall 160	761	740	665
Frall Strong 300A	7085	7050	6850
Frall 440	5320	5300	4950
Flame Fort 210A	15000	10000	9400
Frall 240A	2527	2338	2135

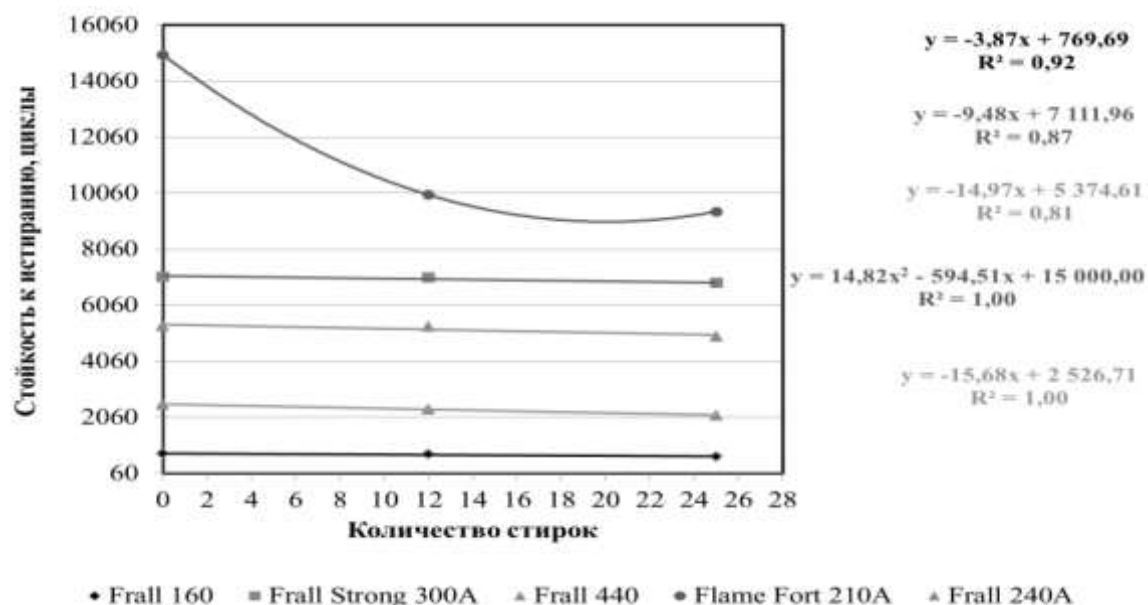


Рисунок 1 - Изменение стойкости к истиранию от количества стирок

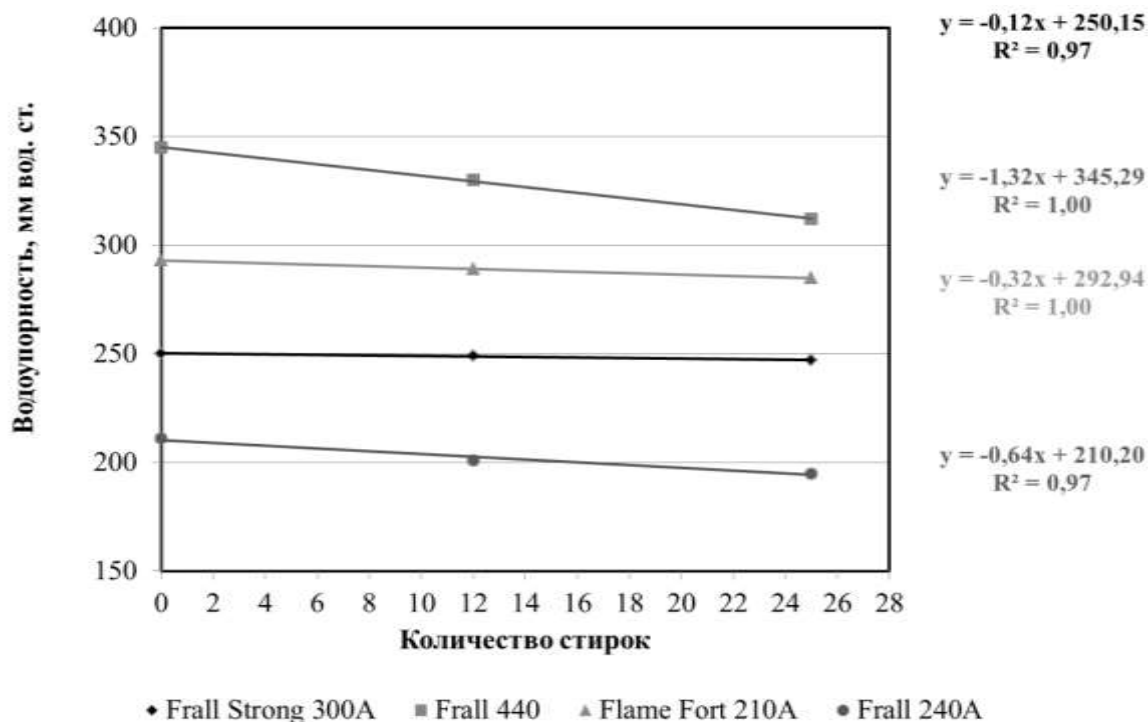
Как видно наилучшими показателями обладает ткань Flame Fort 210A, а наихудшими показателями Frall 160.

В табл. 5 и на рисунке 2 рассмотрено изменение водоупорности свойств тканей.

Таблица 5 - Значения водоупорность текстильных материалов, мм вод. ст.

Наименование образца	0 стирок	12 стирок	25 стирок
Frall Strong 300A	250	249	247
Frall 440	345	330	312

Flame Fort 210A	293	289	285
Frall 240A	211	201	195



**Рисунок 2 - Зависимость водоупорности от количества стирок**

Наибольшей водоупорностью обладает ткань Frall 440.

Таким образом, в целом по работе можно сделать следующие выводы:

1. Спецодежда пожарных подвергается механическим воздействиям, поэтому очень важно, чтобы ткань была прочная. За прочность ткани отвечают такие показатели как разрывная и раздирающая нагрузка, которые зависят от структуры ткани и пряжи, от прочности волокон и вида отделки ткани. Наилучшими показателями по разрывной и раздирающей нагрузкой обладают ткани Flame Fort 210A и Frall 440. Наихудшие показатели имеет ткань Frall 160, но тем не менее все образцы ткани соответствуют требованиям (ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»).

2. По стойкости к истиранию все образцы ткани удовлетворяют требованиям (ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»), высший показатель у тканей Flame Fort 210A и Frall Strong 300A.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. — 360 с

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА НЕТКАНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ  
RESEARCH OF HEAT EXCHANGE PROCESSES OF NON-WOVEN  
MATERIALS**

**Шустов Ю.С.<sup>1</sup>, Абрамов А.В.<sup>2</sup>, Филиппов А.Д.<sup>1</sup>  
Shustov Yu.S.<sup>1</sup>, Abramov A.V.<sup>2</sup>, Filippov A.D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

<sup>1</sup>*The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*(e-mail: 6145263@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел*

<sup>2</sup>*Oryol State University I.S. Turgenev, Oryol*

*Аннотация:* В работе проведено исследование процессов теплообмена в образцах материалов стелек для зимней обуви. Разработана установка для проведения экспериментальных исследований.

*Abstract:* The study of the processes of heat and mass transfer in samples of materials for insoles for winter shoes. A setup for experimental research has been developed.

*Ключевые слова:* Теплообмен, теплопроводность, утепляющие материалы для обуви.

*Key words:* Heat and mass transfer, thermal conductivity, insulation materials for shoes.

Исследование процессов теплообмена в образцах материалов стелек для зимней обуви заключается в оценке процессов переноса внутри образца и исследования теплоотдачи с его поверхности. При этом сам образец имеет форму цилиндра (поз. 2 – рисунок 1, а). Его внутренняя поверхность соприкасается с моделью элемента тела человека (поз. 1 – рисунок 1, а), которая нагрета до температуры  $T_{\text{тела}}$ . Окружающая среда имеет температуру  $T_{\text{окр}}$ .

За счет разницы температур  $T_{\text{тела}} - T_{\text{окр}}$  тепло от установки передается исследуемому образцу, проходит через его структуру и рассеивается в окружающую среду.

Перенос тепла в структуре образца осуществляется теплопроводностью (рисунок 1, б). Согласно действующей нормативной документации, величина теплопроводности является одним из основных показателей теплофизических свойств текстильных материалов. Ее расчет производится по закону Фурье:

$$q_{\text{внутр}} = \frac{\lambda}{h_{\text{обр}}} (t_{\text{обр1}} - t_{\text{обр2}})$$

где:  $q_{\text{внутр}}$  – плотность теплового потока, наблюдаемая в образце (измеряется в процессе эксперимента), Вт/м<sup>2</sup>,  $h_{\text{обр}}$  – толщина образца (измеряется толщиной до проведения исследования), м;  $t_{\text{обр1}}$ ,  $t_{\text{обр2}}$  – температуры наблюда-



емые на внешней и внутренней поверхностях образца (измеряются в процессе эксперимента).

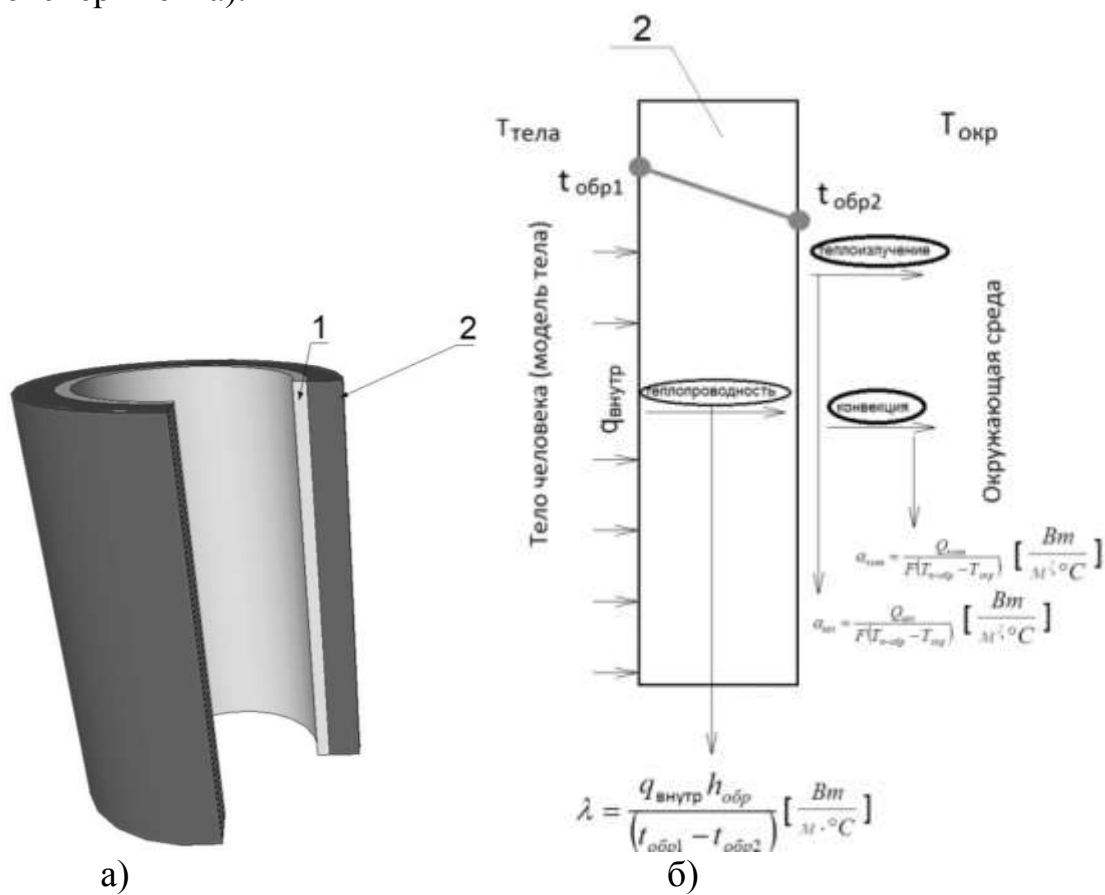


Рисунок 1 - Схема эксперимента

Отсюда величина коэффициента теплопроводности (в нормативной документации в области текстильного материаловедения называется просто «теплопроводность») рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{q_{\text{внутр}} h_{\text{обр}}}{(t_{\text{обр1}} - t_{\text{обр2}})}$$

Единица измерения:

$$\lambda = \frac{\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{м}}{^\circ\text{C}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Единицей измерения толщины образца (в знаменателе) является метр в первой степени.

Отдача тепла с поверхности в окружающую среду осуществляется теплоизлучением и конвекцией. Коэффициенты теплоотдачи по этим механизмам:

$$\alpha_{\text{конв}} = \frac{Q_{\text{конв}}}{F(T_{\text{п-обр}} - T_{\text{окр}})}$$

$$\alpha_{изл} = \frac{Q_{изл}}{F(T_{n-обр} - T_{окр})}$$

где:  $Q_{конв}$ ,  $Q_{луч}$  – теплоотдача конвекцией и излучением.

При расчете используется площадь внешней поверхности образца, с единицей измерения  $m^2$ . Таким образом, единица измерения коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{Вт}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

В статье рассмотрен процесс переноса тепла внутри образца, т.к. по этим параметрам рассчитывается теплопроводность ( $\lambda$ , Вт/(м·К)).

В качестве объектов исследования были взяты три образца утепляющих иглопробивных нетканых материалов отличающихся толщиной (4, 5,3, 5,7 мм).

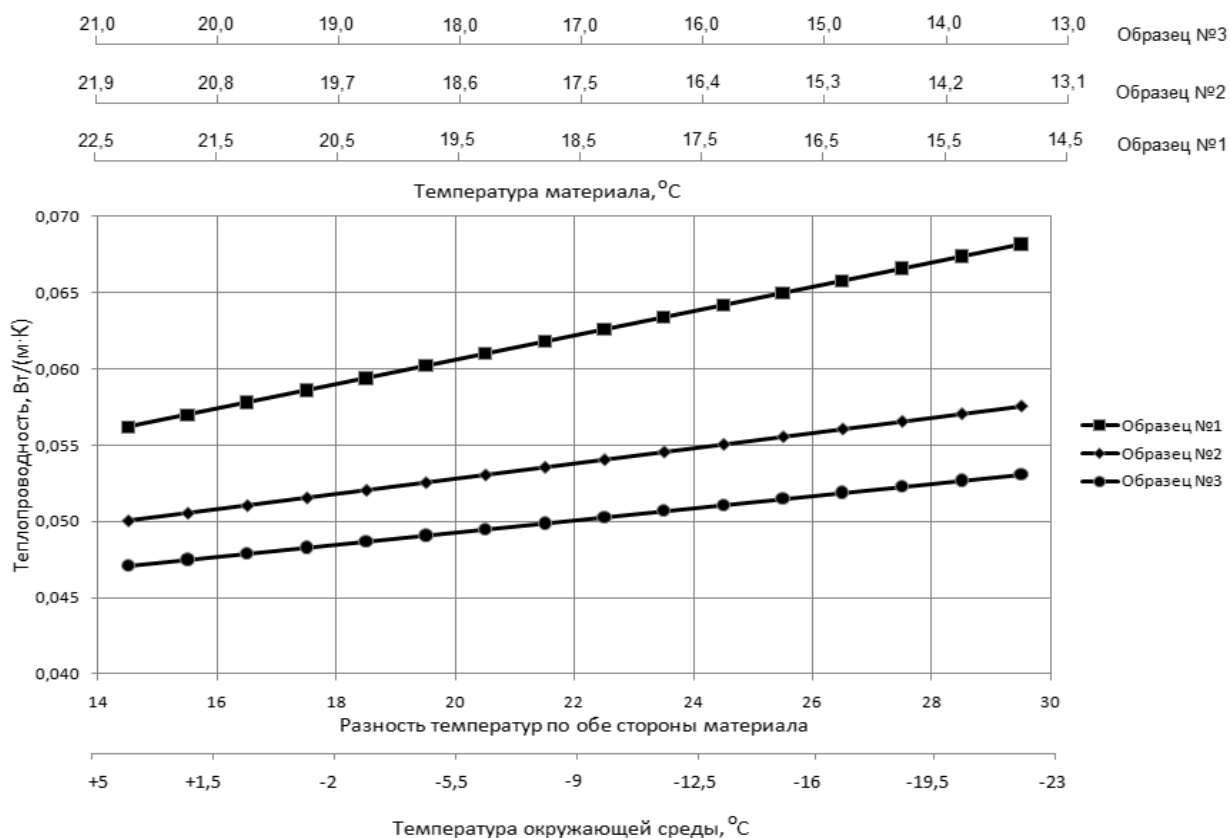
Результаты расчетов приведены на примере образца 1 (таблица 1).

На рисунке 2 приведены графики зависимости теплопроводности рассматриваемых материалов от температуры окружающей среды.

Таблица 1 - Результаты расчетов теплопроводности

ОБРАЗЕЦ 1									
токр	tтр*	Qвнутр**	qвнутр	h	тобр1**	тобр2**	$\Delta t_{мат}$	tмат	$\lambda^{***}$
°C	°C	Вт	Вт/м <sup>2</sup>	мм	°C	°C	°C	°C	Вт/(м·К)
2	32,00	68	180	4,8	29,4	14,2	15,2	21,8	0,057
-6,5	32	99	263	4,8	29,1	8,2	20,9	18,7	0,061
-13,5	32	119	316	4,8	29,0	4,7	24,3	16,9	0,063
-23	32	154	408	4,8	29,0	-0,7	29,7	14,2	0,066
Обозначения									
токр					Температура окружающей среды				
tтр					Температура установки				
Qвнутр					Тепло, затрачиваемое установкой на поддержание температуры tтр				
qвнутр					Плотность теплового потока с поверхности установки				
h					Толщина образца				
тобр1					температура на внутренней поверхности образца				
тобр2					температура на внешней поверхности образца				
$\Delta t_{мат}$					разность температур по обе стороны образца				
tмат					Температура материала (среднее между tвнутр и tвнеш)				
$\lambda$					теплопроводность образца				

Сноски
* параметр задается в начале эксперимента
** параметр измеряется в процессе эксперимента
** площадь поверхности элемента тела $F=0,377$ м
*** толщина подставляется в метрах - поэтому в расчете $h/1000$



**Рисунок 2 - Графики зависимости теплопроводности рассматриваемых материалов от температуры окружающей среды**

Как видно из приеденных графиков, наибольшей теплопроводностью обладает образец 1, тогда как наименьшей потерей тепла обладает образец 3.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С. Исследование тепловых свойств утепляющих материалов для обуви. / Сборник научных трудов, посвященный 75-летию кафедры материаловедения и товарной экспертизы. М. РГУ им. А.Н. Косыгина. 2019 С.54-61.
2. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Оценка теплофизических свойств утепляющих материалов для обуви. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №4. 2019. С. 105-107.
3. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С. Сравнительная оценка нетканых материалов для изготовления обувных стелек. / Международная научно-практическая заочная конференция «Концепции, теории, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий». М.: РГУ им. А.Н. Косыгина. Часть 1. 2020. С.71-73.
4. Абрамов А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями . Дисс... докт. техн. наук. Кострома 2017.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ  
УТЕПЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ  
COMPARATIVE ASSESSMENT OF QUALITY INDICATORS  
OF NON-WOVEN INSULATING MATERIALS**

**Филиппов А.Д., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И.  
Filipov A.D., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: 6145263@mail.ru)*

*Аннотация:* В работе проведен расчет комплексной оценки качества нетканых утепляющих материалов для обуви. Разработанный графический метод позволяет оценить качество материалов по совокупности свойств по выбранным показателям качества.

*Abstract:* The paper provides a calculation of a comprehensive assessment of the quality of nonwoven insulation materials for shoes. The developed graphical method makes it possible to assess the quality of materials by a set of properties for selected quality indicators.

*Ключевые слова:* нетканые утепляющие материалы для обуви, комплексная оценка качества, физико-механические свойства.

*Key words:* non-woven insulation materials for shoes, complex quality assessment, physical and mechanical properties.

В процессе создания того или иного утепляющего материала необходимо осуществлять оценку этого материала не по одному, а по достаточно большому числу факторов, так как порой одни и те же факторы по разному влияют на качество готовой продукции. Это определяется составом, технологией получения данного материала и другими свойствами. В качестве объектов исследования были взяты несколько образцов нетканых материалов используемых для изготовления утепляющих стелек. Состав этих материалов приведен в табл.1. [1].

Таблица 1- Объекты исследования

№	Название	Состав
1	Войлок иглопробивной ВИ 500/10	П/Э бикомпонентное волокно 4D * 51 мм белый цвет – 10%; Волокно регенерированное (шерсть, акрил, Х/Б)- 50%; Лен № 2 (вытряска) короткие волокна – 25%; П/Э волокно регенерированное – 15
2	Материал дублированный Войлок иглопробивной ВИ (ЧШ) 350+МП	П/Э бикомпонентное волокно 4D * 51 мм белый цвет – 20%; шерсть овечья (цв. темная грубая, полугрубая) – 80% пленка металлизированная 40 мкр
3	Триплированный материал ВИ-350 (п/ш) + лен + МП+ВИ-350 (Ч/Ш) (темный)	шерсть овечья (цв. темная грубая, полугрубая) – 75%; лен № 2 (вытряска) короткие волокна – 25%; П/Э волокно регенерированное 7D * 64 черное – 25%; пленка металлизированная 40 мкр

Для сравнения рассматриваемых образцов приведем значения исходных показателей качества данных материалов (таблица 2).

Таблица 2 - Исходные показатели качества

Номер образца	Толщина, мм	Разрывная нагрузка по длине, Н	Разрывная нагрузка по ширине, Н	Разрывное удлинение по длине, мм	Разрывное удлинение по ширине, мм	Раздирающая нагрузка по длине, Н	Раздирающая нагрузка по ширине, Н	Суммарное тепловое сопротивление, ВТ/(м*с)	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> *с)	Паропроницаемость, мг/м <sup>2</sup> с	Гигроскопичность, %	Водопоглощение, %
1	4,02	78,9	86,01	125,95	129,25	62,18	62,18	0,31	353	23,67	5,1	67,5
5	3,31	87,4	45,45	90,96	147,97	25,64	38,04	0,28	150,3	13,67	3,5	99,8
7	5,73	38,9	27,46	81,6	108,19	114,36	110,78	0,31	137,4	23,67	4,9	86,3

Для обеспечения сравнения полученных показателей, переведем эти значения в безразмерный вид (таблица 3) [2].

Таблица 3 - Безразмерные показатели качества

Номер образца	Толщина	Разрывная нагрузка по длине	Разрывная нагрузка по ширине	Разрывное удлинение по длине	Разрывное удлинение по ширине	Раздирающая нагрузка по длине	Раздирающая нагрузка по ширине	Суммарное тепловое сопротивление	Воздухопроницаемость	Паропроницаемость	Гигроскопичность	Водопоглощение
1	1,21	2,52	3,13	2,93	3,13	2,43	1,64	1,29	13,07	2,73	1,45	1,90
5	1,00	2,79	1,66	2,12	3,59	1,00	1,00	1,17	5,57	1,58	1,00	2,80
7	1,73	1,24	1,00	1,90	2,62	4,46	2,92	1,29	5,09	2,73	1,42	2,42

Для более наглядного восприятия полученного материала представим его в виде круговой диаграммы (рисунки 1-3).

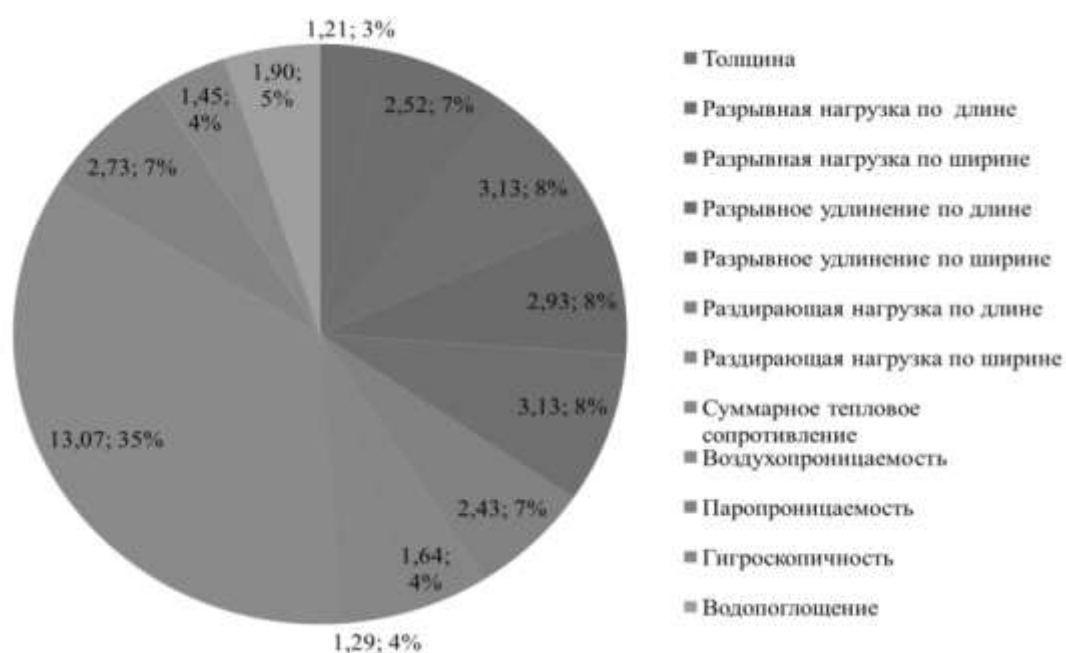
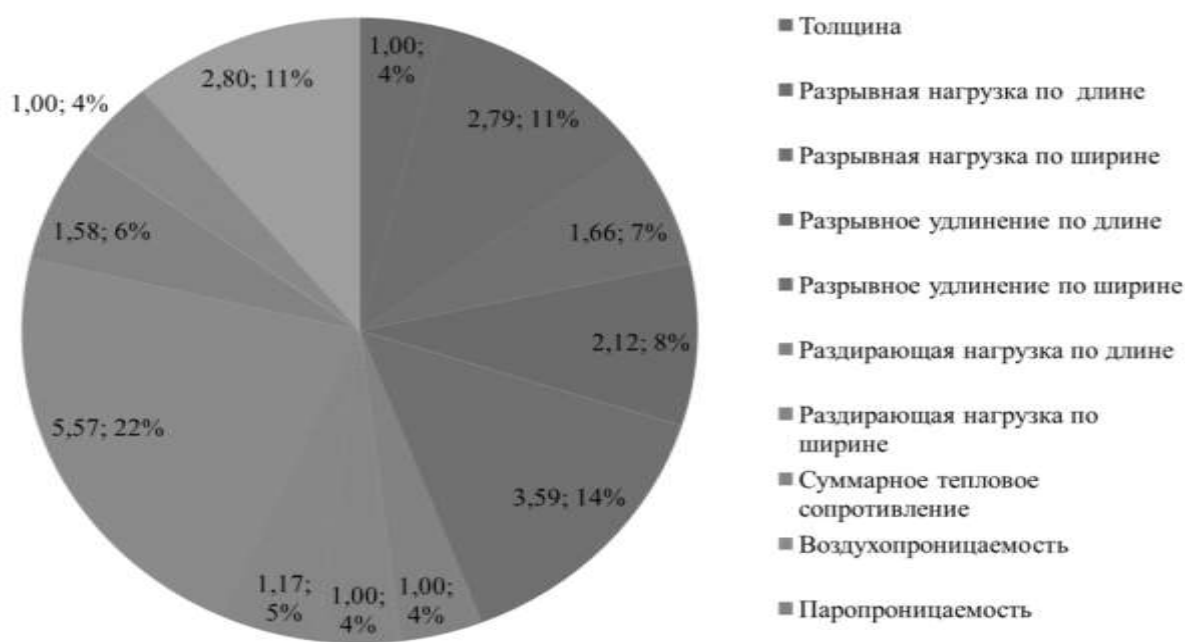
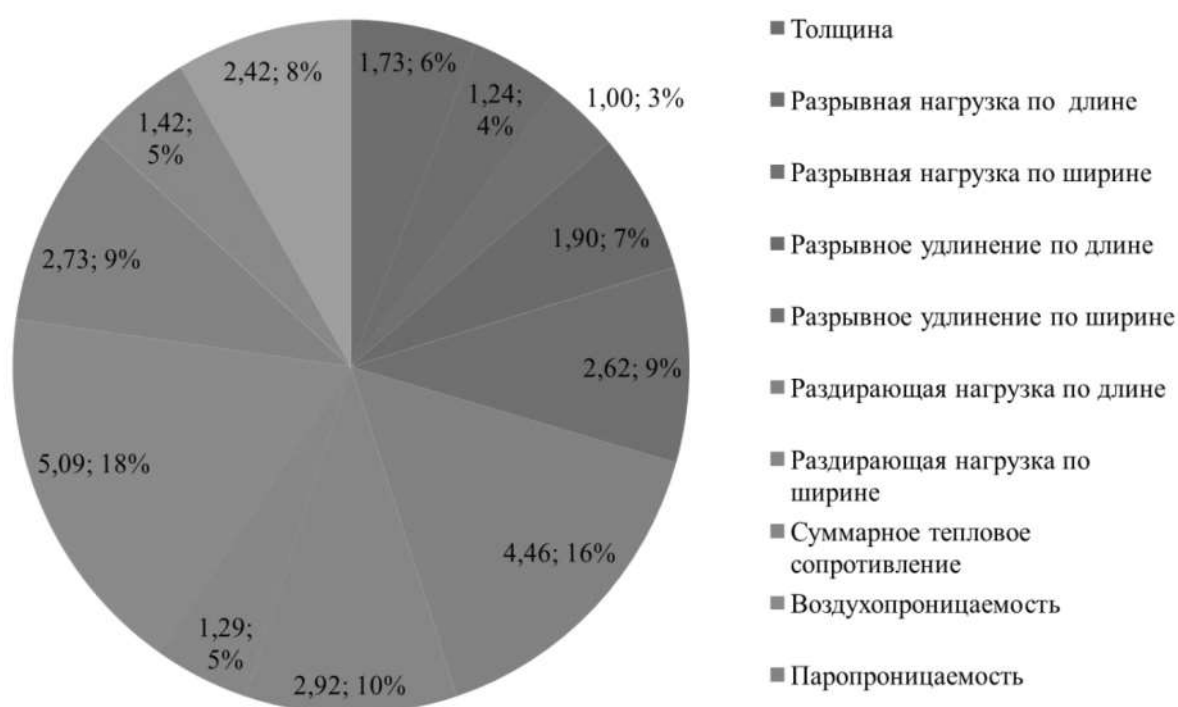


Рисунок 1 - Войлок иглопробивной ВИ 500/10



**Рисунок 2 - Материал дублированный войлок иглопробивной ВШ 350 +МП**



**Рисунок 3 - Материал триплированный ВИ 350 +лен+МП+ВИ350**

Как видно из полученных рисунков, разный состав материалов ведет себя по-разному. Таким образом, благодаря полученным диаграммам становится возможным определение влияния того или иного показателя на качество готовой

продукции, а также определиться с областью использования данного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов А.Д., Шустов Ю.С. Сравнительная оценка нетканых материалов для изготовления обувных стелек. Международная научно-практическая заочная конференция «Концепции, теории, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий». М.: РГУ им. А.Н. Косыгина. Часть 1. 2020. С.71-73.

2 Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. М. Легкая индустрия». 1974. 248 с.

УДК 677.017

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА НА ПРОЧНОСТЬ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MOTOR OIL ON THE STRENGTH OF FABRICS FOR WORKWEAR OF CAR SERVICE WORKERS**

**Ефанов Е.Д., Шустов Ю.С.  
Efanov E.D., Shustov Y.S.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: eefan0v@yandex.ru)*

*Аннотация:* Исследовано влияние многократных стирок и воздействия моторного масла на прочность тканей, предназначенных для производства спецодежды для работников автосервиса.

*Abstract:* The influence of repeated washing and the effect of motor oil on the strength of fabrics intended for the production of overalls for car service workers was investigated.

*Ключевые слова:* ткани для специальной одежды, многократные стирки, моторное масло, разрывная нагрузка

*Keywords:* fabrics for workwear, repeated washing, motor oil, breaking load

В последние годы в нашей стране наблюдается рост парка автотранспортных средств. Одновременно увеличивается количество предприятий, оказывающих услуги по ремонту и техническому обслуживанию колесных транспортных средств (собственные ремонтные службы транспортных предприятий, дилерские станции технического обслуживания заводов-изготовителей, небольшие частные автосервисы и пр.) [1]. Соответственно, растет и количество

занятых в отрасли, а также возрастает потребность в качественной специальной одежде.

Специальная одежда работников авторемонтных предприятий в первую очередь призвана защищать работающих от вредных и (или) опасных производственных факторов, нейтрализуя или снижая подобное воздействие до приемлемого уровня, а также снижать негативные последствия непосредственных контактов с производственными загрязнениями. Наиболее часто встречающимися вредными производственными факторами химической природы являются бензин, дизельное топливо, горюче-смазочные материалы.

Целью данной работы является исследование изменения прочности текстильных материалов после воздействия на них полусинтетического моторного масла.

В качестве объектов исследования были выбраны ткани с различным содержанием хлопковых и полиэфирных волокон с заявленной производителями масловодоотталкивающей отделкой. Все образцы выполнены саржевым переплетением. Общая характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Объекты исследования

Наименование показателя	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
	Сырьевой состав, %						
Полиэфир	80	67	65	65	47	35	-
Хлопок	20	33	35	35	53	65	100
Антистатическая нить	-	-	-	-	-	+	-
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	200	256	216	214	205	219	252

Для исследования изменения прочности текстильных материалов после воздействия нефтепродуктов применялась стандартная методика [2].

Для проведения экспериментального исследования отбирались две точечные пробы длиной (700±1) мм и шириной (650±1) мм, одна из которых предназначена для испытаний физико-механических свойств после обработки агрессивной средой, другая для контрольных испытаний без предварительной обработки агрессивной средой (образцы сравнения). Из точечных проб вырезались элементарные пробы. В дальнейшем были определены значения разрывной нагрузки элементарных проб по основе и утку. Испытания проводились на универсальной разрывной машине «Инстрон» в соответствии с ГОСТ 3813 [3].

Агрессивная среда (моторное масло) наносилась на лицевую поверхность материала в виде отдельных капель: по 5 капель объемом (0,1±0,02) см<sup>3</sup> на рабочую поверхность элементарной пробы (на точечные пробы предварительно намечались элементарные). Пробы и агрессивная среда кондиционировались не менее 16 ч при температуре (22±3) °С и влажности (65±5) %.

Половина отобранных образцов подвергалась обработке агрессивной средой: точечная проба помещалась на дно кюветы лицевой стороной материала вверх, поверх точечной пробы помещалась рамка таким образом, чтобы края



элементарной пробы возвышались не менее 15 мм над ее горизонтальной частью, на пробу наносилась агрессивная среда. Время обработки точечной пробы агрессивной средой для текстильных материалов составляет 1 ч.

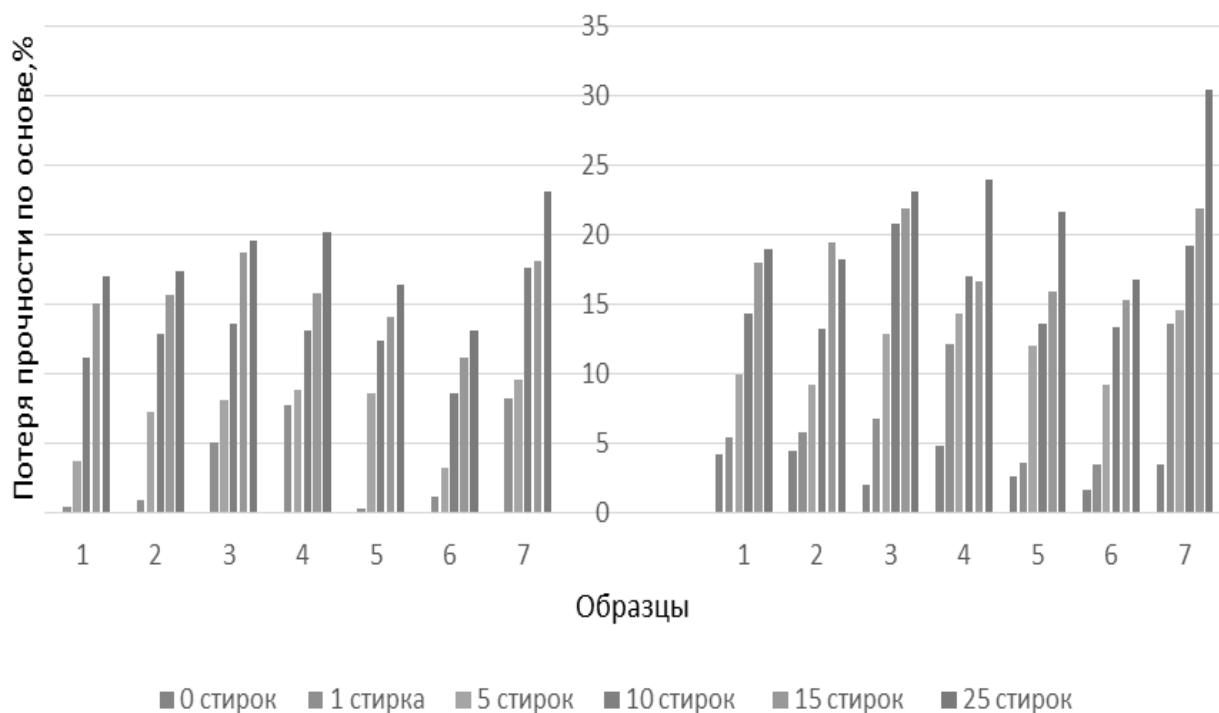
Далее пробы сушились фильтровальной бумагой, промывались марлевым тампоном, смоченном в этиловом спирте, и сушились в течение 16 ч при температуре  $(22\pm 3)$  °С.

В таблице 2 приведены результаты испытаний разрывной нагрузки образцов в процессе многократных стирок до и после воздействия моторного масла.

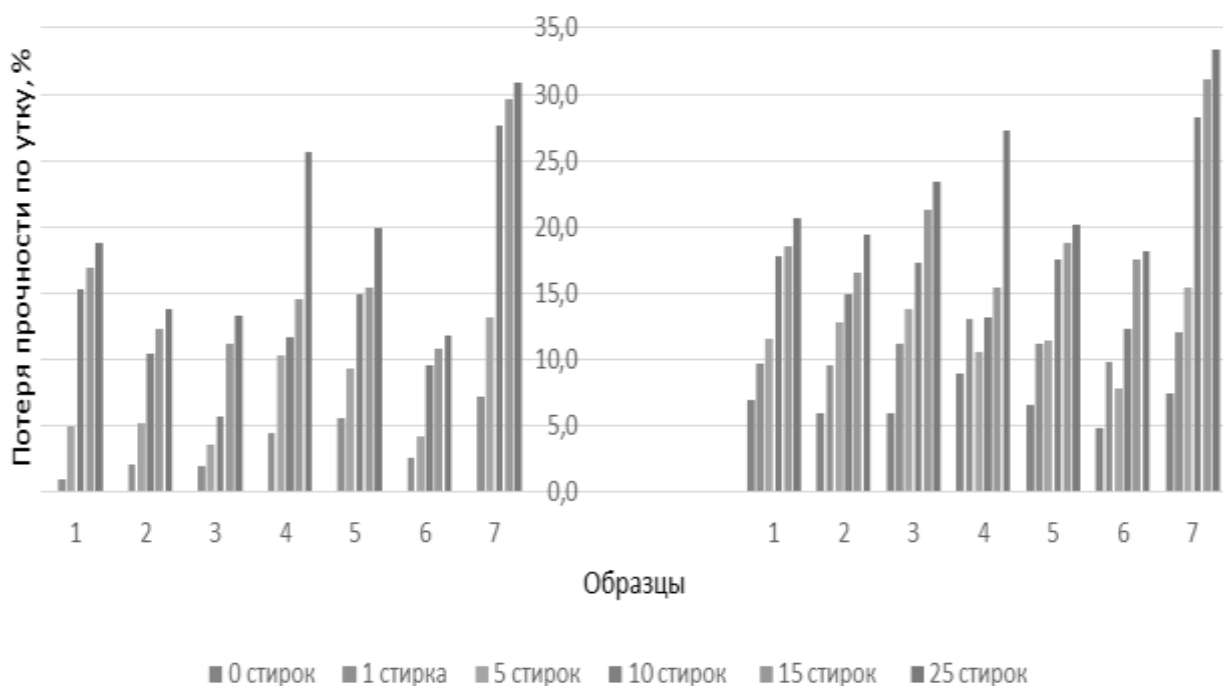
Результаты расчета потери прочности исследуемых образцов по основе и утку в процентах от исходной величины приведены на рисунках 1,2.

Таблица 2 – Результаты исследования разрывной нагрузки

Количество стирок	0	1	5	10	15	25
Номер образца	Разрывная нагрузка по основе, Н (ткани до воздействия масла)					
1	1156	1150	1112	1026	982	960
2	1150	1140	1066	1002	969	950
3	1380	1310	1267	1192	1120	1109
4	1124	1036	1024	976	946	897
5	1538	1532	1404	1348	1321	1284
6	1437	1420	1390	1312	1276	1248
7	1084	994	980	892	888	832
	Разрывная нагрузка по основе, Н (после воздействия масла)					
1	1108	1092	1040	989	948	936
2	1098	1083	1044	997	927	940
3	1353	1286	1202	1092	1078	1060
4	1070	987	962	933	936	854
5	1496	1483	1352	1328	1293	1204
6	1412	1386	1305	1245	1216	1196
7	1046	936	926	876	847	753
	Разрывная нагрузка по утку, Н (ткани до воздействия масла)					
1	744	737	707	630	618	604
2	884	866	838	792	775	762
3	655	642	632	618	582	568
4	693	662	622	612	592	515
5	754	712	684	642	638	604
6	803	782	769	726	716	708
7	608	564	528	440	428	420
	Разрывная нагрузка по утку, Н (после воздействия масла)					
1	692	672	658	612	606	590
2	832	800	771	752	738	712
3	616	582	656	542	516	502
4	631	603	620	602	586	504
5	705	670	668	622	612	602
6	764	724	740	704	662	657
7	563	535	514	436	419	405



**Рисунок 1 – Кинетика изменения прочности текстильных материалов по основе после многократных стирок до и после воздействия моторного масла в процентах от исходной величины**



**Рисунок 2 – Кинетика изменения прочности текстильных материалов по утку после многократных стирок до и после воздействия моторного масла в процентах от исходной величины**

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что разрывные нагрузки исследуемых образцов по основе и утку снижаются после воздействия моторного масла. Потеря прочности всех образцов по утку выше, чем

по основе. Наибольшую потерю прочности демонстрирует хлопчатобумажный образец 7 – 30,9 % по основе и 33,4 % утку. Наибольшую прочность сохраняют образцы 2 и 6.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шупляков В.С., Грибут И.Э. Современные тенденции развития автосервиса. Теоретические и прикладные проблемы сервиса. Научный журнал. Автосервис, № 2(27) 2008 с. 10-15

2. ГОСТ 12.4.220 – 2002 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред» - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 20 с.

3. ГОСТ 3813-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении» - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 20 с.

УДК 677.017

### **СРАВНЕНИЕ ПОРОГОВОГО ВРЕМЕНИ ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТКАНЯМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ COMPARISON OF THRESHOLD TIMES OF MATERIALS PACKAGES WITH DIFFERENT FABRICS FOR PRODUCTION OF SPECIAL CLOTHING**

**Иванов Н.А Шустов Ю.С.**

**Ivanov N.A. Shustov Yu.S.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

*The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*(e-mail: 6145263@mail.ru)*

В настоящее время любая деятельность в области металлургии, горнодобывающей, газовой и нефтяной промышленности, и некоторых других, связана с нахождением специалистов в зонах повышенных температур. Для обеспечения должного уровня защиты от промышленных рисков используется специальная одежда. Промышленные риски классифицируются на основании «типичного» воздействия на пользователей специальной одежды:

- Общая;
- Защищающая от радиоактивного облучения;
- Кислотозащитная;
- Нефте-масло-устойчивая;
- Пылезащитная;
- Антищелочная;

- Электрорезистентная;
- Термостойкая;
- И прочие.

Первостепенная задача спецодежды – обеспечение безопасности здоровья и жизни работника в определённых условиях труда. Спецодежда для защиты от воздействия пламени не должна поддерживать горения и тления, а также должна экранировать определённое количество излучаемой на неё теплоты.

К специальной одежде для защиты от воздействия пламени предъявляются требования в соответствии с Техническим Регламентом Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [1]. По ГОСТ Р ИСО 9151-2007 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) «Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени» [2] предусмотрен норматив для воздействия поступающего теплового потока  $80 \text{ кВт/м}^2$ , минимальное пороговое время должно составлять 3 секунд.

ГОСТ Р ИСО 9151-2007 подразумевает нахождение показателя передачи тепла (пламени) – целого числа, вычисляемого как среднеарифметического значения продолжительности времени в секундах, необходимого для достижения подъёма температуры на  $(24,0 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$ , при проведении испытания данным методом с использованием медного диска массой  $(18,00 \pm 0,05) \text{ г}$  при исходной температуре  $(25 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для проведения испытания используется устройство для определения теплопередачи МТ 285 компании Метротекс [3], предназначенный для проведения испытаний по проверке защитных свойств материалов, используемых в теплозащитной одежде при воздействии теплового излучения в соответствии с методами ГОСТ Р ИСО 9151-2007.

Перед проведением испытаний проводятся циклы калибровок для обеспечения стабильного уровня теплового потока, выделяемого газовой горелкой. После окончания калибровок, вычислительный блок, щелчком тумблера влево переводится в состояние «испытание», образец помещается под медный калориметр, нажатием кнопки «сброс» обнуляются предыдущие показания вычислительного блока, затем горелка помещается под образец и остаётся там до момента, пока температура на поверхности калориметра не поднимется на  $(24,0 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Время, затраченное откалиброванной горелкой на то, чтобы поверхность калориметра нагрелась на  $(24,0 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$  является показателем передачи тепла образцом.

Добавление дополнительных слоёв, подкладок, а также утеплителей в конструкцию специальной одежды приводит к увеличению показателя передачи тепла.

Для проведения испытаний были выбраны ткани для производства специальной одежды: Термо Протект 220А ТОНМВО,  $210 \text{ г/м}^2$  (100% арамид + антистатическая нить) и Премьер Fr 350 А  $360 \text{ г/м}^2$  (100% хлопок + антистатическая нить).

В качестве утеплителя для составления пакетов материалов был выбран Слайтекс Файер Стоп, 100 г/м<sup>2</sup> (арамидные и модакрильные волокна индекс 3). Для материала подкладки – Термо Протект 140 ОмТО, 130 г/м<sup>2</sup> (60% модакрил, 38% Хлопок, 2% антистат нить).

В таблице 1 приведены значения порогового времени для данных материалов.

Таблица 1 - Значения порогового времени при воздействии пламени 80 кВт/м<sup>2</sup> для составных частей пакета материала

Тепловой поток 80 кВт/м <sup>2</sup>		
Наименование ткани	Пропускаемый поток Q, кВт/м <sup>2</sup>	Пороговое время T 24, с
Термо Протект 220А ТОНМВО	30,9	3,54
Премьер Fr 350 А	22,8	4,80
Слайтекс Файер Стоп	17,7	6,24
Термо Протект 140 ОмТО	35,5	3,09

На основе данных материалов были составлены два пакета:

- Пакет материалов №1:
  - Ткань верха: Термо Протект 220А ТОНМВО;
  - Утеплитель: Слайтекс Файер Стоп;
  - Материал подкладки: Термо Протект 140 ОмТО.
- Пакет материалов №2:
  - Ткань верха: Премьер Fr 350;
  - Утеплитель: Слайтекс Файер Стоп;
  - Материал подкладки: Термо Протект 140 ОмТО.

Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения порогового времени при воздействии пламени 80 кВт/м<sup>2</sup> для пакета материалов

Тепловой поток 80 кВт/м <sup>2</sup>		
Наименование ткани	Пропускаемый поток Q, кВт/м <sup>2</sup>	Пороговое время T 24, с
Пакет материалов №1	12,3	8,86
Пакет материалов №2	18,1	6,08

Таким образом, процессы горения в тканях верха Термо Протект 220А ТОНМВО и Премьер Fr 350 протекают различным образом. Хлопковая ткань пропускает на 35% больше теплового потока, чем арамидная, а пороговое время на 35% меньше, чем у арамидной ткани. Для пакетных материалов результат является противоположным – пакета материалов № 1 пропускает на 46% больше теплового потока, чем пакет материалов №2 и демонстрирует на 47% меньшее пороговое время.

Из-за большей поверхностной плотности ткань Премьер Fr 350 способна принять на себя большую часть теплового потока, которая будет поступать на утеплитель и материал подкладки.

Таким образом, оба получившегося пакета материалов удовлетворяют требованию Технического Регламента Таможенного Союза ТР ТС 019 и выдерживают более 3 секунд воздействие теплового потока 80 кВт/м<sup>2</sup>, однако пакет материалов №2 показал, что использование хлопка высокой поверхностной плотности целесообразнее в случаях, когда утеплитель и ткань подкладки одинаковы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».
2. ГОСТ Р ИСО 9151-2007 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) «Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени»
3. Испытательная установка для определения теплопередачи при воздействии пламени МТ 285. ГОСТ Р ИСО 9151-2007 URL: <https://www.metrotex.ru/products/mt-265> (дата обращения: 01.10.2020)

УДК 677.017

### **ОБЪЕМНЫЕ НЕТКАНЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ BULK NON - WOVEN INSULATION MADE OF NATURAL FIBERS OF RUSSIAN ORIGIN**

**Кирсанова Е.А., Вершинина А.В., Веселова О.В., Иванова С.Н.  
Kirsanova E.A., Vershinina A.V., Veselova O.V., Ivanova S.N.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: oimgudt@yandex.ru)*

*Аннотация:* Проведен анализ требований, предъявляемых к утеплителям для одежды. Разработаны образцы утеплителей на основе натуральных волокон, проведены исследования физико-механических свойств. Даны рекомендации по применению разработанных утеплителей.

*Abstract:* The analysis of the requirements for insulation for clothing is carried out. Samples of insulation materials based on natural fibers were developed, and physical and mechanical properties were studied. Recommendations for the use of the developed insulation are given.

*Ключевые слова:* утеплители, нетканые полотна, комфорт, физико-механические свойства.

*Keywords:* insulation materials, non-woven fabrics, comfort, physical and mechanical properties.

Как показывает практика, новые материалы, инновационные технологии их изготовления, новые области применения теплоизоляционных материалов требуют изучения их физических и механических свойств, а также их взаимосвязь и влияние на потребительские свойства.

Требования, предъявляемые к нетканым полотнам для текстильных изделий, можно условно разделить на требования безопасности, которые регулируются нормативно-технической документацией, требования производственные и потребительские.

Согласно требованиям безопасности, предъявляемых к утеплителям для спецодежды, основными являются: разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, неровнота по массе, устойчивость к многократному сжатию, изменение размеров после мокрой обработки (химчистки), суммарное тепловое сопротивление, воздухопроницаемость.

Стоит отметить, что в соответствии с ТР ТС 017/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности (с изменениями на 9 августа 2016 года)» [1] и ТР ТС 007/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (с изменениями на 28 апреля 2017 года) [2] требования к гигроскопичности, воздухопроницаемости и напряжению электростатического поля к утеплителю не предъявляются.

В соответствии с ГОСТ 16919-79 «Полотна текстильные нетканые. Нормы допускаемых отклонений по показателям физико-механических свойств» [3] для утеплителей устанавливаются нормы отклонений по: ширине, поверхностной плотности, плотности пошива (числа петель на 50 мм), разрывной нагрузке.

Для утеплителей из синтетических волокон требования отображены в ГОСТ Р 57027-2016 «Полотна нетканые термоскрепленные объемные синтетические. Общие технические условия» [4], значения которых должны соответствовать нормативным значениям по: поверхностной плотности, толщины при давлении, неровноты по массе, воздухопроницаемости, суммарному тепловому сопротивлению, изменениям линейных размеров после замочки или химической чистки, устойчивости к многократному сжатию.

Рассматривая текстильные изделия с утеплителем помимо защитных функций, необходимо сохранение возможности хорошего самочувствия человека. Комфортное состояние организма обеспечивается гигиеническими свойствами материалов с высокими показателями гигроскопичности, влагоотдачи, паропроницаемости, воздухопроницаемости, отсутствием напряженности электростатического поля или его низким значением [5].

Были разработаны различные волокнистые составы [6] с целью оценки их качества, свойств по различным технологиям для получения наилучшего результата, структурные характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых образцов утеплителей

Название (Артикул) образца	Волокно, %	Толщина, мм	Поверхностная плотность (М), г/м <sup>2</sup>
006У	лен -70, бикомпонент -30	15,20	250

007У	лен-70, бикомпонент -30	1,50	370
008У	конопляное - 80 бикомпонент -20	1,27	280
009У	конопляное - 80 бикомпонент -20	1,04	160
010У	конопляное -70 бикомпонент - 30	2,72	320
011У	лен - 80, бикомпонент-20	1,09	150
017У	конопляное -70 полипропиленовое-30	1,34	180

В таблице 2 представлены результаты исследований, по выбранным определяющим показателям качествам.

Таблица 2 - Физико-механические свойства утеплителей

Наименование показателей	Образцы						
	006У	007У	008У	009У	010У	011У	017У
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$	50,83	49,89	68,00	68,02	68,02	68,02	68,02
Гигроскопичность, %	7,10	5,40	10,2	6,85	6,08	11,76	24,0
Устойчивость к многократному сжатию, %	91,67	88,89	87,50	90,00	82,35	71,43	80,00

Испытания проводили по известным и стандартным методикам. Физико-механические, физико-химические и эксплуатационные свойства определяли в соответствии со стандартами определения гигроскопичности, определения толщины и поверхностной плотности.

Проведены исследования физико-механических свойств нетканых полотен на основе натуральных волокон, позволяющие составить рекомендации к их использованию.

Испытания стандартных и проектируемых утеплителей показали, что полученные результаты проектируемых утеплителей 007У, 008У, 010У, 017У соответствуют допустимой норме утепляющих материалов по устойчивости к многократному сжатию (не менее 60%).

Утеплители могут быть использованы для изготовления детской и взрослой одежды, наполнителей для мебели и одеял. Также можно рекомендовать данные утеплители для специальной одежды, предварительно подвергнув утеплители специальной обработке для придания заданных свойств.

Утеплители 009У и 011У с наименьшей толщиной рекомендуется использовать для легких демисезонных изделий, с наибольшей толщиной 006У – в матрацах.

Производство нетканых материалов является перспективной областью развития в текстильной промышленности. В России появляются новые современные предприятия по выпуску нетканых материалов на новейшем оборудовании. Климатические условия России формируют высокий уровень спроса на теплую качественную одежду. В свете последних событий особенно актуаль-



ным становится использование российского сырья, что обеспечит конкуренцию синтетическим неразлагаемым материалам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ТР ТС 017/2011 Технический регламент Таможенного союза О безопасности продукции легкой промышленности (с изменениями на 9 августа 2016 года) (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2009 г. N 876)
2. ТР ТС 007/2011 Технический регламент Таможенного союза О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков (с изменениями на 28 апреля 2017 года) (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 23 сентября 2011 г. N 797)
3. ГОСТ 16919-79 Полотна текстильные нетканые. Нормы допускаемых отклонений по показателям физико-механических свойств [Текст]. – М.: Издательство стандартов.
4. ГОСТ Р 57027-2016 Полотна нетканые термоскрепленные объемные синтетические. Общие технические условия [Текст]. – М.: Издательство стандартов.
5. Вершинина А.В., Кирсанова Е.А., Кирюхин С.М. Анализ потребительской оценки свойств детской одежды по методу Кано // Дизайн и технологии № 67 (109). – 2018. – С. 88-93.
6. Кирсанова Е.А., Веселова О.В., Головлев М.Г., Вершинина А.В. Разработка органического комплексного утеплителя для одежды. // В сборнике: Инновации и современные технологии в индустрии моды. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирский технологический институт (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина. Саратов, 2020. С. 100-102.

УДК 677.017

**ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОЛИЭФИРА В ХЛОПКОПОЛИЭФИРНЫХ  
ТКАНЯХ НА ПОРОГОВОЕ ВРЕМЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ  
ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ**  
**INFLUENCE OF THE QUANTITY OF POLYESTER IN COTTON  
POLYESTER FABRICS ON THE THRESHOLD TIME AT CONTACT HEAT  
TRANSFER**

**Петухов А.Н., Давыдов А.Ф.  
Petukhov A.N., Davydov A.F.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: adavydov46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе исследовано влияние количества полиэфира в хлопкополиэфирных тканях на пороговое время при контактной теплопередаче. Установлено, что наибольшее пороговое время достигается при содержании 20% полиэфира в хлопкополиэфирных тканях.

*Abstract:* The paper investigates the effect of the amount of polyester in cotton-polyester fabrics on the threshold time during contact heat transfer. It was found that the longest threshold time is achieved when the content of 20% polyester in cotton-polyester fabrics.

*Ключевые слова:* ткани, контактная теплопередача, метод испытаний/  
*Keywords:* fabrics, contact heat transfer, test method

Проведены испытания по ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 «Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Определение контактной теплопередачи через защитную одежду или составляющие ее материалы. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра» [1] для пяти тканей специального назначения с различным содержанием хлопка и полиэфира. Полученные данные порогового времени сведены в таблицу 1.

По Техническому Регламенту Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [2] для данного метода предусмотрен норматив для контактной температуры 250 °С, который составляет не менее 5 с.

Таблица 1 - Пороговое время для тканей специального назначения с различным содержанием хлопка и полиэфира

	1 ткань (100% Х/Б)	2 ткань (80% Х/Б, 20% ПЭ)	3 ткань (50% Х/Б, 50% ПЭ)	4 ткань (30% Х/Б, 70% ПЭ)	5 ткань (100% ПЭ)
	Контактная температура 100 °С				
	21,2	23,8	21,1	19,6	17,4
	21,0	23,1	20,7	19,9	17,5
Показатель	20,9	22,0	20,5	18,6	16,7
Среднее, с	21,0	23,0	20,8	19,4	17,2
	Контактная температура 250 °С				
	11,5	11,9	11,1	10,0	9,8
	11,0	11,4	11,2	9,7	9,7
	11,5	11,0	11,4	10,2	9,6
Среднее, с	11,3	11,4	11,2	10,0	9,7
	Контактная температура 350 °С				
	9,5	9,7	8,9	8,0	-
	9,2	9,4	8,5	7,8	-
	8,8	9,4	8,5	8,1	-
Среднее, с	9,2	9,5	8,6	8,0	7,4

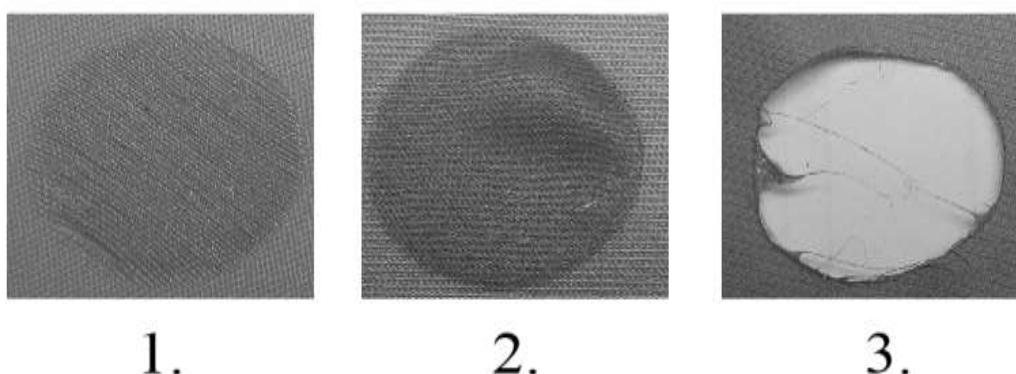
При увеличении содержания полиэфира до 20% в хлопкополиэфирной ткани происходит увеличение порогового времени на 0,9%, далее при увеличении количества полиэфира до 50% происходит падение 1,8%, при 70% – падение на 10,7% и при 100% полиэфира – падение ещё на 0,3%. Суммарно пороговое время уменьшается на 14,9% при изменении содержания полиэфира с 20% до 100% в хлопкополиэфирной ткани.

При контактных температурах 100 °С и 350 °С, как и при 250 °С наблюдается повышение порогового времени при содержании 20% полиэфира и при увеличении содержания – уменьшение порогового времени.

При контактной температуре 100 °С при увеличении содержания полиэфира до 20% происходит увеличение порогового времени на 9,5%. При дальнейшем увеличении содержания полиэфира происходит падение порогового времени: при 50% – на 9,6%, при 70% – ещё на 6,7% и при 100% – ещё на 11,3%. Суммарное падение порогового времени составляет 25,2% при изменении содержания полиэфира с 20% до 100% в хлопкополиэфирной ткани.

Также при контактной температуре 350 °С при 20% полиэфира происходит увеличение порогового времени на 3,3% и при увеличении содержания полиэфира – снижение порогового времени. При 50% – на 9,5%, при 70% – ещё на 7,0% и при 100% – ещё на 7,5%. Суммарное падение порогового времени – 22,1%.

Изменение внешнего вида не происходит при контактных температурах 100 и 250 °С. При контактной температуре 350 °С заметно изменение внешнего вида: у ткани 3 с содержанием полиэфира 50% – частичное расплавление, у ткани 4 (70% ПЭ) – обугливание, у ткани 5 (100% ПЭ) – разрушение. Данные изменения внешнего вида представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Изменение внешнего вида при контактной температуре 250 °С (1 – 50% Х/Б, 50% ПЭ; 2 – 30% Х/Б, 70% ПЭ; 3 – 100% ПЭ)**

Таким образом, наибольшее пороговое время достигается при содержании 20% полиэфира в хлопкополиэфирных тканях. При дальнейшем увеличении содержания полиэфира пороговое время будет только уменьшаться. Это обусловлено сырьевым составом – температура разрушения у полиэфира меньше чем у хлопка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 «Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Определение контактной теплопередачи через защитную одежду или составляющие ее материалы. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра.

2. Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

**КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ЭКСПЕРТОВ ПРИ ВЫБОРЕ  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ  
NUMBER AND QUALITY OF EXPERTS WHEN CHOOSING  
DEFINING INDICATORS OF INNOVATION  
MATERIALS'**

**Пурынов И.С.<sup>1</sup>, Кирюхин С.М.<sup>1</sup>, Плеханова С.В.<sup>1</sup>, Виноградова Н.А.<sup>2</sup>  
Purynov I.S.<sup>1</sup>, Kirykhin S.M.<sup>1</sup>, Plekhanova S.V.<sup>1</sup>, Vinogradova N.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

<sup>1</sup> *The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*(e-mail: plekhanova-sv@rguk.ru)*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва*

<sup>2</sup> *National research Moscow state University of civil engineering*

*University (NRU MGSU), Moscow*

*(e-mail: Lisa-xumuk@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены некоторые проблемы первого этапа комплексной оценки качества – выбор определяющих показателей качества: минимизация количества экспертов и их компетентность.

*Abstract:* Some problems of the first stage of comprehensive quality assessment are considered-the choice of defining quality indicators: minimizing the number of experts and their competence.

*Ключевые слова:* качество, оценка качества, квалиметрический подход, эксперт, компетентность.

*Keywords:* quality, quality assessment, qualimetric approach, expert, competence.

Обязательным условием любого инновационного процесса является оценка качества конечного результата.

Для новых материалов в современном текстильном материаловедении при оценке качества используется комплексный квалиметрический подход [1]. Первым и наиболее важным этапом комплексной оценки является выбор номенклатуры определяющих показателей качества (ОПК) [2].

Выбор ОПК – сложная компромиссная задача, для решения которой могут быть использованы различные методы [3]. Считают, что наиболее доступными и поэтому широко применяемыми для этих целей являются экспертные методы. Проблемой здесь является необходимое количество компетентных экспертов для получения результатов с заданной достоверностью. Последняя, для найденного значения коэффициента конкордации  $W$  – согласованности оценок экспертов, определяется с помощью критерия  $\chi^2$  по формуле:

$$\chi^2 = Wm(n-1) \quad (1)$$

где  $m$  – число экспертов;  $n$  – количество ранжируемых показателей.

При  $\chi^2 > \chi_T^2$  - табличного,  $W$  считают достоверным с вероятностью  $p$ . Для  $p=0,95$  значения  $\chi_T^2$  в зависимости от  $n$  приведены ниже.

$n-1$	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	40
$\chi_T^2$	3,8	6,0	7,8	9,5	11,1	18,3	25,0	31,4	38,9	43,8	55,8

Решая формулу 1 относительно  $m$ , получим  $m = \chi^2 / [W(n-1)]$ . Если считать приемлемой величину  $W \geq 0,6$ , то для  $n=5$ ,  $m=11,1/(0,6 \cdot 4)=4,6$ ;  $n=10$ ,  $m=18,3/(0,6 \cdot 9)=3,4$ ;  $n=15$ ,  $m=25,0/(0,6 \cdot 14)=3,0$  и т.д. Т.е. чем больше показателей  $n$ , тем меньше будет  $m$  для получения заданной достоверности ( $p=0,95$ ) приемлемого  $W \geq 0,6$ . Таким образом, необходимое количество экспертов может быть порядка 4-5, даже при условии отбрасывания оценок «выскакивающего» эксперта. Это очень важно, т.к. количество компетентных экспертов всегда ограничено.

Компетентность (качество) экспертов оказывает решающее влияние на выбор и оценку значимости ОПК [4].

Существуют различные методы оценки компетентности экспертов (эвристические, статистические, тестовые, документальные, комбинированные и др.) [3]. Многие из этих методов носят вербальный характер, не лишены определенной субъективности и достаточно трудоемки. Более простым и доступным методом количественной оценки компетентности экспертов является использование ранговой корреляции. При обработке результатов экспертного опроса можно подсчитать коэффициенты ранговой корреляции оценок каждого эксперта  $R_i$  с общими усредненными оценками в рангах  $\bar{R}_i$  всех экспертов по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

где  $d = R_i - \bar{R}_i$ ,  $n$  – число оцениваемых показателей.

Величина  $\rho$  может служить косвенной оценкой компетентности  $i$ -го эксперта по обсуждаемому вопросу. Чем ближе  $\rho$  к 1, тем компетентность выше и наоборот. Такой анализ позволяет также выявить оценки «выскакивающего эксперта» и исключить его оценки из дальнейшей обработки полученных результатов. Например, в таблице 1 приведены значения  $\rho$  для 15 экспертов, участвовавших в выборе и оценке весомости ОПК 17 вариантов материала определенного назначения.

Таблица 1 – Обработка экспертных оценок для экспертов-преподавателей

№ Э	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\rho$	0,86	0,79	0,84	0,82	0,88	0,84	0,78	0,78	0,88	0,88	0,91	0,80	0,75	0,72	0,68

Можно видеть, что наилучшая согласованность оценок у 11, 9, 10 и 1 экспертов, а более низкая – у 15, 14 и 13 экспертов. Косвенно можно считать, что компетентность первых экспертов по обсуждаемому вопросу выше, чем у последних.

На предварительной стадии оценки компетентности экспертов можно предложить им повторно проранжировать значимость показателей качества исследуемых тканей с промежутком в несколько дней. По полученным данным для каждого эксперта подсчитать  $\rho$  согласованности их начальных и повторных оценок. Там, где  $\rho$  окажется выше, оценки считаются более стабильными, что косвенно свидетельствует о более высокой компетентности эксперта по исследуемому вопросу. Например, ниже приведены повторные оценки двух экспертов по оценке значимости показателей качества исследуемых материалов (таблица 2). Там же даны подсчитанные значения  $\rho$ .

Таблица 2 – Первичные и повторные ранги по оценке значимости показателей качества

Эксперты		Ранжирование показателей качества															$\rho$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16
1	Начальн	15	14	13	11,5	1	11,5	6,5	8,5	16	4,5	2	6,5	3	8,5	10	4,5	0,78
	Повторн	16	15	14	12	1	12	7,5	9,5	12	7,5	2,5	5,5	9,5	4	2,5	5,5	
2	Начальн	16	14	15	9	7	13	5	7	11	7	3,5	11	1	3,5	2	12	0,59
	Повторн	16	12,5	8	6	6	14,5	2,5	14,5	6	12,5	11	9,5	2,5	4	1	9,5	

Можно видеть, что согласованность оценок у 1-ого эксперта выше, чем у 2-ого, что является косвенной характеристикой его более высокой компетентности по качеству исследуемых материалов [2]. Можно принять, что к оценке качества исследуемого объекта следует привлекать экспертов, у которых  $\rho > 0,6 \div 0,7$ .

Применение рассмотренных выше методов позволяет значительно снизить затраты времени на расчеты и существенно повысить объективность комплексной оценки качества новых инновационных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. М.: КолосС, 2011. – 360 с.
2. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Демократова Е.Б. Квалиметрия и управление качеством текстильных материалов. Часть 1. Квалиметрия и контроль качества текстильных материалов: учебное пособие – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. – 186 с.
3. Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Анфалова В.А. Применение экспертных методов при оценке качества текстильных материалов. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 100 с.
4. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. – 2017. - №60. – С. 61-69.

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ  
С РАСШИРЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ  
DEVICE FOR MACHINING EDGES OF PARTS WITH  
EXTENDED PROCESS OPPORTUNITIES**

**Козлов А.С., Макарова Н.А., Горячкин Д.В.  
Kozlov A.S., Makarova N.A., Goryachkin D.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: askozlov53@mail.ru)*

*Аннотация:* рассмотрены устройства для выполнения окантовочных операций, рассмотрено и предложено устройство с расширенными технологическими возможностями, позволяющее выполнять окантовочные операции различными материалами, в том числе материалами с высокой поверхностной плотностью.

*Abstract:* disclosed are devices for performing edging operations, disclosed and proposed is a device with extended technological capabilities, which allows performing edging operations with various materials, including materials with high surface density.

*Ключевые слова:* устройство, окантовыватель, край детали, материалы, тесьма, окантовочные операции.

*Keywords:* device, fringing device, part edge, materials, strap, fringing operations.

Детали изделий швейной и обувной промышленности, изготавливаемые из текстильных материалов, как правило, обрабатывают по краю для предотвращения его осыпания. Края деталей закрывают в соответствующих швах подгибкой, обрабатывают краеобметочной строчкой или окантовывают полоской материала из тканей, натуральной и искусственной кожи, пленочных материалов. Окантовывание краев деталей необходимо как для предотвращения их осыпания, а так же может носить декоративный характер [1].

Для выполнения окантовочных операций используют специальные приспособления – окантовыватели.

Известно приспособление [2] для окантовки срезов деталей полоской ткани, содержащее формователь полоски с прижимной пластиной, неподвижно установленный на платформе швейной машины, ползун, закрепленный на прижимной пластине, связанный посредством двуплечего рычага и шарнирной оси с валом подачи механизма двигателя ткани.

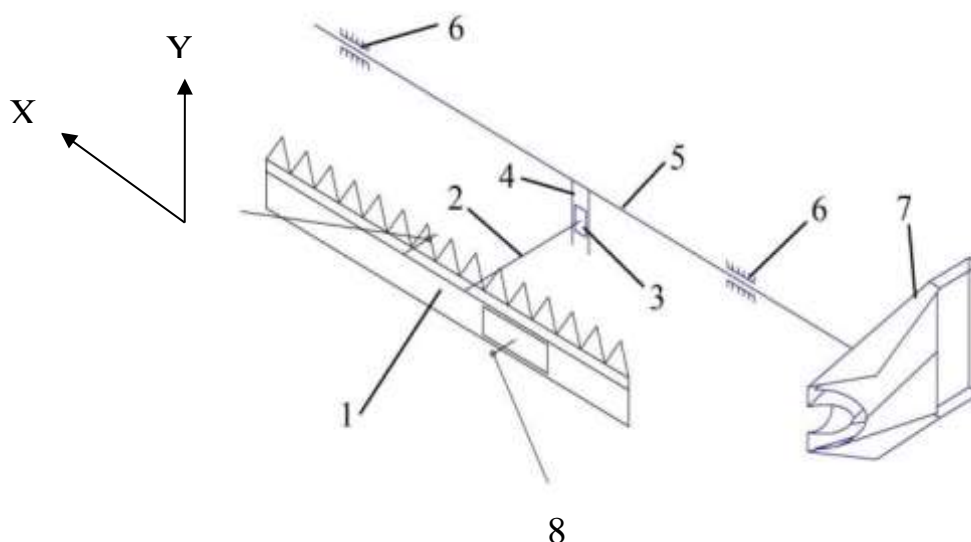
Известно приспособление [3] для окантовывания срезов деталей, содержащее корпус, формующую головку, верхний и нижний боковые направители, подпружиненный прижим и элементы крепления к платформе швейной машины с нижним транспортером.

Известно приспособление [4] для крепления окантовывателя на швейной машине, содержащее основание с пазом, кронштейн с фиксатором, дополнительно снабженное сухарем и подпружиненным запорным рычагом.

Отличительной особенностью вышеперечисленных приспособлений является их неподвижное крепление на платформе швейной машины, что позволяет только одновременно транспортировать обрабатываемую деталь и вытягивать тесьму из окантовывателя.

Это ограничивает применение подобных приспособлений из-за сложности транспортировки изделия и окантовочной тесьмы, особенно если материал тесьмы имеет большую поверхностную плотность, создавая неравномерность длины стежка, а, следовательно, нестабильность качества получаемой строчки.

Для устранения данного недостатка могут быть использованы швейные машины с транспортирующей рейкой и транспортирующей лапкой или с транспортирующей рейкой и транспортирующей иглой, которые имеют большее усилие транспортирования детали, однако и они не всегда устраняют брак [5]. Для решения проблемы предложено приспособление [6], кинематическая схема которого представлена на рисунке 1.



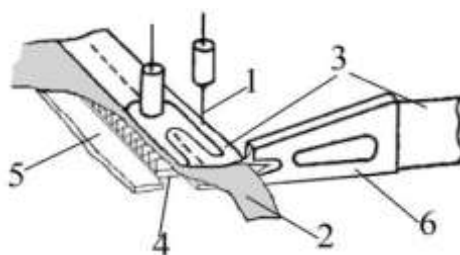
**Рисунок 1. Кинематическая схема механизма перемещения окантовывателя**

1 - транспортирующая рейка; 2 - соединительное звено; 3,8 - ползуны; 4,6 - направляющие; 5 - стержень; 7 - окантовыватель

Принцип действия предложенного приспособления заключается в следующем. Транспортирующая рейка 1 совершает движение по эллипсу вдоль осей X и Y. Через соединительное звено 2, жестко закрепленное на транспортирующей рейке, движение передается ползуну 3. Ползун перемещается по направляющей 4 в вертикальном направлении. Движение вдоль оси Y не передается на стержень 5, и он совершает возвратно-поступательные движения вдоль оси X. Направляющая 4 жестко закреплена со стержнем 5, установленном в направляющих 6 на платформе швейной машины. Окантовыватель 7 крепится на стержне 5.

На рисунке 2 приведена схема перемещения обрабатываемого материала с окантовочной тесьмой.





**Рисунок 2. Схема перемещения обрабатываемого материала с окантовочной тесьмой**  
 1 - игла; 2 - обрабатываемый материал; 3 - окантовочная тесьма; 4 - рейка;  
 5 - игольная пластина; 6 - окантовыватель

В процессе работы швейной машины, когда игла 1 прокалывает обрабатываемый материал 2 с окантовочной тесьмой 3, рейка 4 опускается ниже игольной пластины 5 и перемещается на работника. Вместе с рейкой перемещается окантовыватель 6. Это позволяет вытянуть из окантовывателя тесьму, удерживаемую иглой. При выходе иглы из обрабатываемого материала 2 и окантовочной тесьмы 3, рейка 4 начинает перемещаться от работника и транспортирует обрабатываемый материал 2 с вытянутой из окантовывателя тесьмой 3 на величину стежка. Это позволяет уменьшить усилие транспортировки материала 2, т.к. тесьма 3 предварительно была вытянута.

Таким образом, улучшается качество выполняемой операции за счет упрощения транспортировки обрабатываемого материала и окантовочной тесьмы, в результате чего достигается постоянство длины стежка, а, следовательно, улучшается качество строчки, особенно при использовании тесьмы с высокой поверхностной плотностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Попова И.А. Полный курс быстрого шитья. Москва.: Издательство «АСТ», 2014. - 288 с.
2. Шелару К.Н., Гройсман А.Х., Бурков Н.Е. Приспособление для окантовки полоской ткани срезов деталей на швейной машине. Авторское свидетельство № 1622460, кл. D 05 В 35/06, 1991.
3. Шелару К.Н., Гройсман А.Х., Бурков Н.Е. Приспособление для окантовки срезов деталей на швейной машине. Авторское свидетельство № 1666600, кл. D 05 В 35/06, 1991.
4. Лозовский М.С., Кривов В.А., Беляев В.П., Кустов Ю.Д. Приспособление для крепления окантовывателя на швейной машине. Авторское свидетельство № 1560661, кл. D 05 В 35/06, 1990.
5. Горячкин Д.В., Козлов А.С., Макарова Н.А. Особенности работы окантовывателей при использовании тесьмы из материалов с высокой поверхностной плотностью // Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020)». М.: РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – часть 1. – С. 126-129.
6. Козлов А.С., Макарова Н.А., Горячкин Д.В. Устройство для установки окантовывателя на швейной машине. Заявка на полез. мод. № 2020110136, 2020.

**ОЦЕНКА ЗНАЧИМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
СВОЙСТВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ СПЕЦОДЕЖДЫ  
EVALUATION OF SIGNIFICANT INDICATORS AND PREDICTION OF  
PROPERTIES OF FIRE-RESISTANT FABRICS OF WORKWEAR**

**Мерзликина Т.В., Бесшапошникова Н.В., Лебедева Т.С.,  
Бесшапошникова В.И.  
Merzlikina T.V., Besshaposhnikova N.V., Lebedeva T.S.,  
Besshaposhnikova V.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: vibesvi@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе представлены результаты определения значимых показателей свойств огнезащитных тканей для спецодежды металлурга. Дана оценка показателей свойств и предложена формула прогнозирования изменения теплопроводности тканей в результате эксплуатации изделий и потери первоначальных свойств.

*Abstract:* The article presents the results of determining significant indicators of properties of fire-resistant fabrics for metalworker's workwear. It includes an assessment of the parameters of fabrics' properties, and a formula to predict changes in the thermal conductivity of fabrics as a result of the use of products and the loss of their original properties.

*Ключевые слова:* прогнозирование, свойства, огнезащитные, ткани.

*Keywords:* forecasting, properties, fire-resistant, fabrics.

При проектировании огнезащитной спецодежды, основной функцией которой является надежная защита человека от опасных производственных факторов, важно знать наиболее значимые показатели качества и кинетику изменения структуры и свойств текстильных материалов под воздействием производственных факторов. Это позволит повысить безопасность человека в экстремальных условиях и определить срок эксплуатации одежды.

Анализ условий труда рабочих горячих цехов позволил выделить особо опасные факторы – высокая температура окружающей среды, локальное воздействие теплового излучения и контакт с нагретыми поверхностями и брызгами раскаленного металла. Температура окружающего воздуха в горячих цехах зачастую превышает 35°C, при этом интенсивность термического облучения рабочих меняется в пределах от 0,02 до 5,0-7,0 кВт/м<sup>2</sup>. При интенсивности облучения более 5,0 кВт/м<sup>2</sup> в течение 2-5 минут человек ощущает очень сильное тепловое воздействие. Интенсивность теплового облучения ИК-радиацией с длиной волны до 10 мкм, на расстоянии 1 м от доменных и мартеновских печей может достигать 11,6 кВт/м<sup>2</sup>, в то время как предельно-допустимая концентрация не должна превышать 0,45 кВт/м<sup>2</sup> [1]. Поэтому правильная оценка значи-

мых показателей качества огнезащитных тканей является актуальной проблемой, которая позволит повысить надежность спецодежды при ее использовании в экстремальных условиях.

В результате анализ проблемы с помощью причинно-следственной диаграммы, выявили её структуру. Для определения наиболее значимых показателей свойств материалов спецодежды металлурга воспользовались экспертным методом. Статистическая обработка экспертных оценок сводилась к расчету коэффициента конкордации ( $W=0,839$ ) и критерия Пирсона ( $\chi^2=201,31 < \chi_{кр}^2 = 36,415$ ), что свидетельствует о согласованности мнений экспертов [2]. Таким образом, результаты ранжирования позволили определить наиболее значимые, по мнению экспертов, показатели качества огнезащитных тканей и представить их в виде диаграммы рангов (рисунок 1). Чем меньше сумма рангов, тем более значим показатель свойств материалов.

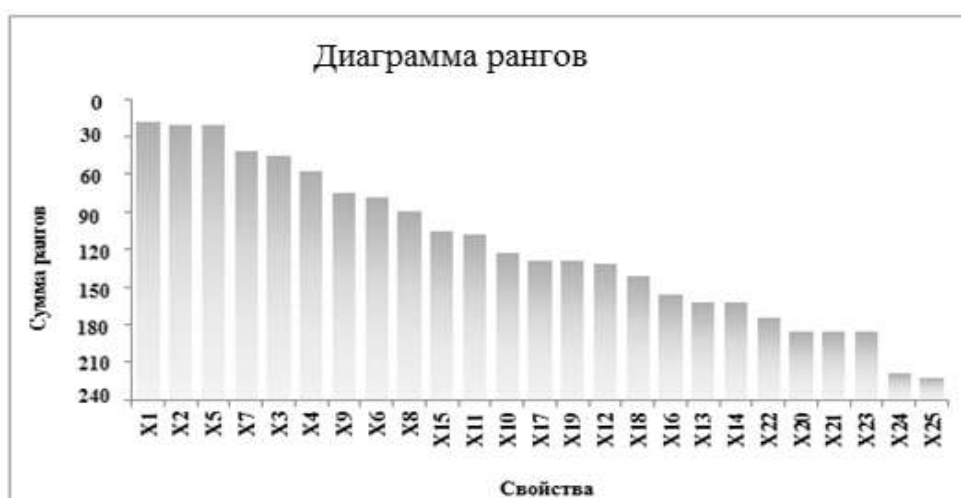


Рисунок 1 – Распределение по значимости показателей качества огнезащитных тканей

Расчетные значения коэффициентов значимости и весомости каждого показателя подтверждают мнение экспертов о распределении показателей качества (таблица 1). Показатель считается значимым, если его коэффициент весомости  $b_i > 1/n$ , т.е.  $b_i > 0,04$  [2]. Таким образом, в результате анализа нормативно-технической документации, проведенного экспертного анализа и априорного ранжирования мнения экспертов и оценки значимости и весомости показателей свойств, определены наиболее значимые показатели качества, обеспечивающие надежность спецодежды в экстремальных условиях эксплуатации. Выявленные значимые показатели рекомендуется учитывать в требованиях к материалам для защиты от теплового излучения, конвективного тепла от нагретых поверхностей, расплава и брызг металла.

Таблица 1 – Оценка весомости значимых показателей качества огнезащитных тканей

Шифр свойства	Наименование свойства	Коэффициент весомости показателя, $b_{i\text{ранг}}$	Относительная значимость единичного показателя, $b_j$
X <sub>1</sub>	Огнестойкость	0,07	0,94
X <sub>2</sub>	Стойкость к прожиганию	0,07	0,93
X <sub>5</sub>	Стойкость к тепловому потоку	0,07	0,93

X <sub>7</sub>	Теплопроводность	0,07	0,86
X <sub>3</sub>	Потеря прочности ткани после воздействия пламени в течение 30 с, %	0,07	0,85
X <sub>4</sub>	Воспламеняемость (кислородный индекс)	0,06	0,81
X <sub>9</sub>	Суммарное тепловое сопротивление	0,06	0,75
X <sub>6</sub>	Электризуемость	0,05	0,74
X <sub>8</sub>	Разрывная нагрузка	0,05	0,70
X <sub>15</sub>	Температуропроводность	0,05	0,65
X <sub>11</sub>	Стойкость к истиранию	0,04	0,64
X <sub>10</sub>	Жесткость при изгибе	0,04	0,59
X <sub>17</sub>	Тангенциальное сопротивление	0,04	0,57
X <sub>19</sub>	Паропроницаемость	0,04	0,57
X <sub>12</sub>	Поверхностная плотность	0,04	0,56
X <sub>18</sub>	Загрязняемость	0,03	0,53

Установленные значимые показатели качества были экспериментально определены для огнезащитных тканей (таблица 2), предлагаемых для спецодежды металлургов [3]. Результаты исследований показали [4], что ткани соответствуют нормативным требованиям, как по показателям физико-механических свойств, так и по огнестойкости. После пятикратной стирки значение кислородного индекса остается высоким. Потеря прочности ткани после воздействия пламени в течение 30 с, не превышает допустимые 20 %.

Таблица 2 – Показатели структуры и свойств огнезащитных тканей

Характеристики	Ткань			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Состав тканей, %	93% Nomex, 5% Kevlar, 2% антистатическая нить P-140	80% Nomex, 13% негорючее вискозное, 5% Kevlar, 2% антистатическая	98 – арселон и 2% антистатич.	русар – 50, арселон – 50.
Огнестойкость	Не горит и не тлеет	Не горит и не тлеет	Не горит и не тлеет	Не горит и не тлеет
Стойкость к прожиганию, с.	56,0	39,0	61,0	57,5
Кислородный индекс, % об.	36	31	31	29
Теплопроводность, Вт/м·К	0,0159	0,0148	0,0739	0,0616
Потеря прочности после воздействия пламени 30 с, %	10,2	11,3	13,5	15,1
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	220	230	470	340
Суммарное тепловое сопротивление, м <sup>2</sup> ·К/Вт	0,233	0,284	0,311	0,292
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	2,0 10 <sup>14</sup>	5,6 10 <sup>16</sup>	2,8 10 <sup>14</sup>	5,1 10 <sup>16</sup>
Разрывная нагрузка, Н	1990	1405	1765	2410
Жесткость при изгибе, мкНсм <sup>2</sup> : основа/уток	5238 / 4663	4256 / 4430	9780/8890	7120/5390
Стойкость к истиранию, цикл	9553	8567	10115	9836
Коэффициент тангенциального сопротивления, о/у	0,78 / 0,75	0,75 / 0,70	0,31/0,45	0,32/0,5
Паропроницаемость, г/(м <sup>2</sup> с)	0,05	0,03	0,04	0,035

При проектировании огнезащитной спецодежды, основной функцией которой является надежная защита человека от опасных производственных факторов, важно знать кинетику изменения структуры и свойств текстильных материалов в процессе эксплуатации. Это позволит повысить безопасность человека в экстремальных условиях и определить срок эксплуатации спецодежды.

Используя теорию подобия и анализа размерностей [2, 5], получена функциональная зависимость теплопроводности от ее основных параметров в виде формулы:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \text{КИ} \cdot R_{\text{сум}} \cdot \delta \cdot t_{\text{ог}}}{P_p \cdot a \cdot T_{\text{п}}},$$

где  $\lambda$  - теплопроводность Вт/(м·К);  $Q$  – устойчивость к тепловому потоку, Вт/м<sup>2</sup>; КИ – кислородный индекс, %об;  $T_{\text{п}}$  – стойкость к прожиганию, с;  $a$  – температуропроводность, м<sup>2</sup>/с;  $R_{\text{сум}}$  – суммарное тепловое сопротивление, м<sup>2</sup>К/Вт;  $P_p$  – разрывная нагрузка, даН;  $\delta$  – толщина ткани, м;  $t_{\text{ог}}$  - время остаточного горения (при значении 0, считать 0,1), с.

Отклонение экспериментального значения теплопроводности от расчетного не превышает 12%.

Следовательно, полученная зависимость позволяет оценивать и прогнозировать изменение теплопроводности тканей и спецодежды при эксплуатации изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка условий труда в металлургических цехах / Т.В. Горская, Е.П. Потоцкий // Металлург. Московский Государственный институт стали и сплавов. 2016.
2. Бесшапошникова В.И. Научные основы проектирования и прогнозирования свойств изделий текстильной и легкой промышленности. Практикум. : Учебное пособие. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 152 с.
3. Ткани для спецодежды – обзор материалов <https://textile.life/fabrics/types/tkani-dlya-spetsodezhdy-obzor-materialov.html>
4. Бесшапошникова В. И., Микрюкова О.Н. Исследование структуры и свойств текстильных материалов специального назначения. Практикум : Учебное пособие. – М.: РИО РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. – 192 с.
5. Шустов Ю.С. Методы подобия и размерности в текстильной промышленности: Монография. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002. 191 с.

**АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АССОРТИМЕНТА МЕМБРАННЫХ  
ТКАНЕЙ ДЛЯ ОДЕЖДЫ**  
**ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF THE RANGE OF MEMBRANE  
FABRICS FOR CLOTHING**

**Логинова Е.А., Климова Н.В., Бесшапошникова В.И.**  
**Loginova E. A., Klimova N. V., Besshaposhnikova V.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: vibesvi@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе представлен анализ ассортимента мембранных тканей и их систематизация. Разработана фасетная классификация, которая позволит формировать техническое задание на проектирование новых материалов и осуществлять обоснованный выбор материала для производства изделий с заданными свойствами.

*Abstract:* The article presents an analysis of the range of membrane fabrics and their systematization. A facet classification has been developed that will allow to develop a technical task on the design of new materials and make a reasonable choice of material for the production of products with specified properties.

*Ключевые слова:* мембранные ткани, ассортимент, классификация, фасет.

*Keywords:* membrane fabrics, assortment, classification, facet.

Компания GoreTex долгое время была монополистом производства мембранных материалов, однако сейчас многие уважаемые и известные компании производят мембраны и мембранные ткани. Например, Toray (Япония) (Dermizax, Entrant НВ), Event (США, производится в Японии), Unitika (Япония). Это — лидеры в области технологий производства мембранных тканей, продукцию которых используют в своем производстве ведущие мировые бренды, производящие одежду и обувь для активного отдыха, спорта, бытовую и профессиональную [1]. Гидрофильные мембраны и ткани на их основе представлены более широким ассортиментом - Sympatex, Ultimex, Sofitex, Cyclone, Trans Active и др. Встречаются и комбинированные мембраны типа Triple Point. Большим спросом пользуются мембраны Gore-Tex и Sympatex. Компания Gore-Tex выпускает ткани различной паропроницаемости, значения варьируются от 12000 до 20000 г/м<sup>2</sup>/24ч. Ткань Gore-Tex® XCR™ Stretch 3L-2L имеет трехслойную мембрану Gore-Tex® и обеспечивает максимальный комфорт и свободу движений за счет эластичности во всех направлениях. Водонепроницаемость мембранной ткани 50000 мм.вод.ст., паропроницаемость 14000 г/м<sup>2</sup>/24ч [2].

Ткань Viper - верх из полиамид а с лайкрой и изнанка - трехслойная ламинированная мембрана Gore-Tex® XCR™ SNOW 2L. На 25% более «дышащий» материал, чем обычный Gore-Tex®. Водонепроницаемость 40000 мм.вод.ст., паропроницаемость 15000 г/м<sup>2</sup>/24ч. [3].

Ткань Garda – из 100% полиамида и двухслойной ламинированной мембраны Gore-Tex® 2L. Эта ткань состоит из двух слоев, имеет диагональное плетение, отличается мягкостью и при этом прочностью. «Дышащая» и водоотталкивающая, она обеспечит потребителю комфорт и сухость при эксплуатации. Водонепроницаемость 40000 мм.вод.ст., паропроницаемость 12000 г/м<sup>2</sup>/24ч [3].

Ткань Calypso – 100 полиэфир и двухслойная ламинированная мембрана Gore-Tex® calypso 2L. Эта водонепроницаемая «дышащая» ткань с водонепроницаемостью - 40000 мм.вод.ст. и паропроницаемостью 12000 г/м<sup>2</sup>/24ч [4].

Мембранные ткани марки Neoment обладают высокими влагозащитными и пароотводящими характеристиками. Размер пор меньше размера капли воды, но намного больше размера частиц пара. Водонепроницаемость до 10000 мм.вод.ст. Ткани с мембраной Neoment могут использоваться при низких температурах до -35 °С [4].

Channel Ridge Faille - данная ткань изготавливается из нейлона-таслана. Нерегулярная структура плетения придает материалу прочность и износостойкость. Ткань имеет снаружи водоотталкивающее покрытие, а внутри полиуретановую мембрану для дополнительной защиты [5].

Dermizax - мембранная водонепроницаемая ткань, которая активно удаляет влагу благодаря беспоровой мембраны. Паропроницаемость мембраны способна усиливаться при повышении температуры тела потребителя благодаря увеличению расстояния между длинными молекулярными цепочками полимера мембраны, что делает ее более проходимой для молекул водяного пара. Мембрана проста в уходе, хорошо переносит стирку и сушку. Водонепроницаемость 20000 мм.вод.ст., паропроницаемость 10000 гр./м<sup>2</sup>/24ч [5].

Intriplex-Ceramic – мембранная ткань с беспоровой мембраной. При активных движениях материал выпускает больше пара наружу, из-за чего нормализуется тепловой баланс тела потребителя. Водонепроницаемость 20000 мм.вод.ст., паропроницаемость 15000 гр/м<sup>2</sup>/24ч [6].

Meryl – мембранная ткань с повышенными техническими характеристиками, обладает высокой водонепроницаемостью (8000 мм.вод.ст.). Специальная структура ткани из полых волокон повышает ее легкость. Ткань является ветрозащитной и отличается повышенной прочностью, хорошими изоляционными качествами, которые позволяют телу удерживать естественное тепло. Ткань не требует специального ухода, быстро сохнет, не требует глажения [6].

SymraTex - водонепроницаемая и паропроницаемая мембранная ткань, состоит из внешней ткани (часто используется Stretch) и паропроницаемой водонепроницаемой мембраны SymraTex. Водонепроницаемость 15000 мм.вод.ст., паропроницаемость 7000 гр/м<sup>2</sup>/24ч.

SymraTex 3-ply – мембранная ткань состоит из трех слоев - плотная легкая ткань снаружи, водонепроницаемая паропроницаемая мембрана SymraTex и гигроскопичная подкладка из микросетки. Мембрана собирает выделяемую влагу и отводит ее от тела, сохраняя при этом тепловой баланс организма потребителя. Водонепроницаемость 30000 мм.вод.ст., паропроницаемость 7000 гр/м<sup>2</sup>/24ч [7]. Таким образом, анализ ассортимента, структуры, свойств и назначения мембранных тканей позволил систематизировать данные и разработать

фасетную классификацию мембранных тканей, в основу которой положены следующие классификационные признаки:  $F_i$  - назначение мембран,  $F_j$  - способ получения мембран,  $F_u$  - полимер мембраны,  $F_x$  - свойство водопоглощения мембран. Классификационные признаки в фасетной классификации в полной мере отражают технологию производства, и дают информацию об особенностях структуры и назначения мембран и мембранных тканей. Фасетная классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Фасетная классификация мембранных материалов

Основные классификационные признаки			
Назначение мембран - $F_i$	Способ получения мембран - $F_j$	Полимер мембраны - $F_u$	Способность к водопоглощению - $F_x$
F1. Производство текстильных мембранных тканей	1. Травление монолитных пленок	1. Полиолефины - (Полипропилен и Полиэтилен)	1. Гидрофобные
2. Микрофльтрации	F2. Из расплава	2. Полиамиды	F2. Гидрофильные
3. Нанофльтрации	3. Сухой способ	3. Полиимиды	3. Умеренно гидрофобные
4. Ультрафльтрации	4. Мокрый способ	4. Полисульфоны	4. Комбинированные
5. Электродиализ	5. Растяжение монолитных пленок	5. Полиэтилентерефталат	
6. Газоразделение	6. Спекание порошков	6. Поливинилхлорид	
7. Обратный осмос		7. Политетрафторэтилен (тефлон)	
8. Дегазация		8. Полиакрилонитрил	
9. Первапорация		F9. Полиэфиуретаны. Полиуретаны.	
		10. Прочие	

Для каждого классификационного признака предложен свой фасетный код, обозначенный  $F$ , на основе которого строится фасетная формула вида:

$$K_n = F_i, F_j, F_u, F_x,$$

где  $K_n$  – классификация,  $F$  – фасеты.

Например, из формулы  $K_1 = F1, F2, F9, F2$  следует, что мембрана предназначена для производства текстильных мембранных тканей (фасет 1), получают из расплава (фасет 2), полиэфиуретана (фасет 9), которая является гидрофильной (фасет 2).

Преимущества фасетной классификации заключаются в изменении числа ее признаков и возможности варьирования последовательности их использования. Кроме того, фасетная система облегчает процесс кодирования объектов классификации, так как заданное множество объектов независимо делится на подмножества по различным признакам, что позволяет использовать информационные технологии для обработки и хранения информации о многослойных текстильных материалах. Фасетная классификация с помощью программного обеспечения информационных систем позволяет детальнее идентифицировать



материалы, и предоставить полную информацию о свойствах, назначении, особенностях технологии применения.

Предлагаемая классификация понятна и доступна профессионалам производств. Она позволит разрабатывать техническое задание на проектирование новых материалов и осуществлять обоснованный выбор материала для производства изделий с заданными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии/ А.А. Свитцов - М.: ДеЛипринт, 2007, 280 с.
2. Мембранная ткань [Режим доступа] // <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/membrannaya-tkan/>
3. Мембранные технологии в России // The Chemical мембраны. М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008. 59 с.
4. Методы получения полимерных мембран <http://me-system.ru/membrany/tehnologiya-izgotovleniya-membran/metody-polucheniya-polimernyh-membran/>
5. Типы мембранных материалов в аутдор-снаряжении <https://sport-marafon.ru/article/biblioteka-tekhnologiy/typy-membrannykh-materialov-v-audor-snaryazhenii/> Copyright 2012-2018 © Спортмарафон.ru
6. Статья «Мир современных материалов» Source: <https://worldofmaterials.ru/spravochnik/special-materials/142>
7. Ткани для спецодежды – обзор материалов <https://textile.life/fabrics/types/tkani-dlya-spetsodezhdy-obzor-materialov.html>

**УДК 677.017**

### **ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПОШИВА СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ СТИРОК** **CHANGING THE PROPERTIES OF FABRICS FOR SEWING Overalls FOR PROTECTION AGAINST GENERAL INDUSTRIAL CONTAMINATIONS DURING WASHING**

**Давыдов А.Ф., Гончаров К.В.**  
**Davydov A.F., Goncharov K.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: adavydov46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе рассмотрено влияние стирок на физико-механические свойства тканей для пошива спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений.

*Abstract:* The paper considers the effect of washing on the physical and mechanical properties of fabrics for sewing workwear to protect against general industrial pollution.

*Ключевые слова:* спецодежда, физико-механические свойства, стирки.

*Keywords:* overalls, physical and mechanical properties, washing.

Общие производственные загрязнения – факторы производственной среды и условия работы, связанные с запыленностью воздуха, разбрызгиванием загрязненной воды, воздействием красящих, склеивающих, маслянистых и других веществ.

Для тканей, используемых в производстве спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений важно не только иметь высокие показатели защитных свойств и качества, но и обеспечить сохраняемость этих свойств в процессах эксплуатации. Специальная одежда подвергается периодическим стиркам и поэтому изменение свойств в процессах стирок хорошо характеризует способность спецодежды обеспечивать защиту жизни и здоровью людей непосредственно в производственных условиях. Максимальное кол-во стирок – 50 было выбрано с учетом норм выдачи одежды на предприятиях и рекомендациями по их эксплуатации. Исследования проводились по наиболее значимым показателям, определенным на основании экспертной оценки [1]. Стирка проводилась в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ИСО 6330-2014 [2].

В качестве объектов исследования, на основании литературного обзора и анализа рынка, были выбраны ткани, применяющиеся для пошива спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений, представленные в табл. 1.

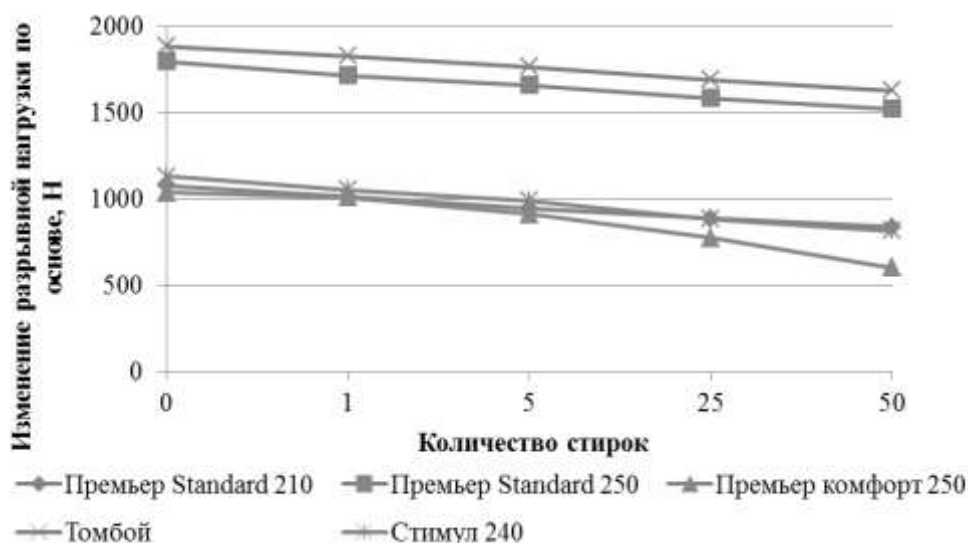
Таблица 1 – Ткани для пошива спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений

№	Ткань, артикул	Состав, %	Поверх. Плотность, г/м <sup>2</sup>	Вид отделки	Страна производитель
1	Премьер Standard 210	35 хлопок, 65 полиэфир	220	ВО, МВО	«Чайковский текстиль», Россия
2	Премьер Standard 250	35 хлопок, 65 полиэфир	250	ВО, МВО	«Чайковский текстиль», Россия
3	Премьер-комфорт 250	80 хлопок, 20 полиэфир	255	МВО	«Чайковский текстиль», Россия
4	Томбой	33 хлопок, 67 полиэфир	245	Легкий уход	«Carrington», Великобритания
5	Стимул 240	35 хлопок, 65 полиэфир	240	ВО	«Текстиль Механика», Россия

Усадка тканей увеличивается с увеличением количества стирок и уменьшение линейных размеров наиболее интенсивно происходит после первых 5

стирок. Наибольшую усадку имеет ткань Премьер комфорт 250 с содержанием хлопка 80%, а наименьшую – ткань Томбой.

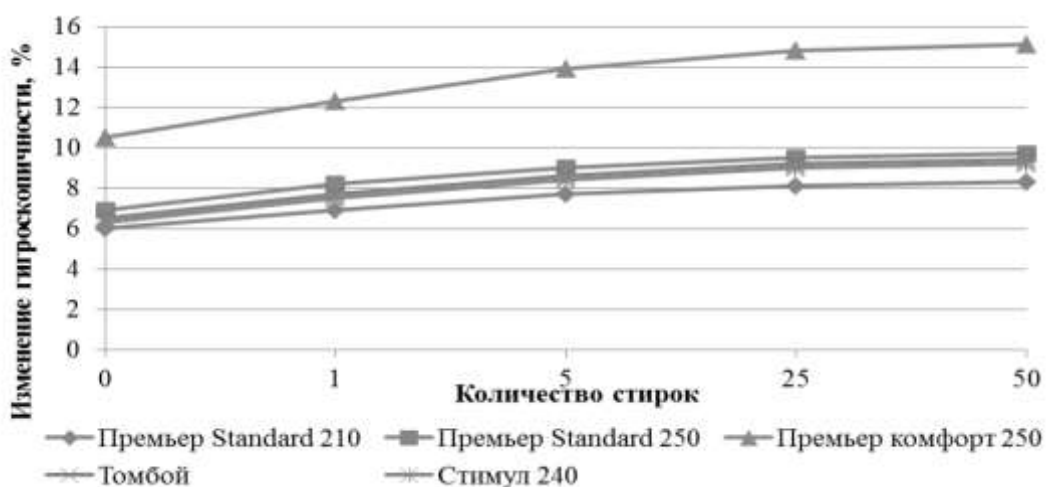
На рисунке 1 представлено изменение разрывной нагрузки по основе от числа стирок.



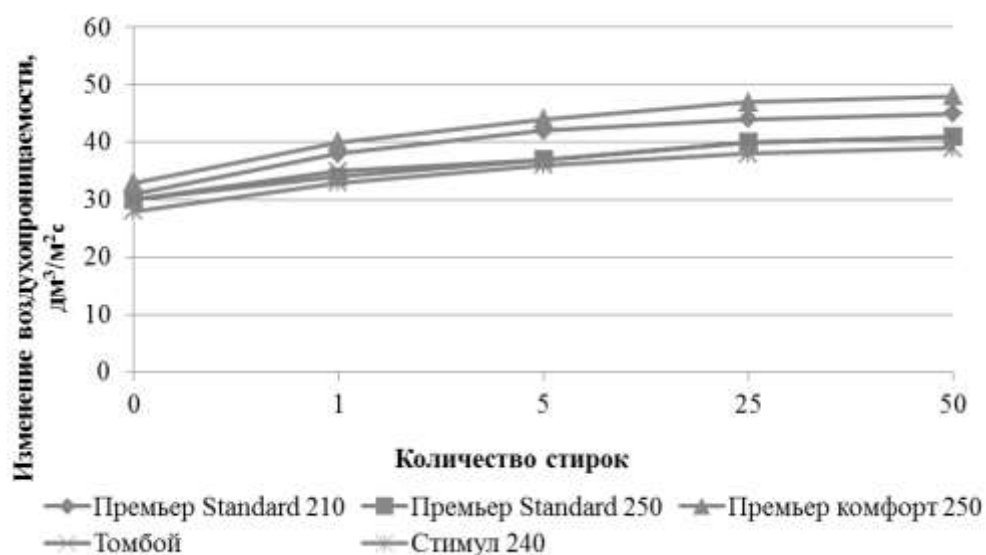
**Рисунок 1 - Зависимость изменения разрывной нагрузки по основе**

По результатам исследований, видно, что наименьшее ухудшение структуры тканей после 50 стирок имеют ткани Томбой и Премьер Standard 250, потеря не превышает 15%. Это объясняется высоким содержанием полиэфирных волокон, которые придают повышенные прочностные свойства. У ткани Премьер комфорт 250 в основе состава 80% хлопка, поэтому она имеет потерю прочности почти в 2 раза (42 %), так как хлопок быстрее изнашивается. Разрушение остальных тканей составляет 23-28%.

На рисунках 2 и 3 показаны зависимости изменения показателей гигроскопичности и воздухопроницаемости от воздействия стирок.



**Рисунок 2 - Зависимость изменения гигроскопичности**



**Рисунок 3 - Зависимость изменения воздухопроницаемости**

Гигроскопичность и воздухопроницаемость увеличивается с увеличением числа многократных стирок.

При увеличении числа стирок, имитирующих поведение тканей для защиты от общих производственных загрязнений в условиях эксплуатации, показатели разрывной нагрузки и стойкости к истиранию уменьшаются за счет деструктурирующего влияния механических воздействий влаги и тепла.

Воздухопроницаемость тканей для защиты от общих производственных загрязнений увеличивается с увеличением количества стирок, однако в процессах стирки на начальном этапе происходит набухание волокон, за счет чего уменьшается поры.

Гигроскопичность увеличивается с увеличением числа многократных стирок за счет вымывания восковых покрытий хлопка и сопутствующих примесей.

После 50 стирок наименьшие изменения происходят у тканей Томбой и Премьер Стандарт 250 .

Для полноценной оценки качества и безопасности тканей для производства пошива специальной одежды необходимо вводить в нормативную документацию, для всех значимых показателей нормы изменения свойств после 5 или 50 стирок в зависимости от назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 – 384 с.
2. ГОСТ Р ИСО 6330-2014 Материалы текстильные. Процедуры домашней стирки и сушки, применяемые для испытаний.

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ  
МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК  
CHANGING THE PROPERTIES OF FABRICS FOR WORKERS IN THE  
MINING INDUSTRY DURING THE PROCESS OF MULTIPLE WASHING**

**Давыдов А.Ф., Кургузов В.В.  
Davydov A.F., Kurguzov V.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: adavydov46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье рассматривается изменение свойств тканей, используемых при пошиве спецодежды в процессе стирок.

*Annotation:* the article discusses the change in the properties of fabrics used in sewing workwear in the process of washing.

*Ключевые слова:* стирка, изменение, свойство.

*Keywords:* wash, change, property.

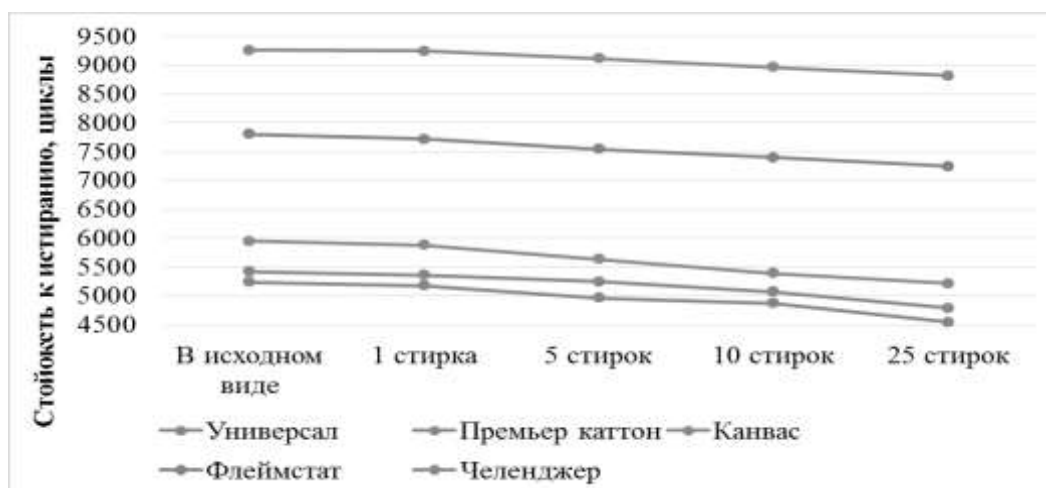
Помимо того, что спецодежда должны быть изготовлена из качественных материалов, которые обеспечивают безопасность здоровья и жизни работников горнодобывающей промышленности, она так же должна сохранять свои защитные свойства весь срок эксплуатации. Оценка изменения свойств тканей для спецодежды в процессах лабораторного износа (стирки) хорошо имитирует их поведение в процессах эксплуатации. Важно, чтобы ткани сохраняли наиболее значимые показатели защитных, гигиенических и эксплуатационных свойств. В качестве критериев были выбраны наиболее значимые показатели, выбранные на основе экспертной оценки: разрывная нагрузка, раздирающая нагрузка, стойкость к истиранию, воздухопроницаемость, гигроскопичность. Стирка осуществлялась по методике, представленной в ГОСТ ISO 6330-2011, а испытания проводились после 1, 5, 10 и 25 стирок. Количество стирок рассчитывалось из норм выдачи спецодежды и условий эксплуатации.

В качестве объектов исследования были взяты наиболее распространенные на рынке российской федерации и применяемые для пошива спецодежды шахтеров ткани, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Объекты исследования

Показатель	Универсал	Премьер-коттон	Канвас	Флейм-стат	Челенджер
Производитель	Родники-Текстиль	Чайковский текстиль	Сяншэн текстиль	Carrington	Klopman
Состав, %, поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	100 хлопок, 312	100 хлопок, 334	100 хлопок, 428	60 хлопок, 40 ПЭ, 332	40 хлопок, 60 ПЭ, 385
Переплетение	Саржевое	Саржевое	Саржевое	Саржевое	Саржевое

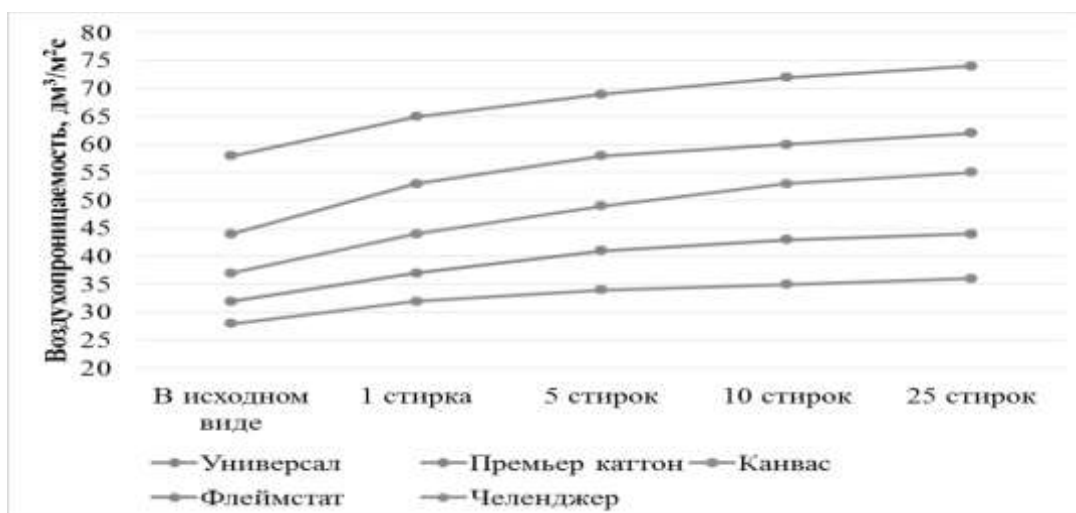
На рисунке 1 приведена диаграмма зависимости изменения стойкости к истиранию в процессе стирок.



**Рисунок 1 - Диаграмма зависимости изменения стойкости к истиранию в процессе стирок**

Показатель стойкости к истиранию уменьшается у всех тканей с ростом количества стирок, за счет расшатывания структуры пряжи и уменьшения сцепляемости волокон друг с другом, причем ткани с большим процентом синтетических волокон имеют большую устойчивость к истиранию, так как полиэфирные волокна более устойчивые, чем хлопковые, в процессе износа от истирания. Приблизительно такой же характер изменения фиксировался при изучении (перечислить другие показатели)

На рисунке 2 представлен график изменения воздухопроницаемости. Кривые на графике свидетельствуют о том, что с количеством стирок показатель воздухопроницаемости растет. Это связано, в первую очередь, с тем, что у тканей увеличивается пористость в процессах стирок, так как волокна вымываются и разрушаются. Глядя на график, можно заметить, что ткани с содержанием с синтетических волокон менее подвержены разрушению в процессе стирок.



**Рисунок 2 - Диаграмма зависимости изменения воздухопроницаемости в процессе стирок**

На рисунке 3 представлена диаграмма зависимости изменения гигроскопичности в процессе стирок.

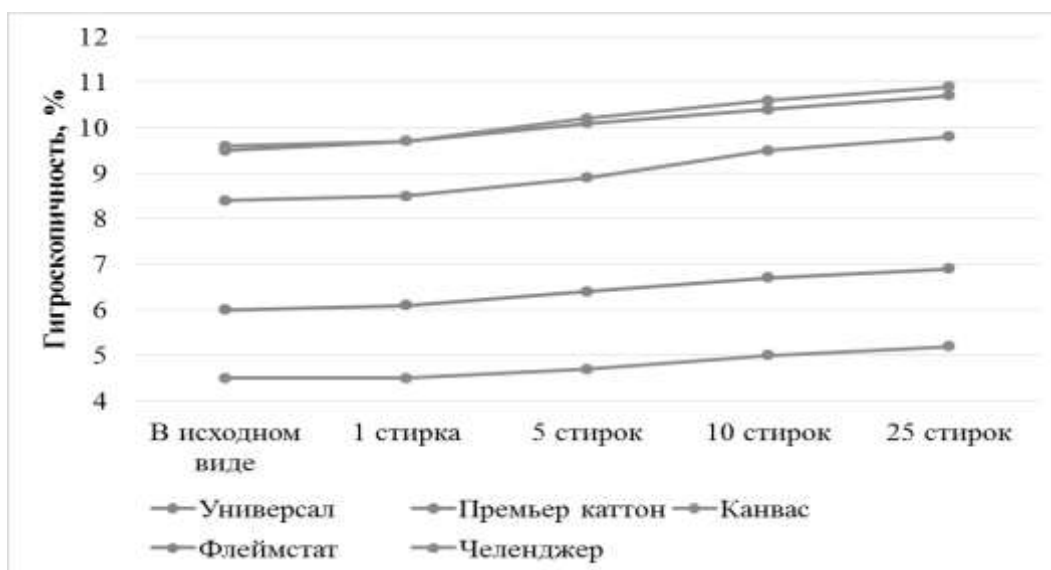


Рисунок 3 - Диаграмма зависимости изменения гигроскопичности в процессе стирок

Гигроскопичность, как и воздухопроницаемость, растет с числом стирок тканей. Во время стирки какая-то часть пропитки тканей вымывается, что способствует увеличению пор. Хуже всего свои свойства по этому показателю сохранила ткань «Премьер-коттон» (Чайковский текстиль).

Гигроскопичность выше там, где больше содержание хлопкового волокна, так как натуральные волокна лучше впитывают влагу по сравнению с синтетическими.

Можно сделать вывод о том, что характер изменения всех показателей у всех тканей приблизительно одинаковый, и потеря численного значения показателей качества и безопасности не превышает 20%, что говорит о стабильности сохранения свойств показателей качества и безопасности. В нормативную документацию (ТР ТС, ГОСТ, СТО) следует включать нормативные значения показателей после количества стирок, рассчитанных в соответствии с нормами выдачи и условиями эксплуатации и ухода.

Характер изменения показателей качества и безопасности для всех тканей можно представить в двух наиболее распространенных видах: уменьшение свойств, таких, как разрывная нагрузка, раздирающая нагрузка, стойкость к истиранию; и второй вид – увеличение свойств, таких, как воздухопроницаемость и гигроскопичность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. ТР ТС 019/2011 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности средств индивидуальной защиты" (с изменениями на 28 мая 2019 года)

3. ГОСТ Р 12.4.299-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Костюмы шахтерские для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений. Общие технические требования.

4. Давыдов А. Ф., Шустов Ю. С., Курденкова А. В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности, 2017.

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ  
МНОГОКРАТНОГО РАСТЯЖЕНИЯ И СКОРОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ  
ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН  
RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF MULTIPLE  
STRETCH CYCLES AND SPEED ON THE STRENGTH OF GEOTEXTILE  
NON-WOVEN FABRICS**

**Агафонов В.Е., Буланов Я.И.  
Agafonov V.E., Bulanov Ya.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: yar-bul@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе проведено исследование влияния количества циклов многократного растяжения и скорости на прочность геотекстильных нетканых полотен, а также установлен вид функциональных зависимостей.

*Abstract:* The paper investigates the influence of the number of cycles of multiple stretching and speed on the strength of geotextile nonwoven fabrics, and also establishes the type of functional dependencies.

*Ключевые слова:* нетканые полотна, геотекстиль, многократное растяжение, скорость движения зажима разрывной машины, прочность/

*Ключевые слова:* нетканые полотна, геотекстиль, многократное растяжение, скорость движения зажима разрывной машины, прочность/

Такие нетканые материалы, как геотекстиль, широко применяются для обустройства зон парковок, складских площадей, размещения под фундаменты зданий, в инверсионной кровле, в качестве основы при укладке тротуарной плитки. Геотекстиль дорожный широко применяется в современном проектировании автомобильных дорог. Поэтому для этих полотен важными свойствами являются механические.

В работе были исследованы термоскрепленные нетканые материалы. Образцы отличались поверхностной плотностью и толщиной. Характеристики объектов исследования приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Объекты исследования

Артикул	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Средняя плотность, мг/мм <sup>3</sup>	Объемная пористость, %	Общая пористость, %
17 св 30	10	0,19	0,11	29,30	15,78
М 42 св	49	0,36	0,14	24,49	13,19
М 70	75	0,48	0,16	21,32	12,02
М 110	120	0,70	0,17	19,44	10,42
М 150	160	0,78	0,21	14,10	8,29

Для оценки качества были проведены испытания по определению механических свойств. В данной работе образцы подвергались многоциклового растяжению на испытательной системе «Инстрон» серии 4411.

Разрывные характеристики определялись в соответствии с ГОСТ Р53226-2008 «Полотна нетканые. Методы определения прочности» [1].

Результаты определения разрывной нагрузки термоскрепленных нетканых полотен приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты определения разрывной нагрузки термоскрепленных нетканых полотен

Артикул	Количество циклов растяжения	Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, Н
17 св 30	0	24,5	34,5
	3000	18,2	28,6
	6000	14,8	24,3
	9000	8,5	20,1
	12000	5,1	15,6
М 150	0	229,8	251,9
	3090	213,4	242,9
	6000	205,6	234,5
	9000	195,3	202,8
	12000	186,2	198,5
М 42 св	0	56,0	68,7
	3000	42,9	52,6
	6000	35,7	48,8
	9000	32,1	42,5
	12000	28,9	40,1
М 70	0	99,3	112,6
	3000	85,9	102,3
	6000	80,1	98,0
	9000	77,9	92,1
	12000	75,1	84,2
М 110	0	187,2	202,5
	3000	166,8	192,6
	6000	158,2	188,2
	9000	152,3	181,2
	12000	148,2	178,2

Наибольшей разрывной нагрузкой по длине обладает термоскрепленное полотно арт. М 150, а наименьшей – арт. 17 св 30. Наибольшее изменение прочности наблюдается у образца М 150 и М 110, а наименьшей образцы 17 св. 30, М 42 св и М 70. Данная зависимость определяется линейным законом.

В таблице 3 приведены результаты определения раздирающей нагрузки термоскрепленных полотен.

Таблица 3 - Результаты определения раздирающей нагрузки термоскрепленных полотен

Артикул	Скорость, мм/мин	Раздирающая нагрузка в поперечном направлении, Н	Раздирающая нагрузка в продольном направлении, Н
17св30	100	8,2	5,6
	300	10,1	8,5
	500	11,1	14
М150	100	125,8	92
	300	129,8	99,8
	500	138,4	113
М40	100	56,3	46,8
	300	62,7	49,2
	500	75,2	57,3
М42св	100	48,5	40,3
	300	49,6	42,8
	500	52,7	48,2
М110	100	98,6	75,3
	300	102,7	79,4
	500	108,4	87,2

По длине наибольшей раздирающей нагрузкой обладает полотно арт. М 150, а наименьшей - полотно арт. 17 св 30. Наибольшее изменение раздирающей нагрузки наблюдается у полотна М 70, а наименьшие изменения – у полотна арт. 17 св 30.

Зависимость раздирающей нагрузки от скорости растяжения определяется линейным законом.

В таблице 4 приведены результаты определения разрывной нагрузки и удлинения от скорости растяжения термоскрепленных нетканых полотен.

Таблица 4 - Результаты определения разрывной нагрузки и удлинения от скорости растяжения термоскрепленных нетканых полотен

Артикул	Скорость, мм/мин	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, Н	Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н	Разрывное удлинение в поперечном направлении, мм	Разрывное удлинение в продольном направлении, мм
17 св 30	100	28,0	37,0	50,37	71,67
	400	25,4	34,5	48,76	57,18

	500	24,0	28,0	43,13	39,16
М 150	100	254,1	268,6	34,73	43,26
	400	229,8	251,9	26,70	37,32
	500	195,8	238,4	20,38	29,36
М 42 св	100	63,0	73,3	52,50	63,55
	200	56,0	68,7	43,22	62,30
	500	46,4	57,4	32,56	47,01
М 70	100	101,9	113,2	28,55	32,99
	200	99,3	112,6	26,22	30,35
	500	90,5	111,1	21,72	27,47
М 110	100	190,7	228,2	29,27	39,97
	400	187,2	202,5	26,85	38,53
	500	185,5	149,9	26,13	34,94

Для термоскрепленных полотен наибольшими значениями разрывной нагрузки по длине обладает образец арт. М 150, а наименьшими – образец арт. 17 св. 30. Наибольшее изменение разрывной нагрузки наблюдается у полотна М 150, а наименьшее – арт. 17 св 30 и арт. М 110. По ширине наибольшими значениями разрывной нагрузки обладает полотно арт. М 150, наименьшими – полотно арт. 17 св 30. Но наибольшие изменения наблюдаются у полотна арт. М 110, наименьшее – у полотна арт. М 70 и арт. 17 св 30.

Наибольшее значение разрывного удлинения для термоскрепленных полотен по длине имеют полотна арт. М 42 св и арт. 17 св 30, а наименьшее – арт. М 70 и арт. М 110. На графике видим, что наибольшее изменение значений разрывного удлинения имеет полотно арт. М 42 св, а наименьшее – полотно арт. М 110. По ширине результаты меняются: наибольшее значение разрывного удлинения у полотна арт. 17 св. 30, а наименьшее значение – у полотен арт. М 70 и арт. М 110. Наибольшее изменение значений разрывного удлинения наблюдается у 17 св. 30 полотна, а наименьшие изменения – у полотна арт. М 110.

Можно отметить, что с увеличением скорости разрывная нагрузка снижается. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение у термоскрепленных изменяются по линейному закону.

Наилучшими показателями обладает полотно арт. М 150, а наихудшими – арт. 17 св 30.

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р53226- 2008. Полотна нетканые. Методы определения прочности.

**АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА И СВОЙСТВ ХИРУРГИЧЕСКИХ ШОВНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**  
**ANALYSIS OF THE RANGE AND PROPERTIES OF SURGICAL SUTURE  
MATERIALS**

**Осипова Л.И., Курденкова А.В.**  
**Osipova L.I., Kurdenkova A.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(*e-mail: akurdenkova@yandex.ru*)

*Аннотация:* В работе проведен анализ ассортимента хирургических шовных материалов. Рассмотрены методы стерилизации и эксплуатационные свойства с учетом функционального назначения.

*Abstract:* The paper analyzes the range of surgical suture materials. The methods of sterilization and operational properties, taking into account the functional purpose, are considered.

*Ключевые слова:* хирургические шовные материалы, ассортимент, стерилизация, эксплуатационные свойства.

*Keywords:* surgical suture materials, assortment, sterilization, performance.

Исход операции и последующее выздоровление зависят от многих факторов, одним из которых является качество применяемого шовного хирургического материала, который является инородным телом, которое остается в тканях после окончания операций.

Хирургический шовный материал представляет собой нить, применяемую для соединения тканей с образованием рубца или эпителизации.

Хирургические шовные нити имеют различный волокнистый состав.

Они могут быть натуральными, искусственными, синтетическими, металлическими, комбинированными.

Натуральные шовные материалы делятся на шовные материалы животного и растительного происхождения.

К натуральным шовным материалам относятся шелк, хлопчатобумажная нить и кетгут [1-5].

К синтетическим шовным материалам относятся: капрон, лавсан, фторлон, полиэстер, дакрон и пр.

По способности рассасываться в тканях организма шовные материалы подразделяют на:

- нерассасывающиеся (неабсорбируемые);
- рассасывающиеся (абсорбируемые).

Для сшивания быстро заживающих ран используются рассасывающиеся нити, которые имеют не высокую прочность.

Таким материалом сшивают мышцы, клетчатку, слизистые оболочки органов желудочно-кишечного тракта, желчных и мочевых путей.

Натуральным рассасывающимся шовным материалом является кетгут.

Нерассасывающиеся нити остаются в организме на всю жизнь, кроме снимаемых швов.

По структуре шовные материалы подразделяют на многофиламентные и монопилиты.

Многофиламентные шовные материалы подразделяют на плетеные, крученые, комплексные, комбинированные.

Плетеный шовный материал является более прочным.

Монопилиты обладают высокой механической прочностью при малом диаметре. Они применяют в микрохирургии, в косметической хирургии, при операциях на открытом сердце и сосудах.

Шовные материалы могут иметь полимерное или иное покрытие. Состав покрытия может быть нанесен на поверхность или может заполнять внутренние полости и межволоконные пространства шовного материала.

Шовные материалы могут быть неокрашенными или окрашенными в цвета, контрастные цвету крови, могут содержать антимикробные, противовоспалительные, обезболивающие и другие вещества.

Шовные материалы подразделяются на травматические и атравматические (с прикрепленной иглой).

Шовный материал должен иметь гладкую поверхность, обладать высокой прочностью, не растягиваться, чтобы не травмировать ткани сшивании шва, сократить риск возникновения минимальной местной воспалительной или аллергической реакции. Он должен легко стерилизоваться без потери исходных свойств и сохранять стойкость узлового соединения [1-5].

Шовный материал применяется для наложения хирургических швов и перевязки отдельных анатомических структур в ране. Любое соприкосновение с раной, любое оперативное вмешательство выполняться в стерильных условиях.

Процессы стерилизации шовных материалов должны соответствовать ГОСТ ISO 11137-1, ГОСТ Р ИСО 11137-3, ГОСТ ISO 11135, ГОСТ Р ИСО 17665-1 [5-8]

Методы стерилизации выбираются в зависимости от волокнистого состава хирургического шовного материала.

Существует несколько методов стерилизации шовного материала, каждый из которых применяется для определенного вида нитей.

Для стерилизации нерассасывающихся хлопчатобумажных, льняных и синтетических нитей обычно применяют автоклавирование.

Стерилизация шелка проходит тремя способами: Садовского, Кохера и Денница.

Для стерилизации нейлона и капрона применяется способ Целищева Л.И.

Наиболее распространенным способом стерилизации кенгута является использование водного или спиртового раствора Люголя.

К современным способам стерилизации шовного материала относятся заводские способы - радиационный и газовый.

В соответствии с ГОСТ 31620 определяются диаметр нити, разрывная нагрузка и разрывное удлинение при разрыве в простом узле, длина нити, прочность крепления шовного материала в атравматической игле, целостность стерилизационной упаковки, оценка биологической безопасности, испытания на стерильность.

Выделяют следующие свойства хирургических шовных материалов:

1. Простота стерилизации;
2. Инертность;
3. Прочность нити должна превосходить прочность раны на всех этапах ее заживления;
4. Надежность узла;
5. Резистентность к инфекции;
6. Рассасываемость;
7. Манипуляционные качества;
8. Применимость для любых операций;
9. Отсутствие электронной активности;
10. Отсутствие канцерогенной активности;
11. Отсутствие аллергенных свойств;
12. Прочность на разрыв в узле не ниже прочности самой нити;
13. Фитильные свойства;
14. Низкая цена.

Наиболее распространенное применение шовного материала по областям медицины:

- Общая хирургия: полипропиленовые; полиуретановые; стальные; рассасывающиеся, любого срока рассасывания.
- Травматология: полиуретановые; полиэфирные; полипропиленовые; стальные; рассасывающиеся, с длительным сроком рассасывания.
- Сосудистая хирургия: полиамидные; полиуретановые; полипропиленовые.
- Пластическая хирургия: полиуретановые; рассасывающиеся, с коротким сроком рассасывания.
- Торакальная хирургия: полипропиленовые; рассасывающиеся, с длительным сроком рассасывания.
- Гинекология: полиуретановые.
- Кардиохирургия: полиэфирные; стальные.
- Челюстно-лицевая хирургия: рассасывающиеся, с длительным сроком рассасывания.
- Ортопедия: полиэфирные; полипропиленовые; стальные.
- Офтальмология: полиамидные; полипропиленовые.
- Онкология: полипропиленовые; рассасывающиеся, с длительным сроком рассасывания.

Таким образом, хирургические нити – это важный элемент операции, от их качества зависит скорость заживления раны и выздоровление пациента. При этом важным является не только качество самого шовного материала, но и правильность выбора того или иного вида нити.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31620 «Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний».
2. Бонцевич Д.Н. - Хирургический шовный материал. – М.: Интеграция, 2005. – 118 с.
3. Третьяк С.И. Хирургический шовный материал: Методические рекомендации / Третьяк С.И., Маркевич Е.В., Буравский А.В. - Мн.: БГМУ, 2011. — 56 с.
4. Семенов Г.М., Петришин В.Л., Ковшова М.В. Хирургический шов. – СПб: Питер, 2001. – 256 с.
5. ГОСТ ISO 11137-1 Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация. Часть 1. Требования к разработке, валидации и текущему контролю процесса стерилизации медицинских изделий.
6. ГОСТ Р ИСО 11137-3 «Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация. Часть 3. Руководство по вопросам дозиметрии».
7. ГОСТ ISO 11135 «Стерилизация медицинской продукции. Этиленоксид. Требования к разработке, валидации и текущему управлению процессом стерилизации медицинских изделий».
8. ГОСТ Р ИСО 17665-1 «Стерилизация медицинской продукции. Влажное тепло. Часть 1. Требования к разработке, валидации и текущему контролю процесса стерилизации медицинских изделий».

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ, ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ИНДЕНТОРА НА УСИЛИЕ ПРОКОЛА БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ**  
**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF LAYERS, HUMIDITY AND SPEED OF MOVEMENT OF THE INDENTOR ON THE EFFECT OF PUNCHING BALLISTIC TISSUE**

**Буланов Я.И., Курденкова А.В.**  
**Bulanov Ya.I., Kurdenkova A.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: yar-bul@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе проведено исследование влияния количества слоев, влажности и скорости движения индентора на усилие прокола баллистических тканей, а также установлен вид функциональных зависимостей.

*Abstract:* The paper investigates the effect of the number of layers, moisture content and the speed of movement of the indenter on the force of puncture of ballistic tissues, and also established the type of functional dependencies.

*Ключевые слова:* баллистические ткани, параарамидные ткани, усилие прокола, индентор, количество слоев ткани, влажность, скорость движения индентора.

*Keywords:* ballistic fabrics, para-aramid fabrics, puncture force, indenter, number of fabric layers, moisture content, indenter speed.

Ткани из параарамидных нитей используются для изготовления средств индивидуальной бронезащиты, которые должны обеспечивать защиту, как от огнестрельного, так и от холодного оружия. Причинить вред здоровью или смерть можно различными видами холодного оружия, каждое из которых имеет свои особенности в конструкции. В ГОСТ Р 50744-95 средством поражения является штык нож к автомату АК-74 и его модификациям, данное средство поражения по механике поражения исключает прокол, а ткани для бронежилетов должны обеспечивать защиту не только от прорезания, но и от прокалывания. Поэтому для более полного изучения, механики проникновения поражающих элементов на ткань, необходимо использовать пику.

Современные виды бронежилетов представляют многослойные пакеты. В работе были проведены испытания для различных видов текстильных материалов при варьировании количества слоев, скорости движения индентора и влажности ткани.

В качестве объектов исследования были выбраны 5 артикулов баллистических тканей, которые наиболее распространены для изготовления средств индивидуальной защиты. Ткани выработаны из нитей Русар. Структурные характеристики исследуемых тканей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики тканей для бронежилетов

Показатель качества	Обозначение	арт. 86144	арт. 86136	арт. 86294	арт. 53631	арт. 84127
Толщина, мм	$b$	0,27	0,26	0,27	0,30	0,23
Линейная плотность нитей основы, текс	$T_o$	55,0	61,0	29,5	62,0	34,0
Линейная плотность нитей утка, текс	$T_y$	55,0	60,0	29,5	60,0	32,0
Плотность ткани по основе, число нитей / 10 см	$P_o$	150	130	270	150	240
Плотность ткани по утку, число нитей / 10 см	$P_y$	140	140	240	150	210
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	$M_1$	164,5	168,4	152,6	187,0	152,0
Переплетение		Саржевое	Атласное	Полотняное	Вафельное	Полотняное

Результаты испытаний на прокол пикой приведены в таблице 2.



Таблица 2 – Результаты определения усилия прокола пикой тканей для бронезащитных жилетов

Количество слоев	арт.86144 – саржевое переплетение		арт.86136 – атласное переплетение		арт.86294 – полотняное переплетение		арт.53631 – вафельное переплетение		арт.84127 – полотняное переплетение	
	Усилия прокола, Н	Стрела прогиба, мм	Усилия прокола, Н	Стрела прогиба, мм	Усилия прокола, Н	Стрела прогиба, мм	Усилия прокола, Н	Стрела прогиба, мм	Усилия прокола, Н	Стрела прогиба, мм
Влажность ткани 40%, скорость движения индентора 100 мм/мин										
1	14,2	2,64	14,1	2,64	14,9	2,81	14,7	1,54	14,4	2,75
2	23,4	2,61	22,1	2,61	25,3	2,66	25,7	1,49	25	2,32
4	27	2,58	26,7	2,57	29,6	2,62	29,3	1,29	29	2,14
6	31	1,62	30,2	2,22	33,2	2,41	32,8	0,97	33,3	1,97
8	35,8	1,54	34,5	2,02	36	2,13	35,3	0,87	37,7	1,75
Влажность ткани 40%, скорость движения индентора 250 мм/мин										
1	15,1	2,67	15,5	1,76	15,7	1,96	15,1	1,80	15	2,58
2	24,4	2,28	23,9	1,72	24,5	1,82	23,5	1,74	24,9	2,36
4	28,3	1,66	29,8	1,67	29	1,72	28,8	1,69	30,8	1,85
6	32,4	1,35	33,3	1,24	32,1	1,54	33,5	1,42	35,7	1,66
8	37,2	1,15	36,1	1,01	35,8	1,26	38,3	1,27	40,5	1,43
Влажность ткани 40%, скорость движения индентора 500 мм/мин										
1	16,1	2,10	16,4	2,05	16,3	2,48	16,3	2,22	15,8	2,86
2	25,6	2,03	24,6	2,03	24,8	2,37	22,8	2,10	25	2,63
4	30,5	1,85	29,8	1,95	31	2,05	28,4	1,88	29,6	2,15
6	34	1,67	32,8	1,75	35,7	1,84	32,2	1,71	35,5	1,85
8	38,5	1,41	36,3	1,59	39,2	1,72	36,7	1,56	43,8	1,71
Влажность ткани 65%, скорость движения индентора 100 мм/мин										
1	6,7	1,59	6,9	1,61	6,8	1,68	5,6	1,86	6,3	2,13
2	10,3	1,57	12,1	1,57	14,3	1,60	14,2	1,68	16,8	1,85
4	16,7	1,42	17,6	1,54	18,7	1,58	17,8	1,56	18,1	1,69
6	20,2	1,39	21,5	1,42	23,2	1,46	24,6	1,41	25,7	1,53
8	24	1,22	26	1,02	27	1,11	26	1,21	29,4	1,41
Влажность ткани 65%, скорость движения индентора 250 мм/мин										
1	7,8	1,84	8	1,80	7,2	1,85	6,5	1,77	8	2,14
2	9,4	1,76	9,1	1,68	8,1	1,85	7,7	1,56	11	1,96
4	12,6	1,72	11	1,67	12,1	1,67	10,8	1,45	14,2	1,78
6	15	1,59	16,5	1,51	16,7	1,49	14,3	1,23	17,4	1,61
8	18,4	1,32	18,3	1,24	18,5	1,11	17,1	1,03	20,2	1,43
Влажность ткани 65%, скорость движения индентора 500 мм/мин										
1	8,2	2,12	8,2	2,20	7,8	2,17	7,6	2,24	8,4	2,61
2	11	2,03	12,2	2,05	10,7	2,10	11,8	2,12	12,6	2,48
4	14,6	1,95	13	1,88	13,7	2,08	14,2	1,85	15,7	2,18
6	15,3	1,81	14,5	1,66	16,2	1,84	16,7	1,71	16,8	1,94
8	17,1	1,62	17,2	1,34	18,1	1,71	18,3	1,45	17,8	1,72

Влажность ткани 90%, скорость движения индентора 100 мм/мин										
1	3,6	3,02	3,7	3,05	3,4	2,78	4,1	2,31	4,1	2,57
2	7,7	2,86	7,8	2,73	7,3	2,57	6,9	2,14	6,8	2,36
4	8,4	2,56	8,8	2,47	8,9	2,36	8,5	1,86	8,6	2,16
6	9,5	2,31	9,4	2,31	10,3	2,18	9,6	1,61	9,1	1,91
8	12,4	2,10	12,3	2,03	13,2	1,81	12,5	1,52	12	1,73
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Влажность ткани 90%, скорость движения индентора 250 мм/мин										
1	4,5	2,74	4,9	2,96	4,3	2,91	5,1	2,64	4,4	2,79
2	7,5	2,56	8,2	2,78	7,1	2,71	8,8	2,31	7,4	2,63
4	8	2,30	8,6	2,56	7,8	2,63	9,3	2,15	8,1	2,45
6	8,7	2,01	9	2,13	8,4	2,34	9,7	1,91	8,4	2,03
8	11,6	1,75	11,9	1,94	11,3	2,10	12,6	1,75	11,3	1,88
Влажность ткани 90%, скорость движения индентора 500 мм/мин										
1	5,1	2,57	5,4	2,81	5,7	3,04	5,3	2,80	5	3,27
2	8,5	2,31	9,1	2,61	9,5	2,71	8,9	2,78	8,4	3,06
4	9,5	2,14	10,5	2,45	10,7	2,56	10	2,56	11	2,81
6	10,8	1,85	11	2,11	11,6	2,13	11,3	2,33	11,4	2,45
8	13,7	1,64	13,9	1,86	14,5	1,94	14,2	2,01	14,3	2,15

Из таблицы 2 видно, что с увеличением количества слоев усилие прокола увеличивается, а с увеличением влажности – уменьшается. С увеличением скорости движения индентора усилие прокола увеличивается.

С увеличением количества слоев усилие прокола и нагрузка при прорезании увеличиваются, а с увеличением влажности - уменьшаются. С увеличением скорости движения индентора усилие прокола и нагрузка при прорезании увеличиваются.

На начальном этапе при испытании ткани на прокол в один слой практически не наблюдается различий в результатах испытаний, так как пика имеет острый наконечник, гладкую поверхность и малый диаметр в поперечнике, что позволяет ей легко проникать сквозь материал, независимо от его структурных характеристик. При увеличении количества слоев происходит увеличение усилия прокола. Данная зависимость определяется логарифмической функцией.

На усилие прокола влияет скорость движения индентора, так как при возникновении ситуации с применением холодного оружия скорость нанесения повреждений может быть различной. Данная зависимость определяется степенной функцией.

Необходимо отметить, что при общем условии увеличения прочности при повышении количества слоев и изменения влажности скорость движения индентора увеличивает усилие прокола. При скорости 100мм/мин практически все образцы имеют не большую разницу в усилиях прокола. Наибольшие различия наблюдаются при скорости 500 мм/мин.

При анализе зависимости усилия прокола тканей от влажности можно сделать вывод, что изменение данного показателя у всех полотен происходит с одинаковой интенсивностью и кривые накладываются одна на другую.

В зависимости от увеличения влажности величина усилия прокола тканей снижается, так как нити становятся более гладкими, что позволяет индентору в виде пики с меньшим усилием прокалывать ткань. При проколе индентор практически не повреждает нити, так как наличие у индентора в виде пики заточенного наконечника и малой площади поперечного сечения позволяет раздвигать нити, не повреждая их, что значительно снижает усилие прокола, что по механике воздействия на ткань сильно отличает ее от воздействия при прорезании. Данная зависимость определяется полиномом второго порядка.

Таким образом, структурные характеристики оказывают влияние на усилие прокола. Для улучшения этих показателей необходимо использовать наиболее оптимальные виды переплетений, которые обеспечивают максимальные показатели стойкости к проколу и прорезанию [1-7].

Наилучшими характеристиками обладает ткань арт. 86294 полотняного переплетения, а наихудшими – арт. 86136 атласного переплетения.

Для обеспечения безопасности необходимо использовать комплексный подход при формировании оптимального бронепакета, защищающего как от прокола, так и от прорезания, также данный пакет необходимо использовать как составную часть бронепакета для защиты от огнестрельного оружия, так как ткани, используемые для защиты от огнестрельного оружия, не обеспечивают защиту от холодного оружия или иных предметов, которыми при помощи мускульной силы человека можно нанести вред здоровью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буланов Я.И. Разработка методов оценки и прогнозирование физико-механических свойств тканей баллистического назначения: дисс. ... канд. техн. наук: 05.19.01. Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2017.
2. Bulanov Ya. I., Kurdenkova A.V. Effect on Piercing Resistance of Treating Ballistic Fabrics with Resin in Ethanol // *Fibre Chemistry*, May 2017, Volume 49, Issue 1, pp 64–66
3. Буланов Я.И., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Мошкало Н.Г. Прогнозирование усилия прокола тканей баллистического назначения при воздействии различных внешних факторов // *Вестник технологического университета*. 2017. Т.20, №18, с. 93-96.
4. Bulanov Y.I., Shustov Y.S., Kurdenkova A.V. Study of the mechanical properties of ballistic fabrics taking into account the number of layers // *Fibre Chemistry*. 2015. Т. 46. № 5. С. 309-311.
5. Буланов Я.И., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. Исследование механических свойств баллистических тканей с учетом количества слоев // *Химические волокна*. 2014. № 5. С. 41.
6. Bulanov, Y.I., Kurdenkova, A.V., Shustov, Y.S. Influence of External Factors on the Cutting Load and Puncture Force for Ballistic Fabrics // *Fibre Chemistry*, 2020, 51(6), с. 455-458.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЕ INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SPORTS WEAR

Райкова Е.Ю., Пехташева Е.Л.  
Raykova E.Y., Pekhtasheva E.L.

*Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва  
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow  
(e-mail: Raykova.EY@rea.ru, Pekhtasheva.EL@rea.ru)*

*Аннотация:* В статье дан обзор современных технологий изготовления текстильных материалов, применяемых в спортивной одежде, рассмотрены особенности их свойств, а также их влияние на организм человека.

*Abstract:* The article provides an overview of modern technologies for the manufacture of textile materials used in sportswear, considers the features of their properties, as well as the impact on the human body.

*Ключевые слова:* спортивные изделия, современные технологии, переработанные полиэфирные волокна, компрессионные материалы.

*Keywords:* sports products, modern technologies, recycled polyester fibers, compression materials.

Здоровый образ жизни перестал быть только модным веянием, на нем основаны принципы здорового образа жизни современного человека. Это, несомненно, бросает вызов изготовителям спортивной одежды. Достижений в этой области много, конкуренция огромная, скорость внедрения новейших технологий актуальна как никогда. Особо следует выделить такие факторы, как глобализация исследований, экологические аспекты, короткие сроки разработки, апробации и внедрения новых технологий, цифровизация и автоматизация производства.

При эксплуатации спортивной одежды потребитель хотел бы получить не только комфортные ощущения, но и дополнительные функции. Это могут быть, например, пульсометры, компрессионные материалы, материалы, поддерживающие определенные мышцы, изменяющие свой цвет при нагрузках. Особенностью современного производства спортивных изделий является направленность на удовлетворение максимального числа потребностей. Кроме того, и в производстве спортивной одежды применяется группировка по видам спорта: зимние виды и пр. Если раньше такая одежда изготавливалась для профессионалов, то сейчас она занимает ниши бытовой спортивной одежды.

Технологические инновации в спортивной одежде можно сгруппировать по следующим признакам: цифровизация технологий, повышение гигиенических характеристик одежды и совершенствование технологий по созданию одежды из переработанных материалов. Рассмотрим подробнее некоторые из современных технологий производства спортивной одежды. [1]

Проблема переработки синтетических материалов стоит необычайно остро. Те компании, которые используют в своем производстве вторичное синтетическое сырье, выполняют не только важную экологическую, но и социальную функцию.

Компания Nike применяет технологию Dri-Fit, которая основана на использовании эластичной микрофибры, впитывающей влагу и выводящей ее на поверхность. Первоначально такие материалы применялись для производства футболок, спортивных брюк, курток.

Технологию можно отнести к экологичной, т.к. сырье получают из переработанных синтетических материалов. В настоящее время компания разработала новую версию dri-fit 2.0. В этой версии материала используется вторичная хлопчатобумажная пряжа и переработанный полиэфир. Ранее в смеси применялся полиамид, который был заменен, т.к. снижал гигиенические свойства изделий. Это позволило расширить производство путем создания линейки одежды из переработанных материалов с высокими гигиеническими характеристиками. [2]

Кроме того, компания Nike, которая также известна в спортивной индустрии как изготовитель «умной одежды», работает над созданием одежды на базе цифровой платформы, интегрированной с мобильными устройствами.

В линейке спортивных изделий компании Adidas применяется технология Climacool, основанная на создании материалов, состоящих из особых микросеток и обеспечивающих достаточный влаго- и воздухопроницаемость. Сетчатые вставки располагают в наиболее критичных зонах потоотделения. Таким образом, пот эффективно поглощается и выводится на поверхность с последующим испарением. При этом сохраняется естественный воздухообмен, и спортсмен чувствует себя в футболке комфортно, даже при самых интенсивных нагрузках. Кроме того, эта технология позволяет использовать переработанные синтетические волокна и нити.

Созданная еще в 2016 году технология создания текстильных материалов subZero с эффектом охлаждения, основана на использовании плоской нити с титановыми волокнами и внедрением 3D алюминиевых сфер, что обеспечило мгновенное охлаждение даже при высоких температурах и максимальной нагрузке. Одежда, изготовленная из этого материала, может быть использована для активных видов спорта, а также в жарком климате. В настоящее время ведутся разработки по использованию переработанных волокон для изготовления этих материалов.

Другим направлением исследований компании является разработка материалов для зимних видов спорта, обладающих теплозащитными функциями. Результатом явилась технология ClimaWarm, которую применяют для производства пуховиков. В качестве основы применяют плотный синтетический материал, который обеспечивает естественную теплоизоляцию тела и при этом обладает воздухопроницаемыми свойствами. Сам по себе этот материал, несмотря на достаточную плотность, обладает невысокой поверхностной плотностью, поэтому ClimaWarm отлично подходит для занятий спортом в зимний период.

Разработки в области создания многослойных материалов привели к появлению Tech Pack. Ткань, изготовленная по данной технологии, имеет два слоя из хлопка и полиэфира, при этом производители подчеркивают ее легкость, способность сохранять тепло и выводить естественное испарение. Чаще всего ткань используют для пошива свитшотов, спортивных курток и брюк.

Технология Cool Cell разработана и запатентована компанией Puma. Высоко функциональные материалы быстро впитывают влагу и поглощают испарения. На каждом изделии компания располагает сетчатые вставки, которые расположены анатомически удобно и верно, которые обеспечивают оптимальную терморегуляцию во время тренировок любой интенсивности. И даже при использовании в качестве базового слоя, например, при тренировках на улице осенью или даже зимой, сохраняет необходимый комфортный режим.

Ещё одна из разработок компании Puma является материал Warm Cell, который снабжен капиллярной структурой, позволяющей легко выводить испарение влаги на поверхность, при этом данная технология и стимулирует выделение пота.

Компания Puma разработала проницаемый трикотаж dri-release с отделкой FreshGuard, обеспечивающий оптимальный температурный баланс. Этот материал высыхает и испаряет влагу в 4 раза быстрее хлопка, прекрасно сохраняет цвет изделия, не скатывается, почти не мнется.

Он состоит из натуральных гидрофильных волокон, которые поглощают и задерживают влагу в нем, и из синтетических волокон, которые выводят влагу на поверхность изделия, откуда она быстро испаряется, контактируя с воздухом. Отделка FreshGuard устраняет образование неприятного запаха и усиливает свойства поглощения. Однако, изделия, созданные из материалов Drirelease, не любят стирки при высоких температурах и присутствие кондиционеров для белья: масла, воск и ароматизаторы, входящие в состав кондиционеров, ухудшают все полезные свойства этих материалов.

Если говорить о другой группе материалов, которые используются для изготовления спортивной одежды, то здесь следует рассмотреть компрессионные материалы, которые воздействуют на мышечный тонус спортсмена. Данные технологии позволяют улучшить кровоснабжение, способствует выводу влаги, позволяют сконцентрировать определенные усилия на конкретные мышцы при длительных нагрузках. Тем самым данная технология повышает общую выносливость и способствует спортивным достижениям.

Последними разработками в области создания спортивной одежды является технология Radiate Athletics и выработанная по этой технологии ткань Радиата, которая является результатом реинжиниринга совместно с центром НАСА.

Согласно разработанной технологии НАСА в материале изменяется способ отражения электронов света в присутствии тепла тела (даже когда оно колеблется). Другими словами, в одежду встроено тепловое зрение, что позволяет тренировать определенные мышцы. Точнее, при физических нагрузках отдельные детали изделия меняют цвет в зависимости от напряжения мышц.

Одежда выглядит совершенно обычным образом, но когда спортсмен надевает её и начинает выполнять упражнения, тело вырабатывает тепло и особенно нагруженные группы мышц начинают выделяться яркими цветными пятнами. Главная ценность состоит в том, что она позволяет грамотно распределять нагрузки, не поддаваясь на обманные ощущения организма. Этот материал имеет антимикробную пропитку, которая препятствует образованию неприятного запаха. Исследования в области кинестетики подтвердили приятные ощущения при соприкосновении с изделиями из этого материала. [4]

Другой разработкой, основанной на исследованиях НАСА, являются костюмы компании Speedo, изготовленные по технологии LZR Racer. Спортивные купальники, сделанные из смеси полиамида и лайкры, содержат водоотталкивающие структуры, которые уменьшают сопротивление воды и позволяют пловцу двигаться быстрее. Этот материал назвали «кожа акулы», в настоящее время он используется не только в производстве экипировки для профессиональных спортсменов, но и в гидрокостюмах, гражданские версии которых доступны и пользуются большой популярностью во всём мире.

Технология Speedo была признана «техническим допингом», так как практически лишала спортсменов, у которых не было таких костюмов, шансов на высокие места. [3]

Все чаще на рынке спортивной одежды встречаются изделия из полимерных материалов со специальной антибактериальной пропиткой, дополнительными свойствами и особыми переплетениями. Также существуют ткани, волокна которых содержат капсулы с различными увлажняющими, подтягивающими и жиросжигающими средствами. Всё это повышает спрос на такие материалы, произведённые с использованием инновационных технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Спорт высоких инноваций. ТОП-10 лучших примеров слияния спорта и технологий // Novate [Электронный ресурс]. – 2020. –Режим доступа: <http://www.novate.ru/blogs/140813/23740/> (дата обращения 30.09.2020).

2. Дробышев И. Как Nike обогнал по инновациям SpaceX, Intel и Dell. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/337371-kak-nike-obognal-po-innovaciyam-spacex-intel-i-dell> (дата обращения 6.10.2020)

3. Japanese search for new swimsuits – Режим доступа: [http://news.bbc.co.uk/2/hi/in\\_depth/7434159.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/7434159.stm) (дата обращения 6.10.2020)

4. Radiate Athletics: The Future of Sports Apparel – Режим доступа <https://www.kickstarter.com/projects/radiate/radiate-athletics-the-future-of-sports-apparel> (дата обращения 6.10.2020)

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА  
КАНАТОВ И СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
ANALYSIS OF THE STATE AND PROSPECTS OF THE MARKET FOR  
ROPES AND SYNTHETIC MATERIALS**

**Суворова А.С., Давыдов А.Ф.  
Suvorova A.S., Davydov A.F.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: adavydov46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье проанализировано состояние и проведена оценка перспектив развития рынка судоводных канатов и синтетических материалов для их изготовления.

*Abstract:* The article analyzes the state of affairs and assesses the prospects for the development of the market for shipping ropes and synthetic materials for their manufacture.

*Ключевые слова:* судоводные канаты, синтетические материалы, полиамид, полиэтилен, полипропилен.

*Keywords:* shipping ropes, synthetic materials, polyamide, polyethylene, polypropylene.

Согласно маркетинговому исследованию от компании Tebiz Group, на рынке канатно-веревочных изделий объем производства изготавливаемой продукции в России в 2018 году оказался на отметке 18,9 тыс. т, снизившись относительно 2017 года на 4,1%.

Также за последние несколько лет на российском рынке канатно-веревочных изделий импорт обладал нестабильной динамикой, снизившись в 2018 году на 29,3% по отношению к прошлому году. Больше всего продукции в Россию завезли в 2014 году (94,8 млн. долл). Крупнейшей страной-импортером канатно-веревочных изделий в 2018 был Китай - 9,8 млн. долл, затем следовали Белоруссия (5,8 млн. долл) и Южная Корея (4,8 млн. долл).

Казахстан - лидирующая страна-потребитель российской продукции: в 2018 году в соседнее государство ввезли 28,38% канатно-веревочных изделий. Следом идут Белоруссия (11,77%), Южная Корея (10,4%), Киргизия (9,64%) и Кипр (5,12%).

В региональной импортной структуре в 2018 году ключевые позиции принадлежали: Москва - 18,3%, Санкт-Петербург - 11,9%, Приморский край - 10,3%. Среди субъектов крупными поставщиками канатно-веревочных изделий стали Калининградская область (31,38% от общей величины поставок), Ростовская область (27,27%) и Москва (7,74%). В общем объеме указанные регионы формировали 18,74 млн. долл.



В то же время российские поставки экспорта канатно-веревочных изделий за рубеж на протяжении 2014-2018 гг. выросли на 15,97% с 24,34 до 28,23 млн. долл. Наиболее существенное изменение в объеме вывоза товара из России на протяжении исследуемого периода было зафиксировано в 2016 году: рост на 15,62% с 20,46 до 23,66 млн. долл.

Рынок полиамида в России полностью ориентирован на экспорт. Согласно исследованию маркетингового агентства DISCOVERY Research, отечественный производитель ПАО КуйбышевАзот является монополистом рынка: объем производства полиамида в России данным предприятием составляет 97-99% от всего производства полиамида в России (таким образом, на прочих российских производителей приходится 1-3% производства) (рисунок 1).

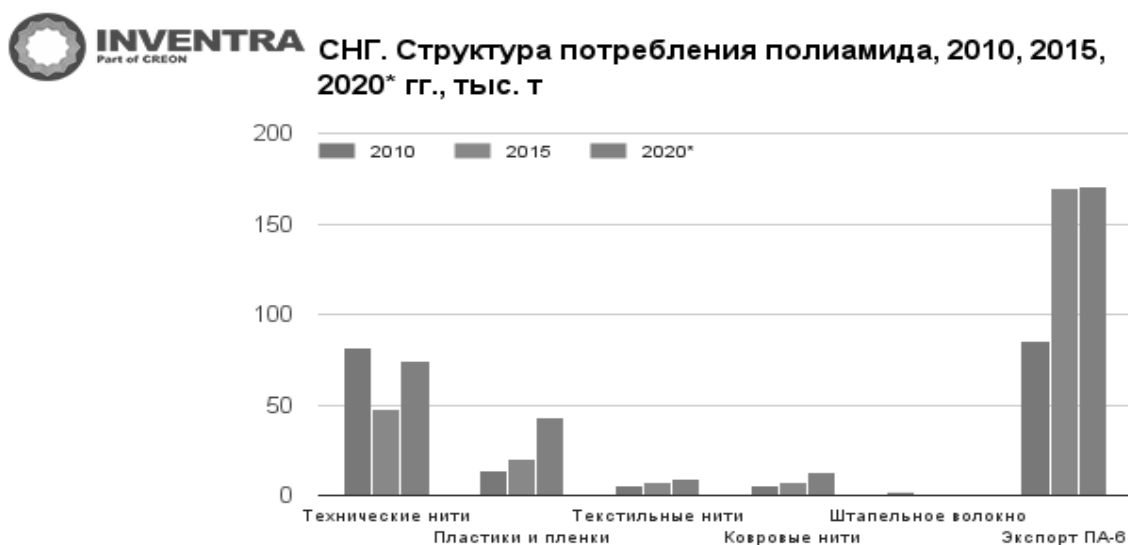


Рисунок 1 – Структура потребления полиамида

Несмотря на значительные объемы экспорта отечественного полиамида из России, производство некоторых видов полиамида еще не освоено отечественными производителями, а потребности в данной продукции есть. По этой причине в Россию импортируются некоторые марки полиамида зарубежных производителей.

Более 50% всего потребляемого полиамида уходит на изготовление нитей искусственного производства. Эти нити впоследствии находят своё применение в легкой промышленности, там их используют для создания тканей и технического текстиля. Кроме того, в данной области главным образом применяется полиамид, произведенный в России. На зависимый от импорта сегмент пищевых пленок и оболочек уходит порядка 20% полиамида. Помимо этого, полиамиды проходят процесс компаундирования, а также их используют в отрасли электротехники и машиностроения [2].

Каждый год на внешних рынках продается порядка 70% полиамида, произведенного в России. В Китай идет основная часть произведенного материала.

Объем производства полиамида в России в 2016 году составил 156,6 тыс. тонн, что на 6,2% больше, чем в 2015 году. В 2017 году рост производства за-

медлился и составил 1,1% по сравнению с 2016 годом, что эквивалентно 158,3 тыс. тонн.

В структуре производства полиамида по регионам в 2017 году основную долю составила Самарская область – 97% от объема производства в натуральном выражении.

В структуре импорта полиамида в Россию по производителям в 2017 году основную долю составили поставки компании BASF – 26% от объема импорта в натуральном выражении. В структуре экспорта полиамида из России по производителям в 2017 году основную долю составили поставки компании ПАО КуйбышевАзот – 99% от объема экспорта в натуральном выражении.

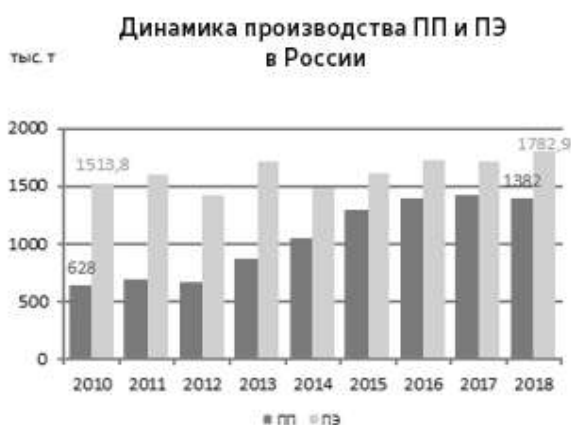
Огромное значение для импорта имеют полиамид-сополимеры, которые составляют около 60%, однако и в этом направлении наблюдается уменьшение объемов поставок. Полиамид-сополимеры – это стеклонаполненные полиамид-6 и полиамид-66, остающиеся самыми востребованными на рынках России. Популярными остаются наполнители антигорючего, термостабилизирующего и ударопрочного характера. Полиамид-сополимеры главным образом применяют для литья электротехники и автокомпонентов.

Российский рынок полиамид-пластиков практически не развит, поскольку сам продукт является очень специфическим и дорогим. Стоит отметить малое количество трейдеров, по той причине, что барьеры входа на этот рынок слишком высокие. Те, кто занимаются переработкой, как правило, связываются с производителями напрямую и решают вопросы импорта в одностороннем порядке. В России функционирует лишь один производитель, который выпускает ненаполненный полиамид-6 с целью переработки, и полиамид-6, служащий основой для последующего создания полиамид-сополимеров – КуйбышевАзот.

На протяжении 2016-2019 годов в России наблюдается подъем производства полимеров этилена в первичных формах. В 2018 году в России было произведено 2 196 472 тонн полимеров этилена в первичных формах, что на 7,6% выше объема производства предыдущего года (рисунок 2).



### Баланс производства-потребления ПП и ПЭ в РФ



**Рисунок 2 – Баланс потребления полипропилена и полиэтилена**

Производство полимеров этилена в первичных формах в июле 2019 года увеличилось на 1,4% к уровню июля прошлого года и составило 182 153,9 тонн.

Объем производства полиэтилена в России за 2014-2018 гг увеличился на 38,6%: с 1,52 до 2,10 млн т. Несмотря на рост объёмов выпуска, рынок стагнировал в последнее десятилетие из-за отсутствия новых производств. Улучшение показателей достигалось за счет модернизации существующих мощностей. Так, например, в начале 2018 г была завершена реконструкция реакторного блока производства полиэтилена на ООО «Ставролен». Модернизация линии позволила расширить марочный ассортимент продукции и улучшить потребительские свойства.

Ситуацию на рынке должен изменить новый нефтехимический комплекс «ЗапСибНефтехим», строительство которого завершается на Тобольской площадке СИБУРа. Проектные мощности нового комбината: 1,5 млн т этилена, 500 тыс т пропилена, 1,5 млн т полиэтилена и 500 тыс т полипропилена. Они пойдут на создание широкой линейки продуктов: строительных материалов, труб водоснабжения, медицинских изделий, пищевых плёнок, изоляции для оптоволоконных кабелей, ковровых покрытий и других. С выходом на полную мощность «ЗапСибНефтехима» планируется не только полностью покрыть внутрироссийский спрос на полиэтилен, но и начать активную экспортную экспансию.

В 2020-2023 гг, по прогнозам BusinesStat, выпуск полиэтилена в России будет активно расти в среднем на 12,4% в год. Кроме того, ряд российских производителей полиэтилена планируют в ближайшие годы модернизировать производства с целью увеличения объемов выпуска («Казаньоргсинтез», «Нижекамскнефтехим» и др.). По итогам 2023 г в стране будет производиться около 3,77 млн т полиэтилена, что превысит значение 2018 г почти на 80%. [3]

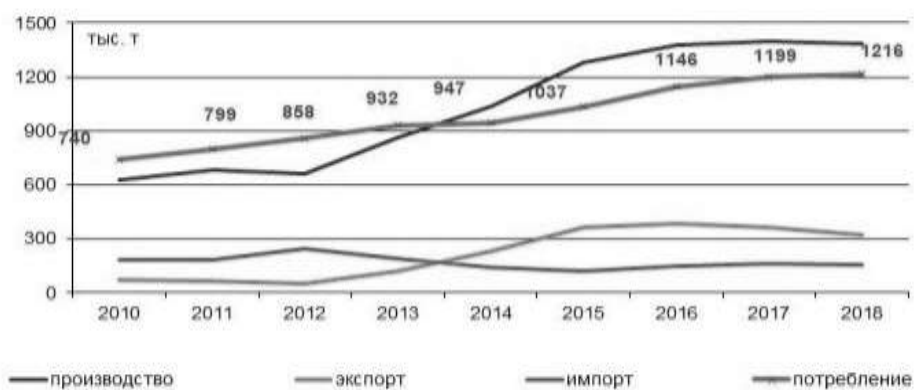
В 2016-2019 годах в России наблюдается как спад, так и подъем производства полимеров пропилена в первичных формах. В 2018 году в России было произведено 1 409 722,6 тонн полимеров пропилена в первичных формах, что на -0,6% ниже объема производства предыдущего года. Производство полимеров пропилена в сентябре 2019 года уменьшилось на -0,3% к уровню сентября прошлого года и составило 121 309,6 тонн.

По данным аналитической компании «Креон», с 2010 г. за счет инвестиций и развития мощностей производство полипропилена в России выросло на 120%, до 1,382 млн т, а его потребление — на 64% (1,216 млн т). Расширяется марочная структура производимого полипропилена, ведется политика импортозамещения. Мощности увеличились в 2 раза (1,42 млн т), но уже сейчас предприятия работают с максимальной загрузкой (97% в 2018 г).

По ее словам, именно высокая степень загрузки мощностей не дает расти рынку с точки зрения производства: в 2017 г. прирост составил всего 1,6%, а в 2018 г. динамика была отрицательной (-1,4%) (рисунок 3).

Лидером производства полимеров пропилена от общего произведенного объема за 2018 год стал Уральский федеральный округ с долей около 31,4%. Средняя цена производителей на полимеры пропилена в 2019 году выросла на 2,2% к уровню прошлого года и составила 84 812,4 руб./тонн.

## ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫНКА ПОЛИПРОПИЛЕНА В РОССИИ



Источник: Креон Групп.

Рисунок 3 – Рынок полипропилена

В октябре 2019 года российские компании сократили внешние поставки полипропилена, импорт составил 14,9 тыс. тонн против 17 тыс. тонн месяцем ранее, снизились поставки блок-сополимеров пропилена (ПП-блок) из Европы. Таким образом, за январь – октябрь текущего года суммарный объем импорта полипропилена в Россию составил около 152,1 тыс. тонн полимеров пропилена против 158,5 тыс. тонн годом ранее.

Сократились объемы внешних закупок по всем видам полимеров пропилена, исключение лишь составили блок-сополимеры пропилена (ПП-блок), при этом наиболее ощутимо сократился импорт ПП-гомо.

В настоящее время в России действует семь производств полипропилена совокупной мощностью 1,45 млн тонн.

Основой для нивелирования негативных факторов и дальнейшего перспективного развития является поиск путей диверсификации внешних связей, а также увеличение внутреннего спроса за счет его стимулирования со стороны государства и бизнеса.

Среди мер, способствующих росту потребления, выделяются:

- Обновление системы стратегических документов в химической промышленности и смежных отраслях
- Развитие стандартов и регламентов в производстве химической продукции и потребляющих отраслях
- Оптимизация таможенного регулирования отрасли
- Государственная поддержка инвестиционных проектов
- Использование полимеров на предприятиях, обеспечивающих национальную безопасность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Tebiz Group. Рынок полиэтилена в России - 2020. Показатели и прогнозы.
2. DISCOVERY Research Group. Анализ рынка полиамидов в первичных формах в России.
3. BusinesStat. Анализ рынка полиэтилена в странах СНГ в 2015-2019 гг., прогноз на 2020-2024 гг.

**ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЗУЕМОСТИ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ  
МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК  
CHANGES IN ELECTRICABILITY OF FABRICS AFTER MULTIPLE  
WASHING**

**Давыдов А.Ф., Шампарова Н.В.  
Davydov A.F., Shamparova N.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(niknatysik@yandex.ru)*

*Аннотация:* Специалистами лаборатории ООО «ЭКСПЕРТИЗА» при поддержке кафедры текстильного материаловедения и товарной экспертизы были проведены испытания 7 образцов тканей. Все 7 образцов тканей участвовавшие в испытаниях заявлены, как огнестойкие имеют различные составы и разных производителей. Испытуемые образцы подвергались многократным стиркам в лабораторных условиях. Испытания проводились по методикам и в соответствии с требованиями нормативных документов.

*Abstract:* Experts of the laboratory of LLC "EXPERTIZA", with the support of the Department of Textile Materials Science and Commodity Expertise, tested 7 samples of fabrics. All 7 samples of fabrics that participated in the tests are declared as fire resistant have different compositions and different manufacturers. The test samples were subjected to repeated washing in the laboratory. The tests were carried out according to the methods and in accordance with the requirements of regulatory documents.

*Ключевые слова:* специальная одежда, электризуемость материалов.

*Key words:* special clothing, electrification of materials.

Электризуемость - это способность материалов накапливать на поверхности статическое электричество. Электризуемость волокон является очень важным показателем, так как оказывает негативное влияние на гигиенические свойства специальной одежды. При носке изделий возникает неприятное ощущение прилипания к телу, а так же они очень быстро загрязняются. Способность материалов, применяемых в изготовлении специальной одежды электризоваться, следует рассматривать в неразрывной связи с санитарно-гигиеническими требованиями, так как действие статического электричества связано с нарушением обмена веществ, изменением кровяного давления, повышением раздражительности и утомляемости, способствует ощущению дискомфорта рабочего, которому необходимо целый день находится в СИЗ.

Проведены испытания в испытательной лаборатории ООО «Экспертиза», электризуемость материалов определяют по МУК 4.1/4.3.1485-03 «Гигиеническая оценка одежды для детей, подростков и взрослых», п.3.2. В качестве объектов исследования отобраны ткани различного волокнистого состава и раз-

личных производителей. Характеристики объектов исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1- Характеристики объектов исследования

№ образца	Наименование объекта	Изготовитель	Состав сырья
1	Образец ткани Термошилд Арамид 180-19-3908, цвет: темно-серый, отделка: нефте- масловодоотталкивающая	Текстайм, Германия	Метаарамид-93%, параарамид- 5%, ан- тистатические волок- на -2%
2	Образец ткани Термошилд ПС, цвет: темно-зеленый	Текстайм, Германия	Рапох-50%, параарамид- 50%
3	Образец ткани ФЛЭЙМСТАТ ЛАЙТ (Flamestat Lite, Carrington), облег- ченная огнестойкая антистатичная ткань, цвет: серый	Текстайм, Ан- глия	Хлопок- 100%
4	Образец ткани НАФТ 280 (NAFT 280) с нефте-масло- водоотталкивающей отделкой на ин- новационной базе флюорокарбона (FC), цвет: темно-синий	ООО «АЛЬ- ТРАТЕКС», Россия	Хлопок- 99%, антистатическая нить- 1%
5	Образец ткани Meteor FR. обработка Proban EN531, цвет: синий.	Клорман, Италия	Хлопок- 100%
6	Образец ткани Фореман, с масловодоотталкиваю- щей отделкой Splashgard Chemo, цвет: оранжевый сигнальный флуо- ресцентный.	Адвентум Технолоджис, Россия	Полиэфир-67%, Хлопок-33%
7	Образец ткани Премьер Protect 170, артикул 80016А, отделка: нефтемасловодоот- талкивающая, цвет: коричневый	Чайковский текстиль, Рос- сия	ПЭ-100%, антистати- ческая нить

Электризуемость определяют по величине напряженности электростатического поля, единица измерения - кВ/м. Образец должен иметь размеры 1х1 м. Аппаратура и материалы:

- измеритель напряженности электростатического поля СТ-01;
- плоский металлический электрод размером 500х500 мм и толщиной не менее 3 мм для размещения на его поверхности образцов;
- измерительная проводящая пластина диаметром 200 мм с закрепленными ограничительными стойками-изоляторами длиной 100 мм;
- валик диаметром 50 мм с длиной рабочей части не менее 500 мм; рабочая часть валика должна быть обернута одним слоем 100%-ной полиамидной ткани.

Измерение напряженности электростатического поля проводят в покое в течении 3 минут. Результатом испытаний считают максимальное значение напряженности электростатического поля ( $E_n$ ).

В таблице 2 приведены результаты определения электризуемости тканей специального назначения после многократных стирок.

Таблица 2 – Показатель электризуемости тканей, кВ/м

Количество стирок	Наименование образца						
	Обр. №1	Обр. №2	Обр. №3	Обр. №4	Обр. №5	Обр. №6	Обр. №7
0	0,4	2,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4
1	0,4	2,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4
5	0,4	2,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4
10	0,3	2,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4
25	0,3	2,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3
50	0,3	2,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3

В результате проведенных испытаний тканей было установлено, что в процессе стирок электризуемость уменьшается у образцов № 1,2,7. Можно отметить, что в процессе стирок электризуемость уменьшается у тканей содержащих химические волокна, это связано с вымыванием нанесенных антистатических составов. В хлопкосодержащих тканях в процессе многократных стирок электризуемость не изменяется.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов А.Ф. Текстильное материаловедение. М.: РЗИТЛП, 1997. 168 с.
2. Одинцова О.И. Основы текстильного материаловедения: учебное пособие / О.И. Одинцова, М.Н. Кротова, С.В. Смирнова / Иван. гос. хим.-технолог. ун-т. - Иваново, 2008. - 63с.
3. Шустов Ю.С. Основы текстильного материаловедения. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 302 с.
5. МУК 4.1/4.3.1485-03 «Гигиеническая оценка одежды для детей, подростков и взрослых»
6. <http://docs.cntd.ru/document/1200036977>

УДК 677.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ХИРУРГИЧЕСКИХ УЗЛОВ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ INVESTIGATION INTO DIFFERENT SURGICAL KNOTS OF SUTURE MATERIALS

**Винокурова Т.И.  
Vinokurova T.I.**

*Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В.Вишневского, Москва  
Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery, Moscow  
(e-mail: [tivinok@mail.ru](mailto:tivinok@mail.ru); [vinokurova@ixv.ru](mailto:vinokurova@ixv.ru))*

*Аннотация:* Проведена сравнительная оценка свойств различных видов хирургических узлов, используемых при наложении швов при оперативных вмеша-

тельствах. Предложены критерии оценки прочности и надёжности узлов шовных материалов разного химического состава и типоразмера.

*Abstract:* A comparative assessment of the properties of various types of surgical knots used for suturing during surgery has been carried out. Criteria for assessing the strength and reliability of suture materials of different chemical composition and size are proposed.

*Ключевые слова:* шовные материалы, хирургические нити, хирургические узлы, надёжность узлов.

*Key words:* suture materials, surgical threads, surgical knots, knot reliability.

Одним из основных требований, которые предъявляются к шовным материалам (хирургическим нитям), это требование к надёжности накладываемых в процессе оперативного вмешательства хирургических узлов. Хирургический узел является самой ответственной частью хирургического шва и определяет несостоятельность шва в случае наложения ненадёжных узлов.

Надёжность хирургических узлов зависит от многих факторов, в том числе от химической природы нити, ее текстильной структуры, фрикционных свойств поверхности нити и самого типа узла.

Анализ данных литературы и собственных исследований позволил предложить три характеристики хирургических узлов [1, 2]

- удерживающая способность  $УС_y$ , Н;
- эффективность  $\mathcal{E}_y = УС_y \cdot 100 / P_{уз}$ , %;
- надёжность  $H_y = n_y \cdot 100 / n_{общ}$ , %

где  $P_{уз}$  - разрывная нагрузка нити в простом (одинарном) узле,

$n_y$  – число проб, разорвавшихся в узле,

$n_{общ}$  – общее число испытанных проб.

Для каждого конкретного узла индекс "у" заменяется на его обозначение, как это было предложено в работе [3].

Использование характеристик  $УС_y$  и  $\mathcal{E}_y$  позволяет выбрать наиболее прочные и надёжные узлы для данного конкретного вида шовного материала, а также узлы, которые не рекомендуется использовать её при применении.

В то же время проведение сравнительной оценки однотипных узлов для разных шовных материалов представляет определённое затруднение, так как у разных видов этих изделий, как правило, отличаются показатели  $P_{уз}$ . Таким образом, показатель  $\mathcal{E}_y$  является мерой того, насколько прочностью конкретной хирургической нити реализуется в конкретном хирургическом узле, и может быть использован с целью выбора наиболее прочного и в то же время достаточно простого среди надёжных узлов именно для данной нити данного типоразмера.

Для проведения же сравнительной оценки хирургических узлов шовных материалов разного химического состава и структуры (нерассасывающихся и рассасывающихся; многофиламентных кручёных или плетеных, моонитей; нитей с покрытием и без покрытия; из синтетических нитей и нитей биологической природы), но одного типоразмера (толщины), предлагается такая характеристика как относительная прочность узла  $ОУС_y$ :

$$ОУС_y = УС_y / P_{уз баз},$$



где  $УС_y$  – фактическое значение удерживающей способности узла;

$P_{уз баз}$  - базовое значение разрывной нагрузки нити в простом узле для данного вида и типоразмера хирургической нити в соответствии в ГОСТ 31620-2012 [4].

Показатель  $ОУС_y$  позволяет сравнивать между собой различные узлы шовных материалов, относящихся к одному виду, например, к нерассасывающимся, синтетическим рассасывающимся многофиламентным или монопиям.

Использование предложенного критерия оценки качества хирургических узлов продемонстрировано на примере капроновых и лавсановых плетеных нитей метрического размера 4 (диаметр 0,43 мм) без покрытия и с покрытием из сополимера гликолида с лактидом (ПГЛ) (Таблица 1). Проанализированы узлы параллельные (обозначенные символом "=") и перекрестные (обозначенные символом "x") с разным числом перекидов.

Таблица 1 – Относительный показатель удерживающей способности хирургических узлов капроновых и лавсановых плетеных хирургических нитей метрического размера 4

Тип узла	ОУС <sub>y</sub> , доли			
	Капрон плетеный		Лавсан плетеный	
	без покрытия	с покрытием	без покрытия	с покрытием
1=1	1,3	~ 0	1,3	0,2
1x1	0,2	~ 0	0,1	0,1
1=1=1	1,4	0,9	1,3	0,9
1x1x1	1,1	0,5	1,3	0,4
1=1=1=1	1,4	1,3	1,3	1,1
1x1x1x1	1,4	0,7	1,3	0,8
1=1=1=1=1	1,4	1,3	1,4	1,1
1x1x1x1x1	1,4	1,3	1,3	1,1
2=1	1,2	0,3	1,4	0,5
2x1	0,6	0,1	~ 0	0,2
2=1=1	1,5	1,0	1,5	0,9
2x1x1	1,5	0,5	1,6	0,6

Из таблицы 1 видно, что одни и те же узлы капроновых и лавсановых плетеных нитей без покрытия проявляют примерно одинаковую  $УС_y$ , соответствующую или превышающую требования к прочности самой хирургической нити, в то время как и для капроновых, и для лавсановых нитей с покрытием можно рекомендовать только 4 и 5 параллельных узлов (1=1=1=1, 1=1=1=1=1) и 5 перекрестных (1x1x1x1x1). При этом даже узлы, имеющие прочность, превышающую базовое значение  $P_{уз}$ , ( $ОУС_y > 1$ ), могут не иметь 100%-ной надёжности, т.е. скользить в узле при приложении к нему напряжения. Надёжными узлами для исследованных нитей с покрытием ПГЛ для капроновых нитей является узел 1=1=1=1=1, а для лавсановых – узлы 1=1=1=1 и 1=1=1=1=1.

Исследованы также хирургические плетёные нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), которые, в силу своей высокой прочности, используются в основном, в травматологии и ортопедии. Так, фактическая  $P_{уз}$

нитей СВМПЭ метрического размера 3,5 (диаметр 0,37 мм) почти в 3 раза превышает установленные стандартом на шовные материалы требованиям (59 Н при требовании 22 Н). Однако, как показали результаты исследований, в силу малого трения эти нити требуют наложения сложных и объемных узлов. Испытания, проведенные с целью нахождения наиболее надежного хирургического узла показали, что надежными можно считать лишь параллельные узлы с семью или восемью перекидами (7= и 8=), хотя и они достигают лишь 80 и 90 % -ной надёжности (Таблица 2).

Таблица 2 - Характеристики хирургических узлов плетеных нитей СВМПЭ метрического размера 3,5

Тип хирургического узла	УС <sub>y</sub> , Н	Н, %	Э <sub>y</sub> , %	ОУС <sub>y</sub> , доли
1=1	5,3	~ 0	9	0,2
1x1	1,0	~ 0	2	~ 0
1=1=1	14,7	~ 0	25	0,7
1x1x1	10,1	~ 0	17	0,5
1=1=1=1	25,0	~ 0	42	1,1
1x1x1x1	25,6	~ 0	44	1,2
1=1=1=1=1	35,7	~ 0	61	1,6
1=1=1=1=1=1	51,9	60	88	2,4
1=1=1=1=1=1=1	68,6	90	117	3,1
1=1=1=1=1=1=1=1	63,4	80	108	2,9
2=2	20,2	~ 0	34	0,9
2x2	21,2	~ 0	36	1,0
2=1=1	16,5	~ 0	28	0,8
2x1x1	12,7	~ 0	22	0,6

Как видно из таблицы 2, даже при высокой удерживающей способности сложных хирургических узлов СВМПЭ-нитей, в 3 раза превышающей требования стандарта, не обеспечивается 100%-ная надежность шва.

Таким образом, для сравнительной оценки прочностных свойств хирургических узлов может служить показатель ОУС<sub>y</sub>, выраженный в долях или в процентах, а их надёжности (отсутствие развязывания) - показатель надёжности Н<sub>y</sub>, выраженный в процентах.

Установление наиболее прочных и надёжных узлов должно проводиться в процессе разработки и постановки шовных материалов на производство и отражаться в эксплуатационной документации (инструкции по применению) на шовный материал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Винокурова Т.И., Кирюхин С.М., Федорова Е.Ф. Оценка надежности хирургических узлов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности.- 1997.- № 4.- С.12-15.

2. Винокурова Т.И. Выбор критериев сравнительной оценки свойств хирургических узлов // Материалы III Международной конференции "Современ-

ные технологии и возможности реконструктивно-восстановительной и эстетической хирургии". М., 2012. – С.246-249.

3. Tera H., Aberg C. Tensile strength of twelve types of knot employed in surgery, using different suture materials //Acta Chir.Scand.- 1976.- V.142. - № 1. - P.7.

4. ГОСТ 31620-2012 Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний.

**УДК 677.017**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ  
МАТЕРИАЛОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА  
AUTOMATED METHODS FOR DETERMINING THE PROPERTIES OF  
MATERIALS AS A FACTOR OF INCREASING THEIR QUALITY**

**Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В.  
Lapshin V.V., Smirnova N.A., Zamyshlyeva V.V.**

*Костромской государственный университет  
Kostroma State University  
(e-mail: vlv1000@mail.ru; nadejda.smirnova.a@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье приведены сведения о разработанных и запатентованных КГУ экспериментальных методах и автоматизированных компьютерных системах для их реализации. Использование автоматизированных методов позволяет создавать базу оцифрованных данных по малоизученным свойствам материалов, которые определяют назначение материалов и улучшают оценку качества.

*Abstract:* the article provides information about experimental methods developed and patented by KSU and automated computer systems for their implementation. The use of automated methods allows you to create a database of digitized data on poorly studied properties of materials that determine the purpose of materials and improve quality assessment.

*Ключевые слова:* автоматизированные методы, измерительный комплекс, материалы, показатели качества.

*Key words:* automated methods, measurement facilities, materials, and quality indicators.

Автоматизация деятельности промышленных предприятий была главной тенденцией развития промышленного производства на протяжении последних десятков лет. Если на начальном этапе это было связано с новыми возможностями информационных технологий и развитием микропроцессорной техники, то после 2000-х это обусловлено изменением экономических условий. Поэтому в настоящий момент «выживаемость» предприятий во многом зависит от темпов увеличения производительности труда, снижения издержек, сокращения

времени разработки и вывода на рынок новых изделий. При всём этом процесс проектирования швейных изделий, на этапе конфекционирования материалов при обеспечении заданных потребительских свойств изделия до сих пор остаётся слабо автоматизированным. Внедрение в современное производство систем автоматизированного проектирования швейных изделий требует создания инструментального комплекса для определения свойств материалов изделий легкой промышленности с целью повышения их качества за счёт выбора наиболее рациональных материалов. Анализ существующих методов и средств определения основных свойств материалов [1] выявил основные недостатки, связанные с применением методов к определенным видам и группам материалов, малую информативность, статический характер испытаний, низкую достоверность результатов в силу методического и инструментального несовершенства. Комплекс показателей, рекомендуемых ГОСТами, дает ограниченную информацию о материалах, достаточную только для оценки выходного качества текстильной продукции. Стандартные приборы не позволяют реализовать графическую запись, например, процессов изгиба и восстановления и изучить их кинетику. Стандартные методы определения трения полотен и способности ткани к сдвигу отсутствуют. Недостаточно изученными являются растяжение в динамических условиях, трение, термомеханический анализ, несмотря на то, что именно эти свойства определяют назначение материалов и систем материалов и оказывают решающее влияние на выбор методов конструирования и технологической обработки. Отсутствие компьютерных методов определения технологических и эксплуатационных свойств, реализующих получение новых характеристик исследуемых материалов при различных видах деформации с учетом кинетики деформирования и релаксации при восстановлении, ограничивает внедрение новых цифровых технологий.

Создание компьютерных методов осуществлялось в соответствии с разработанной методологией и составом автоматизированных систем и устройств к стандартному оборудованию, входящих в измерительный комплекс (рисунки 1, 2).

Автоматизированные системы позволяют делать графическую запись и получать новые характеристики, не имеющие аналогов среди используемых в текстильном материаловедении, для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов изделий легкой промышленности. Впервые появилась возможность измерения характеристик свойств тканей при сдвиге нитей, определяющих их формообразующую способность и формоустойчивость [2].

Новые методы [3] учитывают кинетику деформирования и релаксации при восстановлении и являются основой новых цифровых технологий, способствующих переходу к цифровому производству в легкой промышленности. Автоматизированные системы, составляющие измерительный комплекс характеризуются: высокой чувствительностью, точностью и информативностью измерений за счет применения быстродействующих современных электронных элементов; возможностью комплектования блоками однотипной аппаратуры; программным управлением; возможностью обработки результатов в режиме реального времени; удобным интерфейсом представления информации пользова-

телям, сокращают время на подготовку и проведение испытаний [3]. Программное обеспечение позволяет реализовать обработку экспериментальных данных с использованием методов математической статистики и программных продуктов: MathCad, MatLab, пакетов прикладных программ и программ, разработанных авторами.

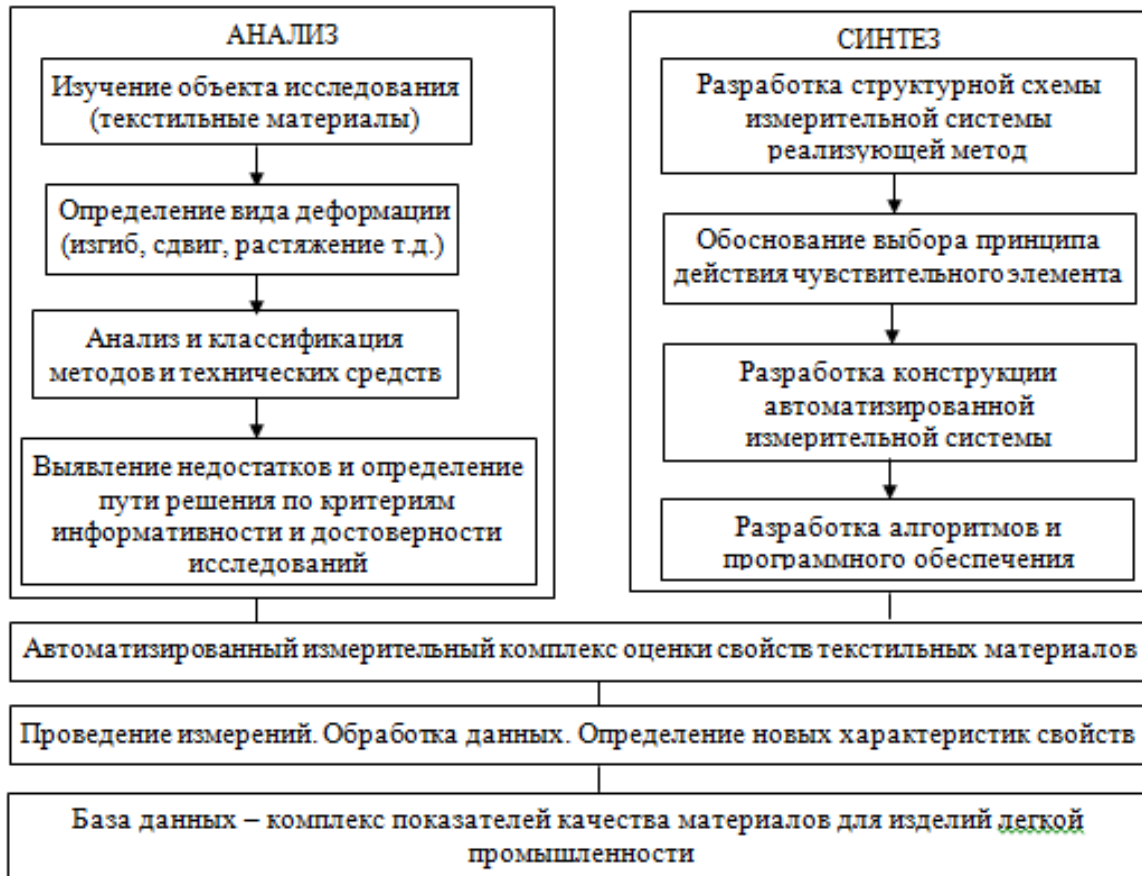


Рисунок 1 - Методология создания автоматизированного комплекса

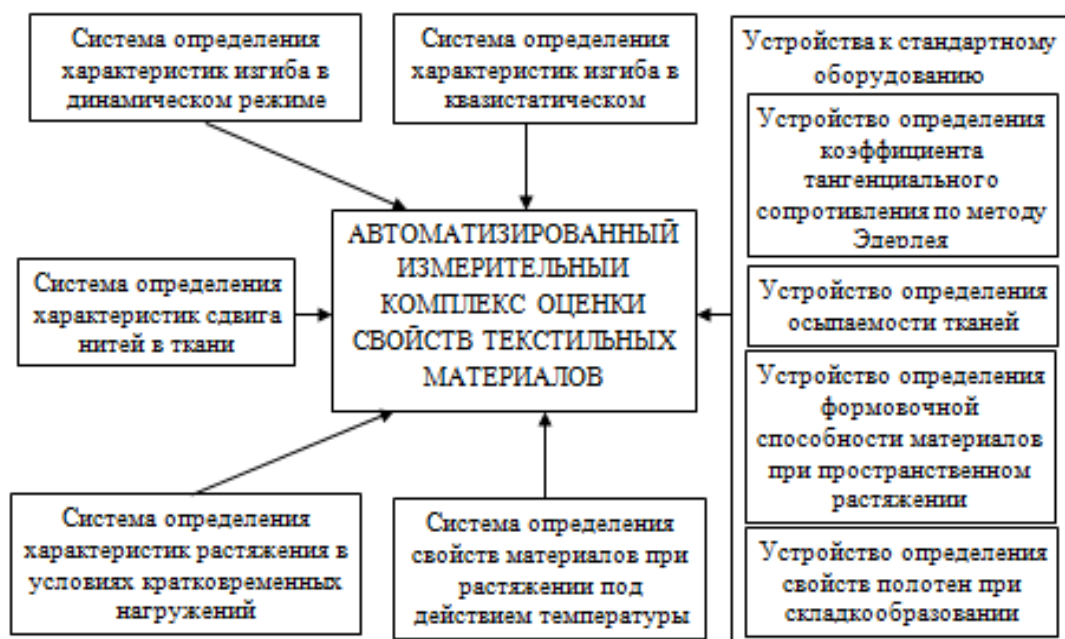


Рисунок 2 - Структурная схема измерительного комплекса

Новые автоматизированные системы позволяют создать базу новых данных по комплексу показателей качества материалов для изделий легкой промышленности [4,5], реализовать компьютерные технологии в конфекционировании [6] и совершенствовать проектирование производства одежды [7].

Высоко информативные автоматизированные методы комплексного определения свойств текстильных материалов направлены на снижение материальных и временных затрат при измерениях и улучшают оценку качества материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Замышляева В.В. Разработка классификации экспериментальных методов определения жесткости при изгибе материалов текстильной и легкой промышленности. / В.В. Замышляева, Н.А. Смирнова, В.В. Лапшин // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2009. – № 4. – С. 19–26.

2. Замышляева В.В. Новые методы оценки формоустойчивости материалов и систем материалов / В.В. Замышляева, Н.А. Смирнова, В.В. Лапшин // 2nd World & Science: materials of the international research and practice conference, Brno, Czech. Rep., 2014. – С. 62–67.

3. Лапшин В.В. Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности: монография / В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2019. – 107 с.

4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2019620688. Базовые цифровые шкалы деформационных свойств льносодержащих тканей. Зарег. в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС) 26.04.2019. В.С. Белгородский, Н.А. Смирнова, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, А.В. Разбродин, К. Э. Разумеев, В.В. Гетманцева, И.А. Петросова.

5. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2019620689. Базовые цифровые шкалы формообразующих свойств льносодержащих тканей. Зарег. в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС) 26.04.2019. В.С. Белгородский, Н.А. Смирнова, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, А.В. Разбродин, К. Э. Разумеев, В.В. Гетманцева, И.А. Петросова.

6. Смирнова Н.А. Компьютерные технологии в конфекционировании материалов / Н.А. Смирнова, В.С. Белгородский, Е.Г. Андреева, В.В. Замышляева, Н.А. Балакирев, М.А. Гусева, А.В. Разбродин // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения «Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование», приуроченные к 100-летию РГУ им. А.Н. Косыгина. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – Т. 2. – С.180–186.

7. Белгородский Е.Г. Основные аспекты формирования цифровых моделей для проектирования производства одежды с использованием аддитивных технологий / Е.Г. Белгородский В.В. Гетманцева, Е.Г. Андреева, И.А. Петросова, Н.А. Смирнова // Текстильная и легкая промышленность, 2019. – № 1. – С. 23–25.

**ВЛИЯНИЕ ШВА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНЯНЫХ  
ТКАНЕЙ ЛЕГКОГО АССОРТИМЕНТА  
EFFECT OF THE SEAM ON THE DEFORMATION PROPERTIES OF  
LIGHT-WEIGHT LINEN FABRICS**

**Буслаев С.Н.<sup>1</sup>, Смирнова Н.А.<sup>2</sup>  
Buslaev S. N., Smirnova N. A.**

<sup>1</sup>*Костромской государственной университет*

<sup>1</sup>*Kostroma state University*

*(e-mail: tmchp2011@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*Институт пищевых технологий и дизайна – филиал ГБОУ ВО*

*Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

<sup>2</sup>*Institute of food technology and design – branch of GBOU VO*

*Nizhny Novgorod state University of engineering and Economics*

*(e-mail: kafedra-drt@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрен вопрос влияния швов на деформационные способности льняных тканей в сочетании с влиянием особенностей переплетения, приведены результаты экспериментального исследования деформационных свойств тканей и швов.

*Abstract:* the question of the influence of joints on deformation ability of linen fabrics combined with the impact of the weave, the results of experimental research of deformation properties of fabrics and seams.

*Ключевые слова:* льняные ткани, деформационные свойства, швы.

*Keywords:* linen fabrics, deformation properties, seams.

Объективными показателями свойств материалов для одежды являются те, которые отражают последствия физических явлений, происходящих при их изготовлении и эксплуатации. Среди стандартных показателей механических свойств тканей важное значение имеют деформационные, проявляющиеся в способности к формообразованию [2]. Важной и необходимой особенностью любых видов одежд является наличие швов, которые выполняют функцию не только соединения деталей, но художественно-композиционную. Влияние швов на деформационные свойства ткани мало изучены и потому представляют интерес. Полученные результаты исследования этих влияний могут быть учтены на этапе проектирования и эксплуатации одежды.

В Костромском государственной университете были проведены одноцикловые исследования двух полульняных тканей по нитям основы и нитям утка на релаксометре типа «стойка» [3]. К классической методике определения удлинения проб был добавлен этап ВТО проб по завершению кинетики измерений.

Объектами наблюдений и испытаний служили деформационные свойства тканей, характеристики которых представлены в табл.1, и швов из этих тканей.

Таблица 1 – Объекты исследования

№	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность, текс		Количество нитей на 10 см, шт	
			То	Ту	По	Пу
1	Плотняное	171	57	55	172	132
2	Рогожка 3 на 3	180	55	46	186	168

В обоих тканях волокнистый состав нить основы представлен хлопком, а нити утка – льном. Приведенные в таблице 1 данные позволяют судить о схожести геометрических свойствах исследуемых тканей, что говорит об объективности влияния вида переплетения на деформационные свойства тканей. Эта была первая часть исследований.

Вторая часть исследований была нацелена на изучение влияния швов на деформационные свойства в этих же тканях. В качестве исследования был взят шов «взаутюжку» как самый часто встречающийся в изделиях легкого ассортимента. Швы были стачаны двухниточным челночным стежком и обметаны армированными швейными нитками 35ЛЛ с длиной стежка 2,6 мм [1, 4].

Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты испытаний

Вид переплетения	Система нитей	Проба	Относительные деформации, %				
			Общая $\varepsilon_o$	Упругая $\varepsilon_y$	Эластическая $\varepsilon_e$	Пластическая $\varepsilon_n$	Пластическая после ВТО $\varepsilon_{nBTO}$
Плотняный	основа	ткань	7,5	3,5	2	2	-2
		шов	6	3	1,5	1,5	0,5
	уток	ткань	11	3,5	2,5	5	1
		шов	10,5	6	1,5	3	1
Рогожка 3x3	основа	ткань	13	5	4	4	-1
		шов	13	7	1,5	4,5	0
	уток	ткань	6	1	1,5	3,5	3
		шов	3	2	0,5	0,5	0,5

Полученные результаты дают широкий спектр для анализа. Переплетение ткани влияет на относительные (общую, упругую, эластическую и остаточную) деформации ткани. Особо это заметно по нитям основы. Проба с плотняным переплетением выдает результат почти в два раза меньше по каждому показателю, чем проба с мелкоузорчатый. Этот факт объясняется более частым переходом нитей с лицевой стороны на изнаночную в плотняном переплетении, что дает этим нитям большую сцепляемость с поперечными нитями и, таким образом, жесткость, по сравнению с переплетением рогожка, где нити реже меняют свое положение и следовательно подвержены большему удлинению. По утку наблюдаем противоположную картину. Вероятно, это связано с разными волокнистыми составами образцов ткани.

Показатели относительных деформаций ткани от вида переплетений можно учитывать при выборе конструктивных прибавок на свободное облега-



ние. У ткани с полотняным переплетением такая прибавка должна быть больше. От выбора прибавки зависит форма и даже силуэт, а значит и художественное исполнение изделия.

Введение шва, а точнее ниточной строчки, делает ткань менее растяжимой почти по всем показателям. Разница иногда достигает более 2%. Влияние влажно-тепловой обработки оказывает на ткань и шов одинаковое воздействие. Почти во всех случаях наблюдается уменьшение относительной остаточной деформации почти до нуля. Данный факт говорит о полном восстановлении проб в исходное состояние. Особенно это заметно в швах, где наличие строчки «помогает» ткани восстановиться или не дать ей усадку.

Результаты проведенных исследований представляют собой справочные сведения по конфекционированию материалов для изделий легкого ассортимента. Полученная информация дает возможность прогнозировать стабильность силуэтных линий в одежде и является полезной для проектирования конкурентоспособной одежды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12807-2003 Изделия швейные. Классификация стежков, строчек и швов.
2. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
3. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению швейного производства: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
4. Бузов Б.А., Смирнова Н.А. Швейные нитки и клеевые материалы для одежды. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013.

**УДК 677.017.56: 536.21**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СМЕШЕНИЯ DETERMINATION OF THE HEAT CAPACITY OF TEXTILE AND POLYMER MATERIALS BY MIXING**

**Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Первак Г.И.  
Sharpar N.M., Zhmakin L. I., Pervak G.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: sharpar753@mail.ru)*

*Аннотация:* Проведено экспериментальное исследование теплоемкости ряда текстильных и полимерных материалов методом смешения. Калориметриче-

ский эксперимент заключался в определении неизвестного количества теплоты, полученного калориметром, при температурной разности в процессе подводе тепла.

*Abstract:* The article considers the experimental study of textile and polymer materials on a calorimeter to determine the heat capacity by mixing. The calorimetric experiment consisted in determining an unknown amount of heat obtained by the calorimeter at a temperature difference during the heat supply process.

*Ключевые слова:* подвод тепла, метод смешения, теплоемкость, текстильные и полимерные материалы.

*Keywords:* heat supply, mixing method, heat capacity, textile and polymer materials.

В статье рассмотрены исследования теплоемкости текстильных и полимерных материалов методом смешения [1, 2], который имеет ряд достоинств по сравнению с иными методами. К ним относятся неприхотливость к исследуемым материалам, измерения полностью согласуются с истинными значениями, температурный предел велик. Принцип метода рассмотрен в следующих работах [3, 4, 5].

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки по исследованию теплоемкости текстильных и полимерных материалов методом смешения. Схема содержит следующие основные элементы – это блоки нагревателя и калориметра, предназначенного для определения теплоемкости.

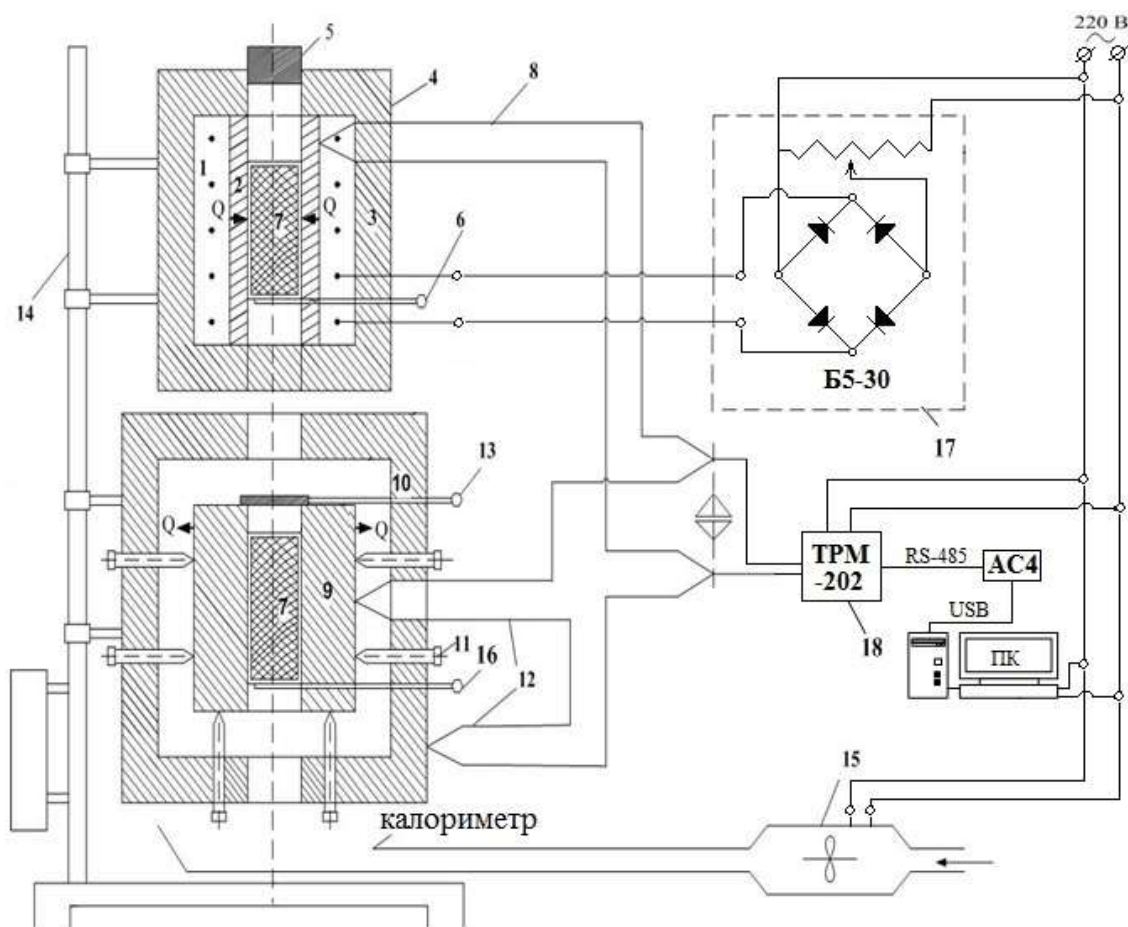


Рисунок 1- Схема калориметра для определения теплоемкости

Рассмотрим каждый из них более подробно, начнем с блока нагревателя. Он предназначен для нагрева исследуемого материала до требуемой температуры и содержит электрическую обмотку 1, расположенную в латунной гильзе 2, покрытой эффективным теплоизоляционным материалом 3, который зафиксирован в трубке 4. Температура нагревателя определяется термопарой 8. Для снижения тепловых потерь в верхней части блока находится керамическая пробка 5, а для удержания алюминиевой капсулы с исследуемым материалом 7 в нижней части блока предусмотрен металлический затвор 6. Открытие затвора 6 позволяет осуществить сброс капсулы из нагревательного блока в блок калориметра, в котором предварительно закрыт затвор 16 во избежание вылета капсулы из калориметра наружу. Входное отверстие блока перекрывается металлическим шибером 13. Для удобства измерений и проведения эксперимента основные элементы блоков нагревателя и калориметра закреплены на штативе 14.

Измерительный блок калориметра состоит из двух массивных латунных цилиндров - внутреннего 9 и внешнего 10. Температура внутреннего цилиндра определяется термопарой 12; кроме того, ведется измерение перепада температур между внутренним 9 и внешним 10 блоками с помощью шестиспайной дифференциальной хромель-алюмелевой термопары.

Определение термо-ЭДС термопар 8 и 12 осуществлялось при помощи вторичного прибора ПИД-регулятора ТРМ 202 (18), соединенного по оптоволоконной связи с персональным компьютером (ПК) через контроллер АС-4, преобразующий сигнал канала связи RS-485 в сигнал USB. Посредством программного обеспечения фирмы «Овен» опытные данные фиксировались в таблицы Excel и отображались на мониторе ПК в виде графиков. Контроль мощности нагревательного блока осуществлялся с помощью блока питания Б5-30. Определения массы исследуемого материала и капсулы проводилось на аналитических весах, а вентилятор 15 предназначен для интенсификации отвода тепла от внешнего блока калориметра. Также в эксперименте использовались сушильный шкаф для подготовки исследуемых материалов и термометр для определения комнатной температуры.

При проведении эксперимента образцы текстильного и полимерного материала 7 вырезали из полотна в форме «дисков» диаметром 17 мм и заполняли ими капсулу, высота которой составляла 52 мм. Следующим этапом было взвешивание капсулы с материалом и ее размещение в блоке нагревателя, предварительно прогретого до температуры порядка 100°C. Там она находилась в течение 30 минут. Затем капсула с материалом сбрасывалась в калориметрический блок, где осуществлялось её остывание, при этом температурные данные с термопары 12 фиксировались каждые 10 сек.

Определение поправки на теплообмен осуществлялся интегрированием зависимости  $\Delta t = f(\tau)$  по методу трапеций [6].

Основные результаты исследования по определению теплоемкости текстильных и полимерных материалов сведены в таблицу 1. В этой таблице представлены усредненные показатели длительности периода калориметрирования  $\tau$  и максимальной разности температур между блоками калориметра  $\Delta t_{\text{к}}$ . В ней также приведены значения массы исследуемого образца  $M$ , его теплоем-

кости  $C_m$  с учетом поправки на капсулу и поправки на теплообмен экспериментальной установки  $\Delta Q_a$ . В последнем столбце таблицы 1 приведено значение максимального отклонения  $\delta_{\max}$  теплоемкости от средней величины, полученной в ходе 5 опытов.

Результаты по теплоемкостям текстильных и полимерных материалов, полученные в ходе работы, согласуются с литературными данными. Так, к примеру, у войлока эта величина находится в диапазоне 1,71...1,85 кДж/кг<sup>°С</sup> [7, 8].

Таблица 1 - Результаты исследования по определению теплоемкости текстильных и полимерных материалов

Материал	$\tau$ ,	$\Delta t_k$ ,	$\Delta Q_a$ ,	M, мг	a, Дж	$C_m$ , Дж/кг <sup>°С</sup>	$\delta_{\max}$ , %
ТшрА войлок	180	1,36	8,87	3340	327	1,819	4,58
ПГшрА войлок	150	1,33	9,63	3400	327	1,736	5,26
ГшрА войлок	170	1,50	9,74	4033	327	1,807	3,07
Сукно	152	1,14	9,41	2800	305	1,701	4,88
ГеоЛавсан	221	0,92	8,31	2025	310	1,571	1,16
АРТ-С-10	175	0,93	8,58	2150	316	1,479	3,87
Синтепон	222	0,72	8,52	2100	314	0,841	3,34

В статье было проведено несколько опытов на калориметре и получены температурные данные, на основе которых выполнен расчет теплоемкости. На основе обработки данных, полученных в ходе эксперимента, найдены поправки на капсулу для определенного материала, что позволило произвести уточнение результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юренев В.Н., Лебедев П.Д. Теплотехнический справочник. В 2-х т. Т. 2. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1976. – 896 с.
2. Шарпар Н.М., Жмакин Л.И. Исследование теплоемкости нетканых капиллярно-пористых материалов. Известия вузов. «Технология текстильной промышленности». Иваново, 2013. № 4, С.124-127.
3. Шарпар Н.М., Жмакин Л.И. Исследование теплоемкости текстильных материалов. Хим. волокна, 2016. №6.- С. 68-71.
4. Sharpar N. M., Zhmakin L.I., Osmanov Z.N. A Study of the Heat Capacity of Textile Materials. Fibre Chemistry. March 2017, T 48, № 6, С. 515–518.
5. Шарпар Н.М. Разработка методов исследования теплофизических свойств нетканых материалов: Дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2013 - 135с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 632 с.
7. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств: Учебное пособие. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 598 с.
8. Теплопроводность строительных материалов, их плотность и теплоемкость. <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/strojmaterialy/teploprovodnost-stroitelnyh-materialov-ih-plotnost-i-teploemkost>

**РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА  
ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ 3D-ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО  
ДРУГ ДРУГА  
DEVELOPMENT OF A GENETIC ALGORITHM FOR ALIGNING  
3D SURFACES RELATIVE TO EACH OTHER**

**Замотин Н.А., Дягилев А.С.  
Zamotin N.A., Dyagilev A.S.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University  
(e-mail: ni-ko-lay@mail.ru; dyagilev@vstu.by)*

*Аннотация:* Основными составляющими виртуальных примерочных одежды являются данные о фигуре человека, а также цифровая модель примеряемой одежды. Цифровая модель швейного изделия может быть получена при помощи 3D-сканирования готовых швейных изделий на роботе-манекене, повторяющем форму и размеры покупателя. Поверхность подобных манекенов состоит из пластин, которые, перемещаясь, придают телу манекена заданные размеры. В статье описан генетический алгоритм, применяемый для определения величин этих перемещений.

*Abstract:* The main components of virtual dressing rooms are data on the figure of a customer, as well as a digital model of the clothes being tried on. A digital model of a garment can be obtained by 3D scanning the finished garment on a robot mannequin that repeats the shape and size of the customer. The surface of such mannequins consists of plates, which, moving, give the body of the mannequin given dimensions. The article describes a genetic algorithm used to determine the magnitude of these displacements.

*Ключевые слова:* генетический алгоритм, выравнивание 3D-поверхностей, Rhinoceros 5, grasshopper.

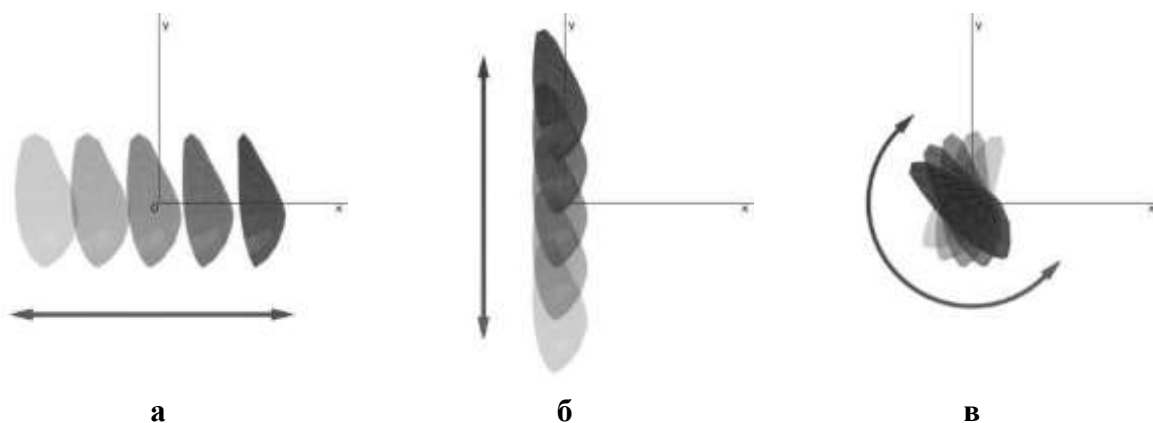
*Keywords:* genetic algorithm, 3D surface alignment, Rhinoceros 5, grasshopper.

Наиболее важными частями виртуальной примерочной одежды являются данные о фигуре человека в виде 3D-скана [1], а также цифровая модель примеряемой одежды. Цифровая модель швейного изделия может быть получена при помощи 3D-сканирования готовых швейных изделий на манекене, повторяющем форму и размеры покупателя. Наиболее перспективно разработкой в этом направлении являются параметрические роботы-манекены [2]. Поверхность подобных манекенов состоит из пластин, которые, перемещаясь, придают телу манекена заданные размеры. Для определения величин этих перемещений было разработано решение на основе генетического алгоритма.

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного под-

бора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе [3]. Отличной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора скрещивания, который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе.

Для применения генетического алгоритма, необходимо сформулировать задачу таким образом, чтобы ее решение могло быть закодировано в виде вектора генов (генотипа), где каждый ген может быть числом. Работа с 3D-поверхностями осуществлялась в системе автоматизированного проектирования Rhinoceros 5 [4]. Для реализации генетического в среде графического редактора алгоритмов Grasshopper [5] была разработана модель, содержащая три переменные (три гена), изменение которых меняет положение детали в пространстве. Ген «А» описывает величину перемещение детали относительно оси абсцисс (рисунок 1а), ген «Б» описывает величину перемещения детали относительно оси ординат (рисунок 1б), ген «В» описывает угол наклона детали в прямоугольной системе координат (рисунок 1в).



**Рисунок 1 – изменение положения 3D-поверхности в зависимости от значения гена**

Первым шагом работы алгоритма является создание некоторым случайным образом множества генотипов начальной популяции. В приведенном выше случае генотип может быть, например  $\{A=0.2, B=1.0, V=0\}$ .

Затем, все полученное множество генотипов оцениваются с использованием функции приспособленности, в результате чего с каждым генотипом ассоциируется определенное значение приспособленности, которое определяет, насколько хорошо данный генотип решает поставленную задачу.

Функция приспособленности работает следующим образом. Из центра каждого полигона, из которых состоит перемещаемая деталь, строится вектор (нормаль) перпендикулярно его поверхности (рисунок 2а). Затем находятся точки пересечения данного вектора с поверхностью детали большего размера (рисунок 2б). Найдя сумму длин линий, построенных между одноименными точками (рисунок 2в), мы получим число, которое и будет описывать величину приспособленности конкретного генотипа.

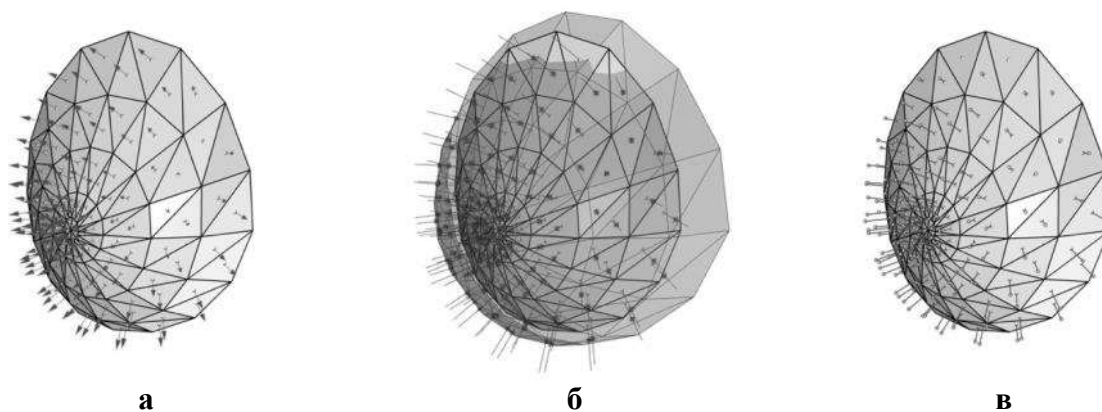


Рисунок 2 – Этапы работы функции приспособленности

Далее, из полученного множества генотипов (поколения) с учетом значения приспособленности выбираются генотипы, к которым применяются генетические операторы скрещивание и мутация, в результате чего будет сформировано новое поколение генотипов.

В реализации используемого генетического алгоритма используется несколько методов скрещивания. *Перекрестное скрещивание* – метод, при котором новый генотип наследует случайное число генов от любого из родительских генотипов (рисунок 3а). *Усредненное скрещивание* – метод, при котором новый генотип наследует усредненные значения родительских генов (рисунок 3б). *Скрещивание со смещением* – метод, при котором новый генотип наследует большее значение от родительского генотипа с лучшим значением приспособленности (рисунок 3в).

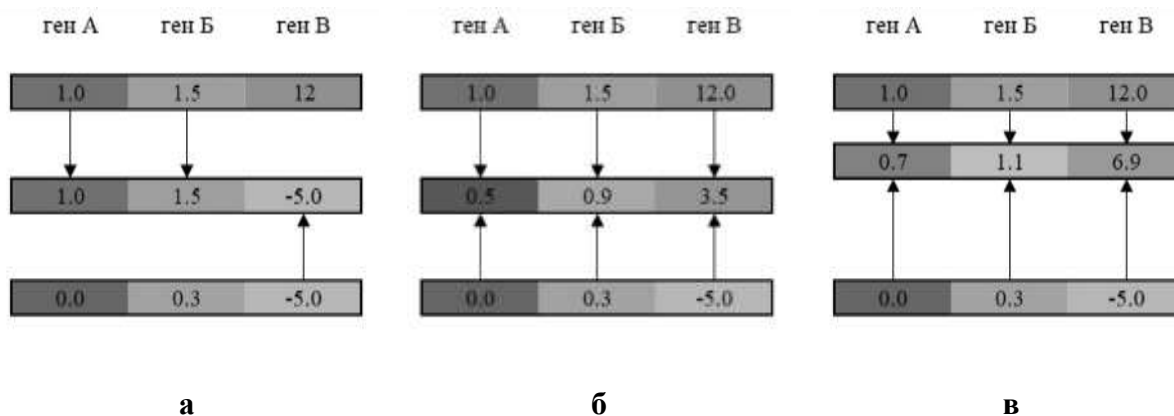
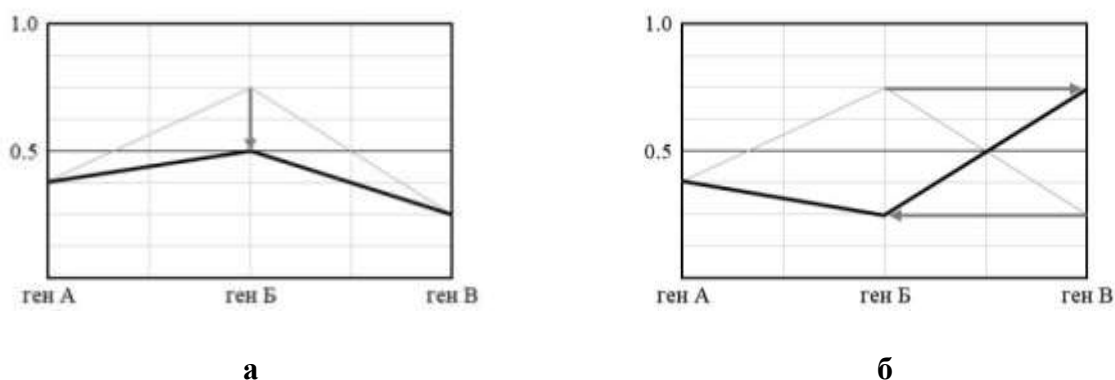


Рисунок 3 – Примеры работы методов скрещивания

Все рассмотренные методы предназначены для повышения качества решения от поколения к поколению. Однако все они обладают тенденцией к снижению биологического разнообразия популяции. Единственный механизм, который может внести такое разнообразие – это механизм мутации.

В реализации используемого генетического алгоритма используется два метода мутации. *Точечная мутация* – метод, при котором изменяется значение одного гена (рисунок 4а). *Инверсивная мутация* – метод, при котором меняются местами два соседних гена (рисунок 4б).



**Рисунок 4 – Примеры работы методов мутации**

В соответствии с выставленными настройками генетического алгоритма, для новой популяции отбирались 5% наилучших генотипов в исходном виде, 75% новых генотипов создавались при помощи методов скрещивания и оставшиеся 20% при помощи метода мутации.

Для каждого нового поколения вычисляется значение приспособленности и затем производится отбор лучших генотипов в следующее поколение. Этот набор действий повторяется итеративно, так моделируется эволюционный процесс, продолжающийся несколько жизненных циклов, пока не будет выполнен критерий остановки алгоритма. В описанном решении таким критерием было правило «если в течение 50 поколений не было выявлено генотипа с лучшим значением приспособленности – то следует прервать выполнение алгоритма».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программно-аппаратный комплекс для получения информации о размерах и форме тела человека / Замотин Н.А., м.т.н., Довыденкова В.П., м.т.н, ст. преп. // Материалы докладов том 2 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки / УО «ВГТУ», Витебск, 2017. – (с. 147-149).
2. Замотин Н.А., Разработка прототипа параметрического портновского робот-манекена / Н.А. Замотин, А.С. Дягилев // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы Международной научно-технической конференции. - 2019. - С. 149-151.
3. Genetic algorithms for modelling and optimization / JohnMcCall // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2005. – Vol. 184. – No. 1. – P. 205-222.
4. Rhinoceros [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rhino3d.com/>. – Дата доступа 25.09.2020.
5. Grasshopper. Algorithmic modeling for rhino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grasshopper3d.com/>. – Дата доступа 25.09.2020.s



**БЕЗОТХОДНАЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА ВКЛАДЫША ДЛЯ НИЗА ОБУВИ  
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА  
WASTE-FREE RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF PRODUCTION  
OF INSERTS FOR THE BOTTOM OF SHOES BASED ON PRODUCTION  
WASTE**

**Радюк А.Н., Буркин А.Н., Шевцова М.В., Буланчиков И.А.  
Radyuk A.N., Burkin A.N., Shevtsova M.V., Bulanchikov I.A.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
(ana.r.13@mail.ru)*

*Аннотация:* Представлена технология производства вкладыша для низа обуви на основе использования отходов производства, способствующая экономии первичных ресурсов и утилизации отходов обувного производства.

*Abstract:* The technology for the production of an insert for the bottom of a shoe based on the use of production waste is presented, which contributes to the saving of primary resources and the disposal of shoe production waste.

*Ключевые слова:* отходы производства, технология, состав, вкладыш, свойства.

*Keywords:* production waste, technology, composition, insert, properties.

Переработка отходов и использование их в производстве деталей низа обуви позволяет решить многие экологические, логистические, ресурсные проблемы, способствует расширению сырьевой базы и ассортимента материалов. Разделом программы «Переработка отходов продукции легкой промышленности» Государственной программы развития легкой промышленности на 2016-2020 годы с перспективой до 2025 года предусмотрено максимальное вовлечение отходов в оборот в качестве вторичного сырья.

Наилучшим вариантом использования отходов в качестве вторичного сырья является получение из них вкладыша для низа обуви. Применение вкладышей в пяточную часть обуви строчечно-литьевого и литьевого методов крепления позволяет экономить основной материал низа обуви, как правило, пенополиуретан, являющийся достаточно дорогим по стоимости.

В связи с вышеизложенным целью данной работы являлось разработка технологии производства вкладышей для низа обуви из отходов обувного производства.

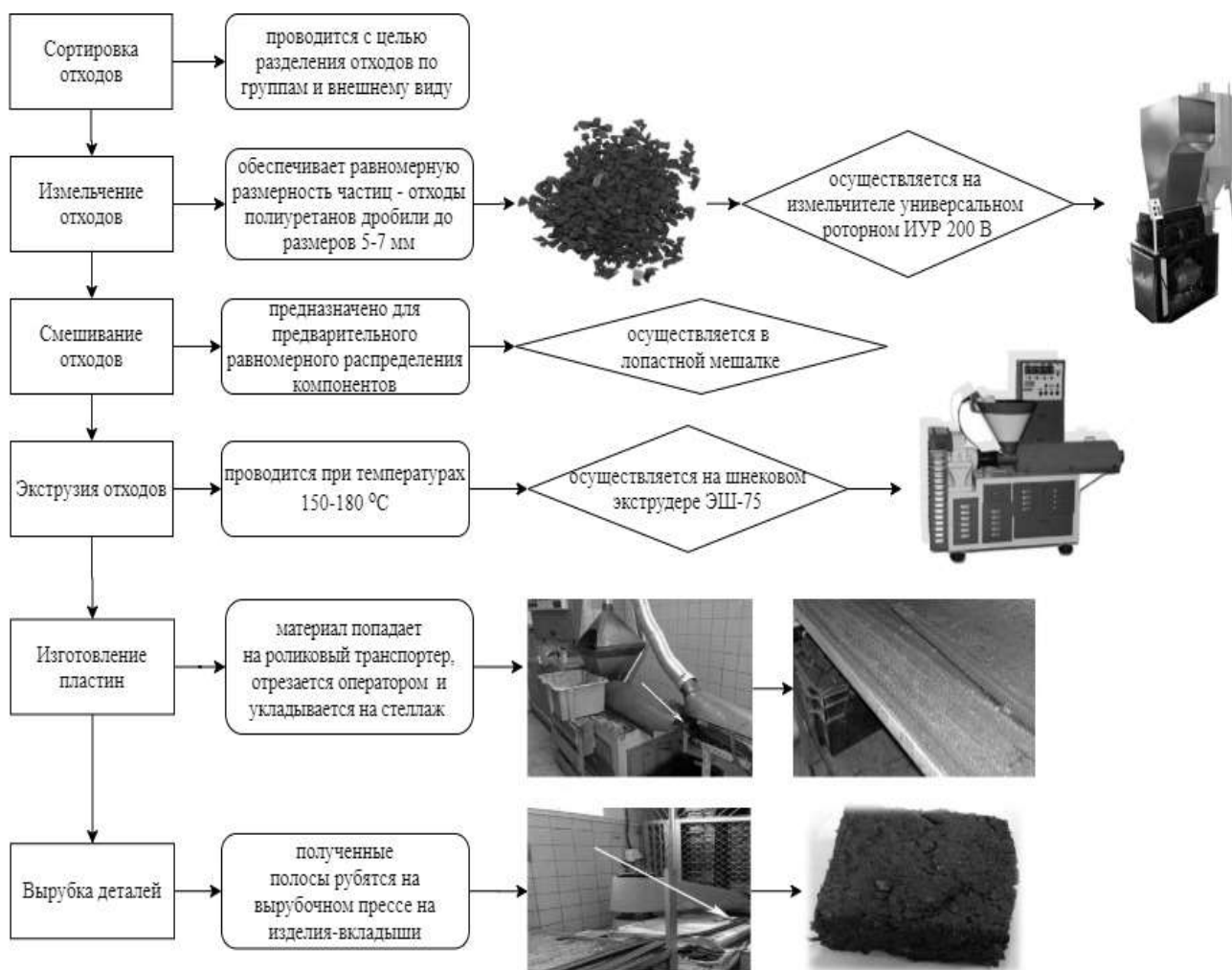
Технической задачей, на решение которой направлена данная работа, является расширение технологических возможностей за счет применения вкладыша при изготовлении обуви строчечно-литьевого и литьевого метода крепления, а также возможность экономии материала низа обуви с одновременной утилизацией отходов, образующихся на обувном предприятии.

Объектом исследований является вкладыш из отходов обувного производства, применяемый в пяточной части обуви при литье подошв в обуви строчечно-литьевого и литьевого методов крепления.

Проблема переработки отходов обувного производства решалась многократно различными путями и в настоящее время существует несколько разработанных технологий и методов рециклинга [1, 2]. На сегодняшний день разработаны способы переработки отходов, технологии, оборудование для этих целей, композиции для получения различных деталей [3].

Сравнительный анализ разработанных ранее вкладышей представлен в работе [3].

На основе анализа вариантов технологий производства материалов и изделий для деталей низа обуви с использованием отходов полиуретанов была разработана технология получения вкладышей для низа обуви, которая включает в себя следующие этапы: сортировка, измельчение, смешивание, экструзия отходов, изготовление пластин и вырубка вкладышей и представлена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Технология получения вкладышей для низа обуви**

Сортировка отходов должна проводиться более тщательно с целью разделения по группам отходов и по внешнему виду, а также исключения посторонних включений.

Измельчение отходов является обязательным и наиболее ответственным этапом в технологическом процессе получения готовых изделий, так как от него зависит возможность дальнейшей переработки отходов и области применения изделий. Процесс измельчения обеспечивает равномерную размерность частиц и осуществляется на измельчителе универсальном роторном ИУР 200В.

Смешивание отходов позволяет предварительно равномерно распределить компоненты в композиции.

Экструзия отходов осуществляется с помощью шнекового экструдера ЭШ-75 при температурах от 150°C до 180°C. На данном этапе технологического процесса происходит частичная деструкция, пластикация, смешивание с другими компонентами и последующее продавливание через формообразующую фильеру.

На этапе изготовления пластин материал в виде ленты прямоугольного сечения попадает на роликовый транспортер, приемный лоток, отрезается оператором экструдера и укладывается на стеллаж, где в течение суток происходит термостабилизация материала.

Полученные полосы рубятся на вырубочном прессе на изделия-вкладыши, остатки полотна заново перерабатываются. Это обстоятельство и позволяет отнести данную технологию к безотходным.

На основе анализа рецептур (состава, ингредиентов) композиционных материалов, были разработаны базовые рецептурные составы композиций для получения вкладыша. Основным компонентом всех композиций выступало вторичное полимерное сырьё в виде отходов пенополиуретана производства обувных предприятий г. Витебска. С целью повышения технологичности переработки материала и модификации свойств полимерных композиций применяли масло (в качестве пластификатора) и стеарат кальция (в качестве стабилизатора). Наполнителем композиций являлись:

- рецептурный состав №1 – отходы натуральной и искусственной кож;
- рецептурный состав №2 – отходы овчины меховой;
- рецептурный состав №3 – отходы термопластичных материалов на текстильной основе с одно- или двухсторонним нанесением полимерной композиции для подносков и задников.

В производственных условиях предприятия СООО «Белвест» были получены образцы вкладышей различных составов, значения свойств которых представлены в таблице 1. Также в таблице представлены физико-механические и эксплуатационные показатели свойств вкладышей для низа обуви, взятых для сравнения.

В результате проведенных испытаний выявлено, что полученные вкладыши с использованием отходов производства вполне соответствуют свойствам аналогичных изделий. Наилучшими свойствами обладает вкладыш, в качестве наполнителя в котором используются отходы натуральной и искусственной кож. Доработка рецептурного состава путем введения дополнительных ингредиентов и более тщательная подготовка композиций будет способствовать улучшению свойств вкладышей с рецептурными составами №2 и №3.

Таблица 1 – Свойства вкладышей

Показатель	Состав №1	Состав №2	Состав №3	Низ обуви [4]	Вкладыш для низа обуви [5]
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	0,95–1,01	0,85–0,93	0,87–0,95	0,65–0,68	–
H, усл. ед.	80–85	60–65	70–78	–	–
$f_p$ , МПа	5,5–5,8	4,5–4,7	4,8–5,2	4,5–4,6	4,6–8,5
$\varepsilon_p$ , %	192–213	150–165	180–186	185–210	72–112
$\Theta$ , %	–	–	–	7–10	–
$P_p$ , кН/м;	–	–	–	5,8–6,0	–
N, килоциклы	–	–	–	27–32	–

$\rho$  – плотность, H – твердость,  $f_p$  – условная прочность при разрыве,  $\varepsilon_p$  – относительное удлинение при разрыве,  $\Theta$  – остаточное удлинение после разрыва,  $P_p$  – сопротивление раздиру, N – сопротивление многократному изгибу

При этом необходимо отметить, что использование вкладыша позволяет улучшить условия литья в каблучной части низа обуви, снизить себестоимость изготовления низа обуви в связи с экономией материала подошвы и стоимость литья подошвы, частично решить проблему утилизации отходов обувного производства и загрязнения окружающей среды, расширить ассортимент материалов за счет использования вторичных ресурсов вместо первичных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин А. Н. [и др.]. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов. Витебск: УО «ВГТУ», 2001. – 173 с.
2. Буркин, А. Н. Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска / А. Н. Буркин, К. С. Матвеев, В. К. Смелков. – Витебск : ВГТУ, 2000. – 118 с.
3. Радюк, А.Н. Материалы и технологии получения изделий на основе отходов полиуретанов/ А.Н. Радюк, Ю.В. Дойлин, М.А. Козлова, И.А. Буланчиков, А.Н. Буркин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 1(38). – С. 100–112.
4. Мартынов, Н.В., Ковальков, Н.С., Залесский, В.В., Амирханов, Д.Р., Матвеев, К.С., Савицкий, В.В., Коваленко, А.Л., Стайнов, О.В., Пятов, В.В., Ахтанин, О.Н. (1997) «Витебский государственный технологический университет», Общество с ограниченной ответственностью «Предприятие МАРКО», Низ обуви, № 970168, заявл. 24.03.1997, опубл. 30.06.2000.
5. Буркин, А.Н., Трофименко, О.И., Матвеев, К.С. (2000) «Витебский государственный технологический университет», ОАО «Лидская обувная фабрика», Вкладыш для низа обуви, № а 20000975 ; заявл. 27.10.2000 ; опубл. 30.06.2005, Бюл. № 2 (45).

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ТИПА  
«NUBUK»  
RESEARCH OF THE STRUCTURE OF ARTIFICIAL SKINS OF THE TYPE  
«NUBUK»**

**Борозна В.Д.  
Borozna V.D.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University  
(e-mail: wiliij@mail.ru)*

*Аннотация:* Статья посвящена исследованию структуры современных искусственных кож, применяемых в производстве обуви. Описана методика исследования структуры искусственных кож с учетом особенностей их строения. Представлены результаты исследования структуры искусственных кож типа «NUBUK».

*Abstract:* The article is devoted to the study of the structure of modern artificial leather used in the manufacture of footwear. The article describes a technique for studying the structure of artificial leather, taking into account the peculiarities of their structure. The results of research of the structure of artificial leather of the "NUBUK" type are presented.

*Ключевые слова:* обувь, искусственная кожа, качество, структура.

*Keywords:* footwear, artificial leather, quality, structure.

Производство высоко конкурентоспособной продукции во многом зависит от качества применяемых материалов в изделии. Структура и свойства материалов определяет технологическую пригодность их для производства, а также существенно влияют на удовлетворенность потребителем изделий в процессе эксплуатации.

В обувной промышленности применяют большое количество разнообразных материалов при изготовлении обуви. Особое внимание необходимо уделять качеству применяемых материалов для деталей верха обуви. В настоящее время широко применяют искусственную кожу (ИК) в качестве материала для верха обуви. Объем мирового рынка искусственной кожи оценивался в 29 млрд. долларов США в 2019 году и, согласно прогнозам, будет увеличиваться с совокупным годовым темпом роста на 4,4% в период с 2020 по 2027 год за счет прироста спроса со стороны обувной промышленности.

Однако применение искусственных кож для деталей верха сдерживается по ряду причин: отсутствием сведений об их структуре, сырьевом составе, физико-механических и эксплуатационных свойств материалов у производителей обуви при закупке; недостаточной информативностью показателей физико-механических и эксплуатационных свойств искусственных кож; существующей

щим подходом к оценке свойств искусственных кож, не учитывающим конструктивные особенности обуви, способ формования заготовок верха, технологические и эксплуатационные воздействия. В связи с этим возникает необходимость в исследованиях структуры и свойств ИК с целью создание научно-обоснованного комплекса показателей для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов.

В последнее время производители обуви закупают ИК с имитацией поверхности натурального нубука, поэтому в качестве объектов исследования были выбраны подобные ИК турецкого производства. Изучаемые образцы ИК имеют трехслойную структуру, состоящую из полиуретанового полимерного слоя и полиэфирной текстильной основы (ткань и нетканое полотно).

Исследование структуры ИК проводилось методом микроскопии поперечного среза материала в отраженном свете с помощью стереомикроскопа «BestScope BS 3040» с камерой-планшетом BCL-350, снабженная программным обеспечением для получения и обработки изображения.

Для исследования структуры ИК применялась методика её исследования по микрофотографиям поперечного среза материала, описанная в работах [1,2], с учетом особенностей ИК. По методике измеряют следующие параметры структуры: общую толщину образца, толщину текстильной основы, толщина полимерного пористого слоя, радиус пор, фазу строения, глубину проникновения полимерного слоя в текстильную основу.

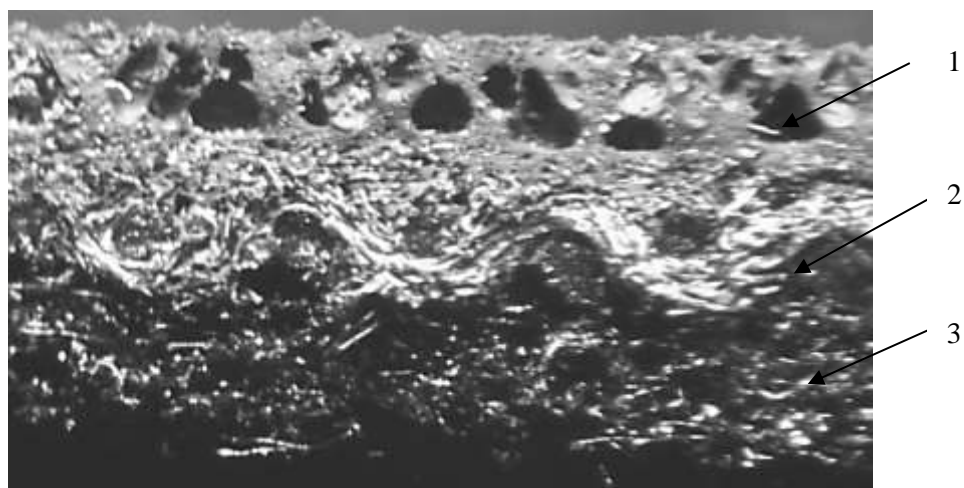
Общая толщина образца измеряется поперек среза ИК в нескольких местах. За толщину образца принимается как среднее значение. Толщину текстильной основы определяется измерением от нити основы до кромки нити утка. Толщина полимерного слоя определяется средне арифметическое длин не менее 10 поперечных линий, проведенных от нижней кромки полимерного слоя до текстильной основы с одинаковым шагом.

Глубина проникновения определяется как расстояние от края нитей основы и утка, соприкасающейся с полимерным слоем, до полимерного слоя. Принимается среднее значение всех выполненных в поле видимости измерений.

Для определения фазы строения текстильной основы определяется высота изгиба основных и уточных нитей. Для системы нитей основы проводится прямая, соединяющая самые высокие точки соседних верхних нитей основы. Величина изгиба основы определяется как расстояние от проведенной линии до вершины нити основы, лежащей внизу. Принимается среднее значение из полученных для нитей основы, попавших в поле зрения. Аналогично выполняется построение и замер величины изгиба нити утка: величина изгиба измеряется от линии, соединяющей соседние волны, до вершины уточной нити, расположенной под нитью основы. Фаза строения определяется из отношения высоты волны нити основы к высоте волны нити утка.

Размер пор и количество пор на единицу площади определялись по микрофотографии продольного среза ИК. Участок наиболее четкого изображения ограничивался квадратом со сторонами 10мкм, подсчитывалось количество наблюдаемых пор, попавших в ограниченную область секущей плоскости, и измерялся диаметр пор, вычислялось среднее значение. Выполнялось по 5 за-

меров на каждом изображении, вычислялось среднее значение количества пор на единицу площади сечения. Измерения использовались для установления общей характеристики пористости мембраны, чтобы отнести образец к макропористым (размер пор свыше 50 нм), либо к мезопористым (размер пор от 2 до 5 нм). Микрофотография поперечного среза ИК «NUBUK-232» представлена на рисунке 1.



1 – полимерный слой, 2 – ткань, 3 – нетканый материал

Рисунок 1 – Микрофотография поперечный срез ИК «NUBUK-232»

Результаты исследования структуры ИК представлены таблице 1.

Таблица 1 – Результат исследования структуры ИК

Артикул кожи	Об- щая тол- щина, мкм	Структура полимерного слоя		Структура тек- стильной основы		Тол- щина треть- его слоя, мкм	Глубина проник- новения полимер- ного слоя в основу, мкм
		Описание	Тол- щина, мкм	Фаза строения	Тол- щина, мкм		
NUBUK 232	1370,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор от 50 до 150 мкм)	578,0	4	от 400 до 430	484,0	348,0
NUBUK 412	1394,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор около 50 мкм)	440,0	4	от 400 до 500	458,0	196,0
NUBUK 413	1386,0	губчатая, макропористая (наблюдаемый радиус пор около 60 мкм)	460,0	4	от 300 до 370	462,0	449,0
NUBUK 517	1343,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый радиус пор около 80 мкм)	527,0	5	от 300 до 360	500,0	401,0
NUBUK 518	1380,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый радиус пор от 80 до 130 мкм)	466,0	4	от 400 до 460	421,0	428,0
NUBUK 520	1336,0	губчатая, макропоры	514,0	4	от 350 до 380	414,0	349,0

NUBUK 521	1366,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор около 80 мкм)	394,0	6	от 450 до 500	434,0	229,0
NUBUK 522	1449,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор от 50 до 100 мкм)	437,0	4	от 350 до 400	436,0	329,0
NUBUK 524	1506,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор от 80 до 120 мкм)	497,0	5	от 300 до 400	460,0	328,0
NUBUK 605	1391,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор от 60 до 90 мкм)	475,0	5	от 350 до 400	392,0	365,0
NUBUK 606	1589,0	губчатая, макропоры (наблюдаемый размер пор около 80 мкм)	660,0	4	от 450 до 500	573,0	187,0

Анализ данных таблицы позволяет о том, сделать вывод о том, что все исследуемые образцы имеют общую толщину от 1300 до 1600 мкм. Исследование полимерного слоя показало, что все образцы являются макропористыми – с губчатой структурой. Губчатая структура характеризуется наличием сквозных пор и каналов, толщина стенок которых значительно меньше их диаметра. Губчатая структура получена растворением водовываемых солей.

Структура тканного слоя исследовалась только по показателям фазы строения и толщины. Толщина текстильной основы всех образцов колеблется в узких пределах от 350 до 500 мкм. Толщина нетканого слоя изменяется в пределах от 390 до 570 мкм. Фаза строения текстильной основы исследуемы ИК – от 4 до 6. Это говорит о практически равномерном распределении нитей основы и утка по опорной поверхности материала и незначительное преобладанием нитей утка и основы у материалов с фазой 4 и 6 соответственно.

В дальнейшем представляет интерес исследовать гигиенические свойства материалов с целью рекомендации их для изготовления закрытой обуви (ботинки и полуботиночки), а изучение структуры ИК позволит более детально оценить их гигиенические свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Панкевич, Д.К. Влияние многоциклового механических нагрузок на структуру материалов с полиэфируретановой мембраной / Д.К. Панкевич, М.Л. Кукушкин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2017. – № 1(32). – С.99 – 108; 108.

2. Склянников, В.П. Строение и качество тканей. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 176 с.



**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ  
ПАКЕТОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
RESEARCH OF AIR PERMEABILITY  
PACKAGES OF NON-WOVEN MATERIALS**

**Лопаткина С.В.  
Lopatkina S.V.**

*Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: slv4544@mail.ru)*

*Аннотация:* В работе проведено исследование воздухопроницаемости пакетов нетканых материалов, содержащих искусственный мех и используемых в качестве утеплителей для обуви.

*Abstract:* In the work, the study of the air permeability of nonwoven bags containing artificial fur and used as insulation for shoes was carried out.

*Ключевые слова:* нетканые материалы, воздухопроницаемость, утеплитель, многослойные материалы.

*Keywords:* nonwovens, breathability, insulation, multilayer materials.

Современные инновационные утепляющие материалы сконструированы по принципу многослойного пакета. От свойств и особенностей волокон во многом зависят такие характеристики, как воздухопроницаемость, прочность, износостойкость, вес и др.

В работе проведено исследование воздухопроницаемости многослойных утеплителей, состоящих из нетканых материалов и используемых в качестве утеплителей для обуви.

Назначение текстильных материалов и изделий диктует уровень требований к показателям воздухопроницаемости. Для утеплителей, используемых в обувной промышленности, уровень воздухопроницаемости имеет большое значение, оказывая влияние на гигиенические свойства готовых изделий.

Воздухопроницаемость зависит от многих показателей - структуры текстильных материалов, от их толщины и т.д.

Воздухопроницаемость текстильных материалов, определяемая при постоянном перепаде давления, определяются числом и размером открытых пор в них. Для определения воздухопроницаемости материалов и изделий используется прибор ВПТМ-2.

Для испытаний были выбраны 3 образца:

- образец 1 - нетканый материал, состоящий из смеси натуральных и химических волокон, металлизированная пленка;

- образец 2 - многослойный материал (мех на трикотажной основе, выработанный из овечьей шерсти, нетканый материал, состоящий из смеси натуральных и химических волокон, металлизированная пленка);

- образец 3 - многослойный материал (мех на трикотажной основе, выработанный из верблюжьей шерсти, нетканый материал, состоящий из смеси натуральных и химических волокон, металлизированная пленка)

Испытания проведены по стандартным методикам [1-3].

Воздухопроницаемость образцов определялась по ГОСТ 12088 [4].

Поверхностная плотность образцов определялась в соответствии с ГОСТ 3811 [5]. Толщина образцов определялась в соответствии с ГОСТ 12023 [6]. Результаты испытаний приведены в таблице 1 и на рисунках 1-2:

Таблица 1 - Результаты испытаний образцов

Наименование образца	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина образцов, мм	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> *с)
Образец 1	588	1,51	170,60
Образец 2	1156	4,28	73,80
Образец 3	1538	4,53	72,30

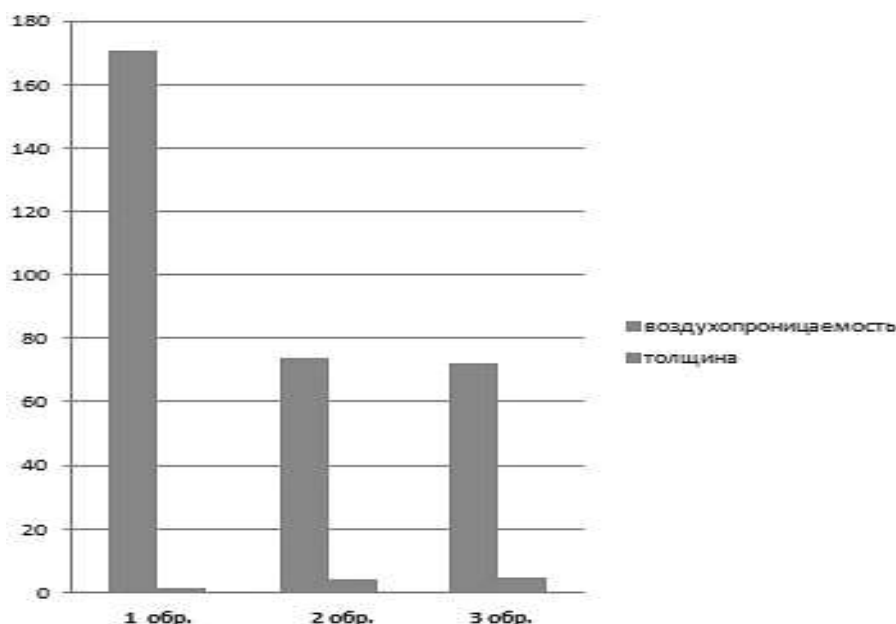


Рисунок 1 - Воздухопроницаемость и толщина образца

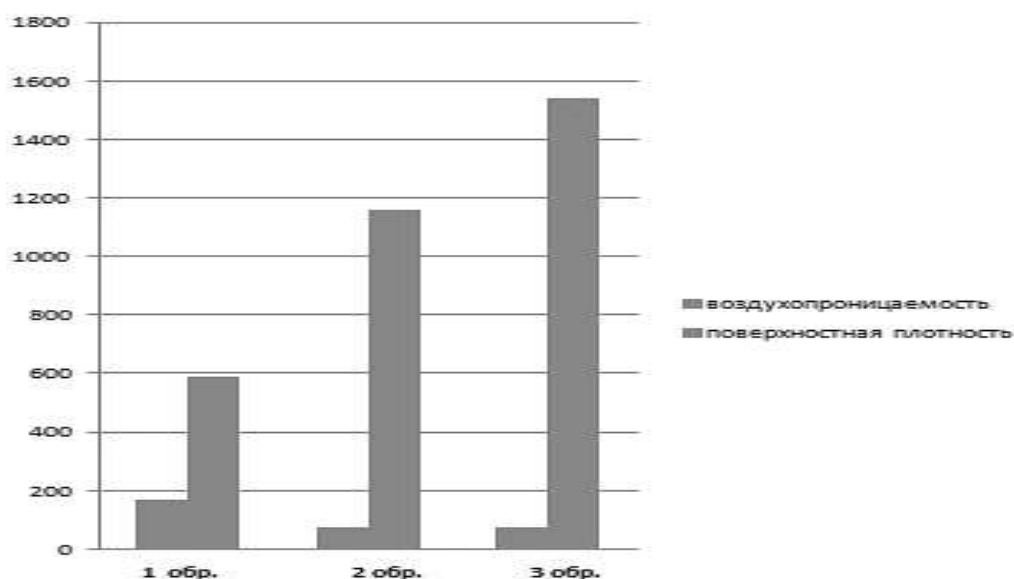


Рисунок 2 - Воздухопроницаемость и поверхностная плотность образца

Из графиков видно, что влияние величины толщины и поверхностной плотности образца обратно пропорционально величине воздухопроницаемости.

Максимальной воздухопроницаемостью обладает образец 1, имеющий минимальную величину толщины и поверхностной плотности. У образцов 2 и 3 наибольшая толщина и поверхностная плотность по сравнению с образцом 1.

Величины воздухопроницаемости образца 2 и 3 имеют близкие по величине значения. По показателям воздухопроницаемости образец 2 незначительно превосходит образец 3, что связано с их структурными характеристиками.

Таким образом, подтверждено существенное влияние толщины и поверхностной плотности на уровень воздухопроницаемости образцов.

Развитие легкой и текстильной промышленности РФ приводит к увеличению выпуска новых высококачественных текстильных изделий, к росту спроса на разнообразные утеплители из нетканых материалов, в том числе на утеплители нового поколения.

Дальнейшее исследование перспективных сочетаний материалов для многослойных утеплителей открывает новые возможности для оптимизации свойств пакетов утеплителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011.
2. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение. Лабораторный практикум. М.: ИНФРА-М, 2016.
3. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности. М.: ИНФРА-М, 2014.
4. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости».
5. ГОСТ 3811 «Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей».
6. ГОСТ 12023 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины».

**МАТРИЧНЫЙ МЕТОД ФЛОРИ ПРИ ОЦЕНКЕ  
КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАКРОМОЛЕКУЛ  
FLORY MATRIX METHOD FOR ESTIMATION  
CONFORMATIONAL PROPERTIES OF MACROMOLECULES**

**Скородумов В.Ф.  
Skorodumov V. F.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: skorodumov-vf@rguk.ru)*

*Аннотация:* рассмотрены достоинства и недостатки матричного метода Флори при оценке конформационных свойств полимеров.

*Abstract:* advantages and disadvantages of the Flory matrix method for evaluating conformational properties of polymers are considered.

*Ключевые слова:* полимеры, матрицы, внутренне вращение

*Keywords:* the polymers, the matrix, internal rotation

В работе Флори [1] был предложен и детально рассмотрен матричный метод для оценки конформационных свойств макромолекул. Согласно этому методу для расчета статистической суммы макромолекулы и дальнейшей оценки конформационных свойств макромолекул используется матрица статистических весов. Например, в простейшем случае, когда известны значения энергий различных пар поворотных изомеров гомологов *n*-алканов, эта матрица имеет следующий вид

$$\mathbf{U} = \begin{matrix} & \begin{matrix} (t) & (g^+) & (g^-) \end{matrix} \\ \begin{matrix} (t) \\ (g^+) \\ (g^-) \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & \sigma & \sigma \\ 1 & \sigma & 0 \\ 1 & 0 & \sigma \end{pmatrix} \end{matrix},$$

где коэффициент  $\sigma$  определяется из выражения

$$\sigma = \exp\left(-\frac{E_g}{RT}\right)$$

$E_g$  – энергия *гош*-состояния связи относительно *транс*-состояния.

Состояния предыдущей связи приведены слева от каждой строки, а состояния самой связи обозначены над столбцом.

Флори детально рассмотрел макромолекулы, состоящие из различных звеньев, и возможность представления их свойств в виде схемы с тремя уровнями энергии – одним *транс*-состоянием и двумя *гош*-состояниями, несмотря на то, в реальности энергетическая схема может быть и четырехуровневой и пятиуровневой.

При расчете энергии взаимодействия между различными звеньями цепи

Флори рассматривал взаимодействие между ближайшими соседями.

После многочисленных упрощений конечное выражение для расчета конфигурационной статистической суммы  $Z$  цепи из  $n$  связей в случае  $n$ -алканов принимает следующий вид:

$$Z = \mathbf{J}^* \mathbf{U}^{n-2} \mathbf{J},$$

где  $\mathbf{J}^*$  и  $\mathbf{J}$  – соответственно вектор-строка и вектор-столбец,

$$\mathbf{J}^* = (1\ 0\ 0), \quad \mathbf{J} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Используя рассмотренный метод Флори рассчитал различные свойства растворов полимеров.

Однако, сведение внутреннего вращения к с схеме с тремя энергетическим уровнями существенно снижает достоинство матричного метода. К сожалению, это является вынужденной мерой, так как произведение матриц возможно только при соблюдении определенных правил относительно числа столбцов и строк сомножителей.

Другим существенным недостатком является отсутствие рассмотрения реальных межмолекулярных взаимодействий, играющих ключевую роль при расчете теплофизических свойств полимеров, например  $pVT$ -свойств. Некоторое развитие матричного метода относительно изменения статистической суммы с температурой сделано в работе [2], однако и в данном случае сделанные упрощения заставляют с сомнением относиться к полученным результатам.

На наш взгляд, при использовании данного матричного метода, можно, при определенных допущениях учесть межмолекулярные взаимодействия, например, так, как это сделано в теории стеклования полимеров Гиббса и ДиМарцио [3], [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Флори П. Статистическая механика цепных молекул. – М.: Мир, 1971. – 440 с.
2. Sundararajan P.R. Theoretical Evaluation of the Conformational Entropy of Fusion and the Melting Temperature of Polymers // J. Appl. Polym. Sci. – 1978. – V. 22. – P. 1391-1403.
3. Gibbs J.H., DiMarzio E.A. Nature of the Glass Transition and the Glassy State // J. Chem. Phys. – 1958. – V. 28. – N. 3. – P. 373-383.
4. DiMarzio E.A., Gibbs J.H. Chain Stiffness and the Lattice Theory of Polymer Phases // J. Chem. Phys. – 1958. – V. 28. – N. 5. – P. 807-813.

**К ВОПРОСУ ЭКСПЕРТИЗЫ ОДЕЖДЫ, ВОЗВРАЩЕННОЙ  
ПОТРЕБИТЕЛЕМ: ДЖИНСОВЫЕ БРЮКИ И ДРУГИЕ ИЗДЕЛИЯ  
ON THE ISSUE OF EXAMINATION OF CLOTHING RETURNED BY THE  
CONSUMER: DENIM TROUSERS AND OTHER PRODUCTS**

**Азанова А.А., Миннебаева Р.Г., Давлетбаев И.Г.  
Azanova A.A., Minnibaeva R.G., Davletbaev I.G.**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan  
Центр независимой экспертизы ООО «Аврора-Консультант»  
Center of Independent Expertise «Aurora-Consultan», Russia, Kazan  
(e-mail: azanovlar@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены практические аспекты экспертизы качества джинсовой одежды, возвращенной потребителем. Перечислены основные нормативные документы, на основе которых выполняется экспертиза. Приведены примеры часто встречающихся дефектов.

*Abstract:* The article discusses the practical aspects of the quality assessment of denim clothing returned by the consumer. The main regulatory documents that are used for the examination are listed. Examples of common defects are given.

*Ключевые слова:* экспертиза, потребитель, материалы, стандарты, джинсы.

*Keywords:* expertise, quality, consumer, materials, standards, jeans.

Экспертиза товаров легкой промышленности, возвращенных потребителем, является особенно востребованным видом экспертных услуг. Увеличение количества обращений связано как с ростом юридической грамотности и активности населения, так и существованием на потребительском рынке товаров низкого качества [1]. Одним из видов швейных изделий, наиболее часто возвращаемых покупателями, являются изделия из джинсовых тканей, чаще всего брюки – джинсы.

Джинсы имеют уже более чем полувековую историю в нашей стране, а в настоящее время являются незаменимой частью молодежного гардероба и пользуются популярностью у покупателей всех возрастных групп. Такую одежду можно назвать особым видом швейных изделий, отличающимся, в первую очередь, свойствами материала, особенностями конструкции, технологической обработки и отделки.

Джинсы, как разновидность брюк указаны в ГОСТ Р 54393—2011 «Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения», также отдельно упоминаются в ГОСТ 25295—2003 «Одежда верхняя пальтово-костюмного ассортимента. Общие технические условия» в разделе 5.3 Требования к изготовлению и в ГОСТ 21790-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные одежные. Общие технические условия».

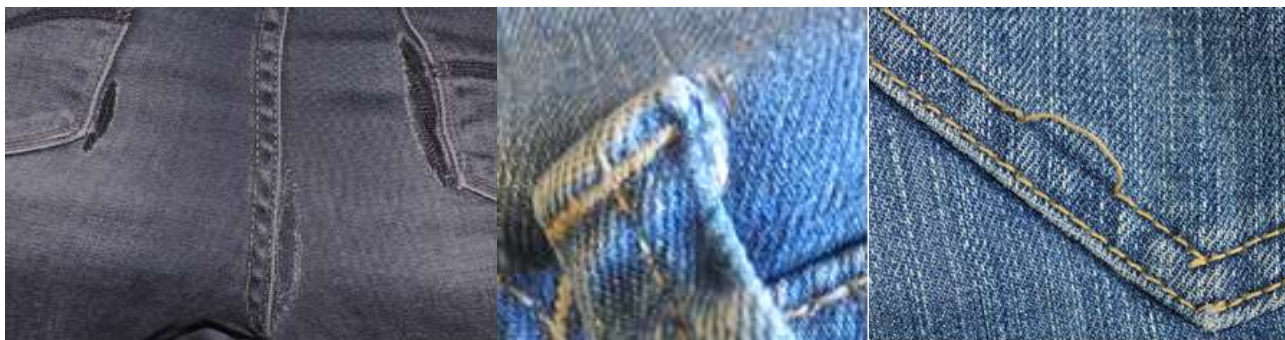
Анализ результатов экспертиз джинсовой одежды, проведенных центром независимой экспертизы г. Казани «Аврора-Консультант» за последние годы, показал наиболее часто встречаемые причины обращений потребителей:

- разрывы ткани, как правило в швах, наиболее подверженных растяжению во время эксплуатации, характерное фото приведено на рис.1 (а, б). Причинами возникновения данного дефекта могут быть:

- низкий предел прочности материала при растяжении, например, по причине нарушения технологических режимов отделки ткани или самих брюк;

- интенсивное механическое воздействие при эксплуатации, когда изделие не соответствует фигуре по размеру. Многие модели джинсов предполагают облегание фигуры, а наличие в составе эластановые нити делает ткань растяжимой. Такие изделия позволяют корректировать фигуру, и некоторые покупательницы выбирают джинсы заведомо на один-два размера меньше, что в результате приводит к разрывам ткани. Эксперту в таком случае приходится с особенной тщательностью подходить к исследованию соответствия размера изделия фигуре потребителя;

- не соблюдение рекомендаций производителя по уходу за изделием; многократные стирки в горячей с использованием моющих средств могут привести к снижению прочности ткани.



**Рисунок 1. – Дефекты джинсов, возвращенных потребителем: а, б – разрыв ткани по швам в местах наибольшего растяжения во время эксплуатации, в – пропуск стежков в строчке**

- низкая устойчивость окраски к трению. Согласно ГОСТ 21790-2005 допускается снижение показателя устойчивости окраски к сухому трению и свету на 2 балла. Таким образом, например, нормативная устойчивость окраски темного тона степени устойчивости «прочная» по 5-ти балльной шкале составит не менее 2 баллов;

- истирание материала. Данный дефект возникает в местах наибольшего трения во время эксплуатации – в области шаговых швов, на сгибах, по низу изделия;

- дефекты пошива. Пример пропуска стежков в строчках приведен на рис. (в).

По многим дефектам, особенно касающимся соответствия характеристик материала нормативным требованиям, эксперту приходится решать сложную задачу, определяя причину происхождения дефектов. Многие методы испыта-

ния являются разрушающими, а об устойчивости окраски материала после стирки зачастую приходится судить по косвенным признакам. Определение происхождения недостатков товара требует от эксперта знаний производственных процессов, нормативных документов, а также большого практического опыта работы.

При проведении экспертизы изделий, возвращенных потребителем, эксперт делает заключение на основе действующей нормативно-технической документации, а именно технических регламентов Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011) и «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (ТР ТС 007/2011), ГОСТов и других стандартов [3,4]. К сожалению, не всегда обнаруженные дефекты предусмотрены в нормативно-технической документации, в таких случаях их приравнивают к аналогичным.

В спорных ситуациях эксперту приходится предъявлять убедительные доказательства, опираясь на фундаментальные источники – учебники по материаловедению, технологии [5]. Часто результаты экспертизы ставят под сомнение легальность происхождения товаров: подозрение в фальсификации вызывает, прежде всего, нарушения и неточности в маркировке изделия, а также наличие многочисленных дефектов в изделиях брендов люксового сегмента. В поддельной продукции часто маркировка выполнена с нарушениями (например, разная информация о стране-производителе на товарном ярлыке и ленте с изображением товарного знака) или с орфографическими ошибками [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бандурин Р.А. Особенности производства товароведческой экспертизы обувных товаров в таможенном деле // Научный журнал «Экономика. Социология. Право». 2017. №1 (5). С. 9-13.
2. Закон РФ «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 г. N 2300-1.
3. СТО ТПП РФ 21-61-07 «Обувь. Экспертиза обуви».
4. СТО ТПП РФ 21-36-04 «Экспертиза швейных изделий, бывших в эксплуатации. Методические рекомендации».
5. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности (швейное производство). М.: «Академия», 2008. 448 с.
6. Азанова А.А., Давлетбаев И.Г. Экспертиза товаров легкой промышленности, возвращенных потребителем: практические аспекты // сб. трудов симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – Ч. 2. – С.101-105.



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЭСТЕТИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОРПОРАТИВНОЙ УНИФОРМЫ  
IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE  
AESTHETIC QUALITY OF CORPORATE UNIFORM**

**Денисова О.И.  
Denisova O.I.**

*Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна  
St. Petersburg State University industrial technology and design  
(e-mail: ipolgadenisova@yandex.ru)*

*Аннотация:* Предложено дополнить номенклатуру, используемую при экспертизе эстетики проектных решений в сфере дизайна костюма, рядом показателей, отражающих «скрытые» потребности участников дресс-кода, и совершенствовать методологию процесса экспертной оценки корпоративной униформы, совместив приемы парного сравнения и системы шкал.

*Abstract:* It is proposed to supplement the nomenclature used in the examination of the aesthetics of design decisions in the field of costume design with a number of indicators reflecting the "hidden" needs of the dress code participants, and to improve the methodology of the process of expert evaluation of the corporate uniform by combining the methods of pair comparison and the scale system.

*Ключевые слова:* униформа, концепция, дизайн, требования, эстетические показатели

*Keywords:* uniform, concept, design, requirements, aesthetic indicators

Дизайн корпоративной формы в рамках формирования комфортной для сотрудников социокультурной среды организации – это неоднозначный, полемизируемый аспект дресс-кода. В зависимости от принципов формулировки требований, прослеживается специфика проблем политики дресс-кода. Так называемый «гибкий» дресс-код подразумевает обобщенные требования, касающиеся общего стиля, ассортимента, цветового решения и, часто, перечня недопустимых вещей. В его рамках возможно отразить особенности конкретной региональной социально-экономической и культурной среды. Однако, подобное лояльное отношение к мультикультурной разнородности традиций при общей унификации образа может создать иллюзию чрезмерного выделения части сотрудников в коллективе, тем самым разрушив исходную концептуальную идею фирменного стиля. В этой ситуации на выбор моделей одежды участниками дресс-кода (в ситуации широкого ассортимента предложений рынка) в большей степени влияние будут оказывать их личные предпочтения, а не решение задачи символического отражения миссии корпорации посредством невербального языка форменной одежды. Так, например, проведенное исследование

[1] позволило установить, что в ситуации гибкого делового дресс-кода отечественные потребители-участники предпочитают преимущественно приглушенные синие и коричневые тона, при этом потребительские предпочтения в цвете не всегда совпадают с фирменными корпоративными цветами.

Более жесткий, «предписывающий» дресс-код с введением унифицированной формы, с одной стороны, нивелирует социальное неравенство, повышает дисциплину, сплоченность во внутрикорпоративной среде. С другой стороны, этот формат требований не позволяет отразить разнообразие национальностей и вероисповеданий в коллективах; расценивается участниками как принуждение, ограничение (или даже грубое нарушение) их прав. Поэтому в ситуации жесткого дресс-кода зачастую наблюдается ответная реакция в форме намеренного искажения изначального символического концепта корпоративной формы путем введения неоднозначно трактуемых знаков. Проведенные исследования в различных сферах введения дресс-кода – общеобразовательных и медицинских учреждениях, деловой среде, ресторанном и туристическом бизнесе, - выявили причины ряда так называемых «скрытых» потребностей участников этой политики [2].

В свете выявленных проблем введения дресс-кода, предложено расширить существующую номенклатуру за счет ряда показателей [1], включая соответствие фирменному стилю организации; символизм; эстетическую адаптированность внешнего вида изделий к половозрастным, размероростовочным характеристикам участников дресс-кода, а также к гендерному и национальному контингенту сотрудников и их культурным и религиозным взглядам. Поскольку в процессе оценки эксперты производят ранжирование показателей в зависимости от их значимости, то при этом может быть выделен ведущий (базовый) показатель. Например, в работе [3], проанализированы модели школьной формы ряда отечественных производителей преимущественно с позиции их адаптации к размероростовочным характеристикам школьников нетипового телосложения.

Однако, существует довольно распространенная позиция ряда экспертов, когда несоответствие изделия хотя бы одному из эстетических требований, отражаемых в номенклатуре показателей, не позволяет считать его форму эстетически совершенной. В этой ситуации, для оценки качества проекта корпоративной формы целесообразно применять метод оценки с использованием системы шкал [4]. Тогда для каждого интервала шкалы «идеальной меры» подбирается реальный объект – одна или несколько моделей-аналогов корпоративной формы, имеющих как традиционное, так и новаторское решение, обладающее соответствующим уровнем эстетической ценности. Аналоги для сравнения подбираются экспертами только по признакам видового сходства изделий, определяющих их одинаковое назначение для потребителей, при этом их структура и форма отличаются. Показатели эстетических свойств изделия-аналога принимаются за базовые и используются для сравнения с соответствующими показателями оцениваемых моделей-предложений униформы при проведении экспертной оценки. Количественная оценка (например, отлично – 5, хорошо – 4 и т.д.) служит для выделения худшего и лучшего варианта корпоративной фор-

мы, для соотнесения их с порогом допустимого и с критерием высокого эстетического уровня дизайна.

Следует отметить, что в качестве экспертов, помимо специалистов в области проектирования костюма, к принятию решения об окончательном проектом решении униформы зачастую привлекаются представители организации, вводящей дресс-код. Поскольку эти лица чаще всего не имеют профессиональных навыков работы с костюмом, то для совершенствования процедуры отбора аналогов и упрощения процедуры составления шкалы «идеальной меры» можно применить результаты ранжирования моделей униформы, полученные методом парных сравнений. В случае применения метода парных сравнений, члены экспертной группы заполняют матрицы, последовательно ориентируясь на выбор лучшей модели униформы из двух вариантов. Традиционно, удаление из результирующей матрицы значений, отражающих мнение менее половины от общего числа экспертов, позволяет выявить образцы с наименее спорной эстетикой. Если же сохранить и математически обработать все значения в результирующей матрице, то, в соответствии с полученным рангом, данные модели могут образовать шкалу «идеальной меры»: от наихудшего до эстетически лучшего образца.

Таким образом, несмотря на усложнение процедуры экспертной оценки, применение расширенной номенклатуры эстетических свойств позволяет принять более обоснованное решение в отборе проектных решений корпоративной униформы, что снижает риск проблем при введении дресс-кода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Седихина А.Е., Денисова О.И. Специфика номенклатуры требований к одежде в корпоративном стиле // В сборнике: Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий. Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции. Москва, 2020. С. 83-86.

2. Денисова О.И., Денисов А.Р. Анализ практики внедрения школьного дресс-кода в РФ с позиций международного дискурса // Дизайн. Материалы. Технология. 2018. № 1 (49). С. 43-47.

3. Денисова О.И. Анализ использования приемов дизайн-проектирования при разработке униформы для нестандартных фигур // Технологии и качество. 2018. № 3 (41). С. 36-42.

4. Костюкова, Ю.А. Эстетика и дизайн товаров: учебное пособие: в 2 ч. Ч.1. Основы композиции. Оценка эстетических свойств / Ю.А. Костюкова, О.И. Денисова. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. – 70 с.

**К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ  
С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ  
TO THE QUESTION OF CREATING CLOTHES  
FOR PERSONS WITH DISABILITIES**

**Зими́на М.В., Чаги́на Л.Л.  
Zimina M.V. Chagina L.L.**

*Костромской государственный университет  
Kostroma State University  
(e-mail: zimnamv1977@rambler.ru, lyu-chagina@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрена актуальность разработки одежды для инвалидов, обозначены требования, предъявляемые к рассматриваемому ассортименту, обоснована ключевая роль пакета материалов в создании высококачественной одежды для определенных категорий людей с ограниченными возможностями здоровья.

*Abstract:* Considers the relevance of the design of clothing for disabled guests, designated requirements to the range, it substantiates the key role of materials in creating high quality clothing for certain categories of people with disabilities.

*Ключевые слова:* люди с ограниченными возможностями здоровья, одежда для инвалидов, показатели качества, свойства, оптимальный пакет материалов.

*Keywords:* people with disabilities, clothing for the disabled, quality indicators, properties, optimal package of materials.

Более миллиарда человек в мире, то есть 15 % населения, по данным ВОЗ, живут с какой-либо формой инвалидности. В России на сегодняшний день насчитывается 13 млн. инвалидов, что составляет около 8,8 процента населения страны и более 40 млн. маломобильных граждан – 27,4 процента населения. Данные опроса Левада-Центра, проведенного по заказу Комитета гражданских инициатив, показывают, что проблема людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) напрямую касается каждой пятой (23%) семей, 13% имеют в своем составе взрослого члена семьи-инвалида, 3% – ребенка-инвалида и 8% опрошенных имеют один из диагнозов, связанных с ограниченными возможностями. Практически половина из них – мужчины и женщины трудоспособного возраста, многие из которых являются людьми с ограниченной двигательной возможностью [1].

На сегодняшний день в нашей стране существует ряд документов, направленных на улучшение жизни людей с ОВЗ. В 1995 году принят закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», действует государственная программа «Доступная среда» (2011-2020 г.г.) [2]. В 2012 году Россия ратифицировала Конвенцию ООН «О правах инвалидов» в рамках которой со-

здается среда, удобная для людей с ограниченными возможностями здоровья (ВОЗ).

Создание инклюзивной среды, позволяющей инвалидам жить полной жизнью, должна включать все сферы жизнедеятельности людей с ОВЗ. Одним из актуальных направлений является разработка одежды для инвалидов, развитие *accessible fashion*. В настоящее время в мировой швейной практике насчитывается порядка ста производителей одежды для инвалидов. В России эта одежда включена в ИПР (индивидуальную программу реабилитации). ФГУ "Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов разработан национальный стандарт, распространяющийся на изготовление специальной одежды для инвалидов [3]. В 2010 году в России был создан проект *Bezgraniz Couture*, направленный на продвижение идеи создания одежды для людей с инвалидностью и внедрение специализированной одежды в массовое производство [4]. Проблема проектирования адаптивной одежды находит все большее отражение в научных исследованиях [5-8].

Одежда для людей с ограниченными возможностями здоровья должна быть функциональной и адекватной условиям системы «инвалид - одежда - окружающая среда», соответствовать социальным, эксплуатационным, эргономическим и эстетическим требованиям. В повседневной жизни и во время работы необходима специальная одежда, показатели качества которой установлены с учетом специфики заболевания, антропометрических и физиологических особенностей. Обязательным моментом является учет требований безопасности. В целом, требования к одежде для людей с ограниченными возможностями здоровья более высокие, по сравнению с одеждой для здоровых людей.

Инновационным направлением можно считать создание «умной» одежды для инвалидов. Несмотря на то, что понятие высокотехнологичной одежды с элементами интеллекта появилось еще в 80-е годы прошлого столетия, широкого развития эти технологии еще не получили.

Важное значение в создании адаптивной одежды играют материалы и их свойства. При этом для некоторых категорий, например, людей с ограниченными двигательными возможностями, качественные характеристики материалов играют ключевую роль. Авторами [8] справедливо отмечается, что в настоящее время при проектировании теплозащитной одежды для инвалидов в основном используются традиционные материалы, что не всегда обеспечивает выполнение повышенных гигиенических требований к пододежному микроклимату, где предъявляются достаточно жесткие требования. В этих же исследованиях предложены оптимальные пакеты материалов для теплозащитной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, включающие текстильные материалы с улучшенными свойствами, которые обеспечивают эффективную защиту в условиях нестационарного охлаждения. Однако материалы с улучшенными свойствами выпускаются зарубежными производителями и являются достаточно дорогостоящими, особенно для рассматриваемой целевой аудитории. В целом пакеты материалов, используемые для проектирования и изготовления

различного ассортимента одежды для инвалидов, мало изучены по отношению к жизнедеятельности людей с ОВЗ. Поэтому проблема создания новых систем материалов для адаптивной одежды, исследование свойств, разработка и совершенствование методик оценки качества материалов и изделий из них является актуальной.

Важной особенностью проектирования высококачественной одежды для инвалидов, обеспечивающей комфортное и удобное существование, является учет специфики заболевания. Возвращаясь к проектированию одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями, следует рассмотреть такую особенность, как нарушение чувствительности некоторых участков тела вследствие чего человек может не ощущать жарко ему или холодно. В данном случае материал должен поглощать и отводить влагу, при этом сохраняя тепло по аналогии со свойствами мембранных тканей. Актуальными задачами для рассматриваемой целевой аудитории являются разработка функциональных изделий с элементами термоконтроля различных участков тела, создание материалов с биомаркерами, считывающими метрики человека и т.д.

Таким образом, качественные характеристики системы материалов в одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями являются определяющими. Этим объясняется актуальность разработки оптимальных пакетов материалов, обладающих требуемым комплексом свойств для рассматриваемого ассортимента изделий. Проведенный анализ показал предпосылки использования льна как составляющей системы материалов для создания адаптивной одежды. Особенности льноволокна, придающие материалам терморегулирующие функции, способность угнетать жизнедеятельность микрофлоры, высокая сорбционная способность, гигроскопичность, низкая электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам, являются неоспоримыми преимуществами применения льна в изделиях для людей с ограниченными двигательными возможностями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Люди с ограниченными возможностями в XXI веке: новые возможности и перспективы» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.komitetgi.ru/analytics/4075/> – Дата обращения: 05.10.2020.

2. Государственная программа «Доступная среда» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/>. – Дата обращения: 05.10.2020.

3. ГОСТ Р 54408-2011 Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия

4. Как в России создается одежда для людей с инвалидностью [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.be-in.ru/photo/35886-novaya-odezhda-dlya-invalidov-rossiya-bez-granic/> – Дата обращения: 05.10.2020.

5. Савельева Н.Ю. К вопросу создания адаптационной, эстетически гармонизированной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями / Н.Ю. Савельева. – М.: Издательский дом Искусство, 2004. – 121 с.

6. Бикбулатова А.А., Андреева Е.Г. Проектирование одежды для лиц с ограниченными возможностями здоровья. // Естественные и технические науки.- 2015, №10. с.361-364.

7. Манукян К.А., Сафина Л.А., Хамматова Э.А. Проектирования одежды людям с ограниченными возможностями в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями / Манукян К.А., Сафина Л.А., Хамматова Э.А. // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 6. С. 79-82.

8. Абрамов А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями. Дисс. ... докт. техн. наук. Кострома. КГУ. 2017.

**УДК 677.017**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДРАПИРУЕМОСТИ ТКАНЕЙ НА  
ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-СКАНЕРА  
DEVELOPMENT OF THE METHOD OF FABRICS DRAPEABILITY  
EVALUATION USING 3D SCANNER**

**Тан Сяотун, Рыклин Д.Б.  
Tang Xiaotong, Ryklin D.B.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
(e-mail: 420013306@qq.com, ryklin-db@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрен порядок разработки методики драпируемости тканей на основе применения 3D-сканера, выбор показателей для оценки драпируемости.

*Abstract:* The procedure for developing a method for fabrics drapeability based on the use of a 3D scanner, the choice of indicators for drapeability assessing are considered.

*Ключевые слова:* драпируемость, ткань, 3D-сканирование, методика.

*Keywords:* drapeability, fabric, 3D scanning, method.

В настоящее время оценка драпируемости тканей является одной из актуальных проблем текстильного материаловедения. Это в значительной степени связано с развитием новых направлений использования информации о драпируемости, например, при разработке средств визуализации швейных изделий в системах автоматизированного проектирования, а также при создании виртуальных (электронных) примерочных. Кроме того, оценка драпируемости тканей является важной задачей в связи с появлением новых видов текстильного сырья и технологий умягчающей отделки тканей.

К недостаткам традиционных методов оценки драпируемости можно отнести использование узкоспециализированного оборудования (дрейпметра), а

также то, что получаемые показатели характеризуют драпируемость объемной пробы на основании информации только о ее тени. Кроме того, в литературе в основном описывается оценка данного свойства только на основе одного критерия – коэффициента драпируемости, в то время как применение множества дополнительных критериев практически не определено.

Наиболее перспективным направлением развития методов оценки драпируемости тканей является разработка новых подходов, основанных на применении технологий 3D-сканирования. Исследования по данному направлению ведутся достаточно широко в разных странах мира [1, 2, 3]. Анализ публикаций по данной теме показал, что разрабатываемые методы с применением 3D-сканирования позволяют получать и анализировать истинные трехмерные изображения драпированной ткани и ее текстуры, а также осуществлять автоматическое измерение и оценку выбранных характеристик драпируемости.

Однако до сих пор не разработаны обоснованные подходы к выбору тканей с наилучшей драпируемостью из нескольких вариантов на основании анализа результатов, полученных при 3D-сканировании образцов.

Целью данной работы является создание методики оценки драпируемости тканей с использованием комплекса показателей, получаемых в результате 3D-сканирования.

При разработке методики проведен ряд экспериментальных исследований чистольняных, полульняных и полиэфирных тканей разной структуры и поверхностной плотности. При проведении исследований использовался 3D-сканер Artec Spider.

Анализ результатов исследований показал, что поверхность драпированной пробы тканей, поверхностная плотность которых составляет от 100 до 500 г/м<sup>2</sup>, а жесткость при изгибе, измеренная в вдоль основы и утка, – от 3000 до 40000 мкН·см<sup>2</sup>, может быть описана следующей формулой в полярных координатах [4]:

$$R_D(\varphi, H) = (a_0 + a_1 \cdot H) + (a_2 + a_3 \cdot H) \cdot \left( \frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta\varphi_1)}{2} \right)^{(a_4 + a_5 \cdot H)} + (a_6 + a_7 \cdot H) \cdot \left( \frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta\varphi_2)}{2} \right)^4, \quad (1)$$

где  $R_D$  – расстояние от оси опорного диска до точки на поверхности драпированной пробы, мм;  $H$  – расстояние от точки на поверхности драпированной ткани до опорного диска, мм;  $\varphi$  – угол, отложенный от направления основы по часовой стрелке, рад.;  $n$  – количество складок;  $\Delta\varphi_1$  и  $\Delta\varphi_2$  – начальные фазы периодических составляющих формулы (1),  $a_0$  –  $a_7$  – коэффициенты, которые зависят как от параметров процесса испытания ткани (например, от радиуса образца и радиуса опорного диска), так и от свойств испытываемой ткани (поверхностной плотности, плотности по основе и утку, жесткости нитей основы и утка, переплетения и т.д.).



Для профиля каждого сечения и тени драпированной пробы модель принимает следующий вид:

$$R_D(\varphi) = R_0 + \Delta R_1 \left( \frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta\varphi_1)}{2} \right)^{k_1} + \Delta R_2 \left( \frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta\varphi_2)}{2} \right)^4, \quad (2)$$

где  $R_0$  – радиус окружности, вписанной в сечение драпированной ткани, мм;  $\Delta R_1$  – высота складки без учета анизотропии ткани по свойствам, мм;  $\Delta R_2$  – отклонение высоты складки из-за анизотропии свойств ткани, мм;  $k_1$  – показатель степени, характеризующий искажение формы сечения складок по сравнению с синусоидой.

В качестве единичных показателей, которые могут быть использованы для оценки драпируемости тканей, предложено использовать такие традиционные показатели, как коэффициент драпируемости  $K_D$  и количество складок  $n$ , образованных драпированной пробой, так и новые показатели:

- коэффициент детерминации  $R^2$  регрессионной модели (1), характеризующий соответствие фактической формы поверхности пробы результатам расчетов;
- показатель анизотропии драпируемости, рассчитываемый как соотношение параметров модели (2) для тени, создаваемой пробой

$$A = \frac{\Delta R_2}{R_0} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Кроме того, на основании сопоставления данных, полученных при 3D-сканировании различных образцов тканей, и экспертной оценки изделий из них предложен новый показатель визуального восприятия, рассчитываемый по следующей формуле:

$$V = \frac{100 - K_D}{3 \cdot (A + 2\sigma_A)} \cdot \sqrt{n \cdot R^2}, \quad (4)$$

где  $\sigma_A$  – среднее квадратическое отклонение анизотропии драпируемости, %.

При разработке методики необходимо решить вопрос количестве испытаний в связи с тем, что показатели драпируемости характеризуются значительной вариативностью.

Для решения данной задачи проведены испытания 10 различных образцов тканей, в ходе которых 3D-сканированию подвергались 3 пробы из каждого образца. Каждая проба сканировалась по 6 раз. После каждого сканирования пробы однократно встряхивались в вертикальном направлении для изменения формы образуемых складок.

В результате обработки полученных данных установлено, что усредненные значения коэффициента драпируемости  $K_D$ , полученные в результате единичных испытаний каждой пробы, несущественно отличаются от результатов обработки данных, полученных при 6 испытаниях каждой пробы. Незначительность изменений данного показателя с увеличением количества испытаний определяется низким значением коэффициентов вариации, которые для исследованных образцов не превышают 5 %.

Коэффициент детерминации  $R^2$  регрессионной модели, описывающей поверхность пробы, ситуация характеризуется значительно большей вариативно-

стью, о чем свидетельствует диапазон коэффициентов вариации от 11,93 % до 31,10 %. Среднее значение коэффициента детерминации изменялось существенно с увеличением количества испытаний от 1 до 6. Для одного из образцов оно снизилось на 24,5 %, а для другого – повысилось почти на 20 %. Следовательно, для достоверной оценки данного показателя единичных испытаний каждой пробы недостаточно. При этом разница усредненных значений для 5 и 6 испытаний была незначительна, что позволяет сделать вывод о том, что 6 испытаний достаточно для получения достоверных данных о значении данного показателя. Аналогичный результат получен и для показателя анизотропии *A*.

Также решался вопрос об оценке различий усредненных значений показателей драпируемости, полученных по результатам серии испытаний. С учетом небольшого объема выборки и несоответствия распределения нормальному закону для оценки различий между независимыми выборками принято решение об использовании непараметрического критерия Манна-Уитни.

Разработанная методика включает описание процедур подготовки и 3D-сканирования проб, обработки данных с использованием специально разработанной компьютерной программы [5], а также последовательность действий по выбору ткани с наилучшей драпируемостью из исследуемых образцов. Данная последовательность представляет собой алгоритм, предполагающий выбор образца на основе последовательного сопоставления значений единичных показателей и комплексного показателя визуального восприятия драпировки различных образцов тканей.

Апробация разработанной методики показала, что ее применение позволяет делать обоснованный выбор материалов для изготовления швейных изделий, для которых драпируемость является одним из наиболее значимых свойств используемых тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Glombikova, V., Kus, Z. Drape evaluation by the 3d drape scanner // *Tekstilvekonfeksiyon*. – 2014. – 24(3). – pp. 279-285.
2. Tannie, M., Guowen, S. An investigation of the assessment of fabric drape using three-dimensional body scanning // *The Journal of The Textile Institute*. – 2010. – №101:4, – pp. 324 – 335.
3. Шен, В., Рен, Ц. Испытания драпируемости ткани на основе датчика Kinect // *Журнал Чжэцзянского университета науки и технологии* – 2014. – №3. – С. 306-309. (沈.伟,任.静. 2014 基于 Kinect 传感器的织物悬垂性测试,中国,浙江理工大学学报, №3, 306-309页).
4. Тан, С. Математическое описание поверхности драпированной ткани / С. Тан // *Национальная молодежная научно-техническая конференция «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК-2020)»*. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2020. – Ч. 1. – С.672 – 675.
5. Рыклин, Д.Б. Разработка программы для расчета показателей драпируемости тканей на основе данных 3D-сканирования / Д.Б. Рыклин, Сяотун Тан, К.А. Крушевич // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2020. – № 1(38). – С. 113 – 124.

**СЕКЦИЯ 4.  
СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ  
И ОТДЕЛКИ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ  
ПОЛИМЕРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ  
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ  
STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMER SOLUTIONS  
WHEN OBTAINING FIBROUS MATERIALS BY ELECTROFORMATION**

**Воронова Э.В., Колоколкина Н.В.  
Voronova E.V., Kolokolkina N.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: oxtpaxt@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены реологические свойства растворов гидрофобных и гидрофильных полимеров на примере хлорированного поливинилхлорида и поливинилового спирта, найдены их оптимальные концентрации для электроформования.

*Abstract:* The rheological properties of solutions of hydrophobic and hydrophilic polymers are considered on the example of chlorinated polyvinyl chloride and polyvinyl alcohol, their optimal concentrations for electrospinning are found.

*Ключевые слова:* реологические свойства, точка кроссовера, электроформование.

*Key words:* rheological properties, crossover point, electrospinning.

Получению волокнистых материалов с различными функциональными свойствами в последнее время уделяют большое внимание. Волокнистые материалы с повышенными характеристиками свойств пользуются большим спросом, так как уровень их несоизмеримо выше при меньших затратах полимерного сырья. Для изготовления нановолокнистых материалов используют растворы различных по химическому составу полимеров с применением инновационного метода электроформования.

Электроформование – процесс, приводящий к формированию нановолокон в результате действия электростатических сил на электрически заряженную струю полимерного раствора или расплава.

Электрическое напряжение от единиц до ста киловольт прикладывается к раствору (расплаву) полимера, который при помощи дозатора подается через капилляр. Высокое напряжение индуцирует в растворе полимера одноименные электрические заряды, которые в результате кулоновского электростатического взаимодействия, приводят к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. Полученные струи отверждаются за счет испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, имеющей противоположное значение электрического потенциала.

Важными особенностями процесса электроформования является выбор растворителя, который должен обладать определенными свойствами:

- Температура кипения в интервале 80°C – 200°C;
- Давление насыщенных паров в интервале 0,35 – 10кПа (0,0035-0,1 бар, атмосфер) при 20°C;
- Поверхностное натяжение не выше 50мН/м;
- Электропроводность в интервале от  $10^{-6}$  до  $10^{-2}$  см/м (проводимость можно повысить прибавкой некоторых кислот);
- Динамическая вязкость формовочных растворов должна изменяться в интервале 0,05 – 1,5 Па\*с (в ряде случаев до 7 Па\*с) [1].

В работе использовали полимеры, отличающиеся между собой по гидрофильным характеристикам. Процесс электроформования волокнистых материалов проводили с использованием растворов хлорированного поливинилхлорида (ХПВХ) в диметилформамиде и поливинилового спирта (ПВС) в воде. Поливиниловый спирт, имеющий в составе по одной гидроксо- группе в каждом элементарном звене макромолекулы, безусловно обладает большей степенью гидрофильности по сравнению с ХПВХ.

Вязкость растворов волокнообразующих полимеров, зависящая от концентрации полимера, является одним из определяющих показателей, влияющих на процесс формования волокон. Поэтому для определения оптимальной концентрации полимера при проведении электроформования интерес представляло исследовать растворы этих полимеров с различной концентрацией. Были исследованы реологические свойства формовочных растворов ХПВХ в ДМФ и ПВС в воде при разных концентрациях полимера в растворе. Вязкость формовочных растворов изучали на ротационном вискозиметре «Rheotest» 2.1.

Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2.

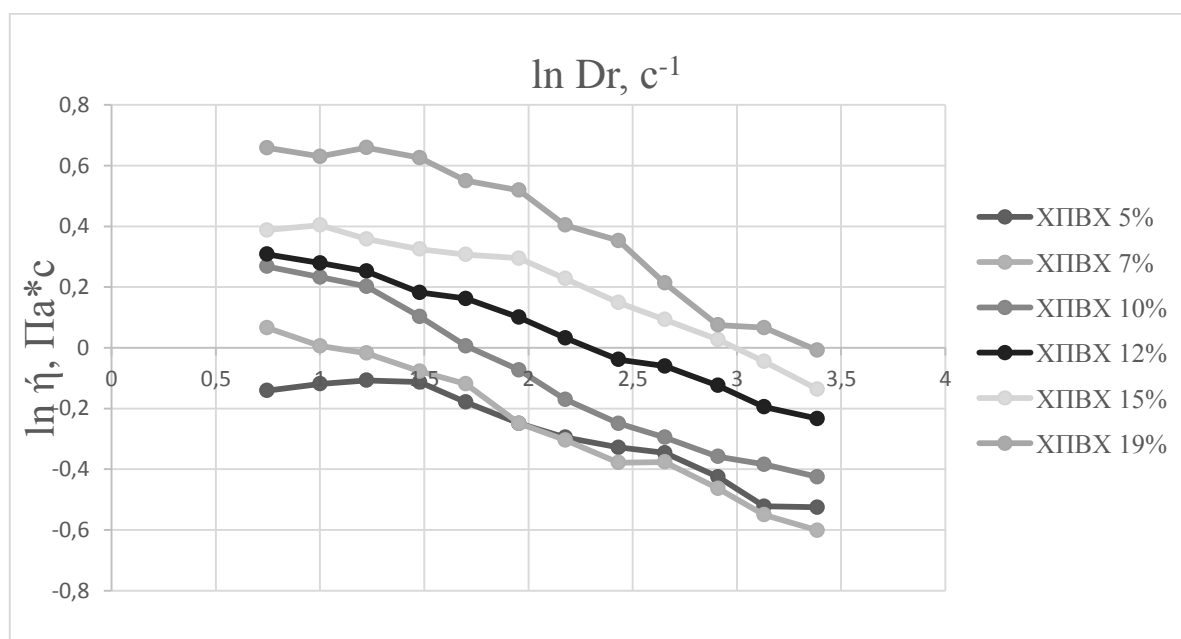
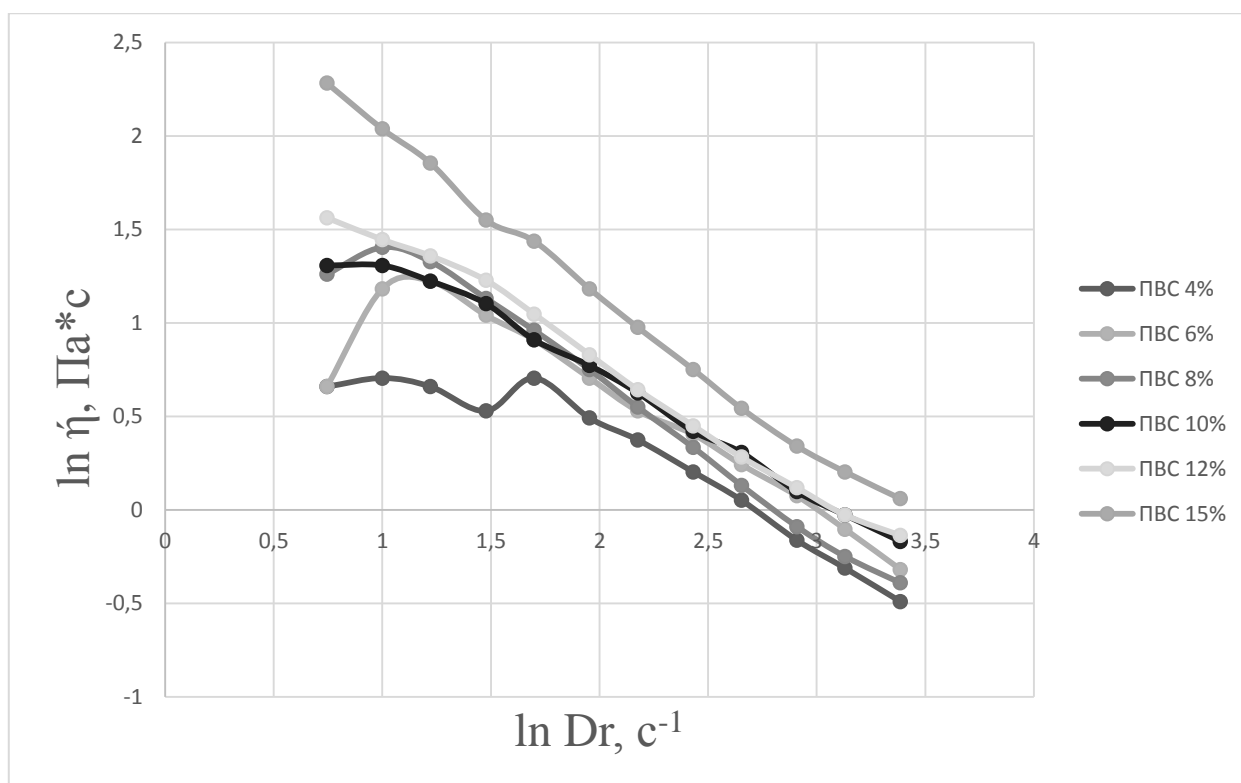


Рисунок 1 –Кривые течения растворов ХПВХ при разной концентрации полимера



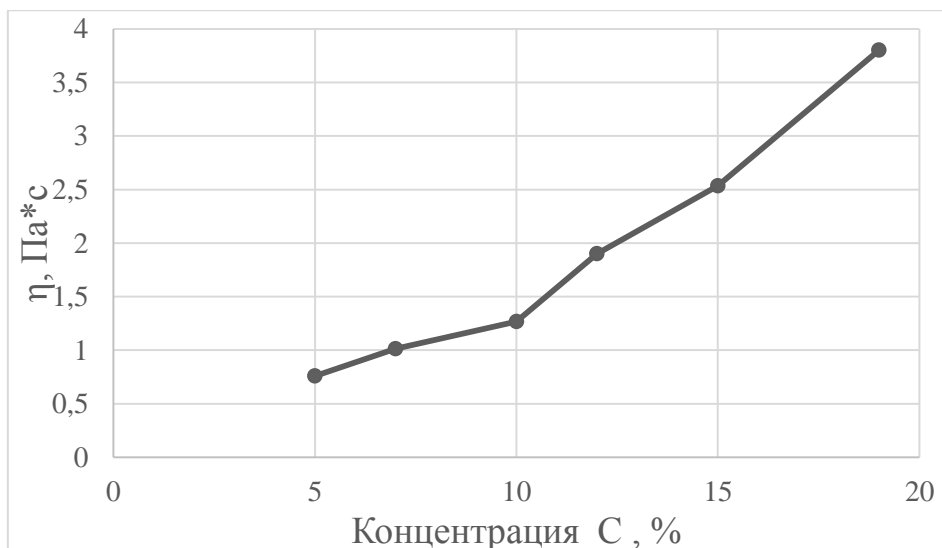
**Рисунок 2 – Кривые течения растворов ПВС при разной концентрации полимера**

Как видно из данных рисунков, при увеличении концентрации полимера в растворе вязкости в обоих случаях закономерно увеличиваются. Однако, полимер ПВС, имеющий функциональные группы – ОН, способен к повышению степени структурирования растворов, о чем свидетельствуют более высокие значения вязкостных характеристик по сравнению с таковыми для растворов полимера ХПВХ.

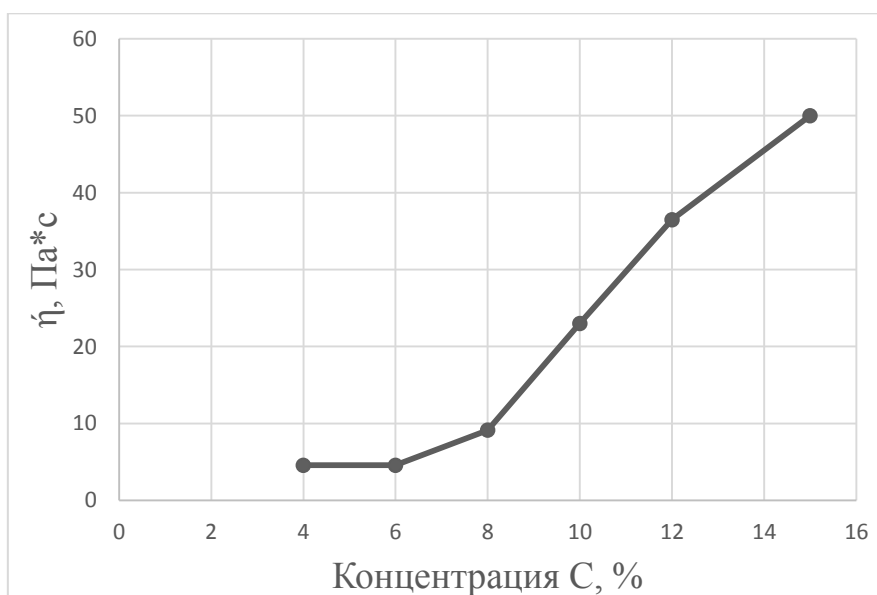
Для процесса электроформования выбор концентрации полимера в формовочном растворе основывается на определении точки кроссовера, поскольку сетка зацеплений из макромолекул, образующаяся при данной концентрации, обеспечивает формирование и сохранение целостности струи из раствора под действием напряжения.

Поэтому для формования и получения волокнистого материала с высококачественными показателями свойств необходимо использовать раствор с концентрацией полимера выше точки кроссовера, так как это обеспечивает стабильность и непрерывность процесса электроформования. При переходе через точку кроссовера в полимерном растворе формируется непрерывная, способная передавать усилие пространственная структура или, так называемая, флуктуационная сетка зацеплений [2].

Данные зависимости вязкости полимера от его концентрации в растворе для растворов ХПВХ в ДМФ и ПВС в воде представлены на рисунках 3 и 4.



**Рисунок 3 - Зависимость динамической вязкости растворов ХПВХ в ДМФ от концентрации полимера**



**Рисунок 4 - Зависимость динамической вязкости растворов ПВС в воде от концентрации полимера**

Как видно из данных рисунков, оптимальная концентрация для проведения стабильного процесса электроформования из растворов ХПВХ равна 12 %, а оптимальной концентрацией растворов ПВС является значение 8%. В дальнейших исследованиях процесса электроформования использовали эти значения концентраций полимеров в растворах.

Таким образом, основываясь на результатах исследований, показано, что для растворов ПВС, которые более структурированы, значение точки кроссовера ниже по сравнению с аналогичным показателем для растворов более гидрофобного полимера ХПВХ.

Полученные результаты имеют большое практическое значение для выбора оптимальных концентраций полимеров в растворах при проведении процесса электроформования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев А.Т., Афанасов И.М. Получение нановолокон методом электроформования // Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы». – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. – 83 с.
2. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) // Под ред. профессора В.Н. Кириченко. – М., 2001. – 231 с.

УДК 675.92.04

### ИНТЕРПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В РАСТВОРЕ ПОЛИЭФИРУРЕТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ КОЖИ INTERPOLYMER COMPLEXES IN POLYURETHANE SOLUTION FOR PRODUCING SYNTHETIC LEATHER

**Бокова Е.С., Коваленко Г.М., Шаповалова И.А., Петрова Е.К.  
Bokova E.S., Kovalenko G.M., Sharovalova I.A., Petrova E.K.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: gregoryi84@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены процессы синтеза полимер-полимерных комплексов полиакриловой кислоты и неионогенных полимеров в среде диметилформамида. Доказано образование стехиометрических интерполимерных комплексов между полиакриловой кислотой, поливинилпирролидоном и поливиниловым спиртом состава 1:1.

*Abstract:* The processes of synthesis of polymer-polymer complexes of polyacrylic acid and nonionic polymers in dimethylformamide are considered. The formation of stoichiometric interpolymer complexes between polyacrylic acid, polyvinylpyrrolidone and polyvinyl alcohol of 1: 1 composition has been proven.

*Ключевые слова:* полимер-полимерные комплексы, полиэфируретаны, синтетическая кожа.

*Key words:* polymer-polymer complexes, polyurethanes, synthetic leather.

К настоящему времени накоплен значительный научно-практический опыт в производстве обуви и одежды из синтетических кож с улучшенными свойствами на базе волокнистых основ из ультратонких волокон, создания микропористой структуры полимерных композиций на основе полиэфируретана (ПЭУ). Однако изготовленные лицевые материалы все еще не удовлетворяют потребителей по своему качеству и, прежде всего, по комплексу показателей гигиенических свойств, которые в основном зависят от характера пористой структуры материала и степени гидрофильности полимерной композиции. Поэтому проблема гидрофилизации различных видов синтетических кож и волокнистых основ, используемых при их изготовлении, по-прежнему остается весьма актуальной.



Среди большого числа доступных в настоящее время способов модификации и, прежде всего, гидрофилизации полимерных материалов является использование нового специального класса высокомолекулярных соединений в качестве модифицирующих компонентов — интерполимерных комплексов различного состава и структуры, обладающих высокими сорбционными и транспортными свойствами по отношению к парам воды. Это обусловлено сочетанием уникальных физико-химических, коллоидных и механических свойств ИПК, благодаря которым эти соединения перспективны как для самостоятельного применения в различных областях техники, медицины и биотехнологии, так и в качестве модифицирующих добавок при создании композиционных полимерных материалов и покрытий, в том числе предназначенных для работы в контакте с человеческим организмом [1].

Учитывая опыт и результаты предыдущих работ, для этих целей особенно интересны интерполимерные комплексы, стабилизированные кооперативной системой водородных связей, так как эти представители огромного семейства ИПК в условиях относительной влажности окружающей среды, соответствующей комфортной эксплуатации готовых изделий, проявляют эластомерные свойства и обладают сверхвысокой сорбционной и «транспортной» активностью по отношению к парам воды [2].

В большинстве работ интерполимерные комплексы были получены в водной среде. Количество исследований, посвящённых образованию полимер-полимерных комплексов в органических растворителях не так велико, поэтому является актуальной задачей, в том числе и на пути модификации композиционных материалов различной природы [3].

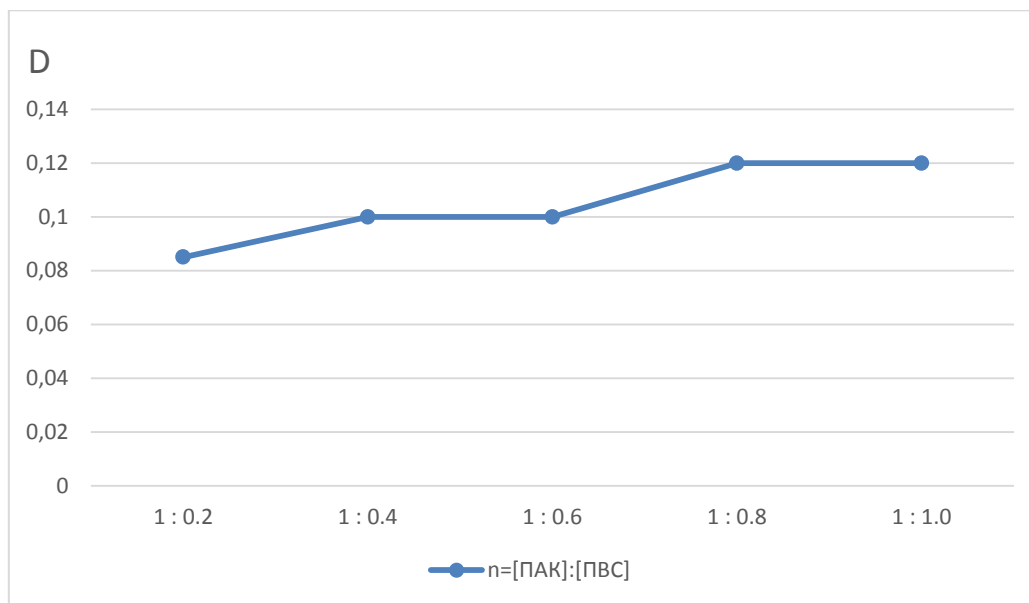
Целью работы – разработка условий получения интерполимерных комплексов в растворе полиэфируретана в диметилформамиде для материалов типа «синтетическая кожа» с повышенными показателями эксплуатационных свойств.

В качестве объектов исследования были использованы: Полиэфируретан (ПЭУ) марки Витур ТМ 0333-95 на основе простого полиэфира, полученный одностадийным синтезом, продукт взаимодействия 4,4' - дифенилметандиизоцианата и полиокситетраметилениленгликоль (олигомер тетрагидрофурана), при соотношении групп NCO:ОН равным 1:1, с молекулярной массой 1000, в виде 8%-ного раствора в диметилформамиде (ДМФА); полиакриловая кислота (ПАК) с молекулярной массой  $2 \cdot 10^5$  (ФГУП «НИИ химии и технологии полимеров им. ак. В. А. Каргина с опытным заводом», г. Дзержинск, Россия) в виде 3%-ного раствора в ДМФА; поливиниловый спирт (ПВС) с молекулярной массой  $8,4 \cdot 10^4$  с содержанием ацетатных групп порядка 10% (фирмы «Celvol», США) – в виде 3%-ного раствора в ДМФА; поливинилпирролидон (ПВП) марки Kollidon® 12 PF с молекулярной массой 2500 (BASF, Германия) в виде 3%-ного раствора в ДМФА.

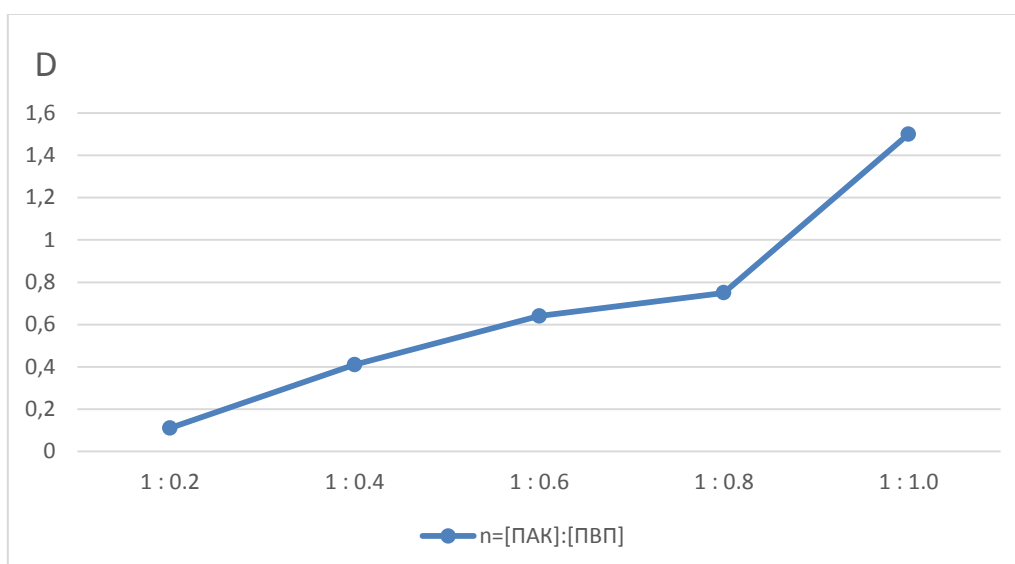
В качестве основных методов анализа процесса комплексообразования в работе использовали методы турбидиметрии, потенциометрии. На основании литературных данных на первом этапе исследования необходимо было доказать

образование полимер-полимерных комплексов между ПАК, ПВС и ПВП в среде диметилформаида.

При проведении турбидиметрического титрования (метод анализа мутных сред) основанного на измерении интенсивности поглощённого света – оптической плотности, показано, что при титровании раствора поливинилового спирта раствором полиакриловой кислоты, показатель мутности меняется незначительно, с образованием хлопьевидных частиц. В случае титрования поливинилпирролидона раствором ПАК, показатель мутности меняется с высокой интенсивностью, с образованием каучукоподобной массы на дне.



**Рис.1.** Турбидиметрическое титрование раствора ПВС раствором ПАК при pH=1,5.  
C=[ПАК]:[ПВС]=0,3 моль/л



**Рис.2.** Турбидиметрическое титрование раствора ПВП раствором ПАК при pH=1,5.  
C=[ПАК]:[ПВП]=0,3 моль/л

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что при смешении эквимольных растворов ПАК, ПВС, и ПВП образуются стехиометрические полимер-полимерные комплексы состава 1:1, стабилизированные коопера-

тивной системой водородных связей. Такие высокомолекулярные соединения могут быть использованы как модифицирующие добавки при получении высокопористых покрытий искусственных и синтетических кож, обладающих высокой транспортной активностью к парам воды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бокова Е.С. Физико-химические основы и технология модификации растворов полимеров в производстве волокнисто-пористых материалов. Диссертация д. техн. наук; МГУДТ - Москва, 2007. - 467 с.

2. Рылкова М.В. Создание волокнистых материалов на основе комплексообразующих водорастворимых полимеров методом электроформования. Диссертация канд.техн.наук - М.: РИО МГУДТ 2014. – 126 с.

3. Коваленко Г.М. Разработка условий получения интерполимерных комплексов в бинарных растворителях и возможностей их применения. Диссертация канд. техн. наук; МГУДТ - Москва, 2011. - 136 с.

УДК 678.743.41:547.995.12

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
ПОЛИ-2-ПЕРФТОРПЕТОКСИТЕТРАФТОРПРОПИЛАКРИЛАТОМ  
В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO<sub>2</sub>  
RESEARCH OF THE HYDROPHOBICITY OF TEXTILE MATERIALS  
TREATED BY POLY-2-PERFLUOROPETOXYTETRAFLUOROPROPYL  
ACRYLATE IN SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>**

**Козуб Д.А., Редина Л.В.  
Kozub D.A., Redina L.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: ishim-1993@mail.ru, lvredina@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье приведены результаты исследования гидрофобности вискозной и хлопкалавсановой тканей, обработанных поли-2-перфторпетокситетрафторпропилакрилатом в среде сверхкритического диоксида углерода. Полимер получен методом эмульсионной полимеризации и в среде сверхкритического диоксида углерода. Установлена зависимость квазистатически отступающего краевого угла смачивания от времени испарения.

*Abstract:* The article presents the results of a study of the hydrophobicity of viscose and cotton-lavsan fabrics treated with poly-2-perfluoropetoxytetrafluoropropyl acrylate in a environment of supercritical carbon dioxide. The polymer is obtained by emulsion polymerization and environment of supercritical carbon dioxide. The dependence of the quasi-statically receding contact angle on the evaporation time is determined.

*Ключевые слова:* сверхкритический диоксид углерода, краевой угол смачивания, гидрофобность, вязкая и хлопколавсановая ткани.

*Keywords:* supercritical carbon dioxide, contact angle, hydrophobicity, viscose and cotton-lavsan fabrics.

Придание гидрофобности текстильным материалам является важной задачей, так как применение водоотталкивающих тканей не ограничивается только спецодеждой для людей, работающих в экстремальных условиях (например, сотрудников МЧС, пожарных), они используются при изготовлении зонтов, плащей, палаток, для внутренней отделки салонов самолетов и поездов и т.д.

Процесс модифицирования волокнистых материалов можно осуществлять разными способами, в этой статье рассмотрен способ обработки, в котором в качестве активной среды использован сверхкритический диоксид углерода (СК  $\text{CO}_2$ ). Гидрофобизатором служил полимер 2-перфторпетокситетрафторпропилакрилата, который был получен двумя способами: методом эмульсионной полимеризации (ЭП) и полимеризацией в среде в СК  $\text{CO}_2$  [1, 2]. Установка для проведения процесса модифицирования состоит из реактора, баллона со сжиженным  $\text{CO}_2$ , генератора высокого давления и термостата. Полимер наносили на ткань в количестве 2% от массы материала и помещали в реактор, в который подавали  $\text{CO}_2$ , нагнетали давление 30,4 МПа и устанавливали температуру 40°C.

Гидрофобные свойства тканей изучали путем измерения краевого угла смачивания (КУС). Для этого капли воды помещали на ткань и с помощью видеокамеры фиксировали изображения каждые 1-5 минут до полного впитывания каплей. Краевой угол ( $\theta$ ) определяли, обрабатывая полученные изображения с помощью программы AutoCad. Расчет среднего значения краевого угла проводился при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

Эксперимент проводился на образцах вязкой ткани (А), обработанной в среде СК  $\text{CO}_2$  полимером, синтезированным методом эмульсионной полимеризации [1], а также на образцах вязкой (Б) и хлопколавсановой (В) тканей, обработанных в среде СК  $\text{CO}_2$  полимером, синтезированным в СК  $\text{CO}_2$  [2].

Краевой угол смачивания образцов в первые 5 минут эксперимента показан на рис. 1.

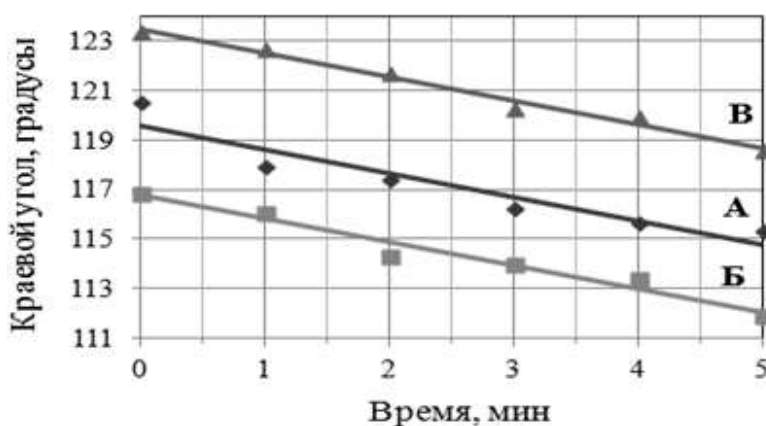


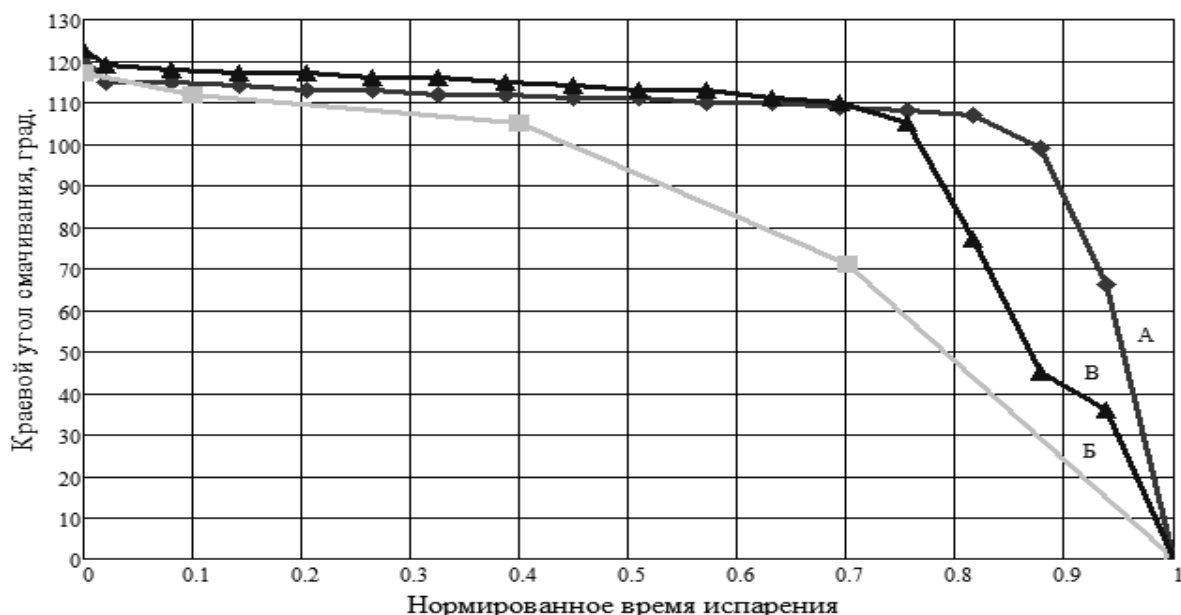
Рис. 1. Изменение краевого угла смачивания во времени на образцах А, Б, В

Результаты измерения краевых углов смачивания водой свидетельствуют о том, что поверхность образцов А и В после обработки ее гидрофобизатором приобрела ультрагидрофобные свойства ( $\theta > 120^\circ$ ), а образец Б - гидрофобные свойства ( $90^\circ < \theta < 120^\circ$ ).

Из рис. 1 видно, что хлопколавсановая ткань, обработанная полимером, полученным в среде СК  $\text{CO}_2$  (образец В), показывает несколько более высокие краевые углы, чем вискозная (образцы А и Б). Все образцы за первые 5 минут исследования демонстрируют одинаковую скорость снижения КУС.

Затем угол смачивания начинает интенсивно снижаться, но так как время испарения капель у всех тканей разное (для образцов А и В – 245 мин, а для В – 50 мин), то вводится понятие нормированного времени, при котором весь период эксперимента для каждой ткани принимается за единицу, а нормированное время определяется как отношение времени, когда они были зафиксированы КУС к общему времени эксперимента.

Динамика медленного испарения капель воды на поверхности обработанных материалов представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Зависимость квазистатически отстающего краевого угла смачивания от времени в процессе испарения капель воды на образцах А, Б и В**

Как видно из этих данных на вискозной ткани после достижения определенного критического угла (около 100 градусов) капли воды начинают быстро растекаться по поверхности, причем независимо от условий получения полимера. Хлопколавсановая ткань имеет такой же критический угол, однако скорость процесса в несколько раз меньше, чем у вискозной ткани. Проведенные расчеты показали существенное увеличение погрешности измерения перед растеканием капли, что связано с неравномерностью процесса, когда одна часть капель уже имеет практически нулевой краевой угол, а другая еще сохраняет свою форму. Разницу в свойствах можно объяснить низкой молекулярной массой полимера, полученного в среде СК  $\text{CO}_2$  [2], из-за чего макромолекулы модификатора проникают в более глубокие слои волокна и их концентрация на поверх-

ности снижается. Применение того же полимера для обработки хлопколавсановой ткани показывает более высокий и устойчивый во времени гидрофобный эффект, что вероятно связано с более высокой поверхностной плотностью (вискозная ткань – 160 г/м<sup>2</sup>, хлопколавсановая – 310 г/м<sup>2</sup>) и низкой удельной поверхностью.

Таким образом, в результате исследования показано, что экологически чистая технология обработки текстильных материалов фторсодержащим полимером в среде СК СО<sub>2</sub> обладает высокой эффективностью - ткани приобретают гидрофобные и ультрагидрофобные свойства, показатели которых остаются высокими на протяжении длительного времени, особенно у образцов А и В – около 200 минут, что подтверждает возможность применения этой технологии для получения текстильных материалов с водоотталкивающими свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козуб Д.А., Редина Л.В., Казарян П.С., Любимцев Н.А. Использование сверхкритического диоксида углерода в качестве растворителя поли-2-перфторпетокситетрафторпропилакрилата для придания волокнистым материалам антиадгезионных свойств [Текст]: Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина». – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – Т. 1. –С. 28-32.

2. Козуб Д.А., Редина Л.В., Казарян П.С., Стаханов А.И. Синтез фторполимера и модифицирование вискозной ткани в среде сверхкритического диоксида углерода [Текст]: Всероссийская науч. конф. молодых исследователей с международ. участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020)». – М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. – Т.2. – С. 71-75.

УДК 677.016

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОДЕЖДЫ ЗА СЧЁТ МОДИФИКАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ IMPROVING THE QUALITY OF CLOTHING THROUGH MODIFICATION TEXTILE MATERIALS FLOW TEMPERATURE PLASMA**

**Кумпан Е.В., Хамматова В.В., Вильданова А.И.  
Kumpan E.V., Khammatova V.V., Vildanova A.I.**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
имени С.М. Кирова, Казань  
Kazan National Research Technological University named after S.M. Kirov, Kazan  
(e-mail: elenevk@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены результаты экспериментальных данных на основе которых выявлена возможность разработки модифицирования технологического

процесса с использованием плазменной обработки деталей швейных изделий на стадии операций дублирования, позволяющей повысить формозакрепление деталей за счет увеличения адгезионной прочности клеевого соединения в 1,2 – 2,3 раза.

*Abstract:* The results of experimental data on the basis of which it is possible to develop a modification of the technological process using plasma processing of sewing parts at the stage of duplication operations, which allows to increase the shape fixing of parts by increasing the adhesive strength of the adhesive joint by 1.2 – 2.3 times.

*Ключевые слова:* текстильный материал, термоклеевой прокладочный материал, качество одежды, модификация, плазма, адгезия, формозакрепление.

*Keywords:* textile material, hot-glue padding material, clothing quality, modification, plasma, adhesion, form-fixing.

**Введение.** В условиях жесткой конкуренции, главной задачей швейных предприятий, является увеличение потребительского спроса за счет расширения модельного ряда изделий, а также расширения ассортимента применяемых материалов, которые подразделяются на низкую и среднюю ценовую группу [1]. В изготовлении изделий различных ценовых категорий, имеются существенные различия. Например, обработка детали полочки в пиджаках и пальто эконом-класса отличается использованием унифицированной технологии, что в свою очередь с течением времени, при ношении изделия приводит к появлению определенных дефектов внешнего вида. Как правило причиной дефекта является отслаивание основного материала от термоклеевого прокладочного, то есть несоответствие температурного режима при влажно-тепловой обработке между используемыми в пакете материалами и выбранными средствами формозакрепления [2].

В технологической обработке полочки мужского пиджака одним из эффективных и экономически целесообразных способов повышения качества внешнего вида, а именно формоустойчивости полочки, является использование технологии стабилизации детали с применением специальных химических средств или модификации основного и термоклеевого прокладочного материала [3].

В последние годы из многообразия существующих методов модификации текстильных материалов все шире применяются методы: химической и физической обработки. Традиционные методы модификации текстильных материалов в основном осуществляются с применением химических реактивов, которая заключается в частичном изменении химического состава основного волокнообразующего полимера, что позволяет в определенной степени, улучшить технологические и потребительские свойства. Достоинствами данных методов является простота использования и воплощение в технологический процесс.

Учеными КНИТУ накоплен большой опыт физической модификации свойств текстильных материалов с использованием плазменной технологии [5].

Данная статья посвящена разработке метода повышения качества верхней одежды, на стадии дублирования деталей кроя за счет повышения адгезионной

прочности основного и термоклеевого прокладочного материала, путем введения в технологический процесс плазменной обработки.

В ходе аналитического обзора и выполнении экспериментальных исследований установлено, что в общей доле выпускаемых текстильных материалов для верхней одежды преобладают текстильные материалы на основе синтетических волокон, а также смесовые, содержащие натуральные и синтетические волокна, которые придают ткани высокие показатели прочности, износостойкости. Высокая плотность и степень упорядоченности внутренней структуры синтетического волокна, отсутствие гидроксильных групп в макромолекулах придают волокну гидрофобные свойства, а также высокая чувствительность к действию повышенных температур снижает прочность клеевого соединения при операции дублировании деталей одежды термоклеевыми прокладочными материалами при изготовлении швейных изделий.

Выявлено, что в процессе производства текстильные материалы проходят заключительную отделку, нанесенные препараты образуют на поверхности текстильного материала сплошной тонкий слой. На этапе влажно-тепловой обработки, а именно при дублировании деталей одежды, нанесенная пленка отделочного препарата, препятствует проникновению клея-расплава с активными центрами волокнообразующего полимера и становится причиной значительного снижения прочности клеевых соединений [3,4].

**Экспериментальная часть.** Исследования проводились на текстильных материалах применяемых для пошива мужских костюмов низкой и средней ценовых групп с содержанием шерстяных и синтетических волокон от 30% до 80%, а также термоклеевой прокладочный материал на трикотажной основе с полиамидным точечным покрытием клея применяемый для фронтального дублирования полочки мужского пиджака.

Перед процессом дублирования влажно-тепловой обработки, костюмный и термоклеевой прокладочный материал подвергали плазменной обработке между двумя параллельно-расположенными электродами равномерно по всей рабочей поверхности образца с лицевой и изнаночной сторон, с частотой генератора 13,56 МГц, при мощности разряда от 0,5 до 2,0 кВт, давлении в вакуумной камере от 13 до 80 Па, в качестве плазмообразующего газа использовался аргон или воздух до 0,08 г/с, время воздействия от 60 до 540 с.

Процесс фронтального дублирования материалов осуществлялся на прессе проходного типа фирмы «Oshima» (Япония) при следующих технологических режимах обработки: температура прессующей поверхности от 110 °С до 140 °С, продолжительность воздействия 10 с, времени воздействия было сокращено в 3 раза, согласно установленному режиму склеивания термоклеевых прокладочных материалов 30 с.

В качестве критерия оценки прочности клеевых соединений принят показатель разрывной нагрузки, определяемый по сопротивлению расслаивания склеенных образцов материала на разрывной машине марки РТ-250, согласно ТУ-8729-004-05790484-95.

**Обсуждение результатов.** В результате анализа экспериментальных данных установлено, что плазменная обработка основного материала и термоклее-



вого прокладочного перед процессом дублирования в вакуумной камере в течение 60 с, при рабочем давлении в камере 33 Па, мощностью разряда 1,7 кВт и в плазмообразующей среде воздуха в без расходном режиме, повышает адгезионную прочность клеевых соединений текстильных материалов в 1,2 – 2,3 раза, при этом не изменяется внешний вид пакета материалов, сохраняются эксплуатационные свойства.

Полученные результаты экспериментальных исследований объясняются тем, что воздействие потока низкотемпературной плазмы на основной материал приводит к удалению различных препаратов и загрязнений, нанесенных на поверхность материала в процессе отделки, что способствует хорошему проникновению клеевой композиции к активным центрам волокнообразующего полимера и позволяет повысить адгезионную прочность клеевых соединений при дублировании деталей одежды.

Плазменная обработка термоклеевого прокладочного материала приводит к снижению степени кристалличности полиамидного клея, уменьшению доли аморфных участков, снятию внутренних напряжений в клеевом соединении, что сказывается на текучести и температуре плавления клея, увеличению связей между звеньями адгезива и субстрата [5].

Таким образом, в результате полученных экспериментальных данных, выявлена возможность разработки технологического процесса модификации материалов костюмной ассортиментной группы и термоклеевого прокладочного материала с помощью плазменной обработки, которая позволит повысить адгезионную прочность клеевого соединения деталей одежды в 1,2 – 2,3 раза. Данный способ склеивания позволит сократить продолжительность технологической операции дублирования, при этом повысить показатели формозакрепления и формоустойчивости изделий в процессе эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузова А.А. Автореф. дисс. канд. тех. наук, Ивановская гос. текстильная академия, Иваново, 2010. – 21 с.
2. Арбузова, А.А. Проблемы выбора прокладочных материалов для изготовления швейных изделий верхнего ассортимента / А.А. Арбузова, Ю.А. Шаммут, Г.М. Тойчубекова // Легпромбизнес, директор, 2012. – С. 3, 9-10.
3. Кузьмичев, В.Е. Выбор термоклеевых прокладочных материалов для одежды: Текст лекций / В.Е. Кузьмичев, О.В. Семкина – Иваново: ИГТА 1999. 96 с.
4. Абдуллин И.Ш., Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, Н.Ф. Кашапов – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2000. – 348 с.
5. Кумпан, Е.В. Влияние потока высокочастотной плазмы пониженного давления на адгезионные свойства полимерных текстильных материалов / И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ – 2011. – №3.– С.278-281.

**ОКРАШИВАНИЕ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА СПАНБОНД ЧЕРНЫМ СУПЕРКОНЦЕНТРАТОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**  
**COLORING NON-WOVEN SPANBONDS WITH BLACK MASTERBATCH WITH LOW-MOLECULAR POLYETHYLENE**

**Миролюбова Т.В., Редина Л.В.**  
**Mirolubova T.V., Redina L.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, г. Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: tatmir@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены некоторые особенности окрашивания нетканого материала спанбонд черным суперконцентратом на основе сажи с добавлением низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) в качестве диспергатора, приведены результаты экспериментального исследования распределения пигмента и показателя текучести расплава (ПТР) черного суперконцентрата.

*Abstract:* Some features of dyeing spunbond nonwoven fabric with a black masterbatch based on carbon black with the addition of low molecular weight polyethylene (LMPE) as a dispersant are considered, the results of an experimental study of the distribution of pigment and the melt flow index (MFI) of a black masterbatch are presented.

*Ключевые слова:* нетканые материалы, спанбонд, суперконцентрат, мастербатч, полимерный композиционный материал, диспергатор, сажа.

*Keywords:* nonwoven materials, spunbond, masterbatch, polymer composite material, dispersant, soot, pigment distribution.

Нетканый материал спанбонд, производимый из полипропилена и окрашенный в черный цвет, применяется в сельском хозяйстве для мульчирования почвы. Такой материал притягивает солнечные лучи, за счет чего почва нагревается более интенсивно и равномерно, отсутствуют перепады температур. Помимо этого, под черным спанбондом не происходит роста растений, тем самым он выполняет функцию борьбы с сорняками. Основными преимуществами черного спанбонда являются простота в использовании и относительно недорогая стоимость, по сравнению с неткаными материалами, окрашенными в другие цвета. Так стоимость технического углерода (сажи) на 20% ниже по сравнению с диоксидом титана, используемом для окрашивания полимерных изделий в белый цвет, и более чем на 40% ниже по сравнению с органическими пигментами, придающими спанбонду любой другой цвет.

Главной проблемой при окрашивании нетканого материала спанбонд черным суперконцентратом на основе сажи является неоднородность окраски выпускаемого изделия. Техническим решением для устранения этой проблемы является согласование характеристик текучести суперконцентрата и окрашива-

емого полимера за счет использования суперконцентрата с более высоким показателем текучести расплава (ПТР) [1], а также более равномерное распределение красящих пигментов в суперконцентрате. Для эффективной работы суперконцентрата с высокой концентрацией сажи (40%) требуется введение повышенного количества диспергатора [2]. В стандартных композициях в качестве диспергатора используется неокисленный полиэтиленовый воск в количестве 3-5%.

В данной работе представлено получение суперконцентрата с содержанием сажи 40% для окрашивания нетканого материала спанбонд с добавлением низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ), который является отходом в производстве полиэтилена высокого давления, вместо стандартного диспергатора – гомополимерного ПЭ воска марки ПВ-200, получаемого путем высокотемпературной деполимеризации из полиэтилена высокого давления. НМПЭ - это мазеподобная масса с наличием жидкой фракции, средняя молекулярная масса ~ 3000, в то время как ПВ-200 - это мелкозернистый гранулят с размером частиц приблизительно 500 мкм, молекулярная масса около 7000. Закономерно предположить, что диспергирующий агент с большим размером частиц не является идеальной добавкой для смачивания частиц сажи, размер которых на несколько порядков меньше (1-3 мкм, удельная поверхность 76-85 м<sup>2</sup>/г).

На базе ООО «Полистом» были произведены опытные партии ПКМ в виде суперконцентратов стандартной композиции: образец №1 – 50% полиолефин, 40% сажи марки CARBON BLACK N-330 (производитель TODA, Китай), 5% стандартного ПЭ воска, остальное - термостабилизаторы и антиоксиданты, и аналогичной композиции, где вместо воска использовался НМПЭ (образец №2). Для определения показателя текучести расплава (г/10 мин) по ГОСТ 11645 использовался прибор Пластометр RR/6MPCA/112. Испытания проводили при температуре 190°C и нагрузке 2,16 кг.

Сравнение полученных показателей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства сажевых суперконцентратов

	Наименование показателей	Фактическое значение	
		Образец №1	Образец №2
1	ПТР (2,16 кгс/190°C), г/10мин	3,7	5,2
2	Тпл, °C	128,1	120,8





Увеличение ПТР суперконцентрата образца №2 может быть связано с более низкой молекулярной массой находящегося в его составе НМПЭ, что приводит к ослаблению межмолекулярных взаимодействий основного полимера, в результате чего ускоряется его истечение через фильеру.

С использованием этих суперконцентратов в дозировке 2% был получен нетканый материал спанбонд окрашенный в черный цвет не ламинированный. Анализ распределения сажи проводился методом оптической микроскопии.

В результате исследований выявлено увеличение показателя ПТР (на 40%), отмечены более низкая температура плавления (на 7,4°C) и улучшение

распределения красящего пигмента (сажи) в окрашенном нетканом материале спанбонд с применением образца №2 (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение распределения сажи

Образец	Количество включений агломератов пигмента размером		Фоторезультаты диспергирования сажи	
	0,2-0,5 мм	более 0,5 мм		
№1	56	10		
№2	42	5		

Данный образец также показал более высокую степень диспергирования пигмента, уменьшение количества агломератов сажи в готовом изделии и улучшенную равномерность окрашивания. Это можно объяснить тем, что в процессе смешивания компонентов мазеподобная форма НМПЭ лучше смачивает частицы пигмента и, тем самым, исключает возможность повторного слипания частиц сажи (реагломерацию), упрощая их оптимальное включение в полимер-носитель. Процесс диспергирования становится более стабильным, что свидетельствует об эффективности замены стандартного диспергатора гомополимерного полиэтиленового воска ПВ-200 на НМПЭ. Кроме того, применение НМПЭ в качестве диспергирующего агента существенно снижает себестоимость готового продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раувендааль К. Экструзия полимеров / под ред. А. Я. Малкина. - Санкт-Петербург : Профессия, 2010. - 762 с.
2. Мюллер Альбрехт. Окрашивание полимерных материалов. - Санкт-Петербург : Профессия, 2006 (СПб. : ИПК Бионт). - 277 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКАЯ СШИВКА ВОЛОКОН ИЗ ХИТОЗАНА  
PREPARATION AND CHEMICAL CROSS-LINKING  
OF CHITOSAN FIBERS**

**Сажнев Н.А.<sup>1</sup>, Губочкина А.А.<sup>1</sup>, Свидченко Е.А.<sup>2</sup>,  
Сурин Н.М.<sup>2</sup>, Кильдеева Н.Р.<sup>1</sup>  
Sazhnev N.A.<sup>1</sup>, Gubochkina A.A.<sup>1</sup>, Svidchenko E.A.<sup>2</sup>,  
Surin N.M.<sup>2</sup>, Kildeeva N.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

<sup>1</sup>*The Kosygin State University of Russia, Moscow*

<sup>2</sup>*Институт Синтетических Полимерных Материалов им. Н.С. Ениколопова РАН*

<sup>2</sup>*Enikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials Russian Academy of Sciences*

*(e-mail: sazhnev-na@rguk.ru)*

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 19-38-90325.**

*Аннотация:* Разработан метод получения и условия модификации биodeградируемых моноволокон из хитозана и его композиций с фиброином. Исследованы возможности перевода полученных волокон в нерастворимое в воде состояние путем конформационного перехода фиброина и химической сшивки дженипином при добавлении реагента в формовочный раствор или модификации свежесформованного волокна.

*Abstract:* A method for obtaining and modifying biodegradable monofibers from chitosan and its compositions with fibroin has been developed. The possibilities of converting the obtained fibers to a water-insoluble state by conformational transition of fibroin and chemical crosslinking with genipin when adding the reagent to the molding solution or modifying the newly formed fiber are investigated.

*Ключевые слова:* хитозан, фиброин, моноволокно, коагуляционное формование, химическая сшивка.

*Key words:* chitosan, fibroin, monofibers, coagulation molding, chemical crosslinking.

Катионный полисахарид хитозан – широко распространенный в природе, биосовместимый и биологически активный полимер. Композиции, в основе которых используются растворы хитозана, широко используются для разработки материалов медицинского (раневые покрытия, шовные нити, барьерные материалы, лекарственные формы) и медико-биологического назначения (пористые матриксы для тканевой инженерии и регенеративной медицины). Хитозан может быть переработан из водных растворов органических кислот, и это позволяет использовать биополимерные композиции разного состава и разработывать на их основе волокнистые материалы для медицины и биотехнологии. Известно об успехах российских и зарубежных исследователей в области электроформования волокнистых форм на основе хитозана [1-4]. Однако волокна,

полученные методом электроформования, обладают низкой прочностью, а сам материал содержит произвольно ориентированные волокна, не предназначенные для дальнейшей переработки.

Целью работы являлось получение не растворимых в воде биodeградируемых текстильных нитей из водно-уксуснокислотных растворов хитозана и его композиций с фибриллярным белком фиброином путем «мокрого» (коагуляционного) формования в осадительную ванну.

Для этого необходимо было разработать способ модификации, обеспечивающий получение не растворимого в воде во всем диапазоне pH биodeградируемого хитозанового волокна, предназначенного для переработки в хирургические шовные нити.

Для выполнения поставленной задачи были изучены условия химической сшивки хитозана и фиброина с использованием нетоксичного полифункционального соединения природного происхождения дженипина (рис. 1).

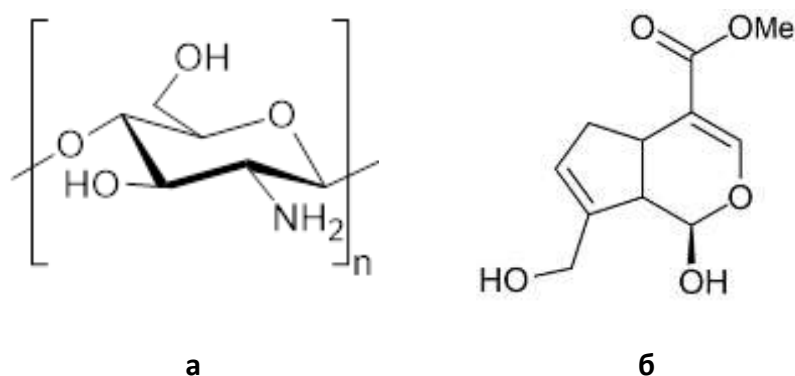


Рисунок 1. Химическое строение а – хитозана, б – дженипина

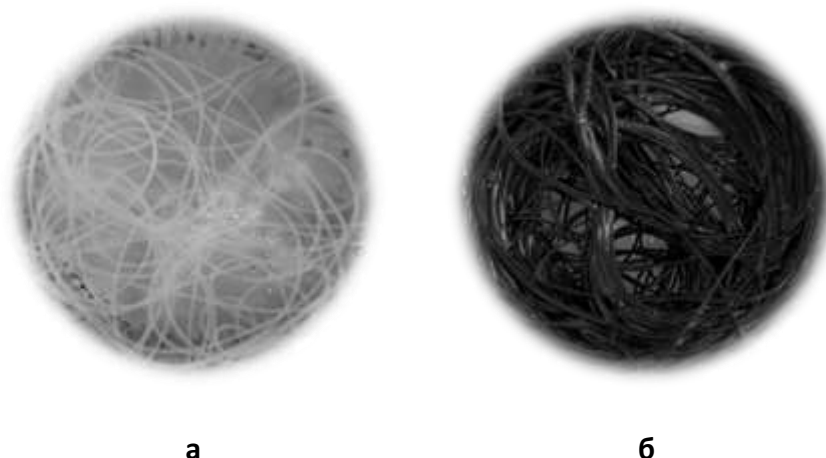
Характерной особенностью реакции сшивки хитозана и фиброина дженипином является появление поглощения в видимой области спектра. Изучение кинетики изменения электронных спектров поглощения и гелеобразования в формовочных растворах в процессе сшивки при разном соотношении биополимеров позволило установить состав композиций, обеспечивающий оптимальные условия формования и включение фиброина в состав не растворимого в воде бикомпонентного волокна.

Установлен состав осадительной ванны и условия, обеспечивающие непрерывное формование моноволокон из растворов и композиций на основе хитозана. Изучены способы последующей обработки волокон растворами этанола, для осуществления конформационных переходов в фиброине и ориентации хитозана в процессе вытягивания волокна, что привело к увеличению физико-механических свойств волокна (модуль и разрывное удлинение).

Полученные волокна представлены на рисунке 2 (а и б).

Полученные нити, содержащие продукты взаимодействия хитозана или хитозана и фиброина с дженипином, были окрашены в сине-зеленый цвет. Интенсивность окраски зависела от концентрации раствора дженипина и времени

реакции. Контрастная с кровью окраска также имеет большое значение для перспектив использования шовных нитей в хирургии.



**Рисунок 2. Волокна из хитозана с молекулярной массой 200 кДа;  
а – без химической модификации, б – химически сшитые дженипином**

Показано влияние степени сшивки дженипином на кинетику биodeградации волокон из хитозана и фиброина. Испытания, проведенные в Институте биоорганической химии РАН, показали отсутствие цитотоксичности образцов сшитого хитозана и цитосовместимость материалов содержащих фиброин [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. X. Geng, Oh-H. Kwon, J. Jang. Electrospinning of chitosan dissolved in concentrated acetic acid solution // *Biomaterials*. – 2005. – V. 26. – PP. 5427-5432.
2. S.H. Kim, Y.S. Nam, T.S. Lee, W.H. Park. Silk Fibroin Nanofiber. Electrospinning, Properties, and Structure // *Polymer Journal*. – 2003. – V.35. – PP. 185–190.
3. В.А. Захарова, Н.Р. Кильдеева, И.А. Василенко, Н.А. Сажнев Н.А, В.Б. Метелин. Исследование поверхности биополимерных хитозановых матриц и волокон методом интерференционной лазерной микроскопии // *Материалы XXII международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2019)»*, Иваново, Ч.2. – 2019. – С. 30-34
4. Н.А. Сажнев, А.А. Губочкина, Н.Р. Кильдеева. Электроформование и химическая модификация волокон из хитозана // *Доклады международной конференции «Композит-2019»*. – 2019. – С. 151-155.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТОЙ МЕМБРАННОЙ  
ПЛЕНКИ ИЗ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ  
THE FEATURES OF THE DRYING PROCESS  
OF NONWOVEN T MATERIALS**

**Середина М.А.  
Seredina M.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: masedina@mail.ru)*

*Аннотация:* Исследована технология производства нанопористого ацетатного материала для мембранных методов разделения растворов на компоненты и очистки сточных вод.

*Abstract:* Some features of the drying process of nonwoven laminated materials were researched, the results of experimental study of the properties of the material as an object of drying and the kinetics of its convective drying in laboratory conditions were shown.

*Ключевые слова:* мембранные технологии, ацетат целлюлозы, формование, технологические расчеты

*Keywords:* nonwoven laminated materials, the drying object, the drying kinetics.

Важной частью процесса защиты окружающей среды является использование мембранных технологий. Особое место в последние 10-15 лет мембранные технологии занимают в области водоподготовки, благодаря чему открывается возможность повышать качество питьевой воды, надежно очищая ее от примесей, и обрабатывать сточные воды, получая воду, пригодную для повторного использования или возвращения в гидросферу Земли. Это позволяет использовать морскую воду в качестве питьевой (путем обессоливания), значительно снизить угрозу заражения людей болезнями, вызванными потреблением некачественной воды,

В связи с постоянно усиливающейся во всем мире тенденцией развития высокотехнологичных процессов использование тонкослойных селективных полупроницаемых пористых структур различных геометрических форм (мембран) привлекается к себе все большее внимание. Основными задачами мембранного разделения являются концентрирование (отделение растворителя для получения более высокой концентрации целевого продукта), очистка и фракционирование (разделение смеси на два и более целевых компонентов).

На сегодняшний день мембранные технологии успешно разрабатываются и применяются многими российскими предприятиями, такими как ОАО «Щекиноазот» (г. Щекино), ООО «Инновационное предприятие «Мембранная технология»» (г. Краснодар), ООО НПП «Технофильтр» (г. Владимир) и другими [1].



Применение вторичного ацетата целлюлозы (ВАЦ) в качестве сырья для нанофильтрационных мембранных пленочных изделий является наиболее оптимальным технологическим решением, так как этот искусственный полимер обладает комплексом физико-механических и химических свойств, необходимых для изготовления пленок и полых волокон для всех видов баромембранных процессов разделения смесей.

Нанофильтрационная мембрана формируется по сухому способу. Суть способа заключается в поливе раствора полимера на формовочный барабан на подложку из полиэфирного волокна, последующем испарении растворителя, повышении вязкости и потере текучести системы. То есть на подложке сна образуется гелевая структура, которая по мере испарения растворителя переходит в кристаллическую. Подложка подается с отдельной бобины на поверхность формования. Так получается композиционная мембрана, состоящая из тонкого селективного слоя из вторичного ацетата целлюлозы (ВАЦ) и несущего слоя, который обеспечивает необходимую механическую прочность. В формовочный раствор ВАЦ в ацетоне добавляют воду и порообразователь перхлорат магния [2]. Роль порообразателя в формовочном растворе заключается в изменении структуры раствора и характера его фазового разделения. Этот процесс схематически представлен на рисунке 1. Низкомолекулярная фаза порообразателя (1) обеспечивает пространственное расположение макромолекулярной полимерной фазы таким образом, что при фазовом разделении происходит агрегирование (2, 3) этой низкомолекулярной фазы и формируется система каналов и капилляров. В дальнейшем при затвердевании полимера и отмывке пленки от порообразателя образуется открытая пористая структура пустот (4) [3].

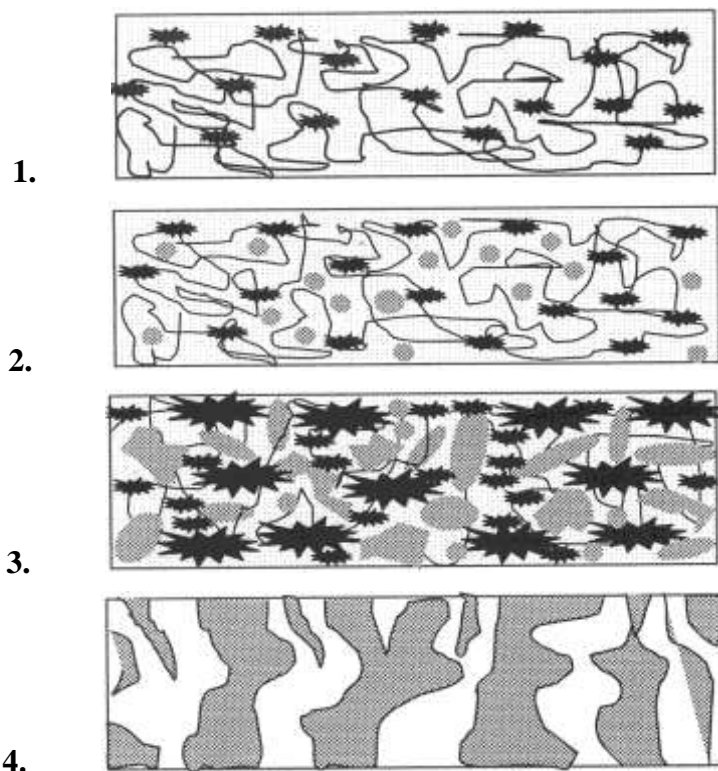


Рисунок 1 – Схема формирования пористой структуры пленки

Предложенная технологическая схема, по которой формируется мембранная пленка с заданными характеристиками и свойствами включает: 1 – весы-дозаторы, 2 – бак-растворитель, 3 – фильтр-пресса, 4 – обезвоздушиватель, 5 – формовочный барабан, 6 – промывочную ванну, 7 – сушильную камеру, 8 – дисковые ножи для обрезки кромки, 9 – бобину с подложкой.

Расчет удельных норм расхода сырья и сопряженной выработки продукции проводили по программе ЭВМ на кафедре химии и технологии полимерных материалов и нанокompозитов. Расчет произведен по параметрам технологического процесса с учетом физико-химических превращений, происходящих с сырьем, и возвратных и безвозвратных потерь на каждой технологической стадии. Потери по переходам приняты исходя из выбранной технологической схемы и аппаратного оформления, которые выбраны таким образом, чтобы свести безвозвратные потери по переходам к минимуму, а возвратные – максимально возможно регенерировать (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные для расчета расхода сырья и сопряженной выработки продукции

№п/п	Наименование параметра	Величина
1	Содержание ВАЦ, % масс. не менее	7
2	Содержание ацетона, % масс. не менее	87
3	Содержание воды, % масс. не более	5
4	Содержание $Mg(ClO_4)_2$ не менее	1
5	Скорость формования, м/мин	1,2
6	Рекуперация ацетона, %	98,5
7	Безвозвратные потери, %	0,45
8	Возвратные потери, %	4,3
9	Производительность, кг/сут	380
10	Безвозвратные потери ацетона при регенерации, %	1,5

Результаты расчета расхода основных видов сырья и материалов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Удельные нормы расхода основного сырья

Сырье	Удельный расход, кг/сут	Удельный расход, кг/т
Ацетат целлюлозы	380,7	986,1
Ацетон	76,6	198
Вода	282,9	730
Перхлорат магния	56,6	150

Для опытного малотоннажного цеха по выпуску мембранной ацетатной пленки для нанофильтрационных модулей предусмотрена одна установка для формования, которая включает два растворителя, три фильтрпресса, два формовочных агрегата и одну сушильную камеру. В качестве дополнительного оборудования устанавливаются 1 тарельчатый абсорбер и 1 ректификационная колонна для рекуперации ацетона.

Полученная по описанной технологии нанопористая мембрана может применяться в установках для умягчения воды, опреснения соленых вод, уда-

ления низкомолекулярных веществ, получения высококачественной питьевой воды (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики готовой продукции

Показатель	Значение
1 Толщина, мкм	250
2 Средний размер пор, мкм	0,001-0,002
3 Рабочее давление, Мпа	1,6
4 Производительность по фильтрату при 25°С, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> *ч	100
5 Температура эксплуатации, °С не более	50
6 Рабочий диапазон рН	3-8

Основной целью проекта цеха по производству мембран с наноразмерными порами для ультра тонкой очистки может стать разработка и создание инновационного ацетатного материала, применимого для научно-исследовательских задач и расширения базы методов решения ряда экологических проблем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ярославцев А.Б. Ионообменные мембранные материалы: свойства, модификация и практическое применение / А. Б. Ярославцев, В. В. Никоненко // Российские нанотехнологии. – 2009. - №3. – с. 8-29.

2. Седелкин В. М., Потехина Л. Н., Чирикова О. А., Машкова Д. А., Олейникова Е.В. Структура и свойства ацетатцеллюлозных растворов для формирования наноструктурированных фильтрационных мембран // Вестник СГТУ. – 2013. - №2. – С. 98-105.

3. Qian X. Chemical modification of membrane surface / Qian X., Lakshmeesha U., Wickramasinghe S. R. // Current Opinion in Chemical Engineering. – 2017. - №20. – С. 13-18.

УДК 687

## РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ DEVELOPMENT OF PROTECTIVE MATERIALS FOR CLOTHING

Хамматова В.В.<sup>1</sup>, Разумеев К.Э.<sup>2</sup>  
Khammatova V.V.<sup>1</sup>, Razumeev K.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет  
<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University  
(e-mail: venerabb@mail.ru)

<sup>2</sup>Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
<sup>2</sup>The Kosygin State University of Russia

*Аннотация:* В статье описывается технология получения защитной ткани для специальной одежды, которая должна повысить стойкость в нефти, щелочи и

кислоте. Реализовать подобный инновационный текстильный материал возможно за счет разработки плазменных технологий в текстильном производстве, которые позволяют улучшить комплекс защитных свойств.

*Abstract:* The article describes the technology of production of protective fabrics for special clothing, which should increase the resistance to oil, alkali and acid. To realize such innovative textile material is possible through the development of plasma technology in the textile industry, which allow to improve the protective properties complex.

*Ключевые слова:* специальная одежда, текстильный материал, плазма, защитные свойства, нефтехимический комплекс.

*Keywords:* special clothing, textile material, plasma, protective properties, petrochemical complex.

Перспективы обеспечения безопасности человека при работе на промышленном предприятии связаны с разработкой новых защитных текстильных материалов, обеспечивающих высокую защиту кожных покровов от широкого спектра опасных химических веществ в течение длительного времени.

Задача создания материала с повышенными защитными свойствами может быть реализована в многослойном защитном композиционном материале, каждый слой которого выполняет свои защитные функции, а материал в совокупности защищает от целого ряда поражающих факторов. При этом разрабатываемый композиционный материал состоит из многофункционального текстильного материала (МТМ).

Ткани и материалы, используемые для изготовления рабочей одежды, должны обладать не только определенными гигиеническими, физико-механическими, но и защитными свойствами, которые нормируются ГОСТами или санитарными правилами [1]. Для изготовления рабочей одежды разрабатываются различные по составу сырья, структуре и назначению материалы. Наряду с хлопком, льном и шерстью широко применяются ткани с содержанием синтетическим волокон, которые являются более устойчивыми к воздействию агрессивных сред, используются ткани со специальными пропитками и покрытиями.

Традиционные способы получения многофункциональных текстильных материалов не могут дать желаемых результатов и значительного расширения области их применения. Более широкие возможности при производстве материалов с высокими эксплуатационными свойствами требуют не столько применения новых видов волокон, нитей и герметизирующих материалов, сколько наноструктурирование существующих за счет изменения их структуры, поверхностных свойств с целью придания комплекса физических, механических и защитных характеристик [2-5].

Проведенный анализ ассортимента защитных материалов для рабочей одежды, выпускаемых зарубежными производителями, имеет не только положительную, но и отрицательную динамику. Европейские производители используют сырье самого высокого класса в виде длинноволокнистого хлопка, а также кубовые красители от швейцарских производителей, что приводит к повыше-

нию стоимости специальной одежды в 2 – 3 раза. В то же время китайские производители предлагают дешевые защитные ткани, но низкого качества. Лабораторные испытания китайской ткани «Бостон» показали, например, полную потерю тканью водоупорных и водоотталкивающих свойств уже после 3 – 4 стирок. Устойчивость окраски у этих тканей также снижается с 4 до 2 баллов после стирки при 60<sup>0</sup>С [6].

Как показал анализ литературы [7], работа с многими токсичными и агрессивными веществами требует более высокой степени защиты. Такую защиту обеспечивают ткани Tychem® C (Тайкем) и Tychem® F (Тайкем).

Tychem®C – это материал, разработанный для костюмов химической защиты. Он состоит из материала Tyvek® в качестве основы и полимерного покрытия, которое наносится сверху и закрывает поры в материале Tyvek®, делая его совершенно не проницаемым для частиц сверхтонкой вредной пыли, порошков, некоторых химикатов в виде аэрозолей и спрея, концентрированных кислот и оснований, а также солевых растворов на водной основе. Выдерживает давление водяного столба до 2 бар.

Текстильный материал для спецодежды Tychem® C отличается гибкостью и небольшим весом. Материал Tyvek® (Тайвек) представляет собой прочный, но при этом удивительно легкий и мягкий материал, изобретенный и производимый фирмой «Дюпон». Он состоит из миллионов тонких непрерывных волокон полиэтилена низкого давления, полученных методом сверхскоростного изготовления под воздействием высоких температур, образуя материал, проницаемый для воздуха и водяного пара. Материал обеспечивает превосходную защиту от частиц мелкодисперсной пыли (от 3 мкм), выплесков воды и многих жидких химикатов (кислоты и щелочи до 30 %), а также их аэрозолей. Он не имеет в своем составе хлопковых нитей и кремния [8]. К недостаткам предлагаемых материалов с полимерным покрытием следует отнести увеличение жесткости, трудоемкости изготовления, высокую себестоимость, а также низкую устойчивость к истиранию.

Для реализации вышеперечисленных проблем использовалась плазменная установка, а также стандартные методы и средства исследования защитных свойств материалов, а именно стойкости к агрессивным средам: растворам кислоты, щелочи, нефти (ГОСТ 12.4.220-2002).

Объектами исследований являлись: МТМ для спецодежды с водоотталкивающей пропиткой «Климат Standard 250А» (арт. 81429) и защитный пленочный материал «ЗПМ 216/4», а в качестве герметизирующего МПМ – полиуретановая дисперсия «Аквапол11», структурированная наночастицами серебра.

Текстильные материалы для рабочей одежды должны обладать низкой проницаемостью для агрессивных сред. Изменение состояния поверхности МТМ образцов можно проследить по проницаемости капли агрессивной среды (нефти, щелочи и кислоты). Сущность метода заключалась в обнаружении оптическим способом на лицевой стороне образца агрессивной среды (нефти, щелочи, кислоты) и определении времени их проникания в испытуемый образец [9]. Далее было проведено исследование влияния потока «холодной» плазмы по-

ниженного давления на стойкость материалов к действию агрессивных сред: нефти, щелочи и кислоте (рисунок 1-3).

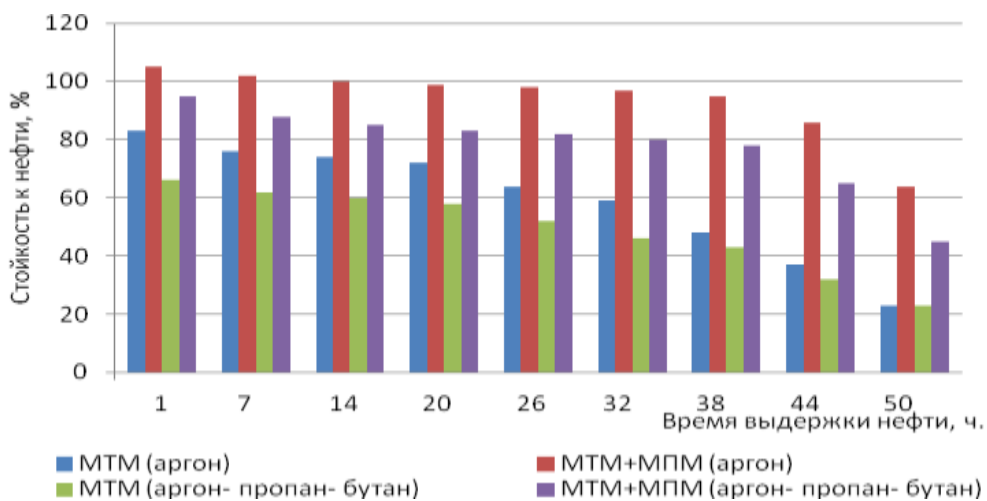


Рисунок 1- Гистограмма изменения стойкости к действию нефти в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмообразующего газа ( $G = 0,04$  г/с;  $P = 26,6$  Па;  $W_p = 1,7$  кВт;  $\tau = 6$  мин)

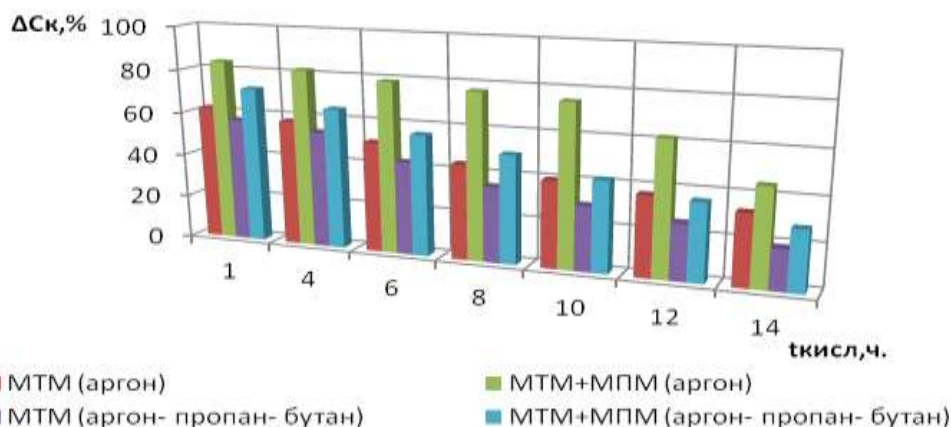


Рисунок 2- Гистограмма изменения стойкости к действию кислоты (40 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмообразующего газа ( $G = 0,04$ г/с;  $P = 26,6$  Па;  $W_p = 1,7$  кВт;  $\tau = 6$  мин;  $f = 13,56$  МГц)

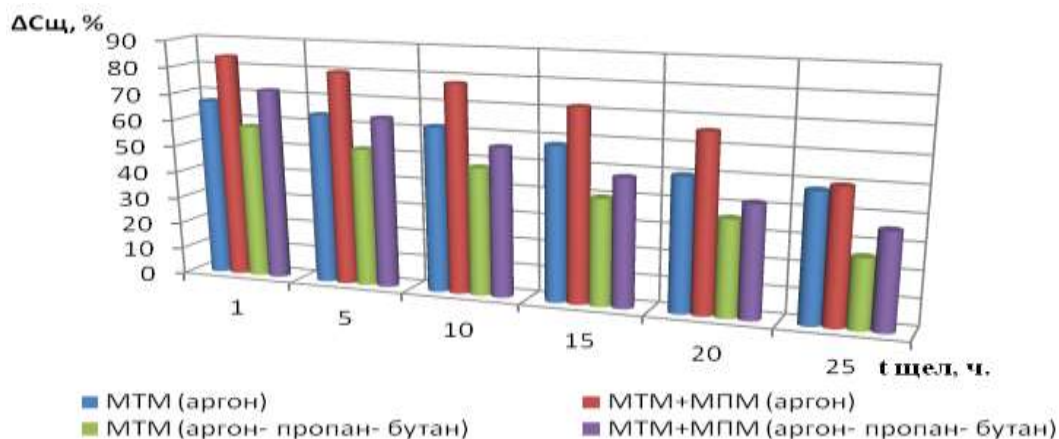


Рисунок 3- Гистограмма изменения стойкости к действию щелочи (40 % NaOH) в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмо-образующего газа ( $G = 0,04$ г/с;  $P = 26,6$  Па;  $W_p = 1,7$  кВт;  $\tau = 6$  мин;  $f = 13,56$  МГц)

В результате исследований представленных на рисунках 1-3 установлено, что наноструктурирование МТМ и композиционного материала (МТМ +МПМ) более эффективно в плазме аргона при времени обработки  $\tau = 6$  мин. Она позволяет повысить стойкость к действию нефти на 102 %, щелочи и кислоте на 85 % и морской воды на 40 % при времени выдержки образцов в агрессивных средах 1 час.

Однако дальнейшее увеличение времени воздействия агрессивных сред приводит к незначительному снижению прочности МТМ, что связано с небольшими конформационными изменениями структуры материала. Обработка МТМ в плазме содержащей смесь газов аргон – пропан-бутан незначительно улучшает эти показатели: стойкость к морской воде – на 11 %, а к действию агрессивных сред – на 48 % в зависимости от вида агрессивной среды (нефть, кислота, щелочь).

Таким образом, выявлено, что на эффект улучшения устойчивости плазмоактивированного материала к агрессивным средам (растворам кислот, щелочи, нефти) оказывает влияние вид плазмообразующего газа. В результате плазменной модификации материалов в среде аргона показатель стойкости к агрессивным средам увеличивается на 95 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан соответственно на 48 %, как с лицевой, так и изнаночной стороны, в зависимости от вида агрессивной среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.4.220-2002 Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред [Текст]. – Введ. 01.07.2003 М.: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.

2. Абдуллин, И.Ш. Модифицированный текстильный материал плазменной обработки как основа при создании моделей одежды / И.Ш.Абдуллин, Э.А. Хамматова // Сборник статей I Всеросс. научно-техническая конференция «Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий». – Казань, АН РТ, 2010. – С. 136-143.

3. Березненко, Н.П. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов /Н.П. Березненко, В.И. Власенко, С.И. Ковтун // Международная конференция «Волокнистые материалы XXI век». – СПб.: 2005. - С.87-91.

4. Пат. 2211264 Российская Федерация, МПК 7 D 05 В 1/26. Способ образования водонепроницаемых ниточных соединений / Покровская Е.П., Метелёва О.В., Веселов В.В., Бондаренко Л. И.; заявитель и патентообладатель Ивановская гос. текст, академия. – № 2002120676/12 ; заявл. 29.07.2002; опубл. 27.08.2003, Бюл.№ 24.-9 с.

5. Метелева, О.В. Разработка герметизирующего пленочного материала для водозащитных швейных изделий /О.В. Метелова, Е.П. Покровская, Л.И.Бондаренко //Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых «Нано-био- информационные технологии в текстильной и легкой промышленности». – Иваново. – 2011.- С.110-111

6. Припеченкова, И.С. Проектирование тканей для водозащитной одежды

[Текст] / И.С. Припеченкова, О.В. Метелева, В.В.Веселов // Изв. вузов. Технология текст, промышленности. - 1999, № 3. - С. 86-91.

7. Орленко, Л.В. Конфекционирование материалов для одежды [Текст] / Л.В. Орленко, Н.И. Гаврилова. М.: ФОРУМ-ИНФА-М, 2006. - 288 с.

8. Фомченкова, Л.И. Рабочая одежда и текстильные материалы для ее производства [Текст] / Л.И. Фомченкова // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. - 2013. - №2 .

9. Пустыльник, Я.И. Безопасность для каждого рабочего дня [Текст] / Я.И. Пустыльник // Рабочая одежда. 2007. - № 4 (39). –С. 6-7.

**УДК 687:02**

**ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ  
MATERIALS AND EQUIPMENT CHOICE  
FOR DESIGN OF WORK CLOTHES**

**Фаткуллина Р.Р.  
Fatkullina R.R.**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
(Материалы и технологии легкой промышленности)  
Kazan national research technological university  
(Materials and technologies of light industry)  
(e-mail: rimma\_fat@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье анализируются требования к материалам рабочей одежды коммунальных служб. Производится подбор материалов для комплекта одежды, в том числе для капюшона, с защитными свойствами против укусов moskitov. Даны рекомендации по использованию сварного оборудования для присоединения антимоскитной сетки с учетом состава материалов.

*Abstract:* The article analyzes the requirements for the materials of work clothes for public utilities. The selection of materials for a set of clothes is made, including for a hood with protective properties against mosquito bites. Recommendations are given on the use of welded equipment for attaching a mosquito net, taking into account the composition of materials.

*Ключевые слова:* требования, рабочая одежда, материал, полимерные материалы, сварное оборудование

*Keywords:* requirements, work clothes, fabric, polymeric fabric, welded equipment

В соответствии со статьей 212 Трудового кодекса РФ и статьей 14 Федерального закона от 17.07.99 № 181-ФЗ «На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам должна выдаваться спец-одежда [1].



При проектировании рабочей одежды необходимо учитывать требования, предъявляемые к одежде и материалам, предназначенным для ее изготовления [2, 3]. Рабочая одежда должна соответствовать условиям окружающей среды, в которых происходит эксплуатация одежды. Проектируемая рабочая одежда для коммунальных служб связана с большой физической нагрузкой на работника и с эксплуатацией в подвальных помещениях, где он может подвергнуться укусам насекомых.

Целью работы является изучение требований к рабочей одежде, подбор материалов для проектируемой одежды работников коммунальных служб и метода соединения материалов в деталях кроя капюшона. Одежда для работников коммунальных служб проектируется с учетом назначения и требований нормативных документов. Обычно работники коммунальных служб экипированы в одежду, защищающую от общих загрязнений. Предлагаемая модель отличается наличием съемного капюшона противомоскитной защиты (присоединяется с помощью текстильной застежки-молнии).

Для изготовления одежды рассматривались следующие материалы: материал отечественного производителя Премьер Standart 250 (ООО «Чайковский текстиль», состав 65% полиэстер, 35% хлопок) как основной материал для защиты от общих загрязнений [4], а также Оксфорд 210 и Оксфорд 200 (Китай) и противомоскитная сетка (ООО «Балтекс», Россия), как материалы для капюшона противомоскитной защиты [5]. Информация о материалах для изготовления капюшона проектируемой рабочей одежды приведена в таблице 1.

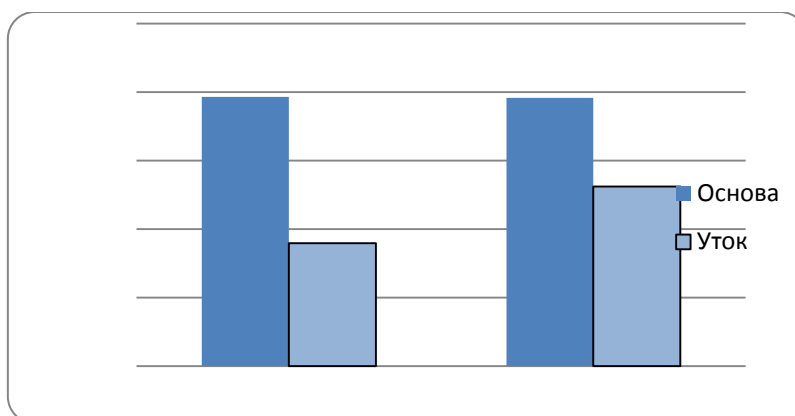
Таблица 1 – Материалы для проектирования капюшона противомоскитной защиты

Наименование ткани	Артикул	Состав	Вид переплетения	Плотность	Сфера применения
Оксфорд	OXF 210/1584515	100% полиэстер	Плотняное	210	Ткань для летней и зимней корпоративной одежды
Оксфорд	OXF 200/1584515	100% полиэстер	Плотняное	200	Ткань для летней и зимней корпоративной одежды
Сетка антимоскитная	СМ01 гл/кр. 13,3 м/кг	100% полиэстер	Мелкие шестигранные ячейки	50	Для спецодежды
Сетка антимоскитная	СМ02 гл/кр. 22,2 м/кг	100% полиэстер	Мелкие шестигранные ячейки	30	Для спецодежды

Проектируемый комплект одежды работника коммунальных служб состоит из куртки и полукомбинезона. Рабочая одежда проектируется из паропроницаемых материалов, чтобы обеспечить удовлетворительное физиологическое состояние работника. Кроме того, одежда должна быть комфортной в носке, а материал и конструктивные элементы рабочей одежды не должны оказы-

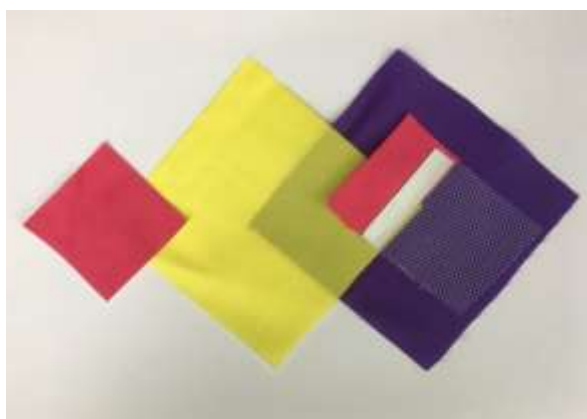
вать негативного воздействия на человека, обеспечивая при этом необходимую защиту.

Образцы материала «Оксфорд» имеют одинаковый волокнистый полимерный состав, но отличаются по показателю поверхностной плотности (200 и 210 г/м<sup>2</sup>). Производилось сравнение материалов «Оксфорд» по прочностной характеристике [6]. Устойчивость к разрыву определяет значение силы, однократно воздействующей на материал до момента его непригодности. Как видно, показатель разрывной нагрузки по утку (поперечной нити) соответствует большей поверхностной плотности, а по основе (долевой нити) практически совпадает, что показано на рисунке 1. Выбран материал «Оксфорд» с поверхностной плотностью 210 г/м<sup>2</sup> как более плотный и более прочный, и следовательно, больше защищающий от насекомых.



**Рис. 1. Сравнение материалов «Оксфорд 200» и «Оксфорд 210» по разрывной нагрузке, *H***

Для присоединения деталей края сетки из полимерного материала к основному материалу капюшона нужен вспомогательный термоклеевой пленочный материал. С помощью пленочного материала можно также присоединить эмблему, выполненную из полимерного материала. Основными показателями, характеризующими качество сварных швов, являются их устойчивость к разрыву, растяжимость, прочность [7]. Ниже представлены образцы материалов и выполненное соединение материала-сетки с основным материалом при помощи термоклеевой пленки (рис. 2).



**Рис. 2. Выполнение безниточного присоединения антимоскитной сетки к основному материалу с использованием термоклеевой пленки (справа)**

В технологическом процессе изготовления одежды работника коммунальных служб предлагается применение ультразвуковой машины при присоединении противомоскитной сетки в лицевой части капюшона. Подобрана машина для ультразвуковой сварки SportTex EU C 1300 с фиксированным роликом. Особенность этого оборудования - в применении к материалам синтетическим, либо содержащим большую долю синтетических волокон. Подбранное ультразвуковое сварное оборудование может служить для создания в перспективе вариантов конструктивно-технологических решений одежды биологической защиты.

Таким образом, на основании требований к полимерному составу материалов для рабочей одежды коммунальных служб произведен подбор материалов: текстильный смесовой в качестве основного материала, а также полимерные из полиэстера – для изготовления капюшона с защитными свойствами против укусов moskitov, как рекомендуемые для безниточного соединения с использованием сварного оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трудовой кодекс РФ ст. 14 Федерального закона от 17.07.99 № 181-ФЗ. [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/)
2. Амирова Э.К., Сакулина О.В. Изготовление специальной и спортивной одежды: учебник для кадров массовых профессий. М.: Легпромбытиздат. 1985. 256 с.
3. Бузов Б.А. Управление качеством продукции. Технический регламент, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия». 2006. 176 с.
4. Чайковский текстиль [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.textile.ru/products/speccloth/med>
5. Балтийский текстиль [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.balttex.ru/baltcatalog/prikladnye-materialy/setki-moskitnye-setki-podkladochnye>
6. Соколова Д.А., Курденкова А.В., Буланов Я.И. Оценка механических свойств тканей Оксфорд после действия естественной светопогоды / Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сб. материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. С. 249-252.
7. Оборудование для безниточного производства [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.sporttex.ru/eu\\_c\\_1300\\_2.php/](http://www.sporttex.ru/eu_c_1300_2.php/)

© Фаткуллина Р.Р., 2020

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОСЕЛЕКТИВНОСТИ РЕАКЦИИ N-АРИЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ  
STUDY OF REGIO-SELECTIVITY OF THE N-ARYLATION REACTION OF 1,2,4-TRIAZOL-3-CARBONIC ACID DERIVATIVES

Власов А.С.<sup>1</sup>, Панова В.А.<sup>2</sup>, Шетнев А.А.<sup>2</sup>, Корсаков М.К.<sup>1</sup>  
Wlasov A.S.<sup>1</sup>, Panova V.A.<sup>2</sup>, Shetnev A.A.<sup>2</sup>, Korsakov M.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
<sup>1</sup> *The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(Wlasov1995@yandex.ru)

<sup>2</sup> *Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского, Центр трансфера фармацевтических технологий имени М.В. Дорогова, Ярославль*  
<sup>2</sup> *Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky*  
*M.V. Dorogov Pharmaceutical technology transfer center, Yaroslavl*  
(a.shetnev@yspu.org)

*Аннотация:* Рассмотрено N-арилирование 1,2,4-триазолов с введением 2-нитроарильного фрагмента в триазольный цикл.

*Abstract:* The N-arylation of 1,2,4-triazoles with the introduction of a 2-nitroaryl fragment into the triazole cycle is considered.

*Ключевые слова:* N-арилирование, 1,2,4-триазолы, 1,4-бинуклеофилы, рибавирин.

*Keywords:* N-arylation, 1,2,4-triazoles, 1,4-binucleophiles, ribavirin.

Исследование синтетического потенциала малоизученного класса 1,4-бинуклеофилов ряда триазолкарбоксамидов, амфифильных реагентов ряда триазолкарбоксоэфиров и триазолкарбоксинитрилов в реакциях активированного нуклеофильного замещения имеет перспективы создания новых эффективных конвергентных методов конструирования сложных практически значимых структур, содержащих гетероциклический фрагмент триазола и его N-гидрокси-производных.

В рамках данной работы в качестве исходного реагента был выбран коммерчески доступный метил триазолкарбоксилат **1** – ключевой интермедиат в синтезе противовирусного препарата *Рибавирина*. На основе данного реагента были получены замещенные триазолы **2a-2d** (схема 1).

Полученные реагенты **2** были последовательно введены в реакцию с электрон-дефицитными галогенаренами **3** в среде ДМФА, в присутствии карбоната калия при температуре 70-100°C по методу [1].

Было обнаружено, что в случае использования в качестве эфира **1** реакция N-арилирования протекала региоспецифично с образованием изомера **3** с выходами, достигающими 65%. Изомерные продукты **5** в реакционных смесях обнаружены не были.

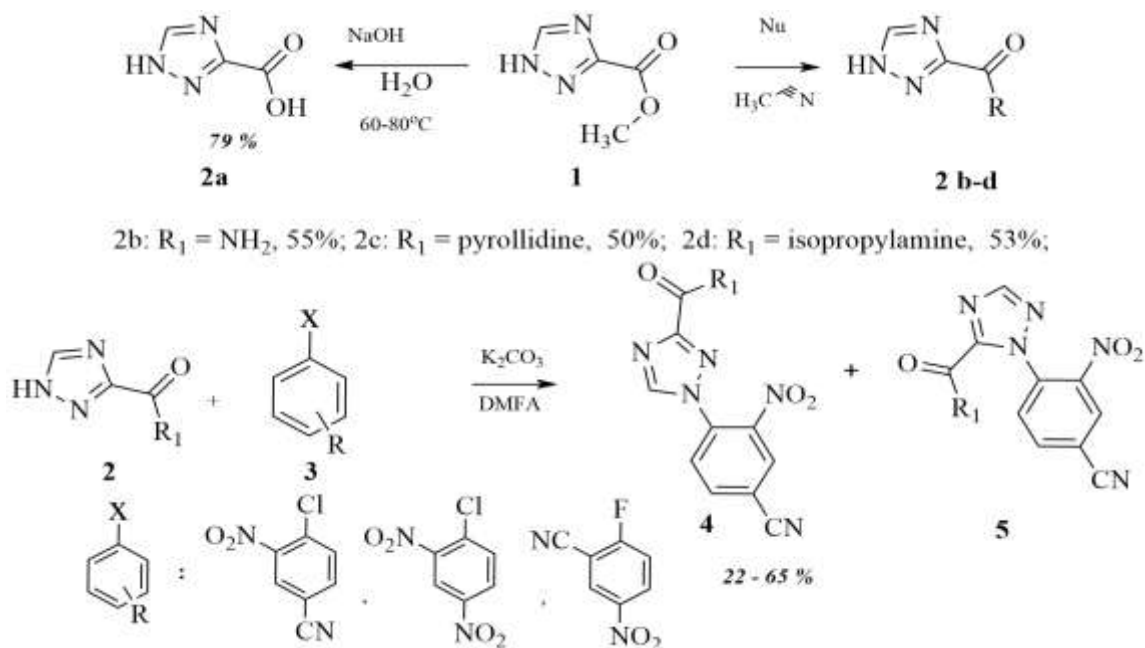


Схема 1. – Получение замещенных триазолов, и их N-ариллирование при помощи различных галоген нитробензолов

При использовании в качестве реагентов триазолкарбоксамидов и триазолкарбоновой кислоты наблюдалась меньшая селективность реакции, и содержание изомера **5** в реакционной смеси достигало 10-17%. Структура полученных соединений доказана на основе совокупности данных ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, NOESY спектроскопии и масс-спектрометрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Panova V., Korsakov M., Shetnev A., Filimonov S. Synthesis of substituted 5-hydroxyurazolo[1,5-a]quinoxalin-4-ones // Mendeleev Communications, 2019, Vol. 29, №1, p.114-115.

УДК 547.789.61

### СИНТЕЗ N-(6-(3-R-УРЕИДО)БЕНЗО[D]ТИАЗОЛ-2-ИЛ) АЦИЛАМИДА С O- И S-ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ ФРАГМЕНТАМИ SYNTHESIS OF N-(6-(3-R-UREIDO)BENZO[d]TIAZOL-2-YL) ACYLAMIDE WITH O- AND S-HETEROCYCLIC FRAGMENTS

Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.  
Ivanova E.V., Nikishina M.B., Shahkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M.

Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, г. Тула  
L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula  
(e-mail: omela005@gmail.com)

**Аннотация:** В статье описан синтез новых производных N-(6-(3-R-уреидо) бензотиазол-2-Ил) ациламидов, приведены спектральные

характеристики, подтверждающие их структуру.

*Abstract:* The article describes the synthesis of new derivatives of N-(6-(3-R-ureido)benzothiazol-2-yl)acylamides, gives the spectral characteristics that confirm their structure.

*Ключевые слова:* бензотиазол, <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопия, производные Уреидо N-(6-аминобензотиазол-2-Ил)ациламида.

*Keywords:* benzothiazol, <sup>1</sup>H NMR spectroscopy, ureido derivatives N-(6-aminobenzothiazol-2-yl)acylamides.

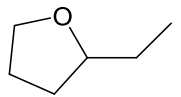
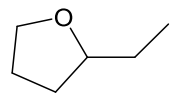
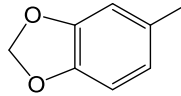
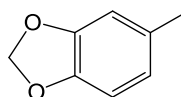
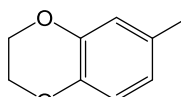
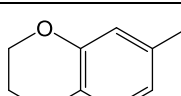
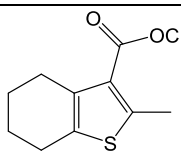
Benzothiazole derivatives have a broad spectrum of pharmacological activity, in particular, they exhibit high cytotoxicity with respect to WI-38 carcinoma cells [1], antimicrobial action against gram-positive and gram-negative bacteria [2], are anti-diabetes [3] and others. On the other hand, urea derivatives are widely used in medical practice as dermatoprotectors (carboderm), antiepileptic (carbamazepine), antitumor and immunosuppressive (lomustine, nimustine) agents [4]. Therefore, the synthesis and study of the properties of benzothiazoles containing ureido fragment is an important task of medical chemistry.

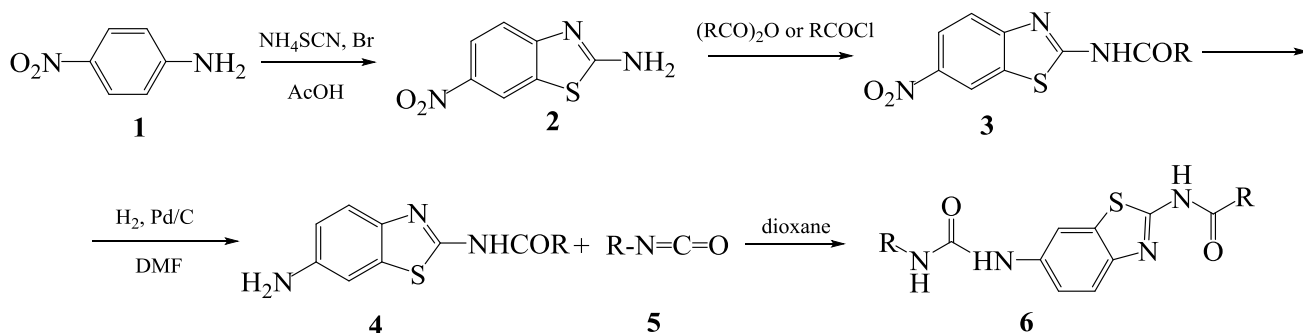
Previously, we developed a convenient method for obtaining ureidoderivatives of 2,6-diaminobenzthiazole [5]. In continuation of this work, a number of new ureido derivatives N-(6-aminobenzothiazol-2-yl)acylamides were synthesized in this article. The basis for obtaining the target products is a four-step method, in the first stage of which the oxidative cyclization of 4-nitroaniline (**1**) and ammonium rohanide under the action of bromine in acetic acid at a temperature of 25 ° C was carried out (scheme). The resulting products were treated with solutions of sodium sulfite and ammonia and recrystallized from DMF. The yield of 2-amino-6-nitrobenzothiazole (**2**) was 85%.

In the second stage, product **2** was acylated with acetic or propionic acid anhydrides, as well as with benzoyl chloride in chlorobenzene at 110–130 ° C. The yield of N-(6-nitrobenzothiazol-2-yl)acylamides (**3**) was 75-85%. At the next stage, the nitro group in products **3** was reduced with hydrogen on a 10%-Pd/C catalyst in DMF at atmospheric pressure. The reaction was carried out until complete absorption of the calculated volume of hydrogen. After separation of the catalyst, the products were recrystallized from aqueous DMF with activated carbon. The yield of N-(6-aminobenzothiazol-2-yl)acylamides (**4**) was 65-70%.

At the final stage isocyanate **5** was used. The choice of isocyanate for the final stage of the synthesis was determined by the fact that, for example, furan derivatives in pharmaceutical chemistry are represented by antiulcer (ranitidine) and antimicrobial (furazidone) drugs; benzo[1,3]dioxole derivatives are antidepressants (paroxetine), etc. [4]. The synthesis was carried out at a temperature of 100 ° C in dioxane. Completeness of the reaction was monitored by TLC (Sorbfil UV-254, chloroform-methanol 15: 1). Upon finishing of the reaction, the resulting mixture was poured into water and acidified with conc. HCl solution. The products were recrystallized from DMF. The yield of compounds **6** was 60-70%. The purity of N-(6-(3-R-ureido)benzothiazol-2-yl)acylamides was determined by the method of <sup>1</sup>H NMR spectroscopy (Bruker DRX-500, HMDS) (table).

**Table Spectra data of <sup>1</sup>H NMR of N-(6-(3-R-ureido)benzothiazol-2-yl)acylamides in DMSO-d<sub>6</sub>, δ (ppm), J (Hz)**

NHCOMe	CONHR	NHCO	H-4	H-5	H-7	COMe/Et	R
12,09s	8,53s	6,14 t (5,85)	7,53d (8,42)	7,27dd (8,42; 1,83)	8,01d (1,83)	2,18s	 3,80-3,91 m (2H), 3,65-3,69 m (1H), 3,25-3,30 m (1H), 3,06-3,17 m (1H), 1,83-1,97 m (3H), 1,53-1,59 m (1H)
12,04s	8,52s	6,14 t (5,12)	7,52d (8,78)	7,25dd (8,78; 1,46)	8,01d (1,46)	2,47q (7,32), 1,15 t (7,32)	 3,81-3,91 m (2H), 3,65-3,68 m (1H), 3,24-3,31 m (1H), 3,06-3,18 m (1H), 1,83-1,98 m (3H), 1,52-1,59 m (1H)
12,13s	8,59s	8,45s	7,58d (8,42)	7,36dd (8,42; 2,10)	8,05d (2,10)	2,19s	 7,21 br.s (1H), 6,76 d (1H; 8,52), 6,74 d (1H; 8,52), 5,95 s (2H)
12,08s	8,58s	8,45s	7,56d (8,78)	7,36dd (8,78; 1,83)	8,05d (1,83)	2,48q (6,95), 1,15 t (6,95)	 7,21 br.s (1H), 6,75 d (1H; 8,51), 6,73 d (1H; 8,51), 5,94 s (2H)
12,13s	8,56s	8,36s	7,57d (8,78)	7,37dd (8,78; 1,83)	8,05d (1,83)	2,19s	 7,08 d (1H; 2,20), 6,77 dd (1H; 8,50; 2,20), 6,71 d (1H; 8,50), 4,21 m (2H)
12,08s	8,56s	8,36s	7,56d (8,78)	7,36dd (8,78; 1,83)	8,06d (1,83)	2,47q (6,95), 1,15 t (6,95)	 7,08 d (1H; 2,10), 6,76 dd (1H; 8,50; 2,10), 6,72 d (1H; 8,50), 4,20 m (4H)
12,17s	10,57s	10,21s	7,60d (8,78)	7,40dd (8,78; 1,83)	8,12d (1,83)	2,19s	 3,84 c (3H), 2,71 m (2H), 2,60 m (2H), 1,76 m (4H)



## REFERENCE

1. Yoshida M., Hayakawa I., Hayashi N., Agatsuma T., Oda Y., Tanzawa F., Iwasa-ki S., Koyama K., Furukawa H., Kurakatad S. and Sugano Y. / Synthesis and biologic evaluation of benzothiazole derivatives as potent antitumor agents // Bioorg. Med. Chem. Letters. 2005. N15. P. 3328-3332.
2. Rajeeva B, Srinivasulu N, Shantakumar S. Synthesis and Some 2-Replaced benzothiazole derivatives. // E-Journal of Chemistry. 2009. Vol. 6, N 3. P. 775-779.
3. Pattan S, Suresh C, Pujar V, Reddy V, Rasal V, Koti B. / Synthesis and antidia-betic activity of 2-amino [5''(4-sulphonylbenzylidene) -2,4-thiazolidinenone] -7-chloro -6-flurobenzothiazole // Ind. J. Chem. 2005. Vol. 44B. P. 2404-2408.
4. Reference Vidal. Drugs in Russia. M.: AstraPharm-Service, 2009. 1760 p.
5. Boykova, O.I., Scheltsyn, V.K., Vaschekkina, L.P., Nesterova, Yu.N., Titov, M.A., Shumsky, A.N., Shakhkeldyan, I.V., Kobrakov, K.I., Atroshchenko Yu.M. / Synthesis of combinatorial libraries of amides, sulfamides, and ureas on the basis of 2-acylated 4-R-benzo [d] thiazole-2,6-diamines derivatives // Izv.vuzov. Chemistry and chemical technology. 2009. T. 52. No. 11. P. 30-35.

УДК 547.856.1

### АНАЛИЗ СПЕКТРОВ <sup>1</sup>H ЯМР АМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 3-(4-АМИНОФЕНИЛ)ХИНАЗОЛИН-4(3H)-ОНА ANALYSIS OF <sup>1</sup>H NMR SPECTRA OF AMIDE DERIVATIVES 3-(4-AMINOPHENYL)QUINAZOLIN-4(3H)-ONE

Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.  
Nikishina M.B., Ivanova E.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула  
L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula  
(e-mail: omela005@gmail.com)

*Аннотация:* В статье проведен сравнительный анализ спектральных данных ранее синтезированных амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она.



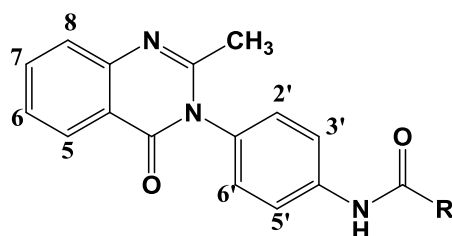
*Abstract:* The article presents a comparative analysis of the spectral data of previously synthesized amide derivatives of 3-(4-aminophenyl)-2-methylquinazolin-4(3H)-one.

*Ключевые слова:* хиназолин, метод ЯМР-спектроскопии, тетрагидротиазоло[5,4-с]пиридин, амидные производные 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она.

*Keywords:* quinazoline, NMR spectroscopy, tetrahydrothiazolo[5,4-c] pyridine, 3-(4-aminophenyl)-2-methylquinazolin-4(3H)-one amide derivatives.

Хиназолин-4(3H)-оны образуют класс конденсированных гетероциклов, который вызывает значительный интерес из-за разнообразия их биологических свойств, например, противоопухолевой, мочегонной, противовоспалительной, противосудорожной и антигипертензивной активности [1-5].

В этой связи нами был синтезирован ряд амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она (рисунок).



**Рисунок. Общая формула амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она**

Надежным методом идентификации строения органических веществ является метод ЯМР-спектроскопии. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  синтезированных соединений в  $\text{DMCO-}d_6$  с внутренним стандартом ГМДС были записаны на приборе Bruker DRX-500.

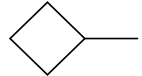
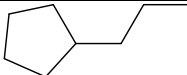
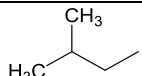
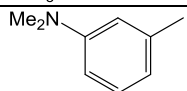
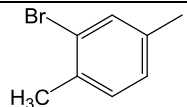
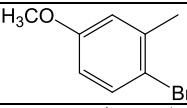
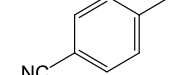
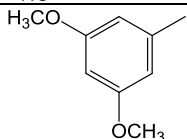
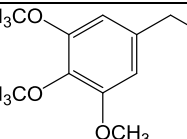
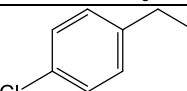
Анализ спектральных данных синтезированных амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она позволяет выделить несколько групп характеристических сигналов (табл.). В наиболее слабом поле наблюдается синглетный пик амидного протона при  $\delta$  9.84-10.63 м.д.

Четырехспиновая система бензоаннелированного кольца проявляется в спектре виде двух дублетов протонов Н-5 и Н-8 при  $\delta$  8.09-8.11 и 7.60-7.65 м.д. и двух триплетов протонов Н-6 и Н-7 при  $\delta$  7.47-7.50 и 7.79-7.82 м.д., соответственно, с константой спин-спинового взаимодействия  $^3J = 7.69-8.31$  Гц.

АВ-система 1,4-дизамещенного бензольного кольца (Н-2', Н-6' и Н-3', Н-5') представлена в спектре двумя дублетами при  $\delta$  7.24-7.35 и 7.77-7.99 м.д., соответственно, с константой спин-спинового взаимодействия  $^3J = 8.31-8.85$  Гц.

Одиночный сигнал протонов 2-метильной группы находится при  $\delta$  2.16-2.21 м.д. Сигналы протонов заместителя R амидного фрагмента находятся в ожидаемой области спектра (табл.).

Таблица. Данные спектров  $^1\text{H}$  ЯМР амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она в ДМСО- $d_6$ ,  $\delta$  (м.д.),  $J$  (Гц)

NH	H-5	H-6	H-7	H-8	2-Me	H-2', H-6'	H-3', H-5'	R
9.84 с	8.09 д (7.69)	7.47 т (7.69)	7.79 т (7.69)	7.61 д (7.69)	2.17 с	7.25 д (8.85)	7.78 д (8.85)	 3.25 м (1H), 2.29 м (2H), 2.14 м (2H), 1.99 м (1H), 1.89 м (1H)
9.99 с	8.10 д (7.69)	7.48 т (7.69)	7.79 т (7.69)	7.61 д (7.69)	2.17 с	7.24 д (8.85)	7.77 д (8.85)	 2.34 т (2H, 7.52), 1.80 м (3H), 1.64 м (4H), 1.53 м (2H), 1.15 м (2H)
8.98 с	8.10 д (8.12)	7.47 т (8.12)	7.79 т (8.12)	7.61 д (8.12)	2.17 с	7.25 д (8.55)	7.78 д (8.55)	 2.22 д (2H, 6.41), 2.15 м (1H), 0.99 д (6H, 6.41)
10.28 с	8.11 д (8.12)	7.49 т (8.12)	7.80 т (8.12)	7.63 д (8.12)	2.20 с	7.32 д (8.55)	7.98 д (8.55)	 7.33 т (1H, 8.40), 7.24 д (1H, 8.40), 7.23 ш.с (1H), 7.91 ш.д (1H, 8.40), 3.02 с (6H)
10.44 с	8.11 д (8.07)	7.50 т (8.07)	7.82 т (8.07)	7.65 д (8.07)	2.21 с	7.35 д (8.55)	7.97 д (8.55)	 8.20 ш.с (1H), 7.91 д (1H, 7.82), 7.51 д (1H, 7.82), 2.46 с (3H)
10.63 с	8.11 д (7.82)	7.49 т (7.82)	7.81 т (7.82)	7.63 д (7.82)	2.19 с	7.34 д (8.80)	7.91 д (8.80)	 7.57 д (1H, 8.80), 7.12 д (1H, 2.93), 7.00 д.д (1H, 8.80, 2.93), 3.84 с (3H)
10.63 с	8.11 д (7.69)	7.49 т (7.69)	7.81 т (7.69)	7.63 д (7.69)	2.20 с	7.34 д (8.55)	7.99 д (8.55)	 8.15 д (2H, 7.69), 7.98 д (2H, 7.69)
10.31 с	8.11 д (7.96)	7.49 т (7.96)	7.81 т (7.96)	7.63 д (7.96)	2.20 с	7.33 д (8.55)	7.98 д (8.55)	 7.12 д (2H, 1.77), 6.68 т (1H, 1.77), 3.86 с (6H)
10.28 с	8.10 д (7.82)	7.49 т (7.82)	7.80 т (7.82)	7.63 д (7.82)	2.18 с	7.26 д (8.31)	7.79 д (8.31)	 6.65 с (2H), 3.81 с (6H), 3.67 с (3H), 3.57 с (2H)
10.33 с	8.09 д (8.31)	7.47 т (8.31)	7.79 т (8.31)	7.60 д (8.31)	2.16 с	7.25 д (8.80)	7.77 д (8.80)	 7.37 д (2H, 8.31), 7.33 д (2H, 8.31), 3.66 с (2H)

Таким образом, полученные данные могут служить источником для надежной идентификации амидных производных 3-(4-аминофенил)-2-метилхиназолин-4(3H)-она методом  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Imtiaz K., Ibrar A., Abbas N., Saeed A. Recent advances in the structural library of functionalized quinazoline and quinazolinone scaffolds: Synthetic approaches and multifarious applications // *European Journal of Medicinal Chemistry*. – 2014. – V. 76. – P. 193–244.
2. Michael J.P. Quinoline, quinazoline and acridon alkaloids // *Nat. Prod. Rep.* – 2000. – V. 17. – P. 603–620.
3. Lin H., Haoquan L., Jianbin C., Xiao-Feng W. Recent advances in 4(3H)-quinazolinone syntheses // *Royal society of chemistry*. – 2014. – V. 24, N 4. – P. 12065–12077.
4. Connolly D.J., Cusack D., O'Sullivan T.P., Guiry P.J. Synthesis of quizalines and quinazolines // *Tetrahedron*. – 2005. – V. 61. – P. 10153-10202.
5. Imtiaz K., Sumera Z., Sadaf B., Naem A., Zaman A., Jamshed I., Amer S. Quinazolines and quinazolinones as ubiquitous structural fragments in medicinal chemistry: An update on the development of synthetic methods and pharmacological diversification // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. – 2016. – V. 24. – P. 2361–2381.

УДК 547.861.3

#### АНАЛИЗ СПЕКТРОВ $^1\text{H}$ ЯМР СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1-((ПИПЕРИДИН-4-ИЛ)МЕТИЛ)-ПИПЕРАЗИНА ANALYSIS OF $^1\text{H}$ NMR SPECTRA OF SULFONAMIDE 1-((PIPERIDIN-4-YL) METHYL)-PIPERAZINE DERIVATIVES

Иванова Е.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.  
Ivanova E.V., Nikishina M.B., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M.

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула*  
*L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula*  
*(e-mail: omela005@gmail.com)*

*Аннотация:* В данной статье проведен сравнительный анализ спектров ЯМР  $^1\text{H}$  высокого разрешения сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)пиперазина.

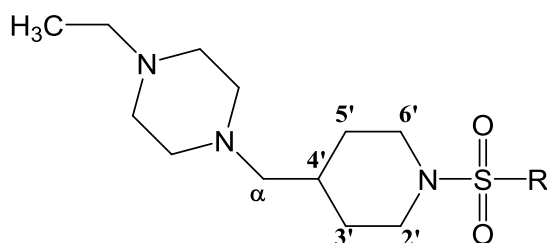
*Abstract:* In this article, a comparative analysis of high-resolution  $^1\text{H}$  NMR spectra of sulfonamide derivatives of 1-((piperidin-4-yl) methyl)piperazine has been carried out.

*Ключевые слова:* пиперазин, пиперидин, метод ЯМР-спектроскопии, сульфонамидные производные 1-((пиперидин-4-ил)метил)пиперазина.

**Keywords:** piperazine, piperidine, NMR spectroscopy, sulfonamide derivatives of 1-((piperidin-4-yl) methyl)piperazine.

Производные пиперазина нашли применение в качестве синтетических лекарственных средств, среди которых известны противоопухолевые (дипин, проспидин, спиразидин, спиробромин) и противогельминтные (соли пиперазина) препараты, психотропные вещества (френолон, трифтазин), анксиолитики (баспирон, джепирон) и др. [1]. Еще более широкое применение в медицинской практике нашли производные пиперидина, которые давно используют в качестве препаратов нейротропного действия, средств, влияющих на сердечно-сосудистую систему, спазмолитиков, бронхолитиков, противоязвенных средств и др. [2].

В этой связи нами был синтезирован ряд сульфонамидных производных, содержащих одновременно в своей структуре пиперазиновый и пиперидиновый фрагменты, что существенно расширяет спектр их биологических свойств.



**Рисунок. Общая формула сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)пиперазина**

Надежным методом идентификации строения органических веществ является метод ЯМР-спектроскопии. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  синтезированных соединений в  $\text{DMCO}-d_6$  с внутренним стандартом ГМДС были записаны на приборе Bruker DRX-500.

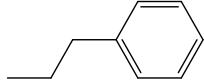
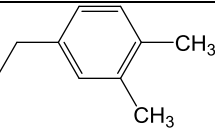
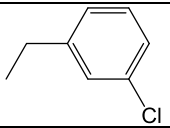
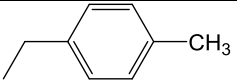
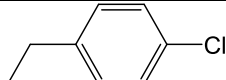
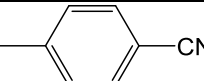
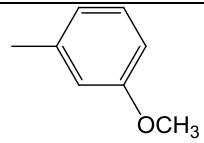
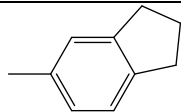
Анализ спектральных данных синтезированных сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)-4-этилпиперазина позволяет выделить несколько групп характеристических сигналов (табл.).

Сигналы диастереотопных протонов  $\text{CH}_2$ -групп пиперидинового фрагмента проявляются в виде уширенных за счет вицинального взаимодействия сигналов,  $\delta$ , м.д.: 3,52-3,66 ш.д ( $\text{H}_e^{2'}$ ,  $\text{H}_e^{6'}$ ;  $^2J_{11,94}$  Гц), 2,14-2,68 ш.т ( $\text{H}_a^{2'}$ ,  $\text{H}_a^{6'}$ ;  $^2J_{11,94}$  Гц), 2,07-2,13 д ( $\text{CH}_2^\alpha$ ;  $^3J_{7,08}$  Гц), 1,39-1,60 м ( $\text{H}^{4'}$ ), 1,69-1,76 ш.д ( $\text{H}_e^{3'}$ ,  $\text{H}_e^{5'}$ ,  $^2J_{12,83}$  Гц), 1,01-1,13 к.д ( $\text{H}_a^{3'}$ ,  $\text{H}_a^{5'}$ ;  $^2J_{12,38}$ ;  $^3J_{2,65}$  Гц).

Пики метиленовых протонов пиперазина сливаются в широкий сигнал с максимумом при  $\delta$  2,31-2,32 м.д. Протоны *N*-этильной группы фиксируются в виде квартета при  $\delta$  2,27-2,29 м.д. и триплета при  $\delta$  0,98-1,00 м.д. с КССВ  $^3J_{7,08}$  Гц.

Сигналы протонов заместителя *R* сульфонамидного фрагмента находятся в ожидаемой области спектра (табл.).

Таблица. Данные спектров  $^1\text{H}$  ЯМР сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)пиперазина  
в ДМСО- $d_6$ ,  $\delta$  (м.д.),  $J$  (Гц)

$\text{H}_e^{2'}, \text{H}_e^{6'}$	$\text{H}_a^{2'}, \text{H}_a^{6'}$	$\text{CH}_2^\alpha$	$\text{H}^{4'}$	$\text{H}_e^{3'}, \text{H}_e^{5'}$	$\text{H}_a^{3'}, \text{H}_a^{5'}$	Piperazine ( $\text{CH}_2$ ) $_4$	$-\text{NCH}_2\text{CH}_3$		R
3.61 ш.д (11.94)	2.77 ш.т (11.94)	2.13 д (7.08)	1.60 м	1.76 ш.д (12.38)	1.10 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.29 к (7.08), 1.00 т (7.08)		7.29 т (2H, 7.96), 7.28 д (2H, 7.96), 7.20 т (1H, 7.96), 3.22 м (2H), 2.97 м (2H)
3.52 ш.д (11.94)	2.64 ш.т (11.94)	2.10 д (7.08)	1.55 м	1.71 ш.д (12.38)	1.02 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.29 к (7.08), 1.00 т (7.08)		7.13 с (1H), 7.09 с (2H), 4.17 с (2H), 2.25 с (3H), 2.24 с (3H)
3.54 ш.д (11.94)	2.68 ш.т (11.94)	2.11 д (7.08)	1.57 м	1.71 ш.д (12.38)	1.02 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.30 к (7.08), 1.00 т (7.08)		7.45 с (1H), 7.37 м (3H), 4.33 с (2H)
3.52 ш.д (11.94)	2.62 ш.т (11.94)	2.10 д (7.08)	1.55 м	1.69 ш.д (12.38)	1.01 к.д (12.38; 2.65)	2.31 ш.с	2.29 к (7.08), 1.00 т (7.08)		7.26 д (2H, 7.52), 7.15 д (2H, 7.52), 4.23 с (2H), 2.34 с (3H)
3.53 ш.д (11.94)	2.66 ш.т (11.94)	2.10 д (7.08)	1.57 м	1.71 ш.д (12.38)	1.03 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.29 к (7.08), 1.00 т (7.08)		7.42 д (2H, 8.05), 7.38 д (2H, 8.05), 4.31 с (2H)
3.66 ш.д (11.94)	2.28 ш.т (11.94)	2.07 д (7.08)	1.44 м	1.76 ш.д (12.38)	1.12 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.26 к (7.08), 0.98 т (7.08)		8.07 д (2H, 8.40), 7.89 д (2H, 8.40)
3.63 ш.д (11.94)	2.20 ш.т (11.94)	2.07 д (7.08)	1.42 м	1.75 ш.д (12.38)	1.13 к.д (12.38; 2.65)	2.32 ш.с	2.27 к (7.08), 0.98 т (7.08)		7.51 т (1H, 8.40), 7.25 д.д (1H, 8.40, 1.77), 7.21 д.д (1H, 8.40, 2.21), 7.14 д.д (1H, 2.21, 1.77), 3.85 с (3H)
3.60 ш.д (11.94)	2.14 ш.т (11.94)	2.07 д (7.08)	1.39 м	1.75 ш.д (12.38)	1.13 к.д (12.38; 2.65)	2.31 ш.с	2.27 к (7.08), 0.98 т (7.08)		7.51 ш.с (1H), 7.45 д.д (1H, 7.96, 1.33), 7.41 д (1H, 7.96), 2.97 т (4H, 7.52), 2.12 м (2H)

Таким образом, полученные данные могут служить источником для надежной идентификации сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)пиперазина методом  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Т.1,2. Харьков. 1997. 787с.
2. Курбат Н.М., Пралиев К.Д., Салита Т.А., Ю В.К., Верина Е.Л. Нейрофармакологическая активность производных пиперидина // Химико-фармацевтический журнал. 1991. № 7. С. 20-28.

УДК 547.7

### СИНТЕЗ 5-ГИДРОКСИ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ ИЗ АМИДОКСИМОВ И ЭФИРОВ ХЛОРМУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ $\text{NaOH}/\text{DMCO}$ A SYNTHESIS OF 5-HYDROXY-1,2,4-OXADIAZOLES FROM AMIDOXIMES AND CHLOROFORMIC ACID ESTERS USING THE SUPERBASE SYSTEM $\text{NaOH}/\text{DMSO}$

Константинова А.С.<sup>1</sup>, Шетнев А.А.<sup>2</sup>, Корсаков М.К.<sup>1</sup>  
Konstantinova A.S.<sup>1</sup>, Shetnev A.A.<sup>2</sup>, Korsakov M.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
<sup>1</sup>*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(e-mail: a.konstantinova@yspu.org)

<sup>2</sup> *Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Центр трансфера фармацевтических технологий имени М.В. Дорогова, Ярославль*  
<sup>2</sup> *Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, M.V. Dorogov Pharmaceutical technology transfer center, Yaroslavl*  
(e-mail: a.shetnev@yspu.org)

*Аннотация:* Разработан новый метод синтеза 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов взаимодействием амидоксимов и эфиров хлормуравьиной кислоты при использовании суперосновной системы  $\text{NaOH}/\text{DMCO}$ . Приведены результаты синтеза серии 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов, содержащих различные заместители.

*Abstract:* A new method for the synthesis of 5-hydroxy-1,2,4-oxadiazoles from amidoximes and chloroformic acid esters using the superbase system  $\text{NaOH}/\text{DMSO}$  has been developed. The results of the synthesis of diverse 5-hydroxy-substituted 1,2,4-oxadiazoles are presented.

*Ключевые слова:* 1,2,4-оксадиазол, амидоксимы,  $\text{DMCO}$ , супероснование.

*Keywords:* 1,2,4-oxadiazoles, amidoximes,  $\text{DMSO}$ , superbase.

5-Гидроксизамещенные-1,2,4-оксадиазолы являются востребованными молекулярными системами, которые находят широкое применение в материаловедении, медицинской химии и органическом синтезе. Как показали недав-

ние исследования, данный класс соединений может быть использован для лечения таких заболеваний как диабет, атеросклероз, нарушений центральной и периферических нервных систем [1,2,3].

Большинство известных методов синтеза данных гетероциклических систем, основанных на взаимодействии амидоксимов с N,N'-карбонилдиимидазолом или диметилкарбонатом, предполагает использование нагрева до высоких температур, что приводит к образованию значительного числа побочных продуктов реакции и снижению выхода целевого соединения. В данной работе представлен новый метод синтеза 5-гидро-ксипроизводных 1,2,4-оксадиазолов из амидоксимов, осуществляемый в мягких условиях при комнатной температуре. По разработанному нами методу [4] (схема 1) на первой стадии исходный амидоксим **1** подвергается ацилированию этилхлорформиаом **2** в присутствии триэтиламина в ацетоне. Последующая стадия циклизации O-ацилированного амидоксима в среде диметилсульфоксида в условиях суперосновного катализа при температуре 25 °С завершается образованием соединения, содержащего 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазольный фрагмент **4**.

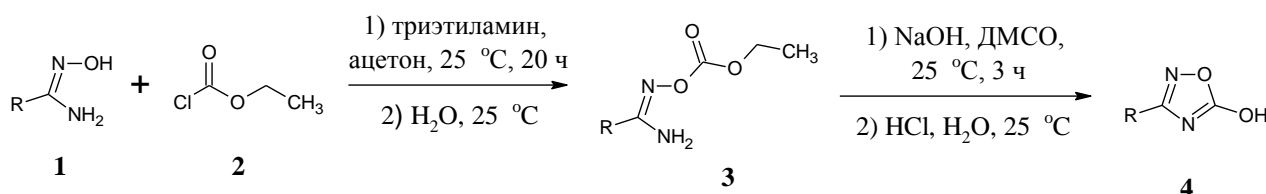


Схема 1 – Общая схема синтеза 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов

В таблице 1 представлены результаты синтеза 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов, содержащих различные заместители R. Структура полученных соединений **1-6** подтверждена методом ЯМР-пектроскопии.

Таблица 1 – Синтез 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов

№	Заместитель R	Выход <b>4</b> , %	Выход <b>4</b> (лит.), %
1		86	- *
2		78	60 [6]
3		85	75 [6]
4		57	74 [1]
5		80	68 [6]
6		72	- *

\* - данные отсутствуют в научно-технической литературе

Показано, что выходы для целевых 5-гидрокси-1,2,4-оксадиазолов по предлагаемому методу сравнимы и в ряде случаев превосходят литературные значения [1, 5, 6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Prasenjit S., Amitava R., Tipu, A., Hemant K.S., Bhisma K.P. Tert-butyl nitrite mediated synthesis of 1,2,4-oxadiazol-5(4*H*)-ones from terminal aryl alkenes // *Organic Letters*, 2019, №21. p.4966-4970.
2. Пат. РФ 2008112201А. Производные фенил- и пиридил-1,2,4-оксадиазолона с фенильной группой, способы их получения и их применение в качестве фармацевтических средств: заявл. 26.09.2006: опубл. 10.10.2009.
3. Пат. РФ 2374243 С2. Производные оксадиазолона в качестве агонистов ррар-дельта: заявл. 19.03.2005: опубл. 10.05.2008.
4. Baykov S., Sharonova T., Shetnev A., Rozhkov S., Kalinin S., Smirnov A. The first one-pot ambient-temperature synthesis of 1,2,4-oxadiazoles from amidoximes and carboxylic acid esters. // *Tetrahedron*, 2017. № 73. p. 945-951.
5. Ahmad Q. Husseln. Heterocycles from nitrile oxides. 3. 1,2,4-Oxadiazol-5(4*H*)-ones// *Journal of Chemical & Engineering Data*, 1987. №32. p. 128-130.
6. Xiaolong Yu, Kehao Chen, Fan Yan, Shanke Zha, Jin Zhu. Oxadiazolone-enabled synthesis of primary azaaromatic amines.// *Organic Letters*, 2016. № 20. p. 5412 – 5415.

УДК 547.789.69

**АНАЛИЗ СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
2-АМИНО-4,5,6,7-ТЕТРАГИДРОТИАЗОЛО[5,4-с]ПИРИДИНА  
С ПОМОЩЬЮ <sup>1</sup>Н ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ  
ANALYSIS OF SULFONAMIDE DERIVATIVES  
2-AMINO-4,5,6,7-TETRAHYDROTHIAZOLO [5,4-c] PYRIDINE  
USING <sup>1</sup>H NMR SPECTROSCOPY**

**Никишина М.Б., Иванова Е.В., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.  
Nikishina M.B., Ivanova E.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M.**

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула  
L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula  
(e-mail: omela005@gmail.com)*

*Аннотация:* В данной статье проведен сравнительный анализ спектров ЯМР <sup>1</sup>Н высокого разрешения 2-амино-5-тозил-4,5,6,7-тетрагидротиазоло[5,4-с]пиридинов.

*Abstract:* This article presents a comparative analysis of the high resolution <sup>1</sup>H NMR spectra of 2-amino-5-tosyl-4,5,6,7-tetrahydrothiazolo [5,4-c] pyridines.

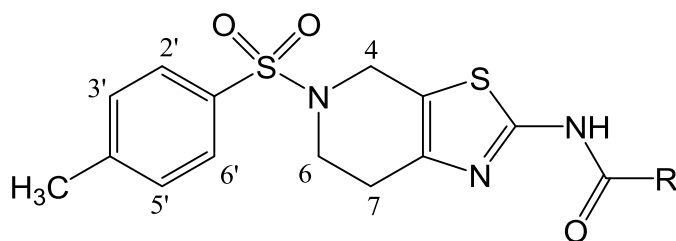


**Ключевые слова:** тиазол, тетрагидропиридин, метод ЯМР-спектроскопии, тетрагидроthiazоло[5,4-с]пиридин.

**Keywords:** thiazole, tetrahydropyridine, NMR spectroscopy, tetrahydrothiazolo [5,4-c]pyridine.

Производные 2-аминотиазола используют для лечения гипертонии [1], бактериальных [2] и ВИЧ инфекций [3] и др. С другой стороны, производные тетрагидропиридинов получили широкое применение в медицинской практике в качестве гипотензивных (гуанциклин), нейролептических (дроперидол), противовоспалительных (фенпипалон) и анигистаминных (перновин) средств [4]. Поэтому синтез новых соединений этого класса и изучение их свойств является актуальной задачей медицинской химии.

Не менее важной задачей является разработка надежных методов идентификации строения органических веществ, среди которых доминирует метод ЯМР-спектроскопии. Ранее нами был разработан метод синтеза ряда производных 2-амино-4,5,6,7-тетрагидроthiazоло[5,4-с]пиридина [5]. В продолжение этой работы в данной статье проведен сравнительный анализ спектров  $^1\text{H}$  ЯМР высокого разрешения 2-амино-5-тозил-4,5,6,7-тетрагидроthiazоло[5,4-с]пиридинов. Спектры растворов в  $\text{DMSO-d}_6$  с внутренним стандартом ГМДС записаны на приборе Bruker DRX-500.

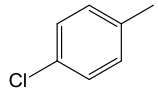
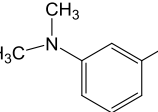
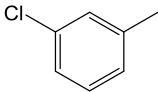
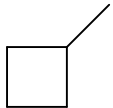
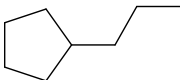
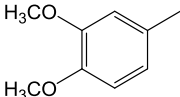
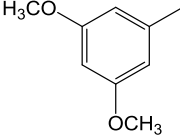
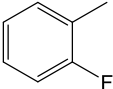


**Рисунок.** Общая формула 2-амино-5-тозил-4,5,6,7-тетрагидроthiazоло[5,4-с]пиридинов

Анализ спектральных данных позволяет выделить несколько групп характеристических сигналов. В наиболее слабом поле наблюдается одиночный сигнал амидного протона при  $\delta$  11,74-12,59 м.д. Двухспиновая АВ-система 1,4-дизамещенного бензольного кольца, как и следовало ожидать, представлена дублетом протонов Н-2',6' при  $\delta$  7,68-7,70 м.д. и дублетом протонов Н-3',5' при  $\delta$  7,39-7,41 м.д. с с КССВ  $^3J$  8,1-8,4 Гц.

Тетрагидропиридиновый цикл проявляется в спектре в виде уширенного синглета протона Н-4 при  $\delta$  4,21-4,28 м.д., триплета протона Н-6 при  $\delta$  3,37-3,42 ( $^3J$  5,75 Гц) и триплета протона Н-7 при  $\delta$  2,73-2,74 ( $^3J$  5,50-5,65 Гц). Протоны  $\text{CH}_3$ -группы проявляются в виде синглета при  $\delta$  2,42 м.д. Сигналы протонов заместителя R карбамида находятся в ожидаемой области спектра.

**Таблица.** Данные спектров  $^1\text{H}$  ЯМР производных 2-амино-5-тозил-4,5,6,7-тетрагидропиридино[5,4-с]пиридина в ДМСО- $d_6$ ,  $\delta$  (м.д.),  $J$  (Гц)

ННСО	2Н-4	2Н-6	2Н-7	Н-2',6'	Н-3',5'	Ме	R
12,53ш.с	4,28 ш.с	3,42 т (5,75)	2,73 т (5,65)	7,69 д (8,2)	7,40 д (8,2)	2,42 с	 8,09 д (2H; 8,6), 7,53 д (2H; 8,6)
12,36ш.с	4,27 ш.с	3,41 т (5,75)	2,73 т (5,65)	7,70 д (8,4)	7,40 д (8,4)	2,42 с	 7,41 д (1H; 1,5), 7,35 д (1H; 7,52), 7,28 т (1H; 7,52), 6,92 дд (1H; 7,52; 1,5), 2,99 с (6H)
12,59ш.с	4,27 ш.с	3,42 т (5,75)	2,74 т (5,65)	7,69 д (8,1)	7,40 д (8,2)	2,42 с	 8,12 т (1H; 1,5), 8,02 дд (1H; 7,95; 1,1), 7,62 дд (1H; 7,95; 1,85), 7,53 т (1H; 7,95)
11,74 с	4,22 ш.с	3,37 т (5,75)	2,68 т (5,65)	7,68 д (8,3)	7,39 д (8,3)	2,42 с	 3,30 м (1H), 2,25 м (2H), 2,15 м (2H), 1,95 м (1H), 1,35 м (1H)
11,86 с	4,21 ш.с	3,37 т (5,75)	2,68 т (5,65)	7,68 д (8,2)	7,39 д (8,2)	2,42 с	 2,37 т (2H; 7,52), 1,74 м (4H), 1,95 м (4H), 1,50 м (2H), 1,09 м (2H)
12,29 с	4,27 ш.с	3,41 т (5,75)	2,74 т (5,5)	7,69 д (8,1)	7,40 д (8,1)	2,42 с	 7,72 дд (1H; 8,2; 2,2), 7,68 д (1H; 2,2), 7,02 д (1H; 8,2), 3,85 с (6H)
12,42 с	4,28 ш.с	3,41 т (5,75)	2,74 т (5,5)	7,68 д (8,2)	7,41 д (8,1)	2,42 с	 7,26 д (2H; 2,21), 6,65 т (1H; 2,21), 3,82 с (6H)
12,33 с	4,28 ш.с	3,41 т (5,75)	2,74 т (5,65)	7,69 д (8,2)	7,41 д (8,2)	2,42 с	 7,72 д.д.д (1H; 8,4; 5,4; 1,8), 7,58 т.д.д (1H; 8,4; 5,4; 1,8), 7,31 т.д (1H; 8,4; 0,9), 7,27 д.д (1H; 9,62; 8,4)

Таким образом, полученные данные могут служить источником для надежной идентификации новых сульфамидных производных 2-амино-4,5,6,7-тетрагидро-1,2,4-тиазоло[5,4-с]пиридина методом  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии высокого разрешения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Patt W.S., Hamilton H.W., Taylor M.D., Ryan M.G. Structure-activity relationships of a series of 2-amino-4-thiazole-containing renin inhibitors // J. Med. Chem. 1992. Vol. 35, N 14. P. 2562-2568.
2. Tsuji K., Ishikawa H. / Synthesis and anti-pseudomonal activity of new 2-isocephems with a dihydroxypyridone moiety at C-7//Bioorg. Med. Chem. Lett.1994. Vol. 4, N 13. P. 1601-1606.
3. Bell F.W., Cantrell A.S., Hoegberg M., Jaskunas R., et al. / Phenethylthiazolethiourea (PETT) Compounds, a New Class of HIV-1 Reverse Transcriptase Inhibitors. 1. Synthesis and Basic Structure-Activity Relationship Studies of PETT Analogs // J. Med. Chem. 1995. Vol. 38, N 25. P. 4929-4935.
4. Справочник Видаль. Лекарственные препараты в России. М.: Астра-Фарм-Сервис, 2009. 1760 с.
5. Павлова А.С., Якунина И.Е., Шумский А.Н., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М., Кобраков К.И./ Синтез и биоактивность новых амидов и мочевины на основе 2-амино-5-(1-*R*-фенилсульфонил)-4,5,6,7-тетрагидро-1,2,4-тиазоло[5,4-с]пиридинов // Изв.вузов. Химияи хим.технология. 2010. Т. 53. № 1. С. 6-9.

УДК: 547.288

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУЛЬФОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
1-((ПИПЕРИДИН-4-ИЛ)МЕТИЛ)АЗЕПАНА С ПОМОЩЬЮ  $^1\text{H}$  ЯМР  
СПЕКТРОСКОПИИ  
IDENTIFICATION OF SULFONAMIDE DERIVATIVES  
1 - ((PIPERIDIN-4-YL) METHYL) AZEPANE WITH  $^1\text{H}$  NMR  
SPECTROSCOPY**

**Никишина М.Б., Иванова Е.В., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М.  
Nikishina M.B., Ivanova E.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M.**

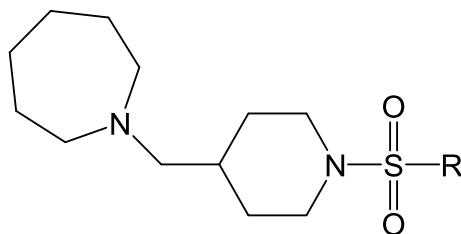
*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула  
L.N. Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula  
(e-mail: omela005@gmail.com)*

*Аннотация:* Представлен анализ спектральных данных ЯМР  $^1\text{H}$  высокого разрешения сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)азепана.  
*Abstract:* Analysis of high resolution  $^1\text{H}$  NMR spectral data of sulfonamide derivatives of 1 - ((piperidin-4-yl) methyl) azepane is presented.

**Ключевые слова:** Азепан, метод ЯМР-спектроскопии, сульфонамидные производные 1-((пиперидин-4-ил)метил)азепана.

**Keywords:** Azepane, NMR spectroscopy, sulfonamide derivatives of 1 - ((piperidin-4-yl) methyl) azepane.

Производные азепана нашли применение в качестве синтетических лекарственных средств, среди которых противодиабетические препараты (глизоксепид, толазамид), антибиотики (мецилинам), антигистаминные препараты (лодерикс), сосудорасширяющие средства (цетиедил), антиконвульсанты (набазенил) и др. [1]. Еще более широкое применение в медицинской практике нашли производные пиперидина, которые давно используют в качестве препаратов нейротропного действия, средств, влияющих на сердечно-сосудистую систему, спазмолитиков, бронхолитиков, противоязвенных средств и др. [2]. В этой связи нами был синтезирован ряд сульфонамидных производных, содержащих одновременно в своей структуре азепановый и пиперидиновый фрагменты (рис. 1), что существенно расширяет спектр их биологических свойств.



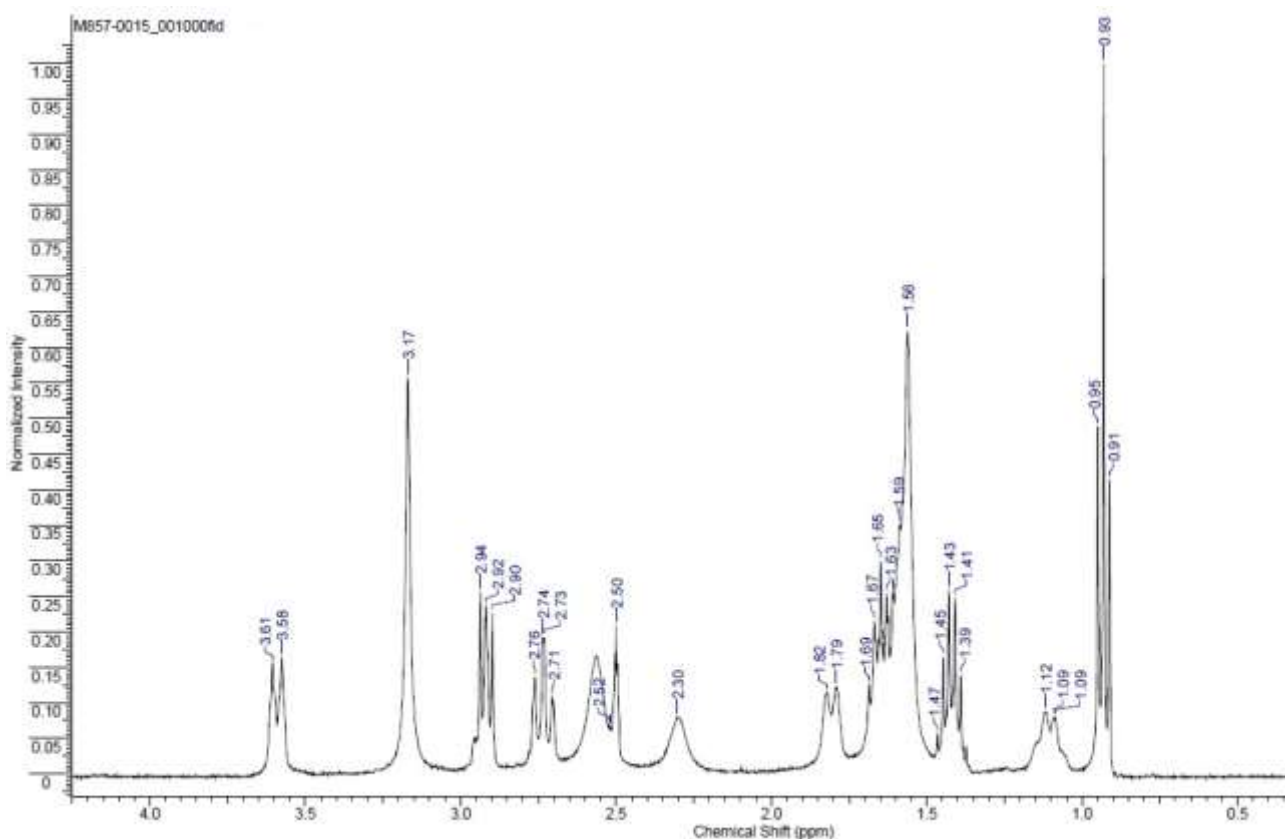
**Рисунок 1. Общая формула сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)азепана**

Надежным методом идентификации строения органических веществ является метод ЯМР-спектроскопии. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  синтезированных соединений в  $\text{DMSO-d}_6$  с внутренним стандартом ГМДС были записаны на приборе Bruker DRX-500. Анализ спектральных данных позволяет выделить несколько групп характеристических сигналов.

В качестве примера на рисунке 2 приведен  $^1\text{H}$  ЯМР спектр 1-((1-(*n*-бутилсульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепана. Часть сигналов диастереотопных протонов  $\text{CH}_2$ -групп проявляются в виде относительно слаборазрешенных сигналов: 3,60 ш.д (2H;  $^2J_{12,38}$ Гц), 2,74 ш.т (2H;  $^2J_{11,94}$ Гц), 1,80 ш.д (2H;  $^2J_{12,83}$ Гц), 1,10 ш.кв (2H;  $^2J_{12,38}$  Гц).

Остальные пики метиленовых протонов фиксируются в виде мультиплетов: 2,56 м (4H), 2,30 ш.с (2H), 1,56 м (8H), 1,54 м (1H). Сигналы протонов *n*-бутильной группы сульфонамидного фрагмента находятся в ожидаемой области спектра,  $\delta$ , м.д.: 2,92 м (2H), 1,65 м (2H), 1,42 м (2H), 0,93 т (3H;  $^3J_{7,08}$  Гц).

1-((1-((4-хлорбензил)сульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7,41 д (2H; 8,85), 7,38 д (2H; 8,85), 4,30 с (2H), 3,55 ш.д (2H; 11,94), 2,66 ш.т (2H; 10,61), 2,54 м (4H), 2,26 ш.д (2H; 4,87), 1,74 ш.д (2H; 12,38), 1,55 м (8H), 1,50 м (1H), 1,03 ш.к (2H; 11,94).



**Рисунок 2. Спектр  $^1\text{H}$  ЯМР 1-((1-(*n*-бутилсульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепана**

1-((1-((3-метоксифенил)сульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7,51 т (1H; 7,96), 7,25 ш.д (1H; 7,96), 7,21 д.д (1H; 7,96; 2,65), 7,14 д (1H; 2,65), 3,85 с (3H), 3,64 ш.д (2H; 11,50), 2,19 ш.т (2H; 11,94), 2,48 м (4H), 2,22 ш.с (2H), 1,79 ш.д (2H; 11,94), 1,52 м (8H), 1,33 м (1H), 1,12 ш.к (2H; 11,94).

1-((1-((3,5-диметилфенил)сульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7,28 ш.с (3H), 2,39 с (6H), 3,63 ш.д (2H; 11,50), 2,15 ш.т (2H; 10,17), 2,49 м (4H), 2,23 д (2H; 6,63), 1,78 ш.д (2H, 11,94), 1,52 м (8H), 1,31 м (1H), 1,13 ш.кв (2H; 11,50).

1-(4-((4-(азепан-1-ил)метил)пиперидин-1-ил)сульфонил)фенил)этан-1-он:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 8,14 д (2H; 8,40), 7,82 д (2H; 8,40), 2,65 с (3H), 3,67ш.д (2H; 11,50), 2,22ш.т (2H; 11,50), 2,52 м (4H), 2,22 д (2H; 7,08), 1,78ш.д (2H, 12,83), 1,52 м (8H), 1,32 м (1H), 1,14ш.кв (2H; 11,50).

1-((1-((3-метилфенил)сульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7,50 ш.с (1H), 7,48 ш.с (3H), 2,44 с (3H), 3,64 ш.д (2H; 11,50), 2,16 ш.т (2H; 11,50), 2,53 м (4H), 2,23 д (2H; 7,08), 1,78 ш.д (2H, 12,83), 1,52 м (8H), 1,32 м (1H), 1,14 ш.кв (2H; 11,50).

1-((1-(*n*-бутилсульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 3,60 ш.д (2H; 12,38), 2,74 ш.т (2H; 11,94), 2,56 м (4H), 2,30 ш.с (2H), 1,80 ш.д (2H, 12,83), 1,56 м (8H), 1,54 м (1H), 1,10 ш.кв (2H; 12,38), 2,92 м (2H), 1,65 м (2H), 1,42 м (2H), 0,93 т (3H; 7,08).

1-((1-(фенетилсульфонил)пиперидин-4-ил)метил)азепан:  $^1\text{H}$  ЯМР,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7,29т (2H; 7,52), 7,28 т (1H; 7,52), 7,26 д (2H; 7,52), 3,32м (2H), 2,97 м (2H),

3,63ш.д (2H; 12,38), 2,76 ш.т (2H; 10,17), 2,55 м (4H), 2,28ш.д (2H; 5,31), 1,79ш.д (2H; 11,94), 1,56 м (8H), 1,50 м (1H), 1,10ш.кв (2H; 12,38).

Таким образом, полученные данные могут служить источником для надежной идентификации сульфонамидных производных 1-((пиперидин-4-ил)метил)азепана методом  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Т.1,2. Харьков. 1997. 787 с.
2. Курбат Н.М., Пралиев К.Д., Салита Т.А., Ю В.К., Верина Е.Л. Нейрофармакологическая активность производных пиперидина // Химико-фармацевтический журнал. 1991. № 7. С. 20-28.

УДК 547.863.1

### СИНТЕЗ 3-АРИЛПИРАЗОЛ-5-КАРБОКСИЛАТОВ И ПИРАЗОЛО[1,5-А]ХИНОКСАЛИН-4-ОНОВ SYNTHESIS OF 3-ARYLPYRAZOL-5-CARBOXYLATES AND PYRAZOLO[1,5-A]QUINOXALIN-4-ONES

Панова В.А.<sup>1</sup>, Корсаков М.К.<sup>2</sup>, Шетнев А.А.<sup>1</sup>, Филимонов С.И.<sup>1</sup>  
Panova V.A.<sup>1</sup>, Korsakov M.K.<sup>2</sup>, Shetnev A.A.<sup>1</sup>, Filimonov S.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского,  
Центр трансфера фармацевтических технологий имени М.В. Дорогова, Ярославль  
<sup>1</sup> Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky, M.V. Dorogov Pharmaceutical technology transfer center, Yaroslavl

Yaroslavl (e-mail: v.panova@yspu.org)

<sup>2</sup> Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
<sup>2</sup> The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: mkkors@mail.ru)

*Аннотация:* В статье описывается разработанный метод получения новой гетероциклической системы замещенных 5-гидроксипиразоло[1,5-а]хиноксалин-4-онов из эфиров 3-арилпиразол-5-карбоксилатов и *o*-нитро-хлорарильных субстратов.

*Abstract:* The article describes a developed method for obtaining a new heterocyclic system of substituted 5-hydroxypyrazolo [1,5-a] quinoxalin-4-ones from esters of 3-arylpyrazole-5-carboxylates and *o*-nitro-chloroaryl substrates.

*Ключевые слова:* пиразолы, хиноксалины, восстановительная циклизация.

*Keywords:* pyrazoles, quinoxalines, reductive cyclization.

Одними из востребованных соединений в органической химии являются производные пиразола, и хиноксалина. Это обусловлено широким спектром практических свойств, проявляемых соединениями, содержащими пиразольный и хиноксалиновый фрагменты [5]. Соединения класса пиразолов находят широ-

кое применение в медицинской практике, а также используются в качестве красителей.

В этой связи целью настоящей работы была разработка метода для получения широкого круга новых производных на основе пиразола. В рамках исследования нами разработан метод региоселективного получения *N*-арилпиразол-5-карбоксилатов **3**. В качестве *N*-нуклеофилов использовали 3-арилпиразол-5-карбоксилаты **1(a-c)** [2], а в качестве субстратов - замещенные *o*-галогеннитроарены **2(a-d)**, активированные дополнительной акцепторной группой. Арилирование *NH*-пиразолов проводили в ДМФА в присутствии  $K_2CO_3$  при температуре 50-80 °С. Выход целевых продуктов **3(a-f)** достигал 79 %. Образование связи *C-N* в пиразолах предполагает получение двух структурных изомеров из-за прототропной таутомерии гетероцикла. Однако в ходе реакции образовывались в основном (более 95 %) 3-арилпиразол-5-карбоксилаты **3(a-f)**, изомерный продукт образовывался лишь при использовании субстрата **2b** (до 10 %). [3]

В ходе исследования нами были опробованы методы с применением различных восстановительных систем. Последующая внутримолекулярная циклизация интермедиатов **3** с применением 10 % палладия на угле приводила к получению пиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **5**. Однако производные **5** были получены с низкими выходами и низкой чистоты. Наличие второго электроноакцепторного заместителя в нитроарильном фрагменте при использовании указанного восстановителя приводило к тому, что первоначально происходило образование гидроксиламина с последующей его внутримолекулярной конденсацией в 5-гидроксипиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-оны **4 (a-f)** с выходом до 67 % (*one-pot* реакция). Восстановление двухвалентным оловом [6] в кислой среде приводило к образованию замещенных *N*-гидроксипиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **4**. Применение данной восстановительной системы обеспечило исключительное образование 5-гидрокси-производных и не приводило к образованию *NH*-гетероцикла.

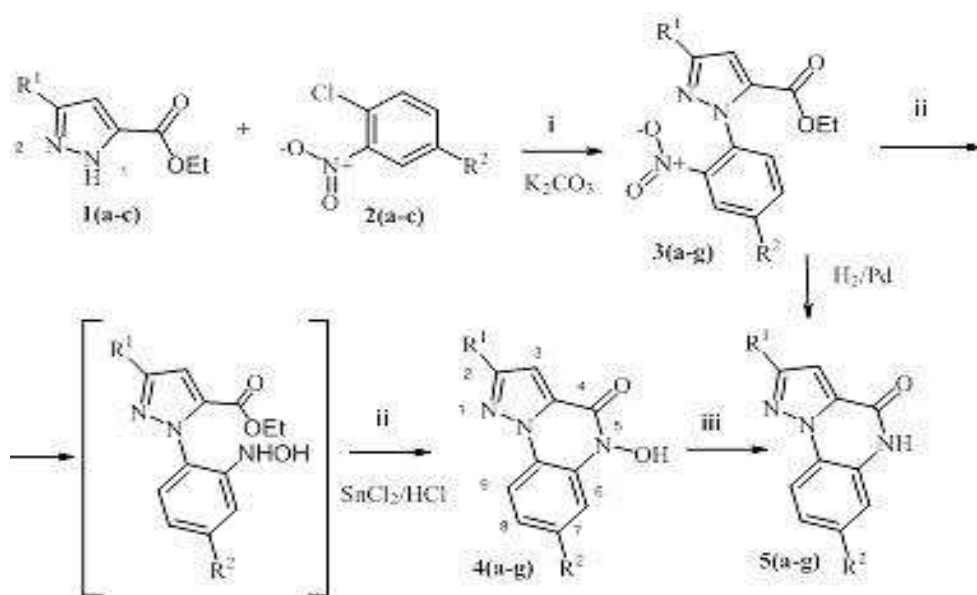


Схема 1 – Синтез пиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов

Получение пиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **5** было осуществлено нами также путем *N*-дегидроксилирования [1; 7]. Данный метод включает следующие стадии: из пиразолов **3** были получены *N*-гидроксипиразоло[1,5-*a*]хиноксалины **4**, которые далее взаимодействовали с феноцилбромидом в присутствии ТЭА при нагревании с получением пиразоло[1,5-*a*]хиноксалинов **5** (iii) [4].

Таким образом, разработаны и предлагаются: метод региоселективного получения *N*-арилпиразол-5-карбоксилатов, простой и эффективный метод синтеза ранее не синтезированных замещенных 5-гидроксипиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **4**, который основан на реакции *N*-арилирования пиразолкарбоксилатов *o*-нитрогалагенаароматическими субстратами и последующей восстановительной циклизацией нитросоединений (i-ii), а также не прямой метод получения пиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **5** из их соответствующих 5-гидрокси-производных **4**. В результате этой работы нам удалось получить ряд замещенных пиразоло[1,5-*a*]хиноксалин-4-онов **4** и **5**.

Строение синтезированных соединений **3**, **4**, **5** подтверждено данными ИК-, ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bujok R., Zbigniew W., Wojciechowski K. Expedient synthesis of 1-Hydroxy-4- and 1-Hydroxy-6-nitroindoles // Synlett. 2012. Vol. 23. № 9. p. 1315-1320.
2. Lingaiah Nagarapu, Hanmant K. Gaikwad, Kartheeka Sarikonda, Jhansi Mateti, Rajashaker Bantu, P.S. Raghu, Krishna Madhuri Manda, Shasi Vardhan Kalvendi Synthesis and cytotoxicity evaluation of 1-[3-(9H-carbazol-4-yloxy)-2-hydroxypropyl]-3-aryl-1H-pyrazole-5-carboxylic acid derivatives // European Journal of Medicinal Chemistry, 2010. Vol. 45. №11. p. 4720-4725.
3. Panova V., Korsakov M., Shetnev A., Filimonov S. Synthesis of substituted 5-hydroxypyrazolo[1,5-*a*]quinoxalin-4-ones // Mendeleev Communications, 2019, Vol. 29, №1, p.114-115.
4. Панова В.А., Ивановский С.А., Шетнев А.А., Чиркова Ж.В., Судзиловская Т.Н., Филимонов С.И. Синтез замещенных пиразоло[1,5-*a*]хиноксалинов с использованием метода восстановительной циклизации // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020 № 10. С.1965.
5. Cindy Patinote, Nour Bou Karroum, Georges Moarbess, Carine Deleuze-Masquefa, Kamel Hadj-Kaddour, Pierre Cuq, Mona Diab-Assaf, Issam Kassab, Pierre-Antoine Bonnet Imidazo[1,2-*a*]pyrazine, Imidazo[1,5-*a*]quinoxaline and Pyrazolo[1,5-*a*]quinoxaline derivatives as IKK1 and IKK2 inhibitors // European Journal of Medicinal Chemistry, 2017. Vol. 138, № 29. p. 909-919
6. Chirkova Zh. V., Filimonov S. I., Abramov I. G., Firgang S. I., Stashina G. A., Saponitsky K. Yu. Synthesis of novel substituted 4-hydroxy-3-oxo-3,4-dihydro-2H-1,4-benzoxazine-6,7-dicarbonitriles // Heterocycles. 2011. Vol. 83. № 4. p. 755-763
7. Chirkova Zh.V., Kabanova M.V., Filimonov S.I., Smirnova E.A. General synthetic method for NH-indoles starting from N-hydroxyindoles // Russian Chemical Bulletin, 2019. Vol. 68, p. 1196–1199



**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛИГАНДЫ НА БАЗЕ МЕТИЛФЛОРОГЛЮЦИНА  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С ИОНАМИ МЕДИ**  
**PERSPECTIVE LIGANDS ON THE BASE  
OF METHYLPHLOROGLUCINOL FOR THE OBTAINING  
BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEX COMPOUNDS:  
SYNTHESIS AND STUDY OF INTERACTION WITH COPPER IONS**

**Селезнев В.С., Исаева Т.А., Кобраков К.И.**  
**Seleznev V.S., Isaeva T.A., Kobrakov K.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: occd@mail.ru)*

*Аннотация:* Синтезированы производные метилфлороглуцина с различными хелатофорными фрагментами и показано, что они эффективно взаимодействуют с ионами меди, образуя комплексные соединения состава 1:2 и 2:1.

*Abstract:* Methylphloroglucinol derivatives with various chelatophore fragments have been synthesized and shown to interact effectively with copper ions, forming complex compounds of the composition 1:2 and 2:1.

*Ключевые слова:* метилфлороглуцин, комплексные соединения, ионы меди.

*Keywords:* methylphloroglucinol, complex compounds, copper ions.

Общеизвестно, что органические соединения, содержащие в структуре молекулы хелатофорные группы и способные образовывать устойчивые комплексные соединения с ионами металлов обладают зачастую выраженной и разнообразной биологической активностью. Предложена, в частности, гипотеза, объясняющая биологическую активность гетерофункциональных гербицидов (*термин авторов*) их реакционной способностью по отношению к солям (ионам) жизненно важных микроэлементов (Fe, Cu, Co, Mn, Mo, Zn). В основе гипотезы лежит понимание «исключительно важной роли металло-лигандного гомеостаза в функционировании биологических систем, нарушение которого неизбежно приводит к развитию различных патологических состояний» [1].

Не анализируя большой пласт работ по биологической активности комплексных соединений различного состава и строения, отметим совсем недавно опубликованную статью, а также цитируемые там работы, в которых обсуждаются результаты исследований и перспективы использования в качестве активированных препаратов комплексов меди [2].

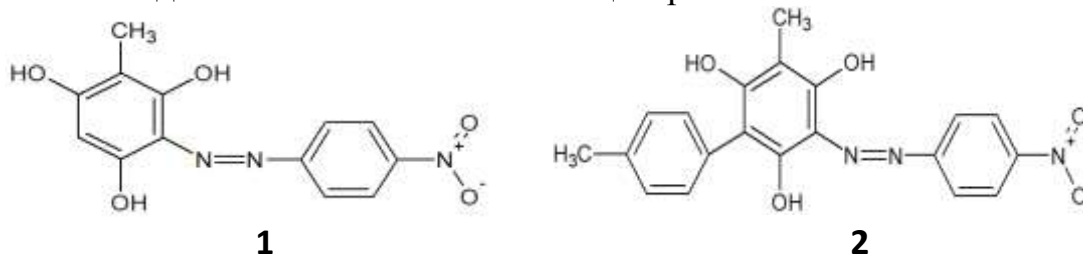
В связи с изложенным очевидна актуальность синтеза новых органических хелаторов на основе доступных, не экзотических прекурсоров, изучения их комплексообразующих свойств, а также свойств выделенных комплексов.

В серии работ, направленных на раскрытие синтетического потенциала 2,4,6-тригидрокситолуола (метилфлороглуцин, МФГ) – доступного продукта химической трансформации тринитротолуола, нами было показано, что 3,5-дисазо- и азонитропроизводные МФГ эффективно взаимодействуют с ионами металлов по схеме комплексообразования [3,4].

В настоящем сообщении мы приводим результаты, полученные при исследовании возможности влияния на хелатирующие свойства производных МФГ изменением типа и количества  $\pi$ -избыточных групп в положениях 3-и/или 5-фенильного кольца.

Ранее нами синтезирована серия моноазопроизводных МФГ и методом спектрофотометрического титрования показано, что в водно-спиртовом растворе они образуют комплексы с ионами  $\text{Cu}^{+2}$  состава 1:1 [5].

В настоящей работе мы изучили комплексообразующие свойства бисазопроизводного МФГ **2**, т.е. соединения, формально имеющего по сравнению с соединением **1** дополнительный хелатный центр.



Состав и строение соединения **2**, синтезированного нами впервые с выходом 80% реакцией азосочетания соединения **1** с *p*-толилфенилдиазоний хлоридом доказана нами комплексом физико-химических исследований (спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$ , масс-спектрометрия, спектры ИК и ЭСП, элементный анализ).

Спектрофотометрическое титрование спиртового раствора соединения **2** проведено водным раствором соли  $\text{Cu}^{+2}$ , при этом концентрация соли в 100 раз превышала концентрацию лиганда.

При постепенном добавлении соли металла максимум поглощения лиганда **2** (438 нм) смещается незначительно, однако наблюдается уменьшение ширины полосы. Интенсивность полосы поглощения несколько снижается, что характерно для металлосодержащих красителей. В спектре появляются изобестиические точки, что указывает на равновесие реакции комплексообразования. Аналогичные изменения в спектре ЭСП мы наблюдали в случае моноазопроизводного МФГ **1**.

На основании спектрофотометрических кривых и кривых насыщения, полученных в результате титрования, свидетельствуют, что в растворе соединение **2** образует комплексы с  $\text{Cu}^{+2}$  состава металл : лиганд 2:1, а рассчитанная константа устойчивости составляет 2,14. Ранее в работе [5] было установлено, что соединение **1** в аналогичных условиях образует с  $\text{Cu}^{+2}$  комплекс состава металл : лиганд = 1:1 с константой устойчивости 1,95.

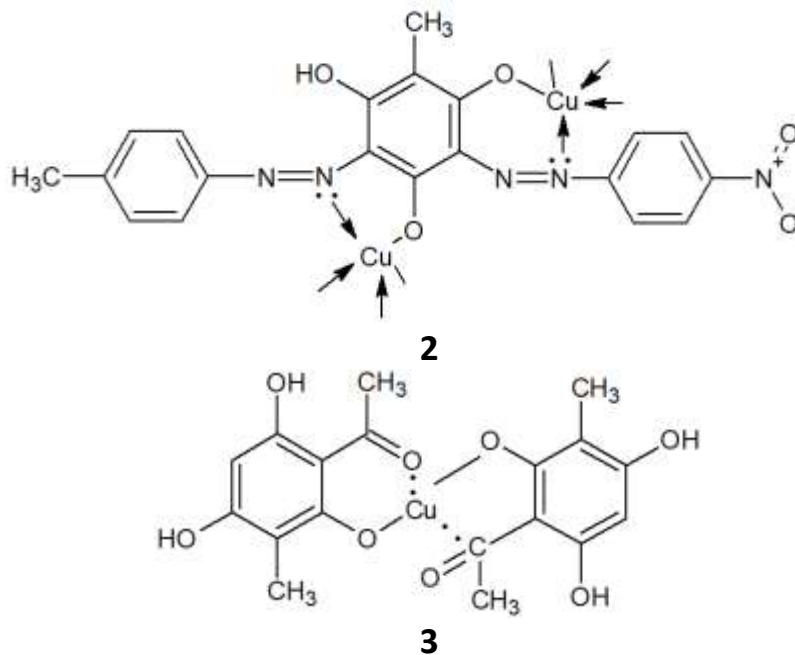
Таким образом, введение в молекулу МФГ второй азогруппы увеличивает комплексообразующую способность производного МФГ, при это возрастает прочность комплекса.

Ещё одним направлением развития работы по синтезу хелатофорных соединений на базе МФГ является введение в орто-положение относительно гидроксильных групп различных по электронному строению группировок и оценка комплексообразующей активности синтезированных соединений.

Нами синтезирован и впервые изучен в качестве лиганда 1-(2,4,6-тригидрокси-3-метилфенил)этанон **3**. Синтез соединения **3** проведен по методике [6], которую нам удалось несколько оптимизировать, сократив время реакции в три раза и увеличив выход целевого продукта до 87%.

Взаимодействие соединения **3** с ионами  $\text{Cu}^{+2}$  в водно-этанольном растворе изучено методом потенциометрического титрования. Анализ полученных данных титрования чистого соединения **3** и его смесей с сульфатом меди в соотношении L:M=1:1 и L:M=2:1 (L=соединение **3**, M= $\text{Cu}^{+2}$ ) позволил сделать вывод о том, что комплексообразование сопровождается диссоциацией гидроксильной группы. Расчеты констант устойчивости металлосодержащих комплексов состава 1:1 и 2:1 показали, что первый из них малоустойчив ( $K_u = 5,51 \pm 0,41$ ), а второй имеет среднюю устойчивость ( $K_u = 7,70 \pm 0,07$ ).

Предположительные структуры комплексов производных **2** и **3**:



Выделение образующихся комплексов, установление их структуры и изучение биологической активности выполняется авторами в настоящее время.

Полученные результаты показывают, что на базе МФГ может быть синтезирована широкая линейка хелатофорных соединений, обладающих различной реакционной способностью и избирательностью к различным металлам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карцев В.Г. Концепция молекулярных механизмов действия гетерофункциональных пестицидов как лигандно-активных агентов // Химия и технология пиридинсодержащих пестицидов. Сб. материалов Всесоюзной конференции. Черногловка. – 1988. – с. 9-44.

2. E.B. Salina, S. Husar, I. Zemakova. Copper-related toxicity in replicating and dormant Mycobacterium tuberculosis caused by 1-hydroxy-5-R-pyridine-2(1H)-thionest // Metlomics, 2018, Vol. 10, p. 992.

3. Ковальчукова О.В., Страшнова С.Б., Страшнов П.В., Ромашкина Е.П., Волянский О.В., Кобраков К.И. Спектральное и квантово-химическое изучение таутомерных и ионных превращений азокрасителей на основе метилфлороглуцина // Бутлеровские сообщения, 2011, Т.24, №1, с. 90-94.

4. К.И. Кобраков, Е.П. Ромашкина, О.В. Волянский, О.В. Ковальчукова, А.И. Алафинов. Синтез, кислотно-основные равновесия и процессы комплексообразования новых азокрасителей на основе метилфлороглуцина // Всероссийской конференции с международным участием «Успехи химии и комплексообразования», Тезисы докладов. М., РУДН, 2011, с. 235.

5. Селезнев В.С., Кобраков К.И., Кузнецов Д.Н. Получение и свойства хемосорбционного поликапроамидного волокна, содержащего фрагменты азо-2,4,6-тригидрокситолуола. // Международная научная студенческая конференция «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018), Сборник материалов, 2018, ч.1., с.190.

6. Brockmann H., Maier K., Uber das Rottlerin// Ius-tus kriebigs Annalen Chemical. 198, p. 149-170.

**УДК 67.02**

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАКИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ  
FEATURES OF DESIGNING THE PROPERTIES OF POLYMERIC CLADDING COATINGS ON TEXTILE MATERIALS**

**Федоров М.В., Иванов И.С.  
Fedorov M.V., Ivanov I.S.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: fedorov-mv@rguk.ru; e-mail: ivanov-is@rguk.ru)*

*Аннотация:* В работе рассмотрены некоторые особенности проектирования свойств модифицированных плазменным методом текстильных материалов, проведен анализ основных ошибок, возникающих на всех стадиях формирования защитного покрытия.

*Abstract:* The article discusses some of the design features of the properties of plasma-modified textile materials, analyzes the main errors that occur at all stages of the formation of a protective coating.

*Ключевые слова:* напыление, порошковое напыление, плазма, текстильные материалы, композиционное порошковое покрытие.

*Keywords:* spraying, powder spraying, plasma, textile materials, composite powder coating.

Плакирование — это технологический процесс, при котором различные слои металлов соединяют друг с другом с помощью высокого давления или температур [1]. На производствах лёгкой промышленности технология плакирования применяется в основном для создания защитных покрытий трущихся деталей и инструмента швейного, трикотажного, обувного оборудования.

На основании анализа и изучения опыта нанесения различных плакирующих покрытий низкотемпературной плазмой на металлы был предложен метод нанесения полимерных и металлполимерных композиционных покрытий на различные материалы в том числе на ткань, натуральную кожу, искусственную кожу и другие текстильные материалы за счет специально разработанных состава, системы подачи композиционного порошкового материала и экспериментально установленных режимов напыления [2]. Предложенный метод является экологически безопасной, имеет невысокую стоимость, что позволяет использовать ее практически в любых условиях.

Конечной целью процесса модифицирования и отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности является получение свойств, всего обрабатываемого материала, которые наилучшим образом соответствуют именно той конкретной среде, для работы в которой он и сконструирован. В ряде случаев при заключительной отделке текстильных материалов необходимо не только учитывать эксплуатационные свойства и санитарно-гигиенические показатели, но и придать тканям специфические свойства, такие как способность отталкивать воду, противостоять масляным и другим загрязнениям, быть огнестойкими, бактерицидными и устойчивыми к гниению. Такие виды отделки называются специальными. Осуществляя напыление вышеописанным способом, на поверхности материала получают тонкий равномерный слой функционального покрытия с гладкой безпористой поверхностью толщиной от 0,1 мм до 1 мм (в зависимости от требуемых свойств)

Дальнейшая работа в данном направлении направлена на проектирование свойств модифицированных плазменным методом текстильных материалов и изделий легкой промышленности со сформированными на них полимерными защитными покрытиями. Работа по анализу свойств модифицированных материалов требует применения микроскопических исследований - методов неразрушающего контроля внутренней структуры с использованием сканирующей электронной микроскопии, которые должны быть обоснованы воздействием потока энергии (в ходе нанесения защитных покрытий) и воздействие самого напыляемого полимера на структуру подложки, поскольку данные факторы будут определять механические свойства получаемого материала.

Выбор материала покрытия следует признать неудачным, если после

воздействия внешней среды защитный слой полностью или частично отслаивается от поверхности, на которую он был нанесен. Это может происходить либо из-за недостаточно хорошего контакта между подложкой и пленкой (материалом покрытия), что в свою очередь вызвано ошибками в процессе установки параметров обработки материала, либо вследствие взаимодействия поверхности с внешней средой в процессе работы (испытаний), что зачастую вызвано неправильным подбором напыляемого материала (неправильно спрогнозированными свойствами).

Плохая адгезия может быть следствием каких-либо вышеописанных причин на любой из трех стадий формирования покрытия:

Стадия 1 – подготовка подложки и полимерного материала к нанесению защитных покрытий. На этой стадии важно контролировать чистоту исходных компонентов материала покрытия. Важно отметить, что текстильные материалы не являются однородными слоями и представляют собой систему из большого количества волокон, отделенных друг от друга порами различной формы и размеров, заполненных воздухом. Передача тепла в таких материалах складывается из передачи тепла теплопроводностью через парообразующий волокнистый слой, теплопроводностью и конвекцией через поры и излучение между стенками пор [3]. Величина коэффициента теплопроводности  $\lambda$  текстильных материалов изменяется в пределах 0,033-0,070 Вт/(м·К), а для воздуха  $\lambda = 0,020$  Вт/(м·К). Таким образом, ткани, трикотаж, нетканые полотна представляют собой дисперсную систему, в которой волокна относительно равномерно распределены в дисперсной среде (воздухе). Основной особенностью структуры этих материалов является высокая пористость и сравнительно малая величина контактных площадей между отдельными волокнами в материале. Поэтому теплопередача в текстильных материалах осуществляется в значительной степени через слой сравнительно неподвижного воздуха, заключенного в материале, а коэффициент теплопроводности условен и характеризует способность материала передавать тепловую энергию не только вследствие теплопроводности, но и путем конвекции и теплоизлучения, что отличает текстильные материалы от всех других типов материалов и непосредственно влияет на технологию формирования защитных покрытий.

Стадия 2 – формирование связи между подложкой и начальным конденсатом защитного материал, рост покрытия. На этой стадии контролируется толщина покрытия (излишняя толщина может привести к увеличению твердости и уменьшению эластичности покрытия) и режимы работы в процессе формирования покрытия (экспериментально установлено, что эффективный К.П.Д. нагрева частиц напыляемого материала плазменной струей растет с увеличением силы тока, напряжения и энергии плазменной струи).

Стадия 3 – окончательная совместимость подложки с покрытием в условиях воздействия рабочей среды и температуры. На этой стадии контролируется равномерность формирования покрытия на всей площади материала подложки, так как разработанная технология подразумевает

последующее нанесение защитного слоя (формируются одинаковые механические характеристики). Частица с момента ввода в плазму, полета и удара о подложку подвергается интенсивной теплехимикомеханической обработке. Избыточный или недостаточный локальный нагрев подложки под воздействием теплового потока нагретых частиц и источника нагрева уменьшает когезию (прочность связи) между частицами покрытия и подложки. Одновременно с этим при высоких скоростях охлаждения наблюдается выделение газов при кристаллизации в атмосферу (образование открытой пористости) или в микропустоты (образование изолированной пористости) [4].

Плазменные покрытия и технологии их нанесения являются одним из прогрессивных, динамически развивающихся направлений по созданию поверхностных слоев с высокими защитными и упрочняющими свойствами. Их применение способствует увеличению ресурса эксплуатации, снижению материалоемкости и позволяет восстанавливать исходные свойства. Среди всех методов получения защитных покрытий на текстильных материалах, покрытия, полученные плазмой, благодаря формированию поверхностного слоя полимерного материала, универсальности метода, доступности и сравнительно дешевой, представляет наибольший интерес.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fedorov M.V., Kozlov A.S., Makarova N.A. Simulation of plasma sputtering of protective coatings onto light industrial materials // *Fibre Chemistry*. 2017. Т. 48. № 5. С. 427-430.
2. Корнеев А.А., Федоров М.В. Повышение эксплуатационной долговечности эстетичности изделий и конструкций покрытиями на основе полимочевины // *Промышленный сервис*. 2018. № 4 (69). С. 42-45.
3. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. *Текстильное материаловедение*. – М.: Колосс, 2011.
4. Федоров М.В. Повышение ресурса деталей и изделий легкой промышленности плакированием в потоках энергии // *Сборник материалов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015)»*. М.: МГУДТ. 2015. С. 42-44.

**СЕКЦИЯ 5.  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА ОБРЫВА НИТИ В СОСТАВЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТКАЦКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**  
**THE USE OF AN ELECTRONIC THREAD BREAKAGE SENSOR IN THE COMPOSITION OF CONTROL SYSTEMS FOR WEAVING EQUIPMENT WITH THE IMPLEMENTATION OF THE INTERNET OF THINGS**

**Макаров А.А., Юмашев Е.М.**  
**Makarov A.A., Yumashev E.M.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: mak68@bk.ru)*

*Аннотация:* В статье рассмотрен способ модернизации автоматизированной системы управления при помощи устройства для промышленной и бытовой автоматизации с применением датчика обрыва нити.

*Abstract:* The article describes a way to modernize an automated control system using a device for industrial and household automation using a sensor sensor breakage.

*Ключевые слова:* Интернет вещей, IoT, автоматизация, индустрия 4.0, датчик обрыва нити.

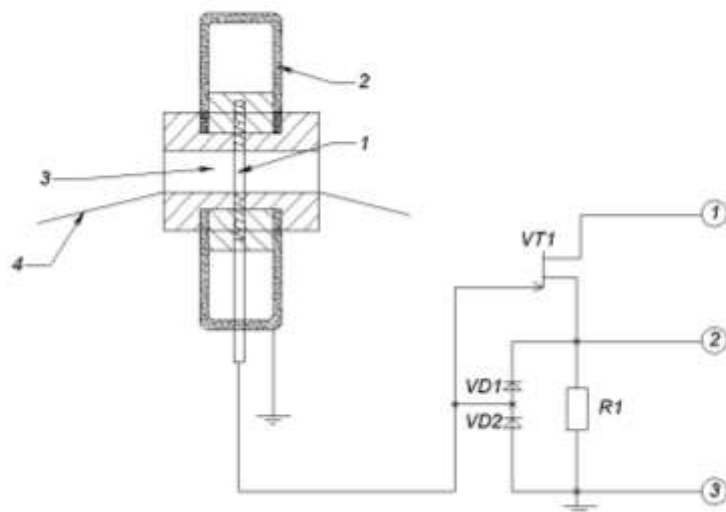
*Keywords:* Internet of things, IoT, automation, industry 4.0, thread break sensor.

Надежный контроль обрыва нити необходим практически во всех видах текстильного оборудования, где происходит перемотка нитей. С этой проблемой столкнулись такие фирмы как «Zellweger Uster», «Textilelektronik von Electrotex» и «Loepfe Textilelektronik» (Швейцария) и ряд других фирм.

Долгое время не существовало отечественного надежно работающего бесконтактного датчика обрыва нити. Но относительно не давно, такой датчик был создан. ОАО "ВНИИЛТЕКМАШ" [1] разработал электронный датчик контроля обрыва нити, позволяющий надежно контролировать обрыв нити при линейной скорости ее движения от 20 м/мин до 2000 м/мин.

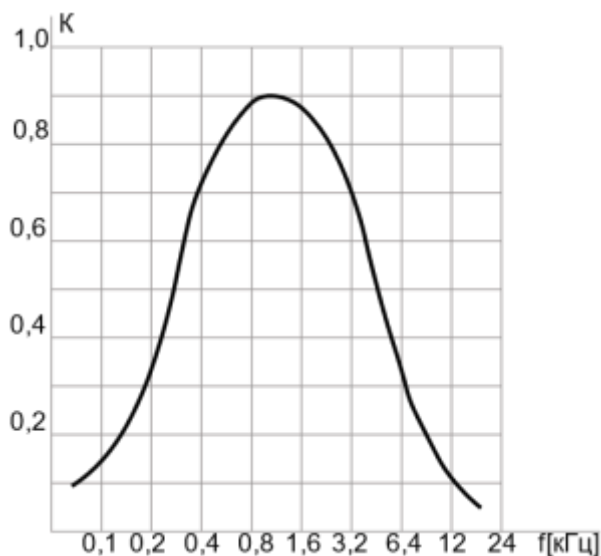
Работа такого датчика основана на улавливании чувствительным элементом датчика переменной составляющей электростатического заряда движущейся нити [2]. При движении нити через чувствительный элемент датчика (рис.1) от трения и механической деформации также происходят микроэлектрические разряды, воздействующие на него.

Чувствительный элемент датчика состоит из токосъёмного кольца 1, экрана 2, ситаловых глазков 3, через которые движется контролируемая нить 4 (рис.1). Как видно из рис.1, входной каскад датчика собран по схеме истокового повторителя, диоды VD1, VD2 и резистор R1 служат для создания рабочего режима транзистора VT1 и одновременно являются защитой входа VT1 от статических перенапряжений.



**Рис. 1. Принципиальная схема датчика обрыва нити**

АЧХ данного датчика приведена на рис. 2, где  $K$  – коэффициент передачи,  $f$  – частота переменной составляющей электрического заряда движущейся нити. Как видно из АЧХ, полоса пропускания данного датчика находится в пределах от 0,3 до 4,0 кГц, а следовательно, датчик защищен от помех, вызываемых наводками тока промышленной частоты 50 Гц его гармониками до 300 Гц, также от помех потребителей тока, работающих в импульсном режиме на частотах выше 4 кГц.



**Рис. 2. АЧХ датчика натяжения нити**

При обрыве нити сигнал на входе датчика пропадает и на выходе схемы сигнал равен логической единице, которая через развязывающий диод поступает в схему управления текстильного оборудования.

Датчики разработки ОАО «ВНИИЛТЕКМАШ» в количестве 1000 штук были установлены на зарядных устройствах многосезвных ткацких машин, на тростильных машинах и на шпулярнике партионной сновальной машинах предприятий легкой промышленности России (Кемеровский шёлковый комби-

нат, Московский шёлковый комбинат «Красная Роза», Смоленский льнокомбинат).

Датчики разработки ОАО «ВНИИЛТЕКМАШ» в количестве 1000 штук были установлены на зарядных устройствах многозевных ткацких машин, на тростильных машинах и на шпулярнике партионной сновальной машинах предприятий легкой промышленности России (Кемеровский шёлковый комбинат, Московский шёлковый комбинат «Красная Роза», Смоленский льнокомбинат).

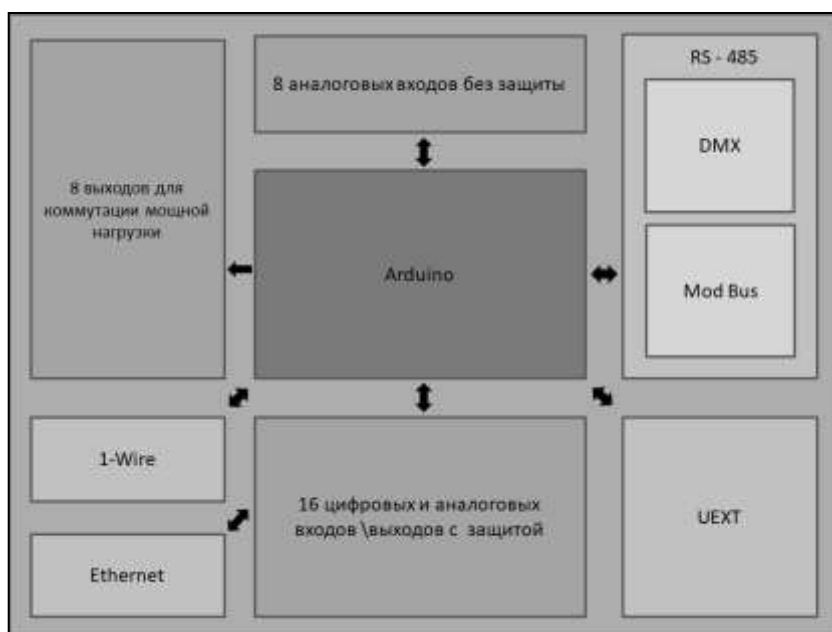
Проведенные испытания этих датчиков показали их надежную работу и удобство в обслуживании данных машин. Однако современные тенденции требуют возможности доступа к данным о технологических параметрах через беспроводную сеть, т.е. в составе АСУ реализованной с помощью интернета вещей. Решить эту задачу можно при помощи устройства для бытовой и промышленной автоматизации [3]. Это устройство позволяет подключить 24 датчика такого типа через аналоговые входы, и еще 16 датчиков через цифровые. При этом можно существенно упростить схемотехнику, т.к. необходим только один усилитель напряжения для успешного детектирования сигнала обрыва.

Так как, устройство для бытовой и промышленной автоматизации способно управлять коммутацией силовой нагрузки, сигнализацию можно осуществить по месту или же виртуально. В первом случае, устанавливается лампа сигнализации, во втором же передается сигнал с датчика на сервер, и далее на планшет рабочего \ пульт оператора. В совокупности с вышеописанными характеристиками устройство для промышленной и бытовой автоматизации обладает (рис.3):

- Встроенным интерфейсом Ethernet на базе Wiznet5500;
- 16 - ю дискретными входами, включенными через оптопары;
- 16 - ю аналоговыми входами с защитой от перенапряжения;
- 8 - ю ШИМ выходами, 4 из них с мощными выходными ключами (до 500 мА/50В) + 4 дискретных мощных выхода;
- Разъем формата UEХТ, для подключения модулей расширения, например, WI- FI или ZegBee;
- 8 аналоговых входов/выходов без защиты;
- 1-Wire интерфейс для подключения термодатчиков и др. устройств;
- Интерфейс DMX-512 вход и выход для управления освещением и другим оборудованием, поддерживающим этот протокол;
- Интерфейс Modbus RTU или RS 485.

Как видно из характеристик устройства, можно воспользоваться беспроводными интерфейсами передачи данных, а также использовать интерфейс Modbus или RS 485, для взаимодействия с промышленным оборудованием. Или же использовать совместно с другим оборудованием, благодаря разнообразной периферии существует множество сценариев использования такого устройства. При этом предлагаемое устройство обладает относительно небольшой себестоимостью, т.к. основано на распространённых и не дорогих комплектующих.

Данные датчики совместно с предлагаемым устройством также могут использоваться для контроля обрыва ленты на чесальных и ленточных машинах в прядильном производстве и контроля обрыва пряжи на кольцепрядильных и пневмомеханических машинах.



**Рис. 3. Функциональная схема устройства для промышленной и бытовой автоматизации**

## ВЫВОДЫ

Описанный выше электронный датчик совместно с устройством для промышленной и бытовой автоматизации может быть использован для контроля обрыва ленты, ровницы и пряжи в целом ряде текстильных машин и значительно повысит надёжность и удобство эксплуатации этих машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Губин, А.А. Макаров. Электронный датчик контроля обрыва нити. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности №1(276), 2004. с.130-132.
2. Губин В.В. и др. А.С. №1727086, Устройство для контроля непрерывности движения физического тела.
3. Макаров А.А. Юмашев Е.М. патент на полезную модель (19) RU(11)194 703(13)U1. Устройство для промышленной и бытовой автоматизации с возможностью реализации концепции интернета вещей. РГУ им. А. Н. Косыгина 2019 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИАМЕТРОМ  
ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО  
ТОКА НА СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМАХ В ПРОГРАММЕ MATLAB  
SIMULATION OF A DIAMETER CONTROL SYSTEM OF OPTICAL FIBER  
ON THE BASIS OF A DC MOTOR ON SLIDING MODES IN MATLAB  
PROGRAM**

**Захаркина С.В.  
Zakharkina S.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: kruglovas@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности применения теории скользящих режимов для управления скоростью двигателя постоянного тока, приведены результаты моделирования системы регулирования диаметра оптического волокна в программе Matlab.

*Abstract:* The features of the application of the theory of sliding modes for controlling the speed of a DC motor are considered, the results of modeling the control system in Matlab are presented.

*Ключевые слова:* управление, скользящий режим, моделирование, двигатель постоянного тока.

*Keywords:* control, sliding mode, simulation, DC motor.

Одним из направлений повышения тех или иных качественных показателей систем регулирования является их синтез в классе систем с переменной структурой. Управляющие воздействия в такой системе являются разрывными функциями ее координат и внешних воздействий. Выбирая соответствующим образом управляющие воздействия, можно добиться возникновения в системе специфического вида движения – так называемого скользящего режима. При этом можно обеспечить улучшение динамических показателей системы, точности регулирования, а также инвариантности по отношению к входным воздействиям и изменению параметров объекта управления [1].

Задача синтеза АСР в этом классе систем состоит в том, чтобы из любой начальной точки фазового пространства системы перевести изображающую точку на искусственно созданное подпространство скольжения, обладающее желаемыми динамическими свойствами, и обеспечить устойчивое ее движение к точке покоя в подпространстве скольжения.

Для выполнения поставленной задачи необходимо, прежде всего, решить следующие вопросы:

1. Выбрать в фазовом пространстве подпространство скольжения, обеспечивающее движение системы с желаемыми динамическими показателями.

2. Синтезировать разрывное управляющее воздействие, обеспечивающее попадание изображающей точки на подпространство скольжения при любых возможных начальных условиях.

Синтез управления будем осуществлять в функции координаты ошибки по скорости вращения  $y_1 = \varpi_{зад} - \varpi$  и ее производной  $y_2 = \dot{y}_1 = \dot{\varpi}_{зад} - \dot{\varpi}$ . Тогда дифференциальное уравнение системы примет вид

$$\dot{y}_2 = -\frac{1}{T_{\vartheta}} y_2 - \frac{1}{T_{\vartheta} T_{\vartheta M}} y_1 - \frac{k_1}{T_{\vartheta} T_{\vartheta M}} U_{\vartheta} + \varphi(t), \quad (1)$$

где

$$\varphi(t) = \ddot{\varpi}_{зад} + \frac{1}{T_{\vartheta}} \dot{\varpi}_{зад} + \frac{1}{T_{\vartheta} T_{\vartheta M}} \varpi_{зад} + \frac{K_M}{T_{\vartheta} T_{\vartheta M}} \dot{M}_c, \quad K_M = \frac{r_{\vartheta} K_D}{K_M}.$$

Линию переключения управляющего воздействия в фазовой плоскости координат  $y_1, y_2$  выбираем в виде

$$S = C y_1 + y_2 = C y_1 + \dot{y}_1 = 0 \quad (2)$$

Условия возникновения и существования скользящего режима

$$\lim_{S_1 \rightarrow +0} \dot{S} < 0 \text{ и } \lim_{S_1 \rightarrow -0} \dot{S} > 0. \quad (3)$$

После попадания на поверхность  $S(x) = 0$  изображающая точка может далее двигаться лишь вдоль нее.

После возникновения скользящего режима по прямой  $S$  координата ошибки регулирования  $y_1$  стремится к нулю по экспоненциальному закону. Достаточным условием асимптотической устойчивости движения системы по траектории  $S$  является неравенство  $C > 0$  [2]. Для обеспечения требуемого времени переходного процесса скользящего движения необходимо определить параметр  $C$  из условия желаемого расположения корней характеристического уравнения системы (2) [2].

Потребовав, чтобы переходный процесс в контуре управления заканчивался за  $t_{pz} = 0,05$  с при зоне допустимых отклонений  $\gamma = 0,05$  найдем

$$C = \frac{t_{omh}}{t_{pz}} = \frac{4,7}{0,05} = 94$$

Разрывное управление выбираем в виде

$$U_{\vartheta} = U_0 \operatorname{sign} S = \begin{cases} U_0 & \text{при } S > 0 \\ -U_0 & \text{при } S < 0. \end{cases}$$

Условия возникновения и существования скользящего режима (3)

$$\lim_{S_1 \rightarrow +0} \dot{S} < 0 \quad \text{и} \quad \lim_{S_1 \rightarrow -0} \dot{S} > 0$$

в данном случае превращаются в неравенство

$$\frac{K_D}{T_э T_M} U_0 \left| c y_2 - \frac{1}{T_э} y_2 - \frac{1}{T_э T_M} y_1 + \varphi(t) \right|, \quad (4)$$

из которого выбирается значение  $U_0$  для данного класса входных воздействий  $M_c(t)$  и  $\varpi_{зад}(t)$ .

Для расчета выберем двигатель ПСТ-31 со встроенным тахогенератором, имеющий следующие паспортные данные: мощность на валу  $-180$  Вт, сопротивление якорной цепи  $r_я=2,4$  Ом, индуктивность якорной цепи  $L_я=0,04$  Гн, коэффициент передачи двигателя  $K_D=0,48$  об/(В·с), электромагнитная постоянная времени  $T_э=0,016$  с. электромеханическая постоянная времени  $T_M=1,4$  с. Передаточная функция двигателя будет:

$$W(p) = \frac{\Delta \varpi(p)}{\Delta U_я(p)} = \frac{K_1}{T_э T_M p^2 + T_M p + 1} = \frac{0,48}{0,022 \cdot p^2 + 1,4 \cdot p + 1}$$

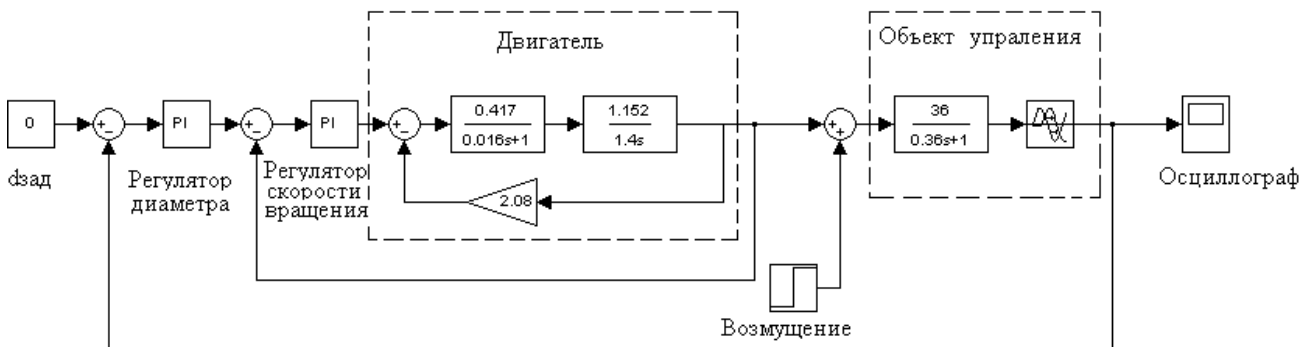
Представляет интерес сравнение работы системы регулирования скорости вращения электропривода постоянного тока с ПИ регулятором и с разрывным управлением в составе системы автоматического регулирования диаметра оптического волокна.

Схемы моделирования в системе Matlab показаны на рис. 1. Результаты моделирования показаны на рис. 2. На вход объекта управления было подано возмущение в виде единичного ступенчатого воздействия.

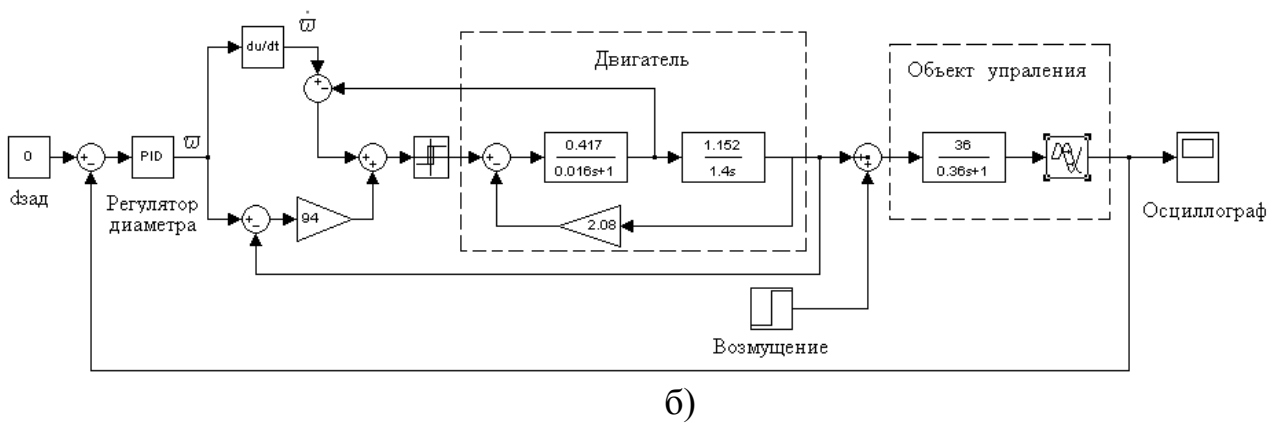
Передаточная функция объекта управления была определена в [3] и [4]:

$$W_{V_э-d}(p) = \frac{-36}{0,36p + 1} e^{-0,08 \cdot p}$$

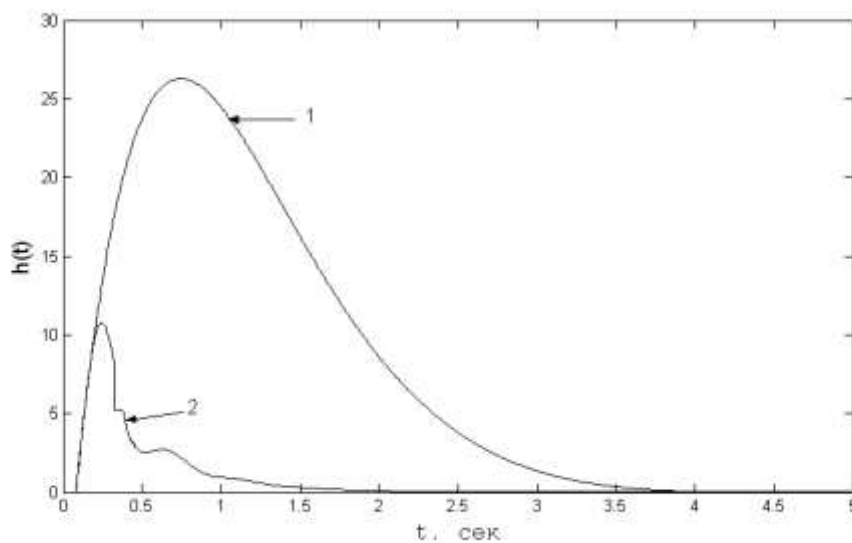
В качестве регулятора диаметра при моделировании был использован ПИ регулятор.



а)



**Рис. 1. Схема моделирования системы регулирования диаметра оптического волокна с использованием для регулирования скорости вращения электропривода постоянного тока: а) ПИ регулятора; б) скользящего режима**



**Рис. 2. Переходная характеристика системы регулирования диаметра оптического волокна с использованием для регулирования скорости вращения электропривода постоянного тока: 1 – ПИ регулятора, 2 – скользящего режима**

Сопоставление качественных показателей работы линейных систем регулирования и систем с использованием скользящего режима позволяет сделать следующие выводы:

1. В линейных системах изменение параметров объекта влияет на динамические свойства системы, а наличие медленно меняющихся воздействий приводит к появлению статической ошибки регулирования. При движении в скользящем режиме система инвариантна к изменению параметров объекта и возмущениям, так как движение ее описывается линейным однородным дифференциальным уравнением, параметры которого выбираются желаемым образом. При этом статическая ошибка регулирования равна нулю.

2. При действии гармонического возмущения в линейной системе управления всегда присутствует динамическая ошибка, зависящая от вида фазочастотной характеристики объекта и частоты действующего возмущения. В системах со скользящим режимом динамическая ошибка обусловлена конечной



частотой переключения управляющего воздействия, которая определяет амплитуду колебаний регулируемой координаты. Эту амплитуду можно сделать достаточно малой, так как практически реализуемые частоты скольжения соответствуют  $1 \div 10$  КГц.

3. Использование скользящего режима позволяет уменьшить время регулирования в несколько раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. – М.: Наука. 1974. – 272 с.

2. Уткин В. И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. – М.: Наука. 1981. – 368 с.

3. Козлов А.Б., Румянцев Ю.Д., Тимохин А.Н., Круглова С.В. Автоматизация процесса производства оптических волокон. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. – 192 с.

4. Круглова С.В. Система автоматического управления температурным режимом нагрева заготовки при производстве фторидных волокон: Дисс. ... канд.техн.наук. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. 2004. 135 с.

УДК 677.02

### **ВНЕДРЕНИЕ АДРЕСНОГО ХРАНЕНИЯ НА СКЛАДЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ IMPLEMENTATION OF ADDRESSED STORAGE IN THE WAREHOUSE OF TEXTILE PRODUCTS.**

**Исаева Е.А., Рыжкова Е.А.  
Isaeva E.A., Ryzhkova E.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: 1995\_isaeva@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрен принцип внедрения адресного хранения на складе текстильной продукции. Приведен пример внедрения адресного хранения и разработки программы по автоматическому распределению рулонов ткани по адресам.

*Abstract:* A method of introducing targeted storage in a warehouse of textile products is considered. An example of the implementation of address storage and the development of a program for the automatic distribution of fabric rolls to addresses is given.

*Ключевые слова:* склад, адресное хранение, автоматизация, рулон ткани, программа.

*Keywords:* warehouse, address storage, automation, roll of fabric, program.

Глобализация экономики, безграничное перемещение товаров и услуг, свобода выбора локации на нашей планете для создания продукта привели к тому, что конкуренция в бизнесе поднялась до заоблачных высот. Эти факторы требуют постоянного совершенствования технологий, повышения квалификации, поиска новых путей развития и оптимизации процессов. Как известно, предприятие - чрезвычайно сложный механизм, который совмещает множество процессов. И высокий уровень автоматизации в организации этих процессов и будет залогом успеха. Так, дешевая и неквалифицированная рабочая сила, без сомнения, еще остается серьезным игроком, но когда в наше время цена ошибки возрастает во много раз, когда человеческий фактор приводит компанию к много миллиардным убыткам или полному краху, то встает острый вопрос исключения таких рисков.

Несмотря на то, что роботизация сейчас успешно вошла во все сферы промышленности, складское хозяйство текстильной продукции все еще имеет проблемы с внедрением и адаптацией современных разработок.

На данный момент в России маркировка, складирование и хранение грузов на низком уровне механизации. Все процессы на складе протекают с участием людей, что повышает возможность ошибки и делает движение товара на складе менее «прозрачным».

Анализируя вышеперечисленные аспекты, мы приходим к выводу о необходимости и целесообразности модернизации учетно-сортировочного процесса на складе текстильной продукции.

Нашим решением данных задач является адресное хранение на складе текстильной продукции.

Адресное хранение - это автоматизированный процесс оптимизации размещения товара на складе с учетом характеристик склада (размеры, количество ячеек и т.д.) и товара (размер, тип, условия хранения), а также системное управление загрузкой/отгрузкой товара.

Принцип работы в том, что каждой единице товара присваивается место – адрес и табельный номер. При этом складские помещения используются более рационально, процесс сборки заказов становится быстрее, увеличивается работоспособность сотрудников склада и т. д.

Для склада имеющего адресную систему хранения характерны следующие процессы:

Прием товара - прием, проверка соответствия поставки сопроводительным документам, проверка целостности товара.

Хранение товара - определение локаций для товара, сортировка, построение оптимальных маршрутов, размещение товара в зоне хранения.

Отгрузка товара - отбор товара из зоны хранения, комплектация и упаковка, контроль отгрузки.

Внутрискладские перемещения.

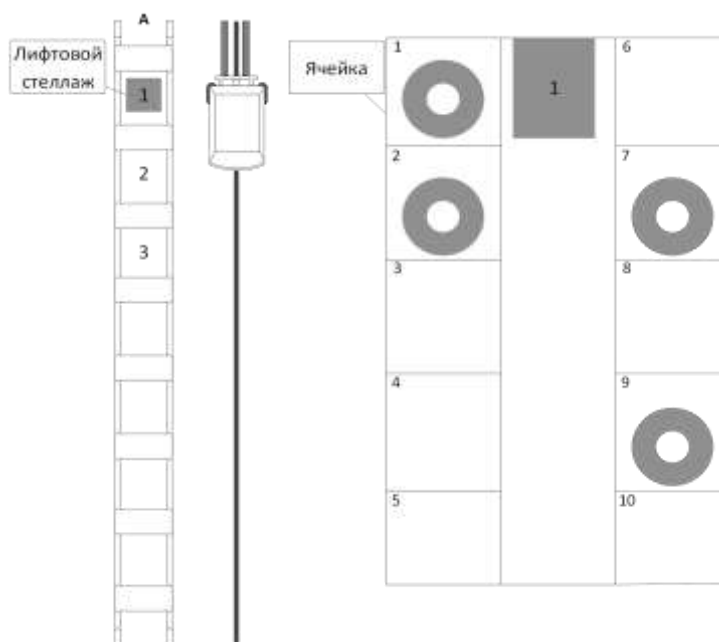
Инвентаризация - в зонах хранения необходимо предусмотреть возможности проведения инвентаризации.

Все вышеперечисленные процессы происходят при непосредственном применении адресной системы.

Кодирование адресов.

Для создания понятной системы кодирования ячеек сначала задаются общие адресные пространства. Описывается внутреннее пространство склада: этажи, стеллажи, ряды, ярусы, места, паллето-места.

Таким образом, коды ячеек формируются из принадлежности к адресному пространству. Например, А-1-1, где А-ряд стеллажа, 1- стеллаж, 1- ячейка соответственно (Рис. 1).



**Рис. 4. Пример адресного хранения на складе текстильной продукции**

Разберем способ применения адресного склада на складе рулонов ткани.

Каждому типу ткани присвоена зона хранения. Внесены параметры количество стеллажей в ряду и количество ячеек в каждом стеллаже (Таблица 1).

Таблица 2. Исходные данные

Тип ткани	Обозначение	Ряд	Количество стеллажей в ряду	Количество ячеек в стеллаже
Синий сатин	СС	А-В	7	10
Желтый шифон	ЖШ	С-Д		
Красный ситец	КС	Е-Ф		
Зеленый вельвет	ЗВ	Г-Н		
Розовый штапель	РШ	И-Ж		
Фиолетовая фланель	ФФ	К-Л		

Алгоритм работы такого склада представлен на рис. 2.

Для реализации вышеописанного алгоритма была разработана программа «Умный склад», которая позволяет на этапе разбраковки ткани после описания

дефектов, найденных в рулоне, автоматически по исходным данным осуществляет распределение ткани на складе (Рис. 3).

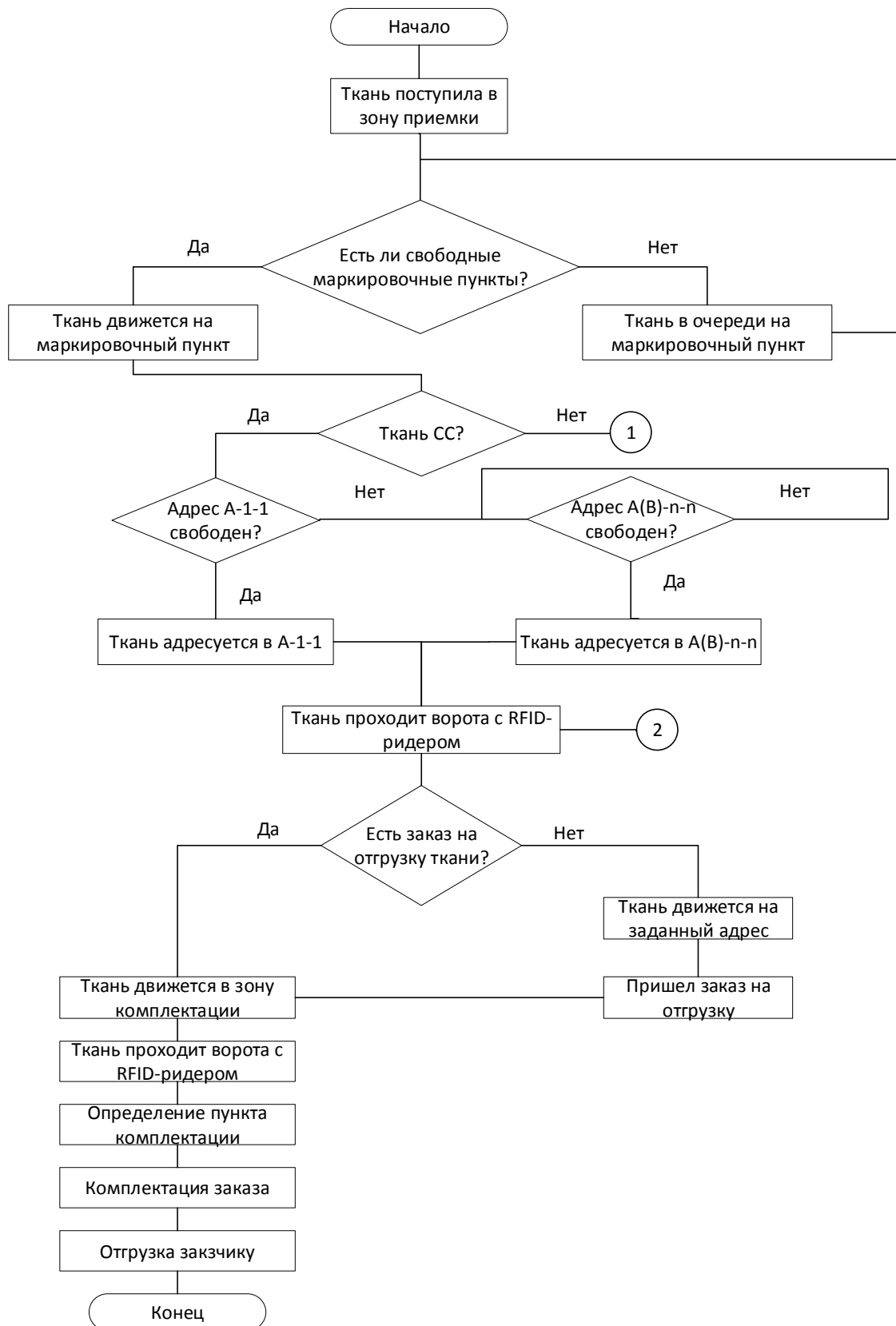


Рис. 2. Алгоритм работы склада



**Рис. 3. Главный экран программы «Умный склад»**

В левой части экрана видна информация о ткани. Ее тип, метраж, также автоматически сгенерированный адрес хранения. В правой части экрана видна информация о пороках ткани.

Преимущества адресного хранения:

1. Адресный склад – наиболее оптимальный тип организации хранения товара, позволяющий качественно и своевременно решать поставленные задачи.

2. Четкая и продуманная система адресного хранения имеет следующие преимущества:

3. Адресное хранение делает склад «прозрачным», на адресном складе больше порядка.

4. Адресная система позволяет быстро и качественно производить расстановку поступившего товара. Адресное хранение упрощает процесс проведения общих и выборочных инвентаризаций.

5. Повышается качество обслуживания клиентов, из-за отсутствия немотивированных отказов (когда товар был заказан, а на складе его просто не нашли).

6. При адресном хранении минимальные затраты времени на обучение персонала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волгин, В.В. Логистика хранения товаров. Практическое пособие / В.В. Волгин. - М.: Дашков и Ко, 2017. - 368

2. Официальная документация по Visual Studio [Электронный ресурс] - URL: <http://visualstudio.com/support/documentation>.

3. Типовые примеры и решения при разработке приложений на C# [Электронный ресурс] - URL: <http://metaint.ru>.

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИГНАЛОВ  
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ  
СОСТАВА ПРЯДИЛЬНОЙ ЛЕНТЫ  
APPLICATION OF A MODERN ELEMENTAL BASE FOR OBTAINING  
INDUSTRIAL SIGNALS WHEN IMPLEMENTING THE OPTICAL  
METHOD FOR MEASURING THE COMPOSITION  
RINNING TAPE**

**Виниченко С.Н., Масанов Д.В., Никонов М.В.  
Vinichenko S.N., Masanov D.V., Nikonov M.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: vini80\_06@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности подключения двухступенчатого операционного усилителя слабого сигнала при реализации оптического метода оценки смешивания разнородных волокон.

*Abstract:* The features of connecting a two-stage operational amplifier of a weak signal when implementing an optical method for assessing mixing of dissimilar fibers are considered.

*Ключевые слова:* смешивание разнородных волокон, усилитель, оптический метод.

*Keywords:* mixing of dissimilar fibers, amplifier, optical method.

В современном мире получение достоверной информации о различных измеряемых параметрах является одним из важнейших факторов при реализации автоматических систем контроля и управления. Так развитие современной электронной элементной базы позволяет не только значительно повысить качество получаемых сигналов, но и дает возможность реализовать новые системы для оценки параметров технологического процесса, измерение которых ранее не представлялось возможным. Одним из таких параметров является неровнота смешивания разнородных волокон в ленте пряжи, оценка которого внелабораторных условиях представляется возможным только с учетом применения современных измерительных элементов [1].

Проведенные ранее исследования измерения состава прядильной ленты оптическим методом в инфракрасном спектре показала, что сигналы, получаемые с фотоприемника, меняются в пределах от 100 до 340 мВ [2,3]. Следовательно, для реализации данного метода с промышленными измерительными сигналами необходимо осуществить усиление параметров получаемых с фотоприемника.

В результате для увеличения получаемого сигнала был использован двух-ступенчатый операционный усилитель слабого сигнала, который имея два потенциометра, позволяет осуществить двух этапное усиление (рис. 1).

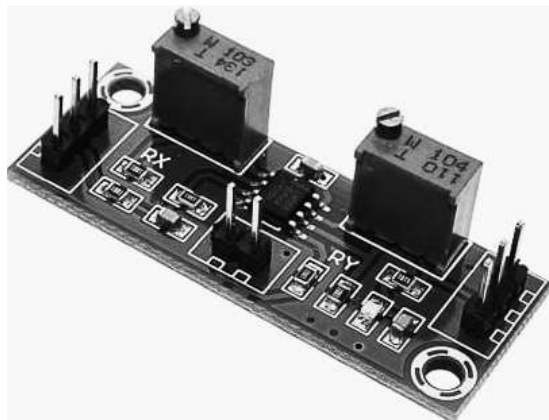


Рис. 1. Усилитель слабого сигнала

Так на данном усилителе существует два вида подключения:

- первый этап усиления – в увеличении сигнала используется один потенциометр, т.е. осуществляется одноступенчатая регулировка;
- второй этап усиления – корректировка увеличения сигнала реализуется с помощью второго потенциометра, т.е. сигналы перемножаются, и осуществляется двухступенчатая регулировка (рис. 2).

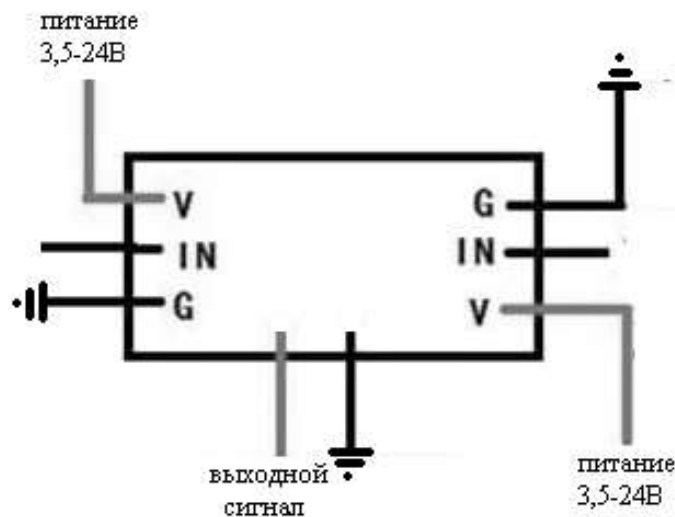


Рис. 2. Схема двухступенчатого подключения усилителя

Проведенные измерения показали, что при применении только первого этапа усиления сигнала с инфракрасного фотоприемника не всегда удается достичь значения промышленных сигналов. Так с увеличением плотности прядильной ленты значительно уменьшается напряжение фотоприемника, и даже усиленный сигнал выдает только милливольты. Данная проблема решается с реализацией двухступенчатой регулировки, т.е. подключения второго потенциометра (рис. 2.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виниченко С.Н., Рыжкова Е.А., Никонов М.В. Использование инфракрасной спектроскопии для оценки качества смешивания волокон. Химические волокна, №1, 2019. С. 55 – 56.

2. Виниченко С.Н., Никонов М.В., Рыжкова Е.А. Анализ и обработка полученных данных при измерении ленты оптическим методом в инфракрасном спектре. Химические волокна, № 6, 2019.

3. Виниченко С.Н., Рыжкова Е.А., Никонов М.В. Оценка данных полного факторного эксперимента при измерении состав чесальной ленты в инфракрасном спектре. Химические волокна, №1, 2020. С. 67.

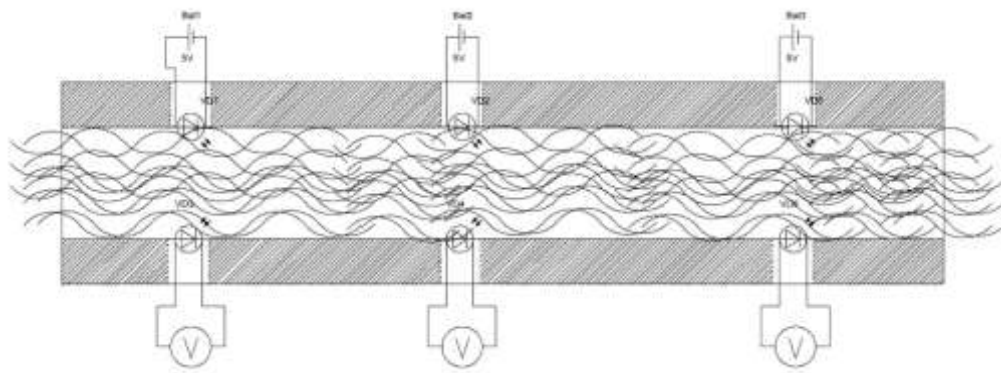
УДК 677.014.68

### ПОДБОР ТИПОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ SELECTION OF A TYPICAL ARCHITECTURE OF THE DATA COLLECTION SYSTEM FOR ANALYSIS OF THE QUALITY OF MIXING OF FIBROUS MATERIALS BY IR SPECTROSCOPY

**Никонов М.В., Рыжкова Е.А.  
Nikonov M.V., Ryzhkova E.A.,**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: info@rguk.ru)*

В настоящее время в виду отсутствия средств автоматического контроля степени перемешивания волокнистых материалов была предложена модель и разработан макет для анализа качества смешивания. Модель основывается на инфракрасной спектроскопии, а макет представляет собой измерительный канал и три пары источник-приемник ИК-сигнала, которые размещены с поворотом в 45° (Рис. 1).



**Рис. 1. Макет измерительного устройства**



Следующим шагом необходимо является разработки системы сбора данных необходимая для снятия показаний с приемников сигнала.

Для этого подберем типовую архитектуру системы сбора данных.

Информационно-измерительные системы (ИИС) строятся с использованием микропроцессоров и микроконтроллеров, для их связи с объектами управления необходимо использовать аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

АЦП электрических величин носят универсальный характер, выполняются по технологиям микроэлектроники и могут работать с любыми первичными датчиками электрических величин.

Согласно схемотехнике аналоговых преобразователей система сбора данных имеет структурную схему, изображенную на рисунке 2.



Рис. 2. Структурная схема измерительных преобразователей

Здесь:

ПОУ – операционный усилитель с программируемым коэффициентом усиления

УВХ – устройство выборки и хранения сигнала

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь

ИОН —источник опорного напряжения

МХ – мультиплексор.

Согласно схеме, на вход система получает значения непосредственно с измерителя физической величины, эти значения имеют совершенно различные показатели характеризующееся электрическим напряжением. Видно, что первым элементом схемы является мультиплексор, что позволяет системе оперировать несколькими сигналами сразу, поскольку работа систем на микроконтроллерах имеет очень высокую скорость, система периодически опрашивает каждый первичный датчик и усредняет показания всех и сравнивает с уставкой.

Далее после получения сигнала на мультиплексор является приведение этого сигнала к понятной системе виду. Так как аналоговый сигнал измеряется в диапазоне, в отличие от цифрового, где сигнал равен либо «нулю», либо «единице», мы будем получать на входе какую-то величину от максимального до минимального значения. Согласно исследованиям, проведенным раньше

максимальная величина напряжения данного первичного датчика 540 мВ. Следовательно, на вход операционного усилителя получает значения до 540 мВ. Далее необходимо определиться с значением, напряжения которое необходимо получить на выходе из операционного усилителя. Это напряжение необходимо взять исходя характеристик выбранного АЦП и сигнала который он может принимать на вход. Следовательно, дальнейший расчет характеристик зависит от выбора АЦП. После выбора АЦП необходимо будет рассчитать коэффициент усиления для операционного усилителя и заложить данный коэффициент усиления в программе микроконтроллера. Таким образом мы получим необходимый диапазон сигнала для приведения его к цифровому виду.

После операционного усилителя на схеме идет устройство выборки и хранения. Применяются для запоминания значения аналогового сигнала и воспроизведения его значения в режиме хранения на время работы АЦП.

Следующий элемент является основой системы сбора данных — аналогово-цифровой преобразователь. Он преобразует определенное значение аналогового сигнала в цифровое посредством дискретизации сигнала. Также к АЦП относится источник опорного напряжения, который служит для задания, определенного «истинного» уровня, который необходим для дискретизации сигнала. После дискретизации сигнала его значение можно переставить в виде единиц и нулей, переставляющих собой двоичный код — являющийся численным значением величины напряжения, получаемого с первичного датчика. АЦП бывают различных типов и характеристик, поэтому под данную задачу выбор и обоснование АЦП будут описаны в отдельном разделе.

После получения понятной системе величины значения первичного датчика, это значение необходимо записать для формирования массива данных по которым можно будет судить о датчике и о качестве материала, который этот датчик измеряет. Для формирования массива данных значения записываются поочередно в область памяти микроконтроллера с привязкой ко времени. После подбора АЦП, можно будет рассчитать необходимое количество памяти для хранения и формирования графика изменения значений первичного преобразователя. За хранение необходимого объема данных и будет отвечать память, либо встроенная в микроконтроллер, либо дополнительно наращенная.

Собственно, сам микроконтроллер будет отвечать за запись данных в память, сортировку по записи по времени, перезапись данных, отправку этих данных на компьютер, формирование коэффициента для операционного усилителя и управление АЦП.

Интерфейс же служит связующим звеном между системой сбора данных и компьютером, который необходим для обработки получаемых экспериментальных данных.

Согласно выбранной архитектуре и специфике работы системы имеется два основных элемента:

- Микроконтроллер
- АЦП

Помимо двух основных элементов в системе также есть дополнительные элементы такие как, например, источник опорного напряжения или операцион-

ный усилитель, но в подборе оборудования будут рассмотрены только основные элементы, дополнительные элементы будут выбираться при разработке схемотехнической части преобразователя.

### *Выводы*

В результате выше изложенного материала предложена структурная системы сбора данных, которая будет применима для модели анализа качества смешивания с использованием ИК-спектроскопии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Никонов М.В., Виниченко С.Н., Рыжкова Е.А. Разработка оптического датчика для анализа волокнистого материала. Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018
2. Схемотехника аналого-цифровых преобразователей / В. Топильский. – Москва: учебное издание ТЕХНОСФЕРА, 2014. -288с.

**УДК 004.72:539.3**

## **ТЕХНОЛОГИИ СБОРА СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ E-TEXTILES SENSOR DATA ACQUISITION TECHNOLOGIES USING E-TEXTILES TOOLS**

**Беспалов М.Е., Минаева Н.В.  
Bespalov M.E., Minaeva N.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: fram\_troll@inbox.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены варианты применения тканых композиционных материалов со встроенными сенсорными возможностями в качестве информационно-измерительных систем промышленного интернета вещей.

*Abstract:* Options for using woven composite materials with built-in sensor capabilities as information and measurement systems for the industrial Internet of things are considered.

*Ключевые слова:* тканые композиционные материалы, сенсорные сети, сбор данных с датчиков, промышленный интернет вещей.

*Keywords:* woven composite materials, sensor networks, sensor data acquisition, and industrial internet of things.

На протяжении последних лет всё более значимо заявляют о себе технологии так называемого промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT). С развитием этих технологий связывают переход современного производства к полнокровному внедрению парадигмы «Индустрия 4.0».

Новые технологии беспроводного сетевого взаимодействия не пользователей, а компонентов технологических цепочек требуют разработки и применения нестандартных подходов к организации сбора информации в режиме «in-line», т.е. без приостановки технологического процесса. Здесь стоит выделить три направления развития систем сбора и обработки сенсорных данных: в первую очередь, необходимо отметить взрывной рост во внедрении технологий на основе MEMS-датчиков; во-вторых, применение беспроводных сенсорных сетей; в-третьих, использование уникальных возможностей «электронного текстиля» (e-textiles).

Явные успехи в технологии интегрирования измерительной системы в технологический процесс опираются на новейшие достижения в области миниатюризации применяемых датчиков. В настоящее время привычным становится оснащение подобных датчиков средствами беспроводной передачи результатов измерений. Эта возможность воплотилась в создании перспективного класса информационно-измерительных систем - сенсорных сетей. Но концептуально объект измерения и сенсорная система по-прежнему остаются разнородными, и требуют для своего создания обоснованной схемы расстановки MEMS-датчиков или узлов сенсорной сети.

Представляется, что в полной мере потенциал технологий IIoT сможет раскрыться при условии, что система измерений будет составлять единое гармоничное целое с объектом измерения. И на этом пути незаменимыми становятся свойства многослойных тканых материалов нового поколения - 3D-тканей [1]. В настоящее время в создании подобных текстильных материалов заинтересована, в первую очередь, индустрия композиционных материалов.

В этой области активно исследуются физико-механические свойства объёмных армирующих преформ, составляющих основу производства полимерных композиционных конструкций [2]. Традиционные для текстильной промышленности технологические процессы, в частности, ткачество и плетение, оказываются необыкновенно востребованными при создании армирующих каркасов требуемой, в общем случае, произвольной формы.

Развитие подобных технологий разработки тканых композиционных материалов сопровождается созданием образцов многослойных тканей, в структуру которых внедрены нити, обладающие свойствами, необходимыми для формирования каналов передачи данных. Это направление развития сенсорных систем получило название «носимая» электроника [3].

Этот термин раскрывает только одну из стратегических целей, преследуемых подобной технологией - создание материалов, способных обеспечить человека комфортной одеждой, выполняющей, в первую очередь, роль системы постоянного мониторинга самочувствия её владельца. Подобный «климат-контроль» - неременный атрибут современных медицинских и нейрофизиологических исследований.

Второй, не менее значимой, целью применения «интеллектуального 3D-текстиля» является создание встроенных в композиционный материал систем сбора информации о напряжённо - деформированном состоянии конструкции или динамических процессах, протекающих в ней. Подобное применение открывает реальные перспективы для проведения натурального эксперимента по исследованию, в частности, прочностных свойств конструкций, изготовленных из подобных композиционных материалов.

Достоинством такого подхода к организации измерений является объединение датчиков, каналов передачи данных и объекта измерения в единое целое ещё на этапе выработки тканого композита.

Именно в этом направлении отчётливо проявились достоинства тканых композиционных материалов, способных стать основой для создания беспроводных каналов сбора и передачи сенсорной информации.

Разработка аппаратных интерфейсов для формирования потоков информации с данными о состоянии подобных конструкций составляет перспективное направление развития научных исследований на кафедре автоматизированных систем обработки информации и управления РГУ им. А.Н. Косыгина. Наряду с созданием интерфейсов, важной научно-технической задачей распределённой обработки информации в системах IoT является анализ эффективности беспроводного взаимодействия узлов сенсорной сети, встроенной в многослойную ткань. При этом инструментальной оценке подлежит выявление зависимости объёма информационного покрытия встроенной в текстильный материал сенсорной сети от плотности размещения сенсорных узлов.

Достоинством подобной сенсорной сети является её принадлежность к классу так называемых бесструктурных ad-hoc сетей. В настоящее время сложилась практика применения подобных систем в задачах формирования временных беспроводных сетей, способных, в частности, предотвращать столкновения транспортных средств на перекрёстках. Таким образом, актуальной технологической задачей является разработка способов внедрения датчиков в структуру многослойного тканого материала.

Подобный «технический текстиль» оказывается незаменимым в эпоху внедрения и развития технологий промышленного интернета вещей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Сергеев В.Т. Особенности 3D-тканей и способов их изготовления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2018.- №4. - С.79-84.
2. Объёмные текстильные преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов / Донецкий К.И. [и др.] // Труды ВИАМ. – 2015. - №9. - С.77-85.
3. Stoppa M., Chiolerio A. Wearable Electronics and Smart Textiles: Critical Review // Sensors . - 2014. - №14. – С.11957-11992.

**АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ СКЛАДА  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ  
ANALYSIS OF LOGISTICS CONTROL ELEMENTS FOR AN INDUSTRIAL  
PRODUCT WAREHOUSE**

**Ветрова О.А., Кузьмина Т.М.  
Vetrova O.A., Kuzmina T.M.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: ve-olga@rambler.ru)*

*Аннотация:* Проведен анализ элементов управления логистикой склада, предложен алгоритм решения одной из задач эффективности использования мощностей.

*Abstract:* The analysis of warehouse logistics control elements is carried out, and an algorithm for solving one of the problems of capacity utilization efficiency is proposed.

*Ключевые слова:* анализ, элемент, управление, логистика, склад, промышленная продукция, алгоритм, задача эффективности, мощность.

*Keywords:* analysis, element, control, logistics, warehouse, industrial product, algorithm, the efficiency problem, capacity.

Хранение промышленной (в том числе, текстильной) продукции и ее постоянная реализация заказчиком является одной из основных задач склада. К функциям складской логистики относятся учет спроса, корректное управление запасами товаров, оптимальная загрузка транспорта заказами, измерение количества и качества продукции [1].

Задачи складской логистики предприятия возникают в процессе управления отдельными складскими функциями.

Методы решения задач управления логистикой склада в текстильной промышленности должны обеспечивать координацию поставок продукции, контроль за её ассортиментом и запасами, прогноз будущих продаж. При этом требуется соблюдать определенную упорядоченность во времени и пространстве складских операций для удовлетворения потребностей заказчиков по товарам в нужном количестве в точно указанное время [2].

Задачи планирования посвящены выделению необходимых складских помещений и выявлению наилучшего порядка прохождения изделий через эти помещения. В задаче планирования необходимо учитывать наиболее полное использование помещений, размеры помещений и транспортных средств, наличие центральных проходов, расположение участков приёма товаров, комплектования и отгрузки заказов, наличие специальных площадок для работы менеджеров, возможность минимизации встречных перевозчиков.

Задачи эффективности использования мощностей возникают в процессе управления хранением товаров на складе для использования большей части его площади, высоты и этажности. При выборе складского предприятия обычно приходится решать задачу эффективности использования мощностей. Для этого необходимо заранее посчитать требуемую площадь для хранения изделий одного вида. Затем оценить расположение склада на местности. Для складских площадей производственного предприятия логистическая задача эффективности использования мощностей упрощается, так как помещения, в которых содержится готовая продукция, находятся внутри производственной сети. Поэтому остается только решить вопрос о размере склада [3].

Универсальные склады берут на хранение различные виды изделий. Специализированные склады содержат один вид продукции (например, бобины с нитками, краски, масла, металл) [3].

Рассмотрим решение одной из задач эффективности использования мощностей на примере специализированного склада хранения коробок с текстильной продукцией одного вида. В случае такого склада можно ограничиться определением размерности складского помещения (стеллажа). На ёмкость складского предприятия существенное влияние оказывает специализация, а также способ хранения (в стеллажах или штабелях). Ёмкость склада, если известна высота укладки продукции, рекомендуется оценить с помощью следующего соотношения:  $E = S \cdot h \cdot a$ , где  $h$  – высота укладки продукции, м, [3].

Разберем алгоритм решения задачи эффективности на практическом примере.

На стеллаже небольшого склада в коробках хранятся однотипные текстильные изделия девяти цветов. В торце стеллажа находится рабочее место кладовщика. Еженедельный спрос на текстильные изделия можно представить в виде таблицы 1. Требуется разработать общую схему стеллажа при условии, что коробки хранятся в контейнерах шириной 5 метров, а текстильная продукция хранится в коробках высотой 40 см, шириной 50 см и длиной 40 см. Также требуется оценить эффективность использования стеллажа.

Таблица-1 Потребность в продукции

Products	White	Cyan	Yellow	Green	Beige	Violet	Blue	Pink	Black
Boxes, st.	1400	320	360	160	520	40	120	80	1000

На первом шаге алгоритма выберем входные параметры (размеры), пренебрегая зазорами. Пусть контейнер имеет ширину 5 м, высоту 1 м, длину 1 м. Тогда в такой контейнер поместится по ширине 10 коробок, по длине 2 коробки, по высоте 2 коробки. Итак, в контейнере можно хранить всего 40 коробок. Будем считать, что контейнер содержит коробки с товаром одного цвета.

Тогда, на втором шаге алгоритма, используя данные из таблицы 1, можно вычислить необходимое количество контейнеров для хранения коробок с изделиями каждого цвета. Результаты расчетов количества контейнеров приведены в таблице 2.

Таблица-2 Потребность в контейнерах

Products	White	Cyan	Yellow	Green	Beige	Violet	Blue	Pink	Black
Containers, st.	35	8	9	4	13	1	3	2	25

Переходим к третьему шагу алгоритма, непосредственной разработке общей схемы стеллажа. Из таблицы 1 видно, что самый высокий спрос на товар белого цвета (White), поэтому 35 контейнеров с этим товаром должны находиться ближе всего к рабочему месту кладовщика (первый ряд в торце стеллажа).

Пусть стеллаж имеет один этаж высотой 1 м и два ряда длиной по 1 м, слева и справа от рабочего места кладовщика, для размещения контейнеров. Тогда у торца стеллажа во втором ряду можно разместить еще 25 контейнеров с изделиями черного цвета (Black). Далее в первом ряду размещаем 13 контейнеров с товаром бежевого цвета (Beige). Во втором ряду устанавливаем 9 контейнеров с изделиями желтого цвета (Yellow). Затем в первом ряду размещаем еще 8 контейнеров с товаром голубого цвета (Cyan). Во втором ряду помещаем 4 контейнера с изделиями зеленого цвета (Green), во втором ряду храним 3 контейнера с изделиями синего цвета (Blue), во втором ряду содержим 2 контейнера с изделиями розового цвета (Pink) и 1 контейнер с изделиями фиолетового цвета (Violet). Общая схема стеллажа представлена в виде таблицы 3.

Таблица-3 Распределение контейнеров

35 (White)		13 (Beige)				8 (Cyan)	1 ряд
25 (Black)	9 (Yellow)	4 (Green)	3 (Blue)	2 (Pink)	1 (Violet)		2 ряд

На четвертом шаге алгоритма вычислим длину стеллажа с продукцией. Из таблицы 3 видно, что в первом ряду располагается 56 контейнеров шириной по 5 м, то есть длина стеллажа с продукцией для первого ряда равна  $56 \times 5 \text{ м} = 280 \text{ м}$ . Во втором ряду помещаются 44 контейнера по 5 м шириной, то есть длина стеллажа с продукцией равна 220 м. из полученных данных следует, что для хранения нашей продукции можно использовать двухрядный стеллаж длиной 300 м, шириной 2 м и высотой 1 м.

На пятом шаге алгоритма определим общую площадь стеллажа по формуле

$$S = S_1 + S_2, \quad (1)$$

Где  $S$  – общая площадь стеллажа,  $S_1$  – площадь первого ряда,  $S_2$  – площадь второго ряда. Для расчета значения площади первого ряда применим соотношение  $S_1 = l \cdot g_1$ , где  $l$  – длина стеллажа,  $g_1$  – ширина первого ряда. Значение площади второго ряда равно площади первого ряда, так как  $g_1 = g_2 = 1 \text{ м}$ . Итак,  $S_1 = S_2 = 300 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} = 300 \text{ м}^2$ . Подставим значения  $S_1$  и  $S_2$  в формулу (1) и получим значение  $S = 600 \text{ м}^2$ .

Шестой шаг алгоритма состоит в расчете полезной (используемой под хранение продукции) площади стеллажа. Полезную площадь склада можно вычислить с помощью коэффициента заполнения и габаритов оборудования:

$$S_n = g \cdot l \cdot b \cdot n, \quad (2)$$



где  $l$  – длина стеллажа с продукцией, м;  $b$  – коэффициент заполнения стеллажа;  $n$  – необходимое количество стеллажей для хранения продукции;  $g$  – ширина стеллажа с продукцией. В рассматриваемой задаче для первого ряда  $l=280$  м,  $n=1, g=1$  м, для второго ряда  $l=220$  м,  $n=1, g=1$  м. Подставим данные значения в формулу (2), тогда для первого ряда получим значение полезной площади  $S_{n1} = 280 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} \cdot b = b \cdot 280 \text{ м}^2$ , а для второго ряда – значение полезной площади  $S_{n2} = 220 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} \cdot b = b \cdot 220 \text{ м}^2$ . Коэффициент  $b$  заполнения стеллажа (объёма) или плотности укладки можно вычислить с помощью соотношения  $b = V_{\text{мат}}/V_{\text{об}}$ , где  $V_{\text{мат}}$  – объём продукции, помещаемый на стеллаж,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{об}}$  – геометрический объём стеллажа,  $\text{м}^3$ .

В нашем примере  $V_{\text{об}} = S \cdot h$ , где  $S$  – общая площадь стеллажа,  $h$  – высота стеллажа, то есть  $V_{\text{об}} = 600 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ м} = 600 \text{ м}^3$ . Для рассматриваемого стеллажа  $V_{\text{мат}} = V_{\text{мат}1} + V_{\text{мат}2}$ , где  $V_{\text{мат}1}$  – объём продукции, помещаемой на первый ряд стеллажа,  $V_{\text{мат}2}$  – объём продукции, помещаемой на второй ряд стеллажа. В нашем примере  $V_{\text{мат}1} = 280 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} = 280 \text{ м}^3$ ,  $V_{\text{мат}2} = 220 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} = 220 \text{ м}^3$ , тогда  $V_{\text{мат}} = 280 \text{ м}^3 + 220 \text{ м}^3 = 500 \text{ м}^3$ . Наконец, можем вычислить  $b = \frac{V_{\text{мат}}}{V_{\text{об}}} = \frac{500 \text{ м}^3}{600 \text{ м}^3} = 0,83$ . В итоге получаем значение полезной площади первого ряда стеллажа  $S_{\text{п}1} = 280 \text{ м}^2 \cdot 0,83 = 232,4 \text{ м}^2$  и значение полезной площади второго ряда стеллажа  $S_{\text{п}2} = 220 \text{ м}^2 \cdot 0,83 = 182,6 \text{ м}^2$ . Итак, полезная площадь стеллажа (склада) равна  $415 \text{ м}^2$ .

Анализ расчетного значения полезной площади показывает, что разработанная схема стеллажа достаточно эффективна по мощности, но есть еще резервы, которые можно использовать в случае повышения спроса на продукцию. Плотность укладки можно повысить за счет увеличения высоты стеллажа, например, добавив еще один этаж. Реализация рассмотренного алгоритма в виде прикладной программы будет способствовать автоматизации поиска оптимальных решений по использованию складских мощностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аникин Б.А. и др. Логистика: учебное пособие для бакалавров. / Под ред. Аникина Б.А., Родкиной Т.А. М.: Проспект, 2013.
2. Ветрова О.А., Кузьмина Т.М. The main criteria when choosing the method of optimization of warehouse operations. // сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. Часть 3. – с. 78-82.
3. Таран С.А. Как организовать склад: Практические рекомендации профессионала. Москва: Альфа-Пресс, 2006.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ ГИБКИХ  
ЭКСКУРСИОННЫХ МАРШРУТОВ  
DEVELOPMENT OF A SOFTWARE SYSTEM FOR CREATING FLEXIBLE  
EXCURSION ROUTES**

**Кузьмина Т.М., Кружнова А.А., Ветрова О.А.  
Kuzmina T. M., Krugnova A. A., Vetrova O. A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: kuzmina\_t\_m@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрена разработка программной системы, которая позволит облегчить и ускорить процесс создания интерактивных карт с достопримечательностями и путями, а также процесс составления оптимальных и гибких маршрутов.

*Abstract:* we consider the development of a software system that will facilitate and speed up the process of creating interactive maps with sights and paths, as well as the process of creating optimal and flexible routes.

*Ключевые слова:* экскурсионный маршрут, оптимальный маршрут, кратчайший путь.

*Keywords:* excursion route, optimal route, shortest route.

Основная задача разработки рассматриваемой программной системы – облегчить и ускорить все процессы, связанные с созданием экскурсионных маршрутов. Как правило, экскурсионные фирмы предлагают пользователям готовые туристические маршруты, созданные профессионалами. Они обладают большими достоинствами, но, наверное, только в небольших городках стандартные маршруты охватывают все интересные места. Тем более, что вкусы и потребности разных групп экскурсантов могут сильно отличаться. Нередко, потенциальный экскурсант уже был на многих экскурсиях и ему не хочется полных повторений. Возможно, из-за ограничения по времени, он планирует соединить в одном маршруте не только осмотр достопримечательностей, но посещение каких-то конкретных магазинов или других нестандартных объектов.

Причин изменить привычный маршрут или составить новый с учетом дополнительных требований может быть много, а проанализировать возникающие при этом проблемы без программы-советника сложно. Вносить изменения, рассчитывать новые временные и стоимостные показатели маршрута, а также искать наиболее оптимальный маршрут вручную – дело непростое. Поэтому основной целью разработки программы было создание условий для пользователей и сотрудников туристических фирм, в которых составление, редактирование и подбор оптимальных индивидуальных экскурсионных маршрутов пере-

стал бы занимать много времени. Основной задачей разработки приложения является помощь в процессе создания экскурсионных маршрутов.

В состав упомянутых ранее процессов входят:

- просмотр и редактирование карты достопримечательностей;
- добавления новых достопримечательностей;
- сохранение и загрузка карты достопримечательностей;
- выбор критерия поиска оптимального маршрута (по протяженности, по цене или по приоритету посещения достопримечательностей);
- расстановка приоритетов посещения достопримечательностей;
- поиск маршрута и расчет его характеристик в соответствии с выбранным критерием (поиск наиболее короткого, наиболее дешевого или интересного маршрута);

Для отображения и работы с достопримечательностями и связывающими их дорогами, удобнее всего использовать графы. Достопримечательности можно изобразить вершинами графа, а дороги, соединяющие эти достопримечательности – ребрами. Таким образом получаем схему, с которой легко работать. На рисунке 1 видим окно программы, в центре которого выведена учебная схема.

Программа имеет два режима работы. Первый режим предназначен для создания и редактирования абстрактных карт (схем) достопримечательностей, заполнения необходимой информации и формирования самой схемы. В данном режиме пользователю доступны весь необходимый функционал создания и редактирования, а также сохранения полученных карт достопримечательностей. На рисунке 1 под учебной схемой открыто меню работы программы в первом режиме.

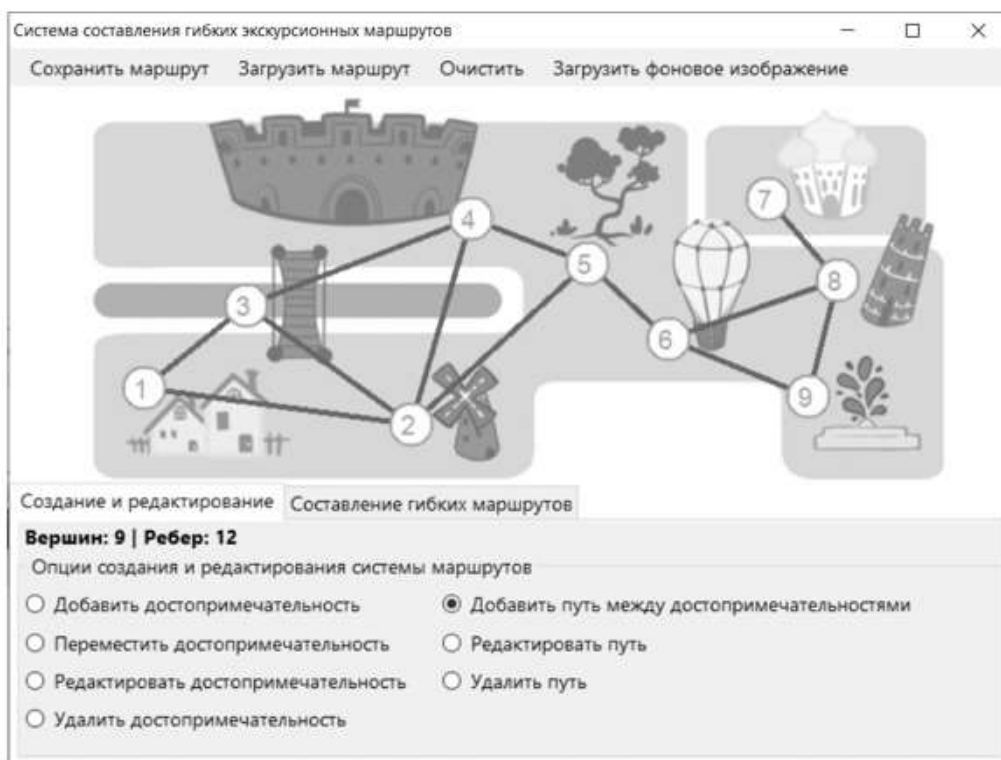


Рис 5. Окно программы. Меню первого режима работы программы

Второй режим предназначен для непосредственной работы с готовой схемой. Данный режим позволяет составить оптимальный маршрут в зависимости от предпочтений клиента и рассчитать его числовые характеристики. Кроме того, пользователь может получить информацию об интересующих его достопримечательностях.

На рисунке 2 представлено меню второго режима работы. В нем представлены опции для составления гибких экскурсионных маршрутов. Под гибкостью маршрутов подразумевается то, что пользователь может составить разные по содержанию маршруты, опираясь на свои предпочтения.

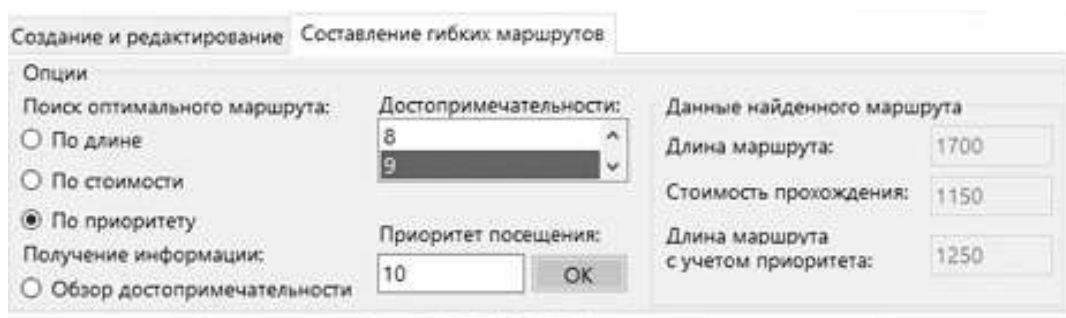


Рис. 6. Меню второго режима работы программы

Доступны опции поиска кратчайшего (оптимального) маршрута по длине, стоимости и по приоритету посещения достопримечательностей. Рассматриваются незамкнутые маршруты, если планируется кольцевой маршрут, то его надо разбить на несколько отдельных частей. Программа запрашивает начальную и конечные точки маршрута. Процесс поиска оптимального маршрута заключается в нахождении всех вершин и путей, лежащих между начальной и конечной достопримечательностями, с условием, что суммарная длина дороги или стоимость их прохождения в этом маршруте минимальные из всех возможных.

Кроме маршрутов с минимальной длиной и стоимостью, пользователю может быть интересно составление наиболее интересного по своему составу маршрута. Несмотря на то, что все маршруты, составляемые в данном программном приложении, являются оптимальными по тому или иному параметру, иногда пользователь готов пожертвовать временем или деньгами ради посещения наиболее интересующих его достопримечательностей. Для этого была создана опция поиска оптимального маршрута «По приоритету». Приоритетом достопримечательности является число от 1 до 10, которое показывает, насколько сильно пользователь желает посетить это место. Чем больше значение приоритета достопримечательности, тем сильнее пользователь хочет ее посетить. Во время расчетов значения приоритетов влияют на изменение длины путей. Чем больше приоритет вершины, тем «короче» становятся дороги, ведущие к ней. Это сделано в целях перестройки экскурсионного маршрута с учетом приоритетов.

На рис. 2 видим, что маршрут построен с учетом приоритетов, его реальная длина 1700, но приоритет снизил ее до 1250. При этом можно посмотреть

длину самого короткого пути и решить, стоит ли посещение выбранных мест определенного увеличения длины или стоимости маршрута.

Нередко две точки соединяются не одним кратчайшим путем, а многими, в работе [1] рассматривалась программная реализация построения ориентированного графа, содержащего все кратчайшие пути, соединяющие две точки. Такой граф можно использовать и при нахождении экскурсионного маршрута с учетом приоритетов [2]. Использование ориентированного графа, содержащего все кратчайшие пути будет оправдано в тех случаях, когда, когда схема достопримечательностей богата настолько, что начальная и конечные достопримечательности соединяются большим количеством оптимальных путей и среди них можно организовать выбор маршрутов с учетом приоритетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина Т.М., Ветрова О.А., Использование LINQ-запросов в многокритериальном поиске кратчайшего пути при лексикографическом упорядочивании критериев // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского форума. 2019. С. 82-87.

2. Кузьмина Т.М., Ветрова О.А., Использование ориентированного графа, содержащего все кратчайшие пути, соединяющие две выбранные вершины // Современные технологии хранения, обработки и анализа больших данных. Сборник научных трудов кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления. Москва, 2019. С. 32-34.

УДК 004.773

### МОНИТОРИНГ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАТ-БОТОВ INTERNET OF THINGS MONITORING USING CHAT BOTS

**Монахов В.И., Плынский И.И.**  
**Monahov V.I., Plynsky I.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: monakhov-vi@rguk.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрена технология мониторинга системы Интернета вещей с использованием чат-ботов социальных сетей на примере получения информации от микропроцессорной системы сбора климатических данных в помещении.

*Abstract:* The technology of monitoring the Internet of Things system using chat bots of social networks is considered on the example of obtaining information from a

microprocessor-based system for collecting climate data in a room.

*Ключевые слова:* Интернет вещей, социальные сети, чат-бот, протокол издатель-подписчик.

*Keywords:* IoT, social media, chatbot, publisher-subscriber protocol.

Социальные сети активно вошли в нашу жизнь. Они позволяют общаться людям, находящимся за тысячи километров друг от друга, обмениваться сообщениями и медиаконтентом с помощью глобальной сети интернет. В последнее время популярной стала такая функция социальных сетей, как создание и использование чат-ботов. Боты могут применяться для управления устройствами Интернета вещей (Internet of Things, IoT) или получения от них определенной информации [1, 2].

Источником информации в данной работе является микропроцессорная система мониторинга микроклимата в помещении, которая выполняет сбор данных с удаленных датчиков.

Бот можно абстрагировать от общения с каждым конкретным устройством интернета вещей с использованием протоколов, которые позволяют объединять их в общую сеть с центральным звеном, который будет выступать посредником между чат-ботом и устройствами IoT. Распространенным протоколом обмена сообщениями является MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) [3]. Данный протокол используется для обмена сообщениями и основан на принципе издатель-подписчик. Протокол рассчитан на устройства с ограниченными вычислительными возможностями, а также на сети с малой пропускной способностью, недостаточной надежностью и с высокой задержкой. MQTT работает поверх TCP/IP и использует зарезервированный порт.

Издатели публикуют сообщения в определенные темы, а подписчики подписываются на интересующие их темы [4]. Темы задаются иерархией имен устройств, датчиков, измеряемых показателей. Имена в иерархии разделяются символом косой черты «/». Темы можно объединять, например все показатели датчика или показания всех датчиков устройства или микропроцессорной системы.

Передачу сообщений от издателей к подписчикам средствами протокола MQTT можно описать следующим образом: издатель передает сообщение с информацией брокеру, указывая тему публикации. Брокер анализирует список подписчиков, определяя какие из них подписаны на эту тему, и передает им сообщение.

В работе рассматривается реализация чат-бота, который по протоколу MQTT передает информацию от микропроцессорной системы мониторинга климатических условий в помещении.

Одной из наиболее популярных социальных сетей в России, поддерживающих чат-боты, является сеть ВКонтакте. По имеющейся информации социальная сеть имеет 97 млн. пользователей в месяц и является одной из крупнейших в России и странах СНГ.

Чат-бот представляет собой скрипт на сервере пользователя, который получает уведомления о новых событиях из сети ВКонтакте и обрабатывает их.

Команды скрипта базируются на прикладном интерфейсе (API) чат ботов для сети ВКонтакте [5]. Бот проходит авторизацию для работы с API с помощью ключа доступа или токена, представляющего собой уникальную последовательность символов.

API ВКонтакте поддерживает несколько прикладных интерфейсов взаимодействия с чат-ботами: Callback API и Bots Long Poll API. Они позволяют работать с событиями в сообществе в режиме реального времени, но при использовании Bots Long Poll API очередь событий хранится на стороне социальной сети.

Для реализации чат-бота использовался язык программирования Python, а также библиотеки Paho-MQTT [6] и vk\_api [7].

В первую очередь необходимо выполнить инициализацию MQTT клиента, задать имя пользователя и пароль, а также определить обработчики событий подключения к MQTT брокеру и отключения от брокера. Сообщения с данными о температуре, влажности и атмосферном давлении публикуются в темах. При получении сообщения от MQTT брокера на клиенте происходит событие *on\_message*. В обработчике события реализуется запись полученных данных в глобальные переменные в зависимости от полученного сообщения, а также отключение от брокера после обработки сообщения.

Для подключения к брокеру необходимо вызвать функцию *connect (host, port)*, где *host* – это IP адрес брокера, а *port* – это порт подключения к брокеру, по умолчанию 1883. Также необходимо определить цикл работы подключения с использованием функции библиотеки и определить функции, возвращающие данные о температуре, влажности и атмосферном давлении, полученные от MQTT брокера.

Рассмотрим реализацию логики чат-бота. Вначале необходимо подключить библиотеку *string* для выполнения преобразований над строками, библиотеку API *vk\_api*, функцию *get\_random\_id()* модуля *vk\_api.utils*, а также классы *VkBotLongPoll* и *VkBotEventType* из модуля *vk\_api.bot\_longpoll*.

Далее необходимо создать экземпляр класса сессии *vk\_api.VkApi(token)*, где *token* – ключ доступа. Метод *get\_api()* класса *VkApi* позволяет обращаться к методам API как к методам класса.

Для доступа к Bots Long Poll API необходимо создать экземпляр класса *VkBotLongPoll* с параметрами. Класс содержит несколько методов.

Метод *listen()* выполняет прослушивание сервера и получает и обрабатывает информацию поступивших сообщений от пользователя. Получив сообщение, бот проверяет наличие содержания, тип сообщения (от пользователя), анализирует строку и ищет ключевые слова *температура*, *влажность* и *давление*. При обнаружении ключевого слова бот запрашивает данные у MQTT брокера и отправляет ответ пользователю.

Метод *get\_random\_id()* позволяет получить уникальный идентификатор, предназначенный для предотвращения повторной отправки одиночного сообщения. Данный идентификатор используется для проверки уникальности сообщения в ходе сеанса.

Работа реализованного бота в мобильном приложении ВКонтакте представлена на рис. 1.

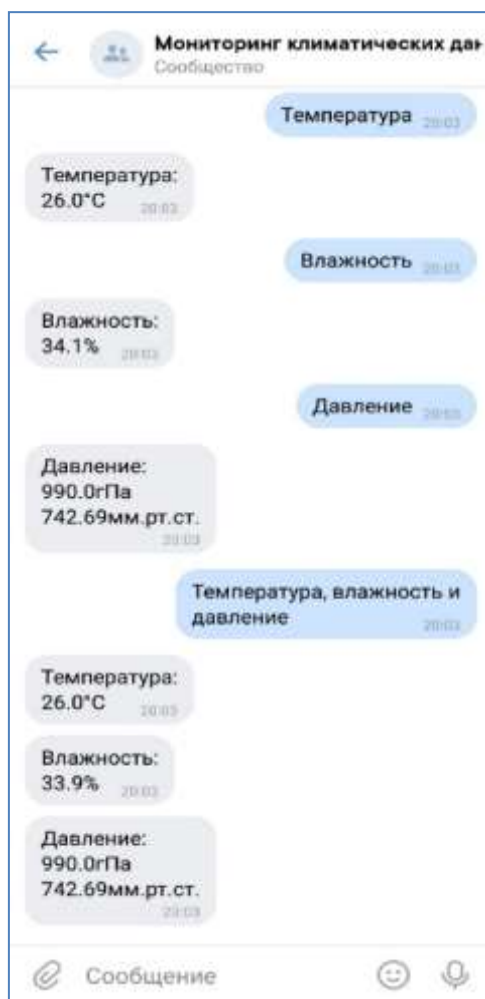


Рис. 1. Мониторинг климатических данных в мобильном приложении ВКонтакте

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плынский И.И., Монахов В.И. Система мониторинга климатических данных с использованием технологии интернета вещей // Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2020. №1. С. 542-545
2. Плынский И.И., Монахов В.И. Микропроцессорная система сбора климатических данных по протоколу MQTT // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020). М: ФГБОУ ВО "РГУ им. А.Н. Косыгина". 2020, С.93-97
3. MQTT Frequently Asked Questions // 2020. <http://mqtt.org/faq>
4. Eclipse Mosquitto. MQTT man page // 2020. <https://mosquitto.org/man/mqtt-7.html>
5. API для чат-ботов // 2020. [https://vk.com/dev/bots\\_docs?f=1](https://vk.com/dev/bots_docs?f=1). 20Сообщество
6. Eclipse Paho-MQTT and MQTT-SN software // 2020. <https://www.eclipse.org/paho/>
7. Библиотека vk\_api // 2020. [https://github.com/python273/vk\\_api](https://github.com/python273/vk_api)



**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО СЛУЧАЙНОГО  
ПОИСКА**  
**SOLVING NONLINEAR REGRESSION ANALYSIS PROBLEMS  
USING ADAPTIVE RANDOM SEARCH METHODS**

**Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.**  
**Sevostyanov P.A., SamoiloVA T.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
*(e-mail: petrsev46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье рассмотрен алгоритм поиска глобального экстремума целевой функции. Работа алгоритма показана на примере базовой задачи оптимизации в нелинейном регрессионном анализе.

*Abstract:* The article describes an algorithm for finding the global extremum of the objective function. The operation of the algorithm is shown using the example of the basic optimization problem in nonlinear regression analysis.

*Ключевые слова:* оптимизация, регрессионный анализ, метод Монте-Карло.

*Keywords:* optimization, regression analysis, Monte Carlo method.

В большинстве случаев задачей оптимизации является поиск глобального экстремума целевой функции. Исследуемый ниже алгоритм позволяет решить эту задачу. Его важными преимуществами являются: 1) простая реализация; 2) универсальность алгоритма; 3) нарастающая эффективность алгоритма с увеличением числа переменных и размерности пространства поиска. [1, 2, 3, 4].

К недостаткам алгоритма следует отнести: 1) невысокую скорость поиска, что для многих задач это не критично; 2) проблему учёта функциональных ограничений; 3) негарантированную успешность решения "жёстких" задач.

Рассмотрим в качестве базовой задачу оптимизации в нелинейном регрессионном анализе. Регрессионная модель описывает зависимость  $Y$  от  $X$  функцией  $Y = f(X | C)$  с вектором  $C = [C_1, \dots, C_k]$  неизвестных параметров - коэффициентов регрессии. В качестве критерия качества подбора коэффициентов используем традиционный критерий наименьших квадратов  $W(C)$ , критерий минимума абсолютных разности  $Wa(C)$  и минимаксный критерий  $Wm^o(C)$

$$W(C_1, \dots, C_k) = \sum_{j=1}^n (y(j) - f(x(j) | C_1, \dots, C_k))^2 \rightarrow \min_{C_1, \dots, C_k}$$

$$Wa(C_1, \dots, C_k) = \sum_{j=1}^n |(y(j) - f(x(j) | C_1, \dots, C_k))| \rightarrow \min_{C_1, \dots, C_k}$$

$$Wm(C_1, \dots, C_k) = \max_{j=1, \dots, n} \left| (y(j) - f(x(j) | C_1, \dots, C_k)) \right| \rightarrow \min_{C_1, \dots, C_k}$$

Рассматриваемый алгоритм поиска минимума основан на методе Монте-Карло со случайными многократными пробными решениями и включает следующие шаги:

1.  $Wopt = +infinity$ . Повторить  $R$  раз:

1.1. Повторить  $Np$  раз:

1.1.1. Генерация значений пробного решения  $\mathbf{C}$  - случайного вектора значений параметров, распределенных по нормальному закону со средним  $\mathbf{M}$  и среднеквадратическим отклонением  $\mathbf{S}$ . Вычисление значения критерия  $W(\mathbf{C})$  для сгенерированного пробного вектора параметров.

1.1.2. Если  $W(\mathbf{C}) < Wopt$ , то  $Wopt = W(\mathbf{C})$ ,  $\mathbf{Copt} = \mathbf{C}$ .

1.2. Сжатие области поиска и перенос центра поиска в наилучшую найденную на текущем этапе точку:  $\mathbf{S} = \mathbf{S} / r$ ;  $\mathbf{M} = \mathbf{C}$ .

2. Завершение поиска. Решение:  $\mathbf{Copt}$ ,  $Wopt$ .

Использование нормального распределения для генерации пробных решений позволяет получать их во всём пространстве поиска. При этом в соответствии с п.1.2 алгоритма центр нормального распределения всегда находится в точке с наилучшим текущим решением. Эта особенность, а также неоднократное ( $R$  раз) сжатие области поиска за счет уменьшения  $\mathbf{S}$  адаптирует поиск с учетом ранее достигнутых успехов. Адаптация позволяет существенно сократить число пробных решений, общее число которых равно  $Np \cdot R$ , а значит, и затраты времени на поиск. Для проверки эффективности алгоритма были выбраны две зависимости  $\mathbf{Y}$  от  $\mathbf{X}$  с нелинейно входящими в них параметрами. Одна из них (пример 1) - монотонная функция из суммы постоянного слагаемого и экспонент с сильно отличающимися скоростями убывания

$$Y_1 = 10 - 7 \cdot \exp(-0,3 \cdot x_1) - 3 \cdot \exp(-0,01 \cdot x_1) + z$$

$$x_1 = 0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32; 36.$$

Здесь  $z$  - равномерно распределенная в пределах от -0,5 до +0,5 случайная величина, имитирующая ошибки в результатах наблюдения переменной  $Y$ .

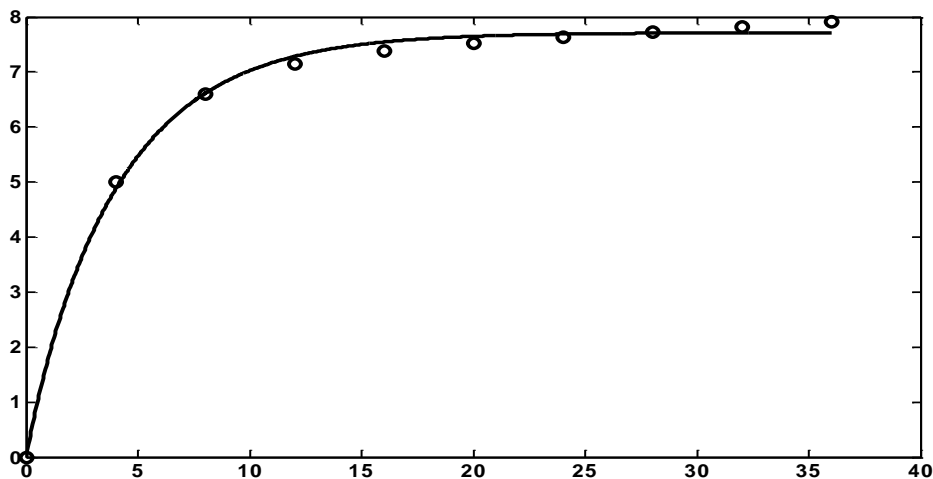
В качестве подбираемой регрессионной модели выбрана та же самая функция с неизвестными, подбираемыми методом оптимизации по перечисленным критериям, коэффициентами регрессии

$$Y_1 = C1 + C2 \cdot \exp(-C3 \cdot x_1) + C4 \cdot \exp(-C5 \cdot x_1)$$

На рис.1 показан результат оценки оптимальной модели для примера 1 по критерию наименьших квадратов. Маркерами обозначены точки  $A$  с координатами  $[\mathbf{X}; \mathbf{Y}]$ , по которым подбиралась регрессионная модель.

В табл.1 приведены оценки коэффициентов модели, полученные для разных критериев оптимизации. Заметим, что найденные оценки существенно отличаются от точных значений, заданных в модели и приведенных в первой строке таблицы, причем оценки  $C1$ ,  $C2$ ,  $C4$  и  $C5$  по всем критериям близки друг к другу. Поэтому вид критерия, по-видимому, не играет принципиальной роли в поиске решения, по крайней мере, классе рассматриваемых тесовых за-

дач.



**Рис. 1. Выборочные данные модельной зависимости для примера 1 и регрессионная зависимость с наилучшим подбором коэффициентов**

Таблица 1. Оценки коэффициентов модели для примера 1

Коэф.	C1	C2	C3	C4	C5
Значения	10	-7	0,3	-3	0,01
Оценки по $W(C)$	7,71	-0,445	0,978	-7,260	0,235
Оценки по $Wa(C)$	7.78	-2.254	2.855	-5.520	0,173
Оценки по $Wm(C)$	7,78	-1,365	5,750	-6,314	0,196

Решение, описывающее регрессионную зависимость, может быть неоднозначным, что является обычным для регрессионного анализа. Отметим также, что в силу применения метода Монте-Карло, предусматривающего умышленное внесение случайности в процесс поиска, оптимизация не гарантирует получение решения. Поэтому зачастую требуются повторения процедуры поиска до получения приемлемого результата [5, 6, 7].

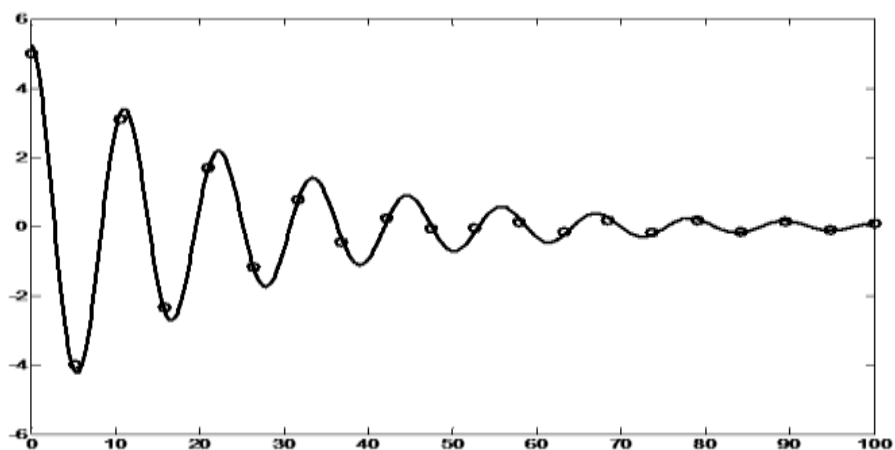
На рис.2 и в таблице 2 приведены результаты решения той же задачи для модельной функции, описывающей зависимость (пример 2) в виде экспоненциально убывающей косинусоиды

$$Y_2 = 10 \cdot \exp(-0,1 \cdot x_2) * \cos(2 \cdot \pi x_2 / 10) + z,$$

$x_2 = [0; 5.26; 10.53; 15.7895; 21.05; 26.32; 31.58; 36.84; 42.11; 47.37; \dots$   
 $52.63; 57.89; 63.16; 68.42; 73.68; 78.95; 84.21; 89.47; 94.74; 100.0];$   
 $Y_2 = [5.00; -3.99; 3.10; -2.34; 1.70; -1.18; 0.77; -0.46; 0.23; -0.06; -0.05; \dots$   
 $0.12; -0.16; 0.18; -0.18; 0.17; -0.15; 0.13; -0.11; 0.09];$

В качестве регрессионной модели выбрана функция с тремя неизвестными коэффициентами регрессии

$$Y_2 = C1 \cdot \exp(-C2 \cdot x_2) * \cos(2 \cdot \pi x_2 / C3),$$



**Рис. 2. Выборочные данные модельной зависимости для примера 2 и регрессионная зависимость с наилучшим подбором коэффициентов**

На рисунке видно, что и в «жестком» случае осциллирующих значений зависимой переменной при удачном подборе аналитического выражения регрессии удается построить аппроксимацию зависимости с хорошей точностью.

Таблица 2. Оценки коэффициентов модели для примера 2

Коэф.	C1	C2	C3
Значения	10	-0,1	10
Оценки по $W(C)$	5,268	0,040	11,176
Оценки по $Wa(C)$	5,000	0,046	11,169
Оценки по $Wm(C)$	4,753	0,044	11,351

Анализ рисунка и таблицы приводит к тем же выводам, которые были сделаны по примеру 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов, А.Г., Севостьянов, П.А. Оптимизация технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов. Гриф УМО Минвуза СССР. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1991. – 20 п.л.
2. Растрингин, Л.А. Статистические методы поиска. – М.: Наука, 1968.
3. Жигляевский, А.А., Жилинская, А.Г. Методы поиска глобального экстремума. – М.: Наука, 1991.
4. Чипига, А.Ф., Колков, Д.А. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций // *Фундаментальные исследования*. – 2006. - №2. – С.24 – 26. ISSN 1812-7339
5. Севостьянов, П.А., Самойлова, Т.А., Тихомирова, М.Л. Обнаружение «выбросов» в свойствах одномерных полимерных материалов. // *Химические волокна* – №6. 2019. С.44 – 46. ISSN 0023-1118
6. Севостьянов, П.А., Ордов, К.В., Битус, Е.И., Самойлова, Т.А., Монахов, В.В. Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натуральных экспериментов. // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности* – 2015 - №6, С.185-189.
7. Севостьянов, А.Г., Севостьянов, П.А. Анализ применимости, работоспособности и адекватности регрессионных моделей технологических систем текстильного производства. // *Изв. вузов. Технология текстильной пром-ти*, 5, 1999.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ  
ДОКУМЕНТОВ**

**MODELING A MULTICHANNEL DOCUMENT PROCESSING SYSTEM**

**Севостьянов П.А., Самойлова Т.А.  
Sevostyanov P.A., Samoilova T.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: petrsev46@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье рассмотрен процесс моделирования работы многоканальных центров для приема и обработки документов от граждан. Приведены некоторые результаты исследований, полученные с помощью разработанной авторами модели.

*Abstract:* The article discusses the process of modeling the work of multichannel centers for receiving and processing documents from citizens. Some research results obtained using the model developed by the authors are presented.

*Ключевые слова:* моделирование, автоматизация, обработка документов.

*Keywords:* optimization, regression analysis, Monte Carlo method.

В последнее время получили распространение многоканальные центры, предназначенные и обработки документов. Поток документов поступает на обработку через общий портал и распределяется между многими компьютерами, за которыми работают операторы примерно одинаковой квалификации или обработку ведет система искусственного интеллекта [1,2,3,4]. Во всех случаях интенсивность обработки в течение дня можно считать практически постоянной [5,6,7].

Если интенсивность входящего потока низкая, а число рабочих станций в сети невелико, то загруженность центра можно оценить методами теории массового обслуживания. При большой интенсивности потока и большом числе операторов и/или компьютеров можно использовать более простую модель, основанную на непрерывности входящего и выходящего потоков документов. [8,9,10,11].

Обозначим:  $J_{in}(t)$ ,  $J_{out}(t)$  – интенсивности потоков документов на входе и выходе центра,  $[J_{in}] = [J_{out}] = \text{док./мин.}$ ;  $Q(t)$  – количество документов, ожидающих и находящихся в обработке в момент времени  $t$ ,  $[Q] = \text{док.}$  Обозначим  $Q_0$  остаток с предыдущего дня :  $Q_0 = Q(t=0)$ .

Рассмотрим малый интервал времени  $dt$  и запишем уравнение баланса для этого интервала

$$dQ(t) = J_{in}(t)dt - J_{out}(t)dt ,$$

которое перепишем в форме дифференциального уравнения

$$dQ(t) / dt = J_{in}(t) - J_{out}(t)$$

Интенсивность  $J_{out}(t)$  можно считать постоянной в течение рабочего дня:  $J_{out}(t) = const = J_c$ . Интенсивность потока поступающих документов зависит от времени. Как правило, она наибольшая в начале рабочего дня и минимальна к концу дня. Примем простейший линейный закон убывания в течение рабочего времени  $T$ :  $J_{in}(t) = maxJ_{in} - (maxJ_{in} - minJ_{in}) t/T$ .

Решая дифференциальное уравнение с учетом того, что  $Q(t)$  не может принимать отрицательные значения, получаем зависимость количества документов в системе от времени  $t$  в течение  $T$

$$Q(t) = \max\{0; Q_0 + (maxJ_{in} - J_c)t - 0,5(maxJ_{in} - minJ_{in})t^2 / T\}, 0 \leq t \leq T$$

Переходящий на следующий рабочий день остаток необработанных документов равен значению  $Q(t)$  при  $t = T$ . Это позволяет «сшить» решения для последовательности из нескольких дней. На рис. 1 показана динамика количества документов, ожидающих обслуживания, в течение  $T = 5$  рабочих дней ( $5 \times 8 \times 60 = 2400$  мин.) при значениях параметров модели:  $minJ_{in} = 500$ ;  $maxJ_{in} = 1500$ ;  $J_c = \{1200; 1250; 1300\}$ ;  $Q_0 = 200$ .

Графики показывают, что при даже при средней интенсивности обработки  $= 1200$  док./мин.  $> (minJ_{in} + maxJ_{in})/2 = 1000$  док. / мин., независимо от  $Q_0$ , происходит неограниченное нарастание очереди документов, ожидающих обработки: система «не справляется». Однако, уже при  $J_c = 1250$  док. / мин. центр обрабатывает все поступающие документы. Количество переходящих на следующий день документов не нарастает. При еще большей интенсивности обработки  $J_c = 1300$  док. / мин. центр не только успевает обработать все поступающие за день документы, но и за счет избыточного запаса производительности обрабатывает документы сразу в момент из поступления. В результате накопления очереди не происходит.

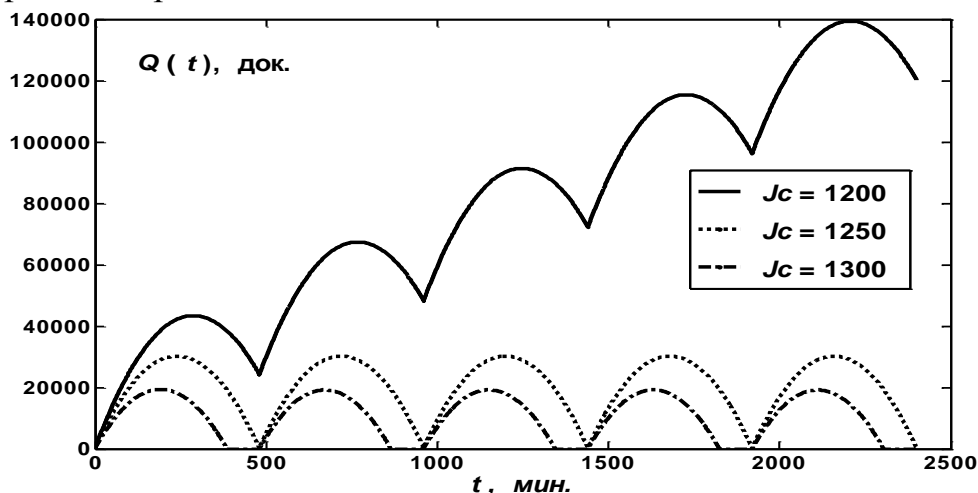


Рис.1. Динамика количества документов в течение 5 дней при разных интенсивностях  $J_c$

Иная ситуация образуется, если учесть, что интенсивность потока документов на обработку подвержена случайным вариациям. Внесение в задачу случайной составляющей можно выполнить, например, задавая  $maxJ_{in}$  и  $minJ_{in}$  как случайные величины, значения которых варьируют случайным образом в некоторых пределах. Соответствующим образом скорректированная модель

была переведена в форму компьютерной программы Matlab.

На рис. 2 показаны динамика количества документов, ожидающих обработки, совпадающая с кривой на рис. 1 для  $J_c = 1250$  док. / мин. и три реализации ( $s_1$ ,  $s_2$  и  $s_3$ ) динамики количества документов при тех же условиях, но при случайном варьировании значений  $maxJ_{in}$  и  $minJ_{in}$  в диапазоне, на 10% отклоняющихся от средних значений, т.е. от 450 док. / мин. до 1650 док. / мин.

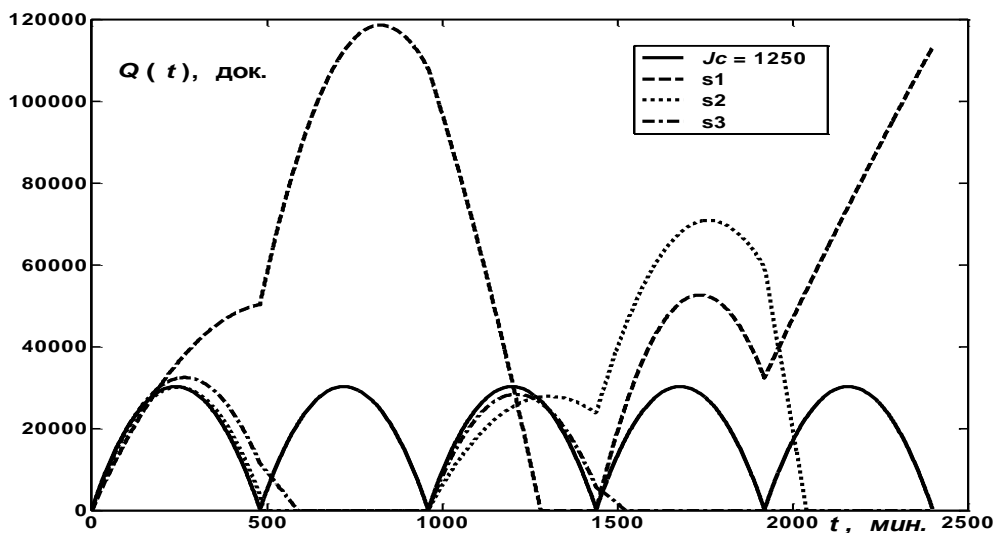


Рис. 2. Динамика количества документов, ожидающих обработки

Полученные данные приводят к следующим выводам:

1. Наличие вариаций в уровне интенсивности потока поступающих на обработку документов может сильнее всего отразиться на размерах очереди из ждущих обслуживания документов. Поэтому простые оценки по средним значениям недопустимы.

2. Вариации  $Q(t)$  сильно отличаются друг от друга. Поэтому для получения надежных оценок необходимо большое количество прогонов модели и специальные методы обработки, ориентированные на оценку выбросов, асимметричные распределения и робастные методы обработки данных.

3. Принятие управляющих решений по результатам моделирования должно строиться на основе полученных статистических оценок с указанием их надежности и риска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов. Гриф УМО Минвуза СССР. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1991. — 20 п.л.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М.: Советское радио, 1972. — 568 с.

3. Монахов В.И., Севостьянов П.А. Решение задачи оперативно-календарного планирования суконного производства с использованием методов эвристического программирования и имитации. Межвуз. сб. науч. труд. студ., посв.60-летию МТИ — РИО МТИ, 1979, с.346 — 352.

4. Гришин А.Н., Севостьянов П.А. Формирование моделей поточных линий

и агрегатов прядильного производства для систем автоматизированного проектирования. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, №4, 1986.

5. Логинов А.В., Севостьянов П.А. Влияние законов распределения времени наработки на отказ и восстановления технологического оборудования на стабильность работы автоматизированного хлопкопрядильного производства. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 4, 1988.

6. Зуев А.Е., Митихин В.Г., Севостьянов П.А. Анализ работы систем распределения волокнистых потоков методами численного эксперимента. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, №2, 1990.

7. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Анализ применимости, работоспособности и адекватности регрессионных моделей технологических систем текстильного производства. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, №5, 1999.

8. Забродин Д.А., Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование стабильности поточных линий по производительности. Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №6, 2004, с. 124-126.

9. Вахромеева Е.Н., Севостьянов П.А. Имитационная модель работы многопродуктового склада. Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1 (282), 2005, с. 136-138.

10. Гусев В.С., Севостьянов П.А. Компьютерная информационная модель работы автоматизированного склада хлопкопрядильной фабрики. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, №4 (292), 2006. с. 100 – 104.

11. Горский Д.А., Севостьянов, П.А. Исследование влияния расстановки кип в ставке на характеристики волокнистого потока на выходе кипного питателя с верхним отбором волокна. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, №5 (301), 2007. с. 71 – 74.

**УДК 004.056.53**

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ  
ПОДПИСИ  
SOFTWARE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC DIGITAL  
SIGNATURE**

**Монахов В.И., Стрельников Б.А., Федина Л.А.  
Monahov V.I., Strelnikov B.A., Fedina L.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: monakhov-vi@rguk.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрена программная реализация электронной цифровой подписи, которая позволяет создавать и верифицировать сигнатуры для файла любого типа и любого объема. Алгоритм программной реализации основан на криптосистеме RSA с использованием динамического решета.



*Abstract:* A software implementation of an electronic digital signature is considered, which allows you to create and verify signatures for a file of any type and any size. The software implementation algorithm is based on the RSA cryptosystem using a dynamic sieve.

*Ключевые слова:* электронная цифровая подпись, программа, открытый ключ, личный ключ, динамическое решето.

*Keywords:* electronic digital signature, program, public key, private key, dynamic sieve.

Обеспечение информационной безопасности в настоящее время является необходимым условием нормального функционирования компьютерных сетей предприятий и организаций текстильной и легкой промышленности. Некоторые аспекты безопасного взаимодействия абонентов компьютерных сетей рассматривались в предыдущих статьях авторов [1-3]. Другим аспектом такого взаимодействия является определение подлинности и неизменности передаваемых по сети документов. Данный аспект поддерживается механизмом электронной цифровой подписи.

Электронная цифровая подпись (ЭЦП) - это реквизит электронного документа, предназначенный для защиты данного электронного документа от подделки. ЭЦП получается в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа электронной цифровой подписи и позволяет идентифицировать владельца сертификата ключа подписи, а также установить отсутствие искажения информации в электронном документе. ЭЦП является программно-криптографическим средством, которое обеспечивает проверку целостности документа, конфиденциальность документа, установление авторства документа. Использование ЭЦП позволяет передавать в открытом виде документы, в том числе через Интернет, которые верифицируются с использованием открытого ключа подписи.

Авторами была разработана программа создания электронной цифровой подписи, которая позволяет создавать и верифицировать сигнатуры для файла любого типа и любого объема. Сигнатура - это файл малого объема (при использовании данной программы - 310 байт), однозначно связанная с файлом, подписью которого она является. Каждой сигнатуре соответствует один и только один файл, но подписанный файл может иметь более одной сигнатуры. Это может быть в том случае, когда требуется подписание файла несколькими людьми, причем имеется возможность соблюдения иерархии, которая устанавливается по меткам времени (с разрешением до 1 сек) создания сигнатур. Все сигнатуры должны храниться, копироваться, пересылаться только совместно с файлом, подписями которого они являются. Алгоритм программы основан на криптосистеме RSA впервые опубликованной в журнале Scientific American (авторы Рональд Ривест, Ади Шамир и Леонард Адлеман). В данной программе использовано также динамическое решето, разработанное авторами данной публикации.

Программа разработана в виде программного модуля на языке Perl под операционной системой FreeBSD. Также используются 2 стандартных модуля

Perl, реализующие функции модуля высокого разрешения времени: определения метки текущего времени часов компьютера и определения интервала между двумя метками времени. Из системных средств использовалась также 2 утилиты ОС FreeBSD. Первая утилита используется для получения хеш-кода любого файла по любой из 4 стандартных функций хеширования: md5, rmd160, sha1 и sha256. Вторая утилита используется для получения полного списка простых чисел в заданном диапазоне.

Программный модуль включает три процедуры: генерации ключей, подписание документа и верификации подписанного документа.

Первая процедура реализует подбор двух случайных простых ВЮ и вычисления пары ключей RSA.

Файл открытого ключа (объема 650 байт) содержит в первой строке два больших числа, разделенные пробелом, а в следующих двух строках 14-значные числовые метки времени начала и завершения срока действия данной пары ключей ЭЦП RSA. Пара ключей генерируется специальной процедурой на компьютере обладателя подписи и личный ключ перед завершением процесса выводится на личный внешний носитель обладателя подписи. Открытый ключ выводится в файл в текущий директорий. Перед запуском процедуры нужно проверить правильность даты и времени на компьютере и смонтировать в дерево UNIX внешний носитель личного ключа (флеш-накопитель). Процедура требует интерактивный ввод единственного значения 6 или 8 или 10 цифр, задающих срок действия этой пары ключей. Длина ключа зависят от желания обладателя ЭЦП задать окончание действия ключей с точностью до часа или минуты. Обязательно задаются только по 2 цифры года, месяца и дня в месяце. Умолчание для часов и минут 0000. Это самая длительная процедура в технологии ЭЦП в данном варианте программы, которая на «медленном» компьютере с быстродействием примерно соответствующим процессорам недорогих смартфонов требует от 13 до 60 сек. Быстродействие достигнуто благодаря динамическому решето, разработанному авторами. Решето использует вычисления только в диапазоне обычных чисел 64-битовой архитектуры и позволяет существенно сократить необходимое число тестов по теореме Ферма для существования делителей числа в области больших чисел, которые требуют в сотни раз больше времени. Объем и состав простых чисел до 32 бит длиной в решете непостоянен и зависит от случайной выборки границы установки решета, поэтому решето называется динамическим.

Вторая процедура реализует процесс подписания файла. Процедура читает файл личного ключа с внешнего носителя и файл подписываемого документа (имена файлов задаются, как аргументы, в строке запуска процедуры). Процедура использует стандартную хеш-функцию SHA256 для получения 256-битового хеш-кода документа и, считывая текущее время с часов компьютера, формирует 14-разрядную метку времени подписания документа, конкатенирует ее с хеш-кодом и рассчитывает сигнатуру документа в форме 310-разрядного десятичного числа (около 1050 бит). Имя выводного файла сигнатуры образуется добавлением суффикса «.sgn» к имени файла подписываемого документа.

Время работы процедуры менее 4 сек. слабо зависит от размера подписываемого документа.

Третья процедура выполняет верификацию подписи, добавленной в документ. Процедура читает три входных файла: файл открытого ключа, подписавшего документ из интернета или предварительно скачанный, файл подписанного документа и файл его сигнатуры. Применяя открытый ключ, процедура восстанавливает исходную сигнатуру, отделяет от него последние 14 байт (метка момента подписания данного документа), проверяет нахождение этого момента между временем начала и окончания срока действия ключей и выводит сообщение о недействительности ключей на момент подписания документа. Затем аналогично предыдущей процедуры с помощью SHA-256 рассчитывает 256-битовый код документа и сравнивает его с началом восстановленного исходного файла. В зависимости от результата сравнения выводится одно из сообщений: «файл аутентичен» или «файл изменен». В качестве файла документа может использоваться любой вид файла: исполняемая программа, архив, аудио, видео и т.д. Заражение файла с документом вирусом также будет являться изменением файла. Время работы процедуры менее 5 сек. и также слабо растет с увеличением размера файла-документа.

На рис. 1 приведен пример открытого ключа KU\_20200202225938, а на рис. 2 пример личного (закрытого) ключа KR\_20200202225938. В именах файлов ключей содержится дата и время их создания.

```
63689661027220441978735510265916040366457177597504560928860041717206477732790
14168284735434163029562173330719776644338313020676537784668720232751495830000
70391028390840734928432715066445359250612192692676618352947055476040834709097
7066331157457702133546359676965781557127161323576031001631699302146735176065093
15953538474972039938103826061218839790820192251575902404970908354074250916897
31176574968933599027534720225662626754487366681359303517604778201460213699556
70729016109113572300672165295863807896549104600108521964588557139424686468450
5039850042138922785343086910165374441114882481658904519765852433239590171965723
20200401000000
20200202225938
```

**Рис. 1. Пример открытого ключа ЭЦП**

```
63689661027220441978735510265916040366457177597504560928860041717206477732790
14168284735434163029562173330719776644338313020676537784668720232751495830000
70391028390840734928432715066445359250612192692676618352947055476040834709097
7066331157457702133546359676965781557127161323576031001631699302146735176065093
13299342317216187989553556850247970518150609276228892373676342187855000469219
40667691913885726294484155177780502282963696639816915979229685862599457751577
28281320478391737726113022481981836471939716877080079452431165263399069181049
325545332312672729383572179194163494147756794218568373246013602694032970651507
20200401000000
20200202225938
```

**Рис. 2. Пример личного (закрытого) ключа ЭЦП**

В настоящее время программа используется в курсе защиты информации, поэтому она содержит подробные комментарии, выводит на экран информацию для обучения, пояснения производимых вычислений, промежуточные результаты и хронометраж работы. Программа имеет несколько варьируемых параметров и использовалась для исследования и подбора параметров решета для данной программы и может быть использована в дальнейших исследованиях для нахождения и фиксации параметров для более длинных или коротких ключей для доставки секретных ключей в компьютерных сетях и других применений.

В представленном виде программа обеспечивает достаточную криптостойкость для использования в безбумажном документообороте предприятия как средство подписи и верификации файлов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Монахов В.И., Стрельников Б.А., Кузьмич И.В., Степанова О.П. Использование средств эллиптической криптографии для защиты информации в компьютерных сетях предприятий текстильной и легкой промышленности // Дизайн и технологии. 2014. № 44 (86). с. 124-128

2. Стрельников Б.А., Монахов В.И., Кузьмич И.В. Использование малых эллиптических групп простого порядка для защиты информации в компьютерной сети // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018, с.262-266

3. Стрельников Б.А., Монахов В. И., Федина Л.А. Расчет эллиптических групп простого порядка для защиты корпоративной сети предприятия // сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» Международного Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук» (29-30 октября 2019 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. Часть 3, с.70-75

УДК 658.7:004.9:677

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ ТОВАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ STORAGE AUTOMATION AT THE ENTERPRISE OF THE TEXTILE INDUSTRY

**Сухарев В.В.  
Sukharev V.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: sukharev-vv@rguk.ru)*

*Аннотация:* рассмотрены основные моменты, подлежащие автоматизации при организации хранения товаров текстильной промышленности, даны рекомендации по организации хранения

*Abstract:* The main points to be automated when organizing the storage of goods in the textile industry are considered, recommendations for organizing storage are given

*Ключевые слова:* текстильная продукция, склад, автоматизация

*Keywords:* textile products, warehouse, automation

Текстильная продукция является весьма специфическим товаром, долгое хранение которого не желательно по ряду причин. Здесь можно назвать и действия вредителей (моли), и тенденции моды и ряд других.

Для оперативного управления остатками товаров, для своевременной продажи остатков активно применяется автоматизация контроля складских остатков.

Помимо значительной экономии ресурсов на этапе приема и отгрузки товаров за счет снижения трудозатрат на этапе контроля состава заказа автоматизация активно применяется при выполнении таких операций, как инвентаризация склада, учет материалов, передаваемых в производство и оприходование готовой продукции.

Автоматизация позволяет учитывать различные единицы измерения товаров, например, осуществлять оприходование товара в коробках. Использование коэффициентов единиц измерения делает возможным оприходование в весовых единицах, например, в килограммах, а отгрузку в количественных, например, в штуках. Все это в значительной степени упрощает трудовую деятельность складских сотрудников и снижает вероятность ошибок, обусловленных человеческим фактором.

При автоматизации склада текстильной продукции необходимо учитывать специфику текстильной продукции – размерную сетку, цвет изделия.

Один и тот же артикул номенклатуры может быть представлен в разных размерах и цветах. Для учета данной особенности используются характеристики номенклатуры – поля для указания дополнительных разрезов учета.

Часто для учета размерного ряда и цветности пользователи вводят различные номенклатурные позиции. Это в принципе не верное решение – такие позиции номенклатуры как правило имеют одинаковый артикул, а автоматизированные системы учета умеют контролировать наличие одинакового артикула у разных позиций номенклатуры.

При переходе на новые версии программного обеспечения в данной ситуации возникают сложности с сохранением позиций номенклатуры, складских остатков и документов движения.

Отдельно нужно учесть такую операцию, как подбор аналогов при передаче материалов в производство. Если на складе не хватает определенного вида материала, в отдельных случаях его можно заменить другой позицией. Но каждый материал может быть заменен только тем материалом, который был заранее утвержден технологом. При этом желательно, чтобы при производстве партии продукции был использован материал одного вида, а не их комбинация. Оформляя заказ на производство, менеджер может заранее видеть состав продукции и то, из каких материалов он будет произведен.

Не маловажное значение имеет то, что позиции как материалов, так и номенклатуры могут быть упорядочены по сроку годности и дате производства.

На основании этой информации можно оптимизировать складскую логистику, предварительно планируя складские помещения для размещения продукции. При этом на размещение продукции на складе оказывает влияние и дата ее отгрузки – если товар размещается под определенный заказ с известной датой отгрузки, он может быть размещен таким образом, чтобы к указанной дате проход к месту размещения заказа оказался свободен.

Автоматизация учета складских остатков позволяет получить информацию не только о том, сколько и каких товаров размещено на складе, но и информацию о том, сколько товаров еще может быть размещено на складе. Для этого необходимо знать объем склада, полезный объем мест хранения, возможности технического оснащения склада, а также условия хранения номенклатурных позиций.

Особенности текстильной продукции позволяют практически не обращать внимания на рядность размещения номенклатуры. При размещении значительного количества рядов друг на друге порча продукции практически не угрожает. Но данный вид размещения товаров значительно усложняет поиск и отгрузку нужной партии товаров, поэтому на практике такой вид хранения не приветствуется и предпочтение отдается адресному хранению.

Особенностью текстильной продукции является то, что для ее хранения требуются специальные условия, прежде всего соблюдения режима влажности помещения. Для контроля условиями хранения устанавливаются специальные автоматические датчики контроля показателей влажности. При отклонении показателей от допустимых значений ответственному за хранение товаров поступает соответствующая информация.

В настоящее время без использования различных аспектов автоматизации практически невозможно организовать оптимальное хранение текстильной продукции в соответствии со всеми требованиями, в том числе требованиями безопасности, требованиями складских работников, менеджеров по продажам, логистических компаний.

Отсутствие автоматизации ведет к резкому росту издержек на складскую логистику, что является недопустимым для сохранения конкурентных преимуществ.

**ОПТИМАЛЬНЫЙ РАСКРОЙ  
КАК ЗАДАЧА ОБ УПАКОВКЕ В КОНТЕЙНЕРЫ  
OPTIMAL CUTTING  
AS A TASK ABOUT PACKING IN CONTAINERS**

**Борзунов Г.И., Фирсов А.В., Новиков А.Н.  
Borzunov G.I., Firsov A.V., Novikov A.N.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: A\_N\_Novikov@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены алгоритмы оптимального раскроя на примере нарезки стеклярусных заготовок при создании схем для вышивания стеклярусом. Показано, что задача об упаковке в контейнеры позволяет рассчитать рациональный раскрой заготовок для заданных параметров дизайн-проекта.

*Abstract:* The algorithms of optimal cutting are considered on the example of cutting glass beads when creating schemes for embroidery with glass beads. It is shown that the problem of packaging in containers allows you to calculate the rational cutting of blanks for the specified parameters of the design project.

*Ключевые слова:* оптимальный раскрой, дизайн-проект, задача об упаковке в контейнеры.

*Keywords:* optimal cutting, design project, the task of packaging in containers.

Постановка задачи: пусть для реализации дизайн-проекта требуется подготовить  $K$  стеклярусных элементов:

$K = l_1 * k_1 + l_2 * k_2 + \dots + l_r * k_r$ , где  $r$  – число типоразмеров,  $k_i$  – длина стеклярусного элемента  $i$ -того типоразмера,  $l_i$  – требуемое количество стеклярусных элементов длиной  $k_i$  при  $i=1, 2, \dots, r$ .

Требуется получить  $K$  указанных стеклярусных элементов путём гильотинного раскроя (нарезки) из минимального количества трубок, длиной  $P$ .

Это известная в комбинаторной оптимизации задача о раскрое (cutting stock problem), практическая ценность которой определяется ее широкой распространённостью. Вместо стеклярусных трубок могут подвергаться раскрою листы металла или доски одинаковых размеров, из минимального количества которых требуется получить определенное количество заготовок заданной длины. В области информационных технологий, используемых в дизайне, существует задача записи заданного набора значительных по объему файлов (например, запись библиотеки изображений) на минимальное число DVD-дисков.

Адекватной математической моделью оптимального раскроя стеклярусных трубок является известная задача комбинаторной оптимизации: «Задача об упаковке в контейнеры» [1]. Пусть имеется  $n$  предметов фиксированного объе-

ма и некоторое количество контейнеров одинакового объема. Требуется упаковать предметы в контейнеры, используя минимальное количество контейнеров. При этом суммарный объем предметов, упакованных в один контейнер, не должен превышать объема контейнера. Если поставить в соответствие предметам элементы стекляруса, контейнерам заданного объема – трубки заданной длины, то решение задачи об упаковке в контейнеры будет одновременно решением задачи оптимального раскроя стеклярусных трубок. Поэтому ниже рассматриваются алгоритмы решения задачи об упаковке в контейнеры.

Будем считать, что объем каждого контейнера равен единице. Тогда задача об упаковке в контейнеры (bin packing problem) может быть сформулирована следующим образом [2]:

Дано: множество предметов  $L = \{1, 2, \dots, n\}$  и их веса  $w_i \in (0, 1), i \in L$ .

Найти: разбиение множества  $L$  на минимальное число  $m$  подмножеств  $B_1, B_2, \dots, B_m$  такое, что  $(\sum_{i \in B_j} w_i) \leq 1$  для всех  $1 \leq j \leq m$ .

Ниже приводится краткое описание некоторых алгоритмов, решающих эту задачу, и их характеристик [1, 2].

**Алгоритм «Следующий подходящий» (NF).** Предметы упаковываются в произвольном порядке по следующему алгоритму. Первый предмет помещаем в первый контейнер. На  $k$ -м шаге производится попытка поместить  $k$ -й предмет в текущий контейнер. Если предмет входит, то помещаем его и переходим к следующему шагу, иначе помещаем предмет в новый (следующий) контейнер. Временная сложность этого алгоритма составляет  $T = O(n)$ , а сложность по памяти, если не считать место для исходных данных, равна  $\Pi = O(1)$ .

Имеется теорема 1 [1].  $NF(L) \leq 2OPT(L) - 1$ , где  $NF(L)$  – число контейнеров, использованных алгоритмом  $NF$  при решении задачи для любого списка исходных данных длиной  $L$ ,  $OPT(L)$  – оптимальное (минимальное) число контейнеров требуемое при решении задачи для того же списка длиной  $L$ . На рис. 1 представлен пример применения алгоритма  $NF$  [2].

$L = \{\frac{1}{2}, \frac{1}{2N}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2N}, \dots, \frac{1}{2}, \frac{1}{2N}\}$ . Всего  $4N$  предметов.

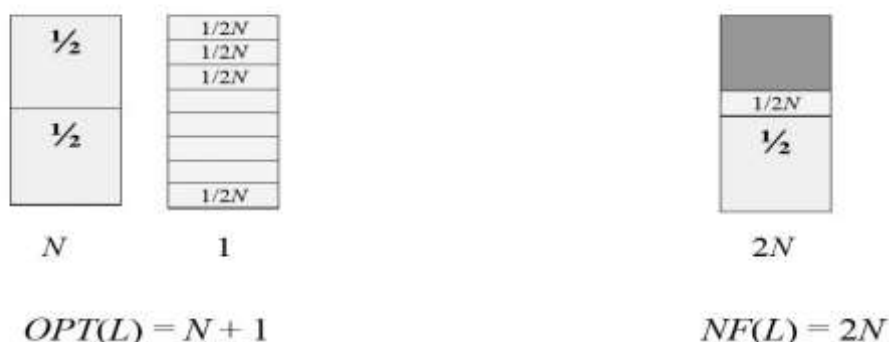


Рис. 1. Пример применения алгоритма  $NF$

**Алгоритм «Первый подходящий» (FF).** Предметы упаковываются в произвольном порядке по следующему алгоритму. Первый предмет помещается в первый контейнер. На  $k$ -м шаге отыскивается контейнер с наименьшим





## ЛИТЕРАТУРА

1. Корте Б., Фиген Й. Комбинаторная оптимизация. Теория и алгоритмы / Перевод с англ. М. А. Бабенко. — М.: МЦНМО, 2015. — 720 с.
2. Задача упаковки в контейнеры [Электронный ресурс]. // Microsoft Word – lec6.doc. — Режим доступа к ресурсу: <http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/TPR/lec6.pdf> (дата обращения: 10.07.2020).
3. Johnson D. S., Demers A., Ullman J. D., Garey M. R., Graham R. L. Worst-case performance bounds for simple one-dimensional packing algorithms // SIAM Journal on Computing. 1974. Vol. 3. P. 299-325.
4. Garey M. R., Graham R. L., Johnson D. S., Yao A. C. Resource constrained scheduling as generalized bin packing // Journal of Combinatorial Theory. Ser.A. 1976. Vol. 21. P. 257-298.
5. Xia B., Tan Z. Tighter bounds of the First Fit algorithm for the bin- packing problem // Discrete Applied Mathematics. 2010. Vol. 158. P. 1668-1675.
6. Dosa G. The tight bound of first fit decreasing bin-packing algorithm is  $FFD(J) \leq \frac{11}{9} OPT(J) + \frac{6}{9}$  // Combinatorics, Algorithms, Probabilistic and Experimental Methodologies (Chen, B., Paterson, M., Zhang, G., eds.), Springer, Berlin, 2007. (Lecture Notes in Comput. Sci.; Vol.4614). P. 1-11.
7. Задача об упаковке в контейнеры [Электронный ресурс]. // Калькулятор решает задачу об упаковке в контейнеры разными эвристическими алгоритмами. — Режим доступа к ресурсу: <https://planetcalc.ru/917/> (дата обращения: 10.07.2020).

УДК 681.5.08

### **ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАГРЕВАТЕЛЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ INFLUENCE OF DISTRIBUTING EFFECTS ON THE DYNAMIC PROPERTIES OF A RESPIRATORY MIXTURE HEATER**

**Власенко О.М.  
Vlasenko O.M.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: vlasenko-om@rguk.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены основные возмущающие воздействия, действующие на систему управления обогревом дыхательной смеси в спецодежде для глубоководных погружений. Проанализировано влияние возмущающих воздействий на динамические параметры элементов автоматической системы регулирования.

*Abstract:* The main disturbing influences acting on the control system for heating the breathing mixture in overalls for deep diving are considered. The influence of dis-

turbing influences on the dynamic parameters of the elements of the automatic control system is analyzed.

*Ключевые слова:* возмущающие воздействия, дыхательная смесь, динамические параметры, водонагреватель, коэффициент теплоотдачи.

*Keywords:* disturbing influences, breathing mixture, dynamic parameters, water heater, heat transfer coefficient.

При работе человека в экстремальных условиях при пониженной температуре и повышенном давлении необходимо применять специальную спецодежду с активными элементами защиты, то есть такими элементами, которые осуществляют обогрев за счет внешних источников энергии.

При глубоководных погружениях используют спецодежду с электрическим или водяным обогревом, при этом необходимым условием теплового комфорта водолаза является система обогрева дыхания. Для нагрева дыхательной смеси применяются водо- и электронагреватели различных конструкций [1].

Поддержание температуры дыхательной смеси на заданном уровне – это задача для автоматической системы регулирования (АСР), объектом управления которой является нагреватель дыхательной смеси. На кафедре автоматизации МГУДТ, преемником которого стал РГУ им. А.Н. Косыгина, разработаны несколько вариантов конструкций электро- и водонагревателей, исследованы их динамические свойства [1], [2].

На систему управления температурой дыхательной смеси действуют возмущающие факторы, связанные с условиями погружения на большую глубину. Наиболее значимыми являются следующие: изменение температуры окружающей воды, изменение давления смеси в зависимости от глубины погружения, изменение состава смеси, а, следовательно, ее плотности, теплоемкости и теплопроводности, изменение среднего расхода дыхательной смеси и нестационарность газового потока, обусловленная неравномерностью дыхания человека. В таблице 1 приведены параметры смеси, рассчитанные для различных глубин погружения [2].

Таблица 1. Физические параметры дыхательной смеси

Глубина погружения Н, м	Состав смеси		Давление смеси $P_{см}$ , Па	Удельная теплоемкость смеси $c_{см}$ , Дж/кг·К	Плотность смеси $\rho_{см}$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность смеси $\lambda_{см}$ , Вт/м·К
	Доля гелия	Доля кислорода				
0	0	1	$10^5$	918.75	1.314	0.025
50	0.8	0.2	$6 \cdot 10^5$	2354	2.365	0.109
80	0.9	0.1	$9 \cdot 10^5$	3199	2.512	0.131
150	0.93	0.07	$16 \cdot 10^5$	3607	3.915	0.139
200	0.95	0.05	$21 \cdot 10^5$	3949	4.655	0.143
300	0.97	0.03	$31 \cdot 10^5$	4371	6.159	0.15

Приведенные возмущающие факторы влияют на процессы теплоотдачи от нагревательных элементов дыхательной смеси. Особенно заметно это в си-

стеме с водонагревателем, где происходит последовательная передача тепла от ТЭНа к воде, вода проходит по круглым трубкам до теплообменника водонагревателя, а затем тепло от воды через стенки трубок теплообменника передается газовой смеси.

Для расчетов коэффициентов теплоотдачи используются соотношения теории подобия [2]:

$$\text{- число Грасгофа:} \quad Gr_2 = \frac{\beta \cdot d_v^3 \cdot g \cdot \rho_{см}^2 \cdot \Delta\theta}{\mu_2^2}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – термодинамический коэффициент объемного расширения,  $1/\text{K}$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\Delta\theta = \theta_{62} - \theta_{ср}$  – температурный напор,  $\text{K}$ ;  $\mu_2$  – динамическая вязкость смеси,  $\text{кг}/\text{м}\cdot\text{с}$ ;  $\theta_{62}$  – температура воды на входе в теплообменник,  $\text{K}$ ;  $\theta_{ср}$  – средняя температура газовой смеси,  $\text{K}$ .

$$\text{- число Рейнольдса:} \quad Re_2 = \frac{v_2 d_v c_2 \rho_2}{0.7 \cdot \lambda_2}, \quad (2)$$

где  $c_2$ ,  $\rho_2$ ,  $\lambda_2$  – соответственно теплоемкость,  $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{K}$ ; плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; теплопроводность дыхательной смеси,  $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{K}$ ;  $d_v$  – внутренний диаметр стенок трубок теплообменника,  $\text{м}$ ;  $v_2$  – скорость движений дыхательной смеси по трубке теплообменника,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

$$\text{- число Нуссельта:} \quad Nu_2 = 0.13 \cdot Re_2^{0.33} \cdot Gr_2^{0.1}, \quad (3)$$

Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок теплообменника к газовой смеси определяется по формуле:  $\alpha_{с2} = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2 \cdot \varepsilon_l}{d_v}$ , (4)

где  $\varepsilon_l$  – средний поправочный коэффициент для труб, имеющих длину  $l < 50d$ .

Как видно из соотношений (1) – (4) коэффициент теплоотдачи от трубки к газовой смеси зависит от ее давления и состава, а также от температуры теплоносителя.

Коэффициент теплоотдачи от воды к стенкам трубок теплообменника зависит от физических параметров воды, от скорости ее движения, поэтому его изменение связано главным образом с изменением рабочего значения температуры теплоносителя:

$$\alpha_{всм} = \frac{Q_2}{S_{всм}(\theta_{62} - (\frac{Q_2 \cdot \delta_{см}}{\lambda_{см} \cdot S_{ср}} + \theta_{см}''))}, \quad (5)$$

где  $\delta_{см}$  м,  $\lambda_{см}$   $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{K}$  – соответственно толщина и теплопроводность стенок трубок теплообменника;  $S_{всм}$   $\text{м}^2$ ,  $S_{ср}$   $\text{м}^2$  – соответственно площади теплопередачи от воды к стенкам трубок теплообменника, средняя от воды к газу;  $\theta_{см}'$ ,  $\theta_{см}''$  – соответственно температура на наружной и внутренней поверхности стенки трубки теплообменника;  $Q_2$  – тепловая мощность, приносимая водой в теплообменник:

$$Q_2 = c_в \rho_в V_в (\theta_{62} - \theta_{61}), \quad (6)$$

где  $c_в$   $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{K}$ ,  $\rho_в$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $V_в$   $\text{м}^3/\text{с}$  – соответственно удельная теплоемкость, плотность и объемный расход воды через водонагреватель.

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить модели зависимости коэффициентов теплоотдачи от глубины погружения на диапазоне глубин 0 – 300 м [4].

Уравнения линейных моделей:

$$\alpha_{вст} = 150.22 + 1.66 \cdot H \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (7)$$

$$\alpha_{сз} = 19.67 + 0.72 \cdot H \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (8)$$

Уравнения нелинейных моделей:

$$\alpha_{вст} = 119.1 + 34.8 \cdot H^{0.35} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (10)$$

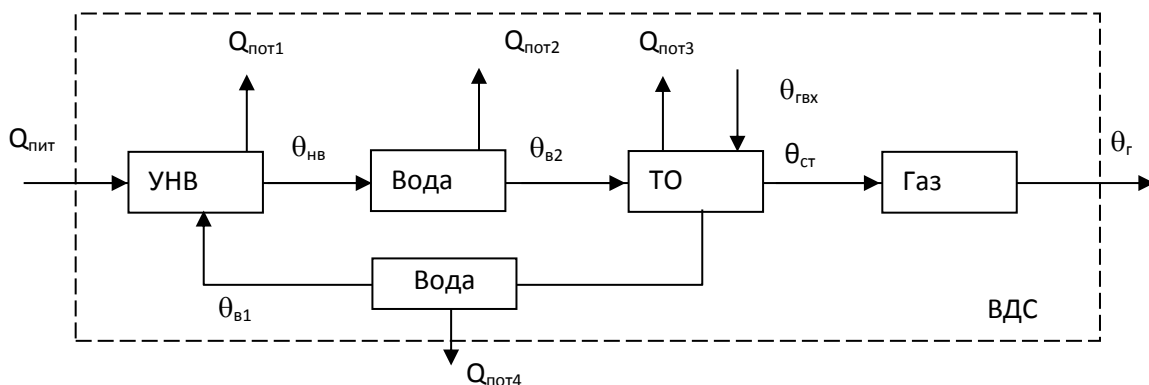
$$\alpha_{сз} = 12.5 + 5.5 \cdot H^{0.57} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (11)$$

здесь  $H$  – глубина погружения, м.

Для коэффициента теплоотдачи от воды к стенкам трубок теплообменника значения, полученные по нелинейной модели, расходятся с экспериментальными значениями в пределах 1%, тогда как расхождение линейной модели составляет в среднем 10%.

Для коэффициента теплоотдачи от стенок трубок теплообменника газу значения, полученные по нелинейной модели, расходятся с экспериментальными значениями в пределах 4%, а расхождение линейной модели составляет в среднем 10%.

Рассмотрим влияние коэффициентов теплоотдачи на динамические свойства водонагревателя дыхательной смеси (ВДС) как объекта управления. На рисунке 1 приведена функциональная схема системы водообогрева.



**Рисунок 1. Функциональная схема системы водообогрева дыхательной смеси**

В нее входит устройство нагрева воды (УНВ), трубки с водой и теплообменник (ТО). Горячая вода с помощью насоса циркулирует по замкнутому контуру. Входное воздействие в автоматической системе регулирования (АСР) – мощность питания УНВ  $Q_{пит}$ . Выходная величина – температура дыхательной смеси на выходе теплообменника  $\theta_г$ .

Для УНВ получена следующая передаточная функция:

$$W_{НВ}(p) = \frac{k_{НВ}}{T_{НВ}p + 1}, \quad (12)$$

где коэффициент передачи и постоянная времени определяются по формулам:

$$k_{НВ} = \frac{1}{S_{ТВ} \alpha_{ТВ}}, \quad T_{НВ} = \frac{c_{НВ} \rho_{НВ} V_{НВ}}{S_{ТВ} \alpha_{ТВ}}, \quad (13)$$

$S_{mв}$  – площадь теплопередачи от тэна к воде, м<sup>2</sup>;  $\alpha_{mв}$  – коэффициент теплоотдачи от тэна к воде, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\theta_{в1}$  – температура воды, поступающей в УНВ, К;  $c_{нв}$ ,  $\rho_{нв}$  и  $V_{нв}$  – соответственно массовая удельная теплоемкость, Дж/кг·К; плотность, кг/м<sup>3</sup>, и объем тэна, м<sup>3</sup>;  $\theta_{нв}$  – температура на поверхности тэна, К.

Передаточная функция воды на участке от УНВ до ТО:

$$W_{в}(p) = \frac{k_{в}}{T_{в}p+1}, \quad (14)$$

где соответственно постоянная времени и коэффициент передачи воды:

$$T_{в} = \frac{m_{в2}c_{в}}{c_{в}\rho_{в}V_{в}+C_{ном1}}, \quad k_{в} = \frac{\alpha_{мв}S_{мв}}{c_{в}\rho_{в}V_{в}+C_{ном1}} \quad (15)$$

здесь  $m_{в2}$  – масса воды в УНВ и соединительной трубке от УНВ до ТО, кг;  $C_{ном1}$  – коэффициент теплопотерь через стенки трубки.

Передаточная функция воды на участке от ТО до УНВ:

$$W_{вм}(p) = \frac{k_{вм}}{T_{вм}p+1}, \quad (16)$$

где соответственно постоянная времени и коэффициент передачи воды:

$$T_{вм} = \frac{m_{в1}c_{в}}{c_{в}\rho_{в}V_{в}+C_4}, \quad k_{вм} = \frac{c_{в}\rho_{в}V_{в}-\alpha_{всм}S_{всм}-C_3}{c_{в}\rho_{в}V_{в}+C_4} \quad (17)$$

здесь  $m_{в1}$  – масса воды в ТО и в соединительной трубке от ТО к УНВ, кг;  $C_3$  и  $C_4$  – коэффициенты теплопотерь через стенки теплообменника и трубки.

Передаточная функция теплообменника:  $W_{см}(p) = \frac{k_{см}}{T_{см}p+1}, \quad (18)$

где соответственно постоянная времени и коэффициент передачи теплообменника:

$$T_{см} = \frac{c_{см}\rho_{см}V_{см}}{S_{с2}\alpha_{с2}+S_{всм}\alpha_{всм}}, \quad k_{см} = \frac{\alpha_{всм}S_{всм}}{S_{с2}\alpha_{с2}+S_{всм}\alpha_{всм}} \quad (19)$$

здесь  $c_{см}$  – удельная теплоемкость, Дж/кг·К;  $\rho_{см}$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{см}$  – суммарный объем, м<sup>3</sup>, стенок трубок теплообменника.

Передаточная функция газовой смеси:  $W_2(p) = \frac{k_2}{T_2p+1}, \quad (20)$

где соответственно постоянная времени и коэффициент передачи газовой смеси:

$$T_2 = \frac{m_2c_2}{c_2\rho_2V_2+0.5S_{с2}\alpha_{с2}}, \quad k_2 = \frac{\alpha_{с2}S_{с2}}{c_2\rho_2V_2+0.5S_{с2}\alpha_{с2}} \quad (21)$$

Анализируя соотношения для динамических параметров элементов системы водогрева дыхательной смеси (15), (17), (19) и (21), можно сделать следующий вывод: при изменении глубины погружения и воздействии связанных с этим возмущающих факторов, меняются коэффициенты теплоотдачи в теплообменнике и, следовательно, меняются постоянные времени водонагревателя. Главным образом, изменяется постоянная времени газовой дыхательной смеси и теплообменника. Для упрощения исследования динамических свойств системы управления и подбора параметров управляющего устройства, постоянные времени воды можно принять постоянными. Постоянная времени УНВ от изменения глубины погружения не зависит.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов В.В. Автоматическое регулирование температуры в спецодеждах водолазов. Монография. – М.: РИО МГУДТ, 2012. – 346 с.
2. Власенко О.М., Ефремов В.В., Ромаш Э.М. Определение динамических параметров водонагревателя дыхательной смеси как объекта АСР температуры в водолазной спецодежде // Вестник МГУДТ, вып. №5(47), М., 2006, С.196-206.
3. Власенко О.М. Разработка автоматической системы регулирования температуры дыхательной смеси для обогреваемой спецодежды глубоководных водолазов Дисс. ... канд. техн. наук. М.: МГУДТ, 2009. 231 с.
4. Власенко О.М., Ефремов В.В. Экспериментальное исследование водонагревателя дыхательной смеси в спецодежде глубоководных водолазов. // Дизайн и технологии. №11 (53). 2009. С.109-113.

УДК 677.057.135

### СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ НАГРЕВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СУШКЕ ТКАНИ В ПРОЦЕССЕ ПРОПИТКИ COMPARISON OF METHODS OF TEXTILE MATERIALS HEATING DURING PERIODIC TISSUE DRYING DURING IMPREGNATION

Комбаров Ю.С., Рыжкова Е.А.  
Kombarov Y.S., Ryzhkova E.A.

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: hunger21021995@gmail.com)*

*Аннотация:* Рассмотрен технологический процесс пропитки ткани гидрофобными растворами, указаны проблемы управления процессом, проведено сравнение существующих методов сушки, предложена структура сушильной камеры.

*Abstract:* The technological process of fabric impregnation with hydrophobic solutions is considered, the problems of process control are indicated, the comparison of existing drying methods is made, the structure of the drying chamber is proposed.

*Ключевые слова:* пропитка ткани, сушильная камера, ИК-нагреватели.

*Key words:* fabric impregnation, drying chamber, infrared heaters.

Пропитка ткани является заключающей стадией процесса обработки ткани перед ее дальнейшим использованием в производстве. На рынке можно найти множество разнообразных в плане физических и химических свойств пропиток. В данной статье рассмотрим процесс сушки и закрепления водоотталкивающей (гидрофобной) пропитки. Данный вид отделки используют в основном для плащевых, одежных и зонтичных тканей. Пропиточные растворы, используе-

мые для водоотталкивающей отделки, по принципу действия разделяются на две группы:

1. Вещества, не вступающие в химическую реакцию с тканью, но препятствующие смачиванию ткани водой или затрудняющие проникание влаги внутрь ткани. После нанесения на поверхность ткани, они образуют тонкие пленки, сквозь которые не проникает вода.

2. Вещества, образующие с волокном гидрофобные соединения за счет блокировки гидрофильных групп ткани, после чего она обретает гидрофобные свойства.

При нанесении на ткань водоотталкивающей пропитки на основе препаратов обеих групп поры тканей остаются открытыми и свойства влагоотвода и терморегуляции полностью сохраняются.

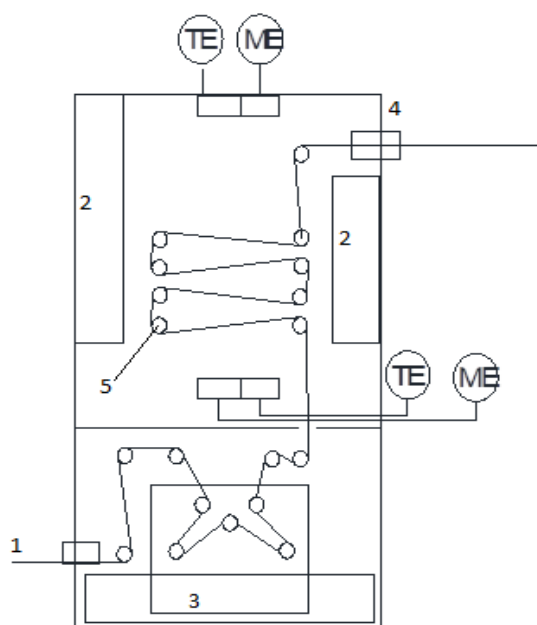
К веществам первой группы относятся высокомолекулярные вещества на основе парафина в сочетании с солями алюминия или циркония (например, парафиново-стеариновая эмульсия). Их применяют в виде эмульсионных растворов. Недостатком указанных видов пропитки можно обозначить малую сопротивляемость химической чистке и легкая вытравливаемость из ткани. Из-за данного недостатка такие вещества в настоящее время почти не применяются в производстве. Более широкое применение получили вещества, образующие на поверхности ткани нерастворимую гидрофобную пленку, или придающие гидрофобные свойства за счет реакции с волокном в ткани, изменяя его параметры абсорбции (водопоглощения) и смачиваемости.

В процессе производства пропитанных тканей заключительным этапом обработки является процесс сушки ткани и закрепление раствора на ней. Сушка после пропитки принципиально не отличается от сушки в процессе шлихтования или крашения ткани. Процесс закрепления заключается в быстром и точном «тепловом ударе», который происходит за счет резкого увеличения температуры в сушильной камере на необходимый временной интервал. В настоящее время в таких камерах используется конвективный метод сушки. Данный метод основан на подаче разогретого воздуха в камеру, и ввиду большой инерционности не подходит для закрепления. Для закрепления предлагается использовать инфракрасный нагреватель, способные в краткий срок нагреть ткань до необходимой температуры.

Также стоит рассмотреть способ поверхностного нагрева ткани, путем разогревания валов или роликов в камере. Данный способ также может показаться эффективным в процессе закрепления раствора на ткани, но при этом данный метод обладает существенным недостатком. В процессе закрепления при нагреве поверхности вала до необходимой температуры будет происходить структурное изменение волокна, его деформация, может произойти сжатие волокна, что недопустимо для дальнейшего производства.

Автоматическое управление процессом технологическим процессом пропитки заключается в своевременном управлении подачей ткани с помощью системы подающих валов, и точного температурного контроля в процессе закрепления раствора на ткани.





**Рис.1. Схема установки для пропитки**

**1 - ткань, подаваемая на вход камеры, 2 - инфракрасные нагреватели, 3 - ванна с раствором для пропитки, 4 - выход установки, 5 - валы, перемещающие ткань, ТЕ – датчик температуры, МЕ – датчик влажности**

Предложенная установка состоит из двух, совмещенных между собой камер: камера пропитки и сушильная камера. Пропитываемый материал закрепляется на транспортирующей ленте, проходит через ванну с пропитывающим раствором, и поднимается в сушильную камеру, после чего камера пропитки изолируется и начинается процесс сушки. Когда влажность достигает необходимых показателей, вырабатывается тепловой удар, с помощью которого происходит закрепление пропитывающего вещества на ткани. После этого ткани покидает камеру.

Также возможен способ с закреплением ткани на штативе в сушильной камере. После чего необходимо погрузить штатив в пропитывающую ванну, поднять штатив через отжимные валы обратно в сушильную камеру. Затем начинается процесс сушки. Перед этим необходимо изолировать камеру пропитки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шубина Е.В., Никифоров А.Л., Мельников Б.Н. Новая технология малосминаемой отделки текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2003. №1, с. 72-76.
2. Кричевский Г.Е., Никитков В.А. Теория и практика подготовки текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 208 с.
3. Никифоров А.Л., Шубина Е.В., Мельников Б.Н. Использование высокочастотного нагрева для интенсификации процессов малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2001. №6, с. 41-43.

**СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ МАНЕКЕНА ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО  
ПОДИУМА  
CREATION OF A 3D MANNEQUIN MODEL FOR A VIRTUAL PODIUM**

**Никитиных Е.И.  
Nikitinykh E.I.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: elenanik\_67@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье приведено описание основных этапов обработки сканированных изображений в специализированном программном обеспечении. Представлена методика обработки 3D-сканов с учетом возможных технических программных и аппаратных ограничений. Разработана технология оптимизации и ретопологии виртуального 3D манекена. Разработана модель виртуальной примерочной комнаты для демонстрации моделей одежды и головных уборов на 3D манекенах.

*Abstract:* The article describes the main stages of processing scanned images in specialized software. A technique for processing 3D scans is presented taking into account possible technical software and hardware limitations. The technology of optimization and retopology of the virtual 3D dummy has been developed. A model of a virtual dressing room has been developed to demonstrate models of clothes and hats on 3D mannequins.

*Ключевые слова:* виртуальный 3D манекен, 3D моделирование, технология обработки 3D сканов, оптимизация моделей, ретопология.

*Key words:* virtual 3D mannequin, 3D modeling, technology for processing 3D scans, optimization of models, retopology.

В настоящее время становится все более популярным создание уникальных фигурок и манекенов на основе 3D-скана клиента [1].

Клиенту предоставляется возможность для создания своего персонажа в образе виртуального 3D манекена и изготовления коллекционной фигурки со своим лицом. Виртуальные 3D манекены все чаще используется в качестве 3D-аватаров людей для социальных сетей и игровых миров, а также и при проведения конференций, конвенций и других мероприятий в рамках виртуального пространства. Основной целью этого проекта являлась разработка 3d модели манекена для задач виртуальной демонстрации головных уборов [2].

Можно выделить 3 основных задачи данного проекта:

- Изучение и корректировка методик работы с 3d сканером и специализированным программным обеспечением для обработки 3D сканированных объектов.

- Исследование характеристик материалов применяемых для различных моделей головных уборов для реалистичной визуализации.
- Исследование и подбор текстур, которые будут использоваться во время виртуальной визуализации головных уборов.

Вся необходимая обработка сканов выполнялась в специализированном программном обеспечении (рис.1).

На каждом этапе обработки 3D модели выделяются основные технические ограничения: использование или нет PBR шейдеров, качество и размер текстур, какие карты необходимо в дальнейшем будет запечь, возможный лимит полигонов, будет ли анимироваться модель в виртуальной примерочной. В качестве рабочего концепта было использовано изображение, показанное слева на рисунке 1.



**Рис.1. Отсканированный образ и обработанная модель манекена**

Оптимизация позволила создать на основе высоко полигональной модели новый объект с небольшим количеством полигонов в соответствии с установленными требованиями. Для ускорения визуализации модели выполнена ретопология существующей поверхности и замена ее на поверхность с наиболее оптимальной геометрией [3].

При каждом сканировании, с использованием 3D-сканера Texel Portal, сохраняется оригинальный видеопоток. В новых версиях Texel Studio есть экспорт кадров из формата программы в формат JPEG. Для обработки изображений используется редактор Adobe Photoshop.

Для изображений, снятых при одном и том же освещении, используются одни и те же настройки операции для каждого изображения.

- Shadows: Amount – 50%, Tonal Width – 50% Radius – 53 px
- Highlights: Amount – 10%, Tonal Width – 50% Radius – 30 px

- Adjustments: Color Correction -3, Midtone Contrast 0
- Дополнительно можно удалить тени.

На этапе создания одежды и головных уборов для модели манекена сначала нужно будет определить материалы и подобрать их толщины. Предварительно выбрать и смоделировать дизайн для моделей, которые будут участвовать в демонстрации на виртуальном подиуме, а также разработать схему для размещения дополнительного освещения. Программы 3ds Max предоставляет возможность не только для создания различных 3d объектов, но и для изменения их расположения в пространстве виртуального подиума и для корректировки в нужный момент деталей 3D объектов.[4]

Перед тем как наносить текстуру на объекты, нужно выбрать в какой системе визуализации будем работать. В этом проекте была выбрана система визуализации V-Ray (рис. 2).



Рис.2. 3D модель виртуального пространства

Таким образом, работа над моделью виртуального 3D манекена включала в себя несколько этапов:

- Сканирование с использованием 3D-сканера Texel Portal и определения его оптимальных параметров, анализ подходящего концепта персонажа; обработка геометрии скана, определения инструментария и шагов доработки скана в программе ZBrush.
- Создания моделей одежды в Marvelous Designer, детализация и оптимизации модели с учетом требований визуализации.
- Текстурирование в Substance Painter 2 и создания текстурных карт.[5,6]

Так же модели, созданные по описанной выше методике, могут быть использованы для расширения базы данных 3D-сканов людей для обучения алгоритмов (например, нейросетей) Из одного реального 3D-скана можно воссоздать большое количество проекций в разных позах, одежде, симулировать

движение и т.д. Также в дальнейшей перспективе возможно использование нейросетей на ручной работе дизайнеров, чтобы использовать возможности автоматической генерации аватаров с нужным набором свойств.[7-9] Модели 3D манекенов, с хорошей сеткой могут найти широкое применение в исследованиях посвященных разработке и адаптации параметрических параметров моделей тела человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитиных Е.И., Михайлов М.М. Разработка 3D-моделей для проектирования изделий текстильной и легкой промышленности// В сборнике: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. С. 129-131.

2. Никитиных Е.И., Шлык М.В. Разработка приложения для визуализации здания университета с помощью средств дополненной реальности/ В сборнике: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2020). М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. С. 11-14.

3. Никитиных Е. И. Информационные технологии в обработке сканов и моделировании персонажей// Информационные системы и технологии: вопросы теории и практики: материалы I Всерос. науч.-практ. конф. (Кострома, 27 апреля 2018 г.), 2018 - с. 52-56.

4. Никитиных Е.И. Моделирование манекена для демонстрации головных уборов // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2018. № 1. с. 53-58.

5. Никитиных Е.И. Разработка виртуального 3D манекена для визуализации моделей головных уборов// В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) сборник материалов международной научно-технической конференции. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. С.115-120.

6. Никитиных Е.И. Разработка методики 3D моделирования и визуализации манекена на основе - скана// В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) сборник материалов международной научно-технической конференции. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. С.111-115.

7. Никитиных Е.И., Элеменкин А.Н. Трехмерное моделирование и визуализация здания университета// В сборнике: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2020) М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. С. 133-136.

8. Никитиных Е.И., Гуляева Е.В. Основные этапы в разработке комплекса детской мебели из дерева// В сборнике: Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2020). М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. С. 139-143.

9. Никитиных Е.И., Лукина Е.С. 3D-моделирование комплекта модульной системы мягкой мебели для зоны отдыха в школах// В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020). М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. С. 147-150.

**ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ  
В ИНДУСТРИИ МОДЫ  
VIRTUAL REALITY AND AUGMENTED REALITY  
IN THE FASHION INDUSTRY**

**Фирсов А.В., Смирнов В.Б., Гетманцева В.В., Каршакова Л.Б.  
Firsov A.V., Smirnov V.B., Getmantseva V.V., Karshakova L.B.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
Kosygin Russian state University, Moscow  
(email: firsov\_a\_v@mail.ru; lkarshak@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье проведен анализ использования виртуальной и дополненной реальности на разных этапах производства одежды. Был сделан анализ и выбор программных и технических средств для трехмерного проектированию одежды. В качестве инструментального средства была выбрана профессиональная система автоматического проектирования. Результаты исследования внедрены в учебный процесс.

*Abstract:* The paper analyses the use of virtual and augmented reality at different stages of clothing production. Software and hardware for three-dimensional clothing design were analyzed and selected. A professional system of automatic design was chosen as a tool. The research results are implemented in education.

*Ключевые слова:* виртуальная реальность, дополненная реальность, производство одежды, индустрия моды, программное обеспечение, оборудование, методика.

*Keywords:* virtual reality, augmented reality, clothes, fashion, software, methodology.

В последнее время очень часто упоминаются в средствах массовой информации технологии дополненной и виртуальной реальности. С их помощью становятся возможными не только предварительные просмотры и консультации, но и более серьезные вещи, вроде дистанционного редактирования внешнего вида готовых изделий.

Понятие виртуальной реальности появилось в конце 60-х годов прошлого века, благодаря американскому компьютерному художнику Майрону Крюгеру. Виртуальная реальность (virtual reality, VR) — это симуляция реальности при помощи компьютерных технологий. Используя технические средства, создаются объекты реального мира, которые передаются пользователю через ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и т.д. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для того, чтобы «погрузиться» в виртуальную реальность, как правило, используются специальных приспособления, как правило, шлем или пульт. Данные оборудования предназначены для контроля и управления действиями в среде. Чаще всего используется в индустрии развлечений, для симуляции и обучению определенным навыкам.

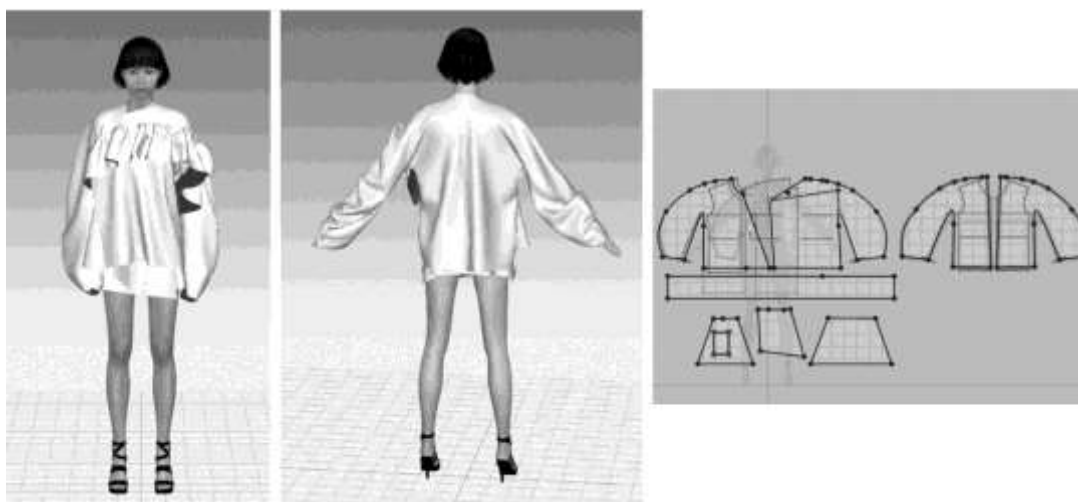
Технология дополненной реальности появилась несколько позже в 1990 году в рамках компании Боинг, благодаря исследователю Тому Коделу. Дополненная реальность (augmented reality, AR) — это технология, накладывающая смоделированные компьютером слои улучшений на существующую реальность для того, чтобы внести дополнения в существующий мир. Например, показ расстояния на спортивном поле. Зачастую в качестве платформы используются приложения для мобильных устройств, таких как ноутбуки, смартфоны и планшеты.

Отличие технологий заключается в том, что виртуальная реальность предлагает цифровую реконструкцию мира, которая полностью сгенерирована и управляется компьютером, а дополненная реальность предназначена для создания цифровых элементов для наложения вспомогательного изображения на существующий мир.

В качестве сходных черт можно отметить, что задействуются одни и те же типы технологии, и то, что обе они служат на благо пользователей.

Для реализации бизнес-моделей используется программное обеспечение трех типов: универсальное, специальное и профессиональное. Универсальное предполагает возможность выполнения всех задач и всех отраслей. К таким программам можно отнести Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya.

При работе в этих программах возникают большие временные затраты и качество результатов не всегда соответствует ожиданию. Специальное программное обеспечение призвано выполнять одну узко специализированную функцию. DAZ 3D и Poser оптимизированы для создания 3D-моделей человеческих фигур и аминированию их. Профессиональное программное обеспечение заточено именно под задачи конструирования и визуализации одежды. Их существенным недостатком является высокая стоимость. Авторами было произведено исследование следующего профессионального ПО.



**Рис.1. Создание модели с использованием аватара**

Разработка компании Cadrus программа Grafis специализируется на швейном производстве. Программа включает в себя варианты основ изделий, умеет выполнять градацию по размерным признакам и делать раскладку деталей кроя. Система Julivi от компании «Сапрлепром» включает в себя 2D и 3D

программы проектирования одежды. Редактор одежды Redcafe позволяет работать с чертежом, строить и моделировать выкройки одежды. Программа умеет задавать припуски на швы, делать градацию и разведение лекал. Redcafe включает базу типовых размеров с возможностью добавлять индивидуальные. Система автоматизированного проектирования Assyst от немецкой компании Assyst GmbH - лидер в этой области в Германии: на его базе работает около 80% предприятий страны и более 250 мировых брендов. Среди них – Hugo Boss, S.Oliver, Braх, Marc O’Polo, Adidas. Assyst GmbH работает с облачными технологиями: веб-сервис Autocost позволяет управлять производственными заказами. Американская компания Wild Ginger Software выпускает две специализированные программы – Cameo и PatternMaster. Программа для создания одежды OptiTex способна производить измерения и применения на электронных моделях, делать различные расчеты вместе со свойствами различных тканей. Имеется возможность разместить выкроенные детали на мотке ткани и тем, самым симитировать виртуальный показ как на подиуме. Электронная модель продемонстрирует изделие в движении.

Есть и программы со свободной лицензией, например PatternViewer программа американских разработчиков PatternMaker, в которую встроены шаблоны моделей женской одежды. Программа позволяет использовать как базовые размеры, так и задавать индивидуальные параметры. А также свободная программа FanReal построения основ выкроек одежды, которая предлагает выбрать фасон, задать прибавки на свободу облегания, менять и уточнять размерные данные при построении.

Одними из самых распространенных ПО для этих целей является CLO3D и Marvelous Designer. Эти два продукта очень похожи, имеют схожий интерфейс и функции. Основное различие состоит в возможности импорта/экспорта лекал одежды из систем автоматизированного проектирования и изменения размеров аватаров в CLO3D. Marvelous Designer в основном используется в индустрии игр и анимации, а CLO3D в индустрии моды (рис. 1).

Так же важную роль для создания вещей в рамках новых бизнес-моделей имеет прогрессивные изменения в современное оборудовании для текстильной промышленности, появление сканеров, плоттеров для лекал, принтеров для сублимационной печати и пр.

В области получения трехмерных изображений используется иногда технология фотограмметрии позволяет создавать из фотографий с разных ракурсов съемки, например, для размещения изделия на сайт. 3D-сканеры, которые используется для создания аватаров, бывают двух типов: текстурированный свет и оптическая триангуляция. В Инжиниринговом центре РГУ им. А.Н. Косыгина используется ручной оптический сканер Artec 3D. Опыты показали высокую точность работы этого профессионального оборудования. Недостатком является затраты времени на само сканирование и постобработку в трехмерных редакторах. В качестве универсального средства можно для выполнения этих же задач использовать бесконтактный сенсорный игровой контроллер для консоли Xbox — Kinect. Для поставленных задач у данного контроллера низкое качество камеры, что отражается на результате. Достоинством такого решения является стоимость и



скорость. При использовании четырех периферийных устройств Kinect и специального ПО можно получить трехмерную модель за считанные секунды.



**Рис.2. Разработка трехмерной коллекции одежды в профессиональном программном обеспечении**

На базе Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина проведены исследования по внедрению виртуальной и дополненной реальности в индустрии моды на разных стадиях производственных процессов. Изучение технологии цифрового проектирования в индустрии моды в РГУ им. А.Н. Косыгина внедрено в учебный процесс на всех этапах образования от уроков технологии в гимназии до дополнительного образования в центре технологической поддержки образования, от среднего профессионального образования в колледже до высшего профессионального образования в бакалавриате. Продуктом обучения является создание аватаров, разработка виртуальных коллекций в профессиональной ПО, разработка презентационных материалов и видеороликов (рис. 2). В роликах демонстрируются виртуальные коллекции на виртуальном подиуме. Обычно коллекцию включают от трех до пяти моделей, показы составляют от трех до пяти минут.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А., Фирсов А.В. Информационные и компьютерные технологии в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности — 2018, №4(376). С. 107-109.
2. Каршакова Л.Б., Яковлева Н.Б., Бесчастнов П.Н. Компьютерное формообразование в дизайне — М.: ИНФРА-М, 2015.
3. Гетманцева В.В. Разработка методов интеллектуализации процесса автоматизированного проектирования женской одежды : 05.19.04/ В.В. Гетманцева: дис. ... канд. техн. наук / МГУДТ. – Москва, 2006. С. 168
4. Рачковская И.А. Основные тенденции трансформации логистики в ходе неоиндустриализации // Вестник Москов. Универ-та. Сер.6. Экономика. 2016. №3.

5. The designer of tomorrow. // Lectra, [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL:<https://www.lectra.com/sites/lectra.com/files/document/lectra-white-paper-designer-tomorrow-en.pdf> (дата обращения 23.01.2020 )
6. Ten trends for the fashion industry to watch in 2019. // McKinsey [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/ten-trends-for-the-fashion-industry-to-watch-in-2019> . (дата обращения 29.01.2019)
7. <https://www.augment.com/blog/virtual-reality-vs-augmented-reality/>
8. <https://controleng.ru/magazine/control-engineering-rossiya-ii-ot-may-2018/>

**УДК 67:338**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫПУСКА  
ПРОДУКЦИИ ОДНОГО ВИДА ДВУМЯ ФИРМАМИ ПРИ НАЛИЧИИ  
КОНКУРЕНЦИИ МЕЖДУ НИМИ  
MATHEMATICAL MODELS OF CHANGES  
IN THE OUTPUT OF ONE TYPE OF PRODUCT BY TWO FIRMS  
IN THE PRESENCE OF COMPETITION BETWEEN THEM**

**Михайлов Б.С.  
Mikhailov B.S.**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна  
Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design  
(e-mail: [tpnm@yandex.ru](mailto:tpnm@yandex.ru))*

*Аннотация:* Получены математические модели в виде систем дифференциальных уравнений, описывающих изменение выпуска продукции одного вида двумя конкурирующими фирмами. Установлены условия, при которых точка равновесия, является устойчивой или неустойчивой.

*Abstract:* Mathematical models are obtained in the form of systems of differential equations describing changes in the output of one type of product by two competing firms. The conditions under which the equilibrium point is stable or unstable are established.

*Ключевые слова:* математические модели, выпуск продукции, конкуренция между фирмами.

*Keywords:* mathematical models, production output, competition between firms.

Пусть две фирмы выпускают продукцию одного вида. Выпуск продукции первой фирмы в момент времени  $t$  есть  $n_1$ , второй –  $n_2$ . Величина  $n$  может быть как непрерывной переменной (например, выпуск ткани в метрах), так и дискретной (например, число каких-то деталей машин). Мы будем далее рассматривать дискретную величину  $n$  как непрерывную переменную, что вполне допустимо, если  $n$  довольно велико.

Допустим, что средняя скорость роста выпуска продукции одной фирмы составляет  $r$  на одно изделие (на единицу продукции), так что за время  $dt$  выпуск продукции  $n$  увеличивается на  $rndt$ . Это означает, что  $dn = rndt$ . Поэтому изменение объема выпуска  $n$  описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dn}{dt} = rn, \quad (1)$$

решение которого имеет вид:

$$n = n_0 e^{rt}, \quad (2)$$

где  $n_0$  – выпуск продукции в начальный момент времени  $t = 0$ .

Наложим на экспоненциальный рост, выраженный формулой (2), некоторый фактор, характеризующий замедление и увеличивающийся с ростом выпуска. Допустим, что степень замедления роста для единицы продукции пропорциональна величине выпуска, то есть что результирующая скорость роста выпуска продукции равна не  $r$ , а  $(r - \mu n)$ , где  $\mu$  – коэффициент замедления роста. Тогда уравнение (1) принимает вид [1, с. 239]:

$$\frac{dn}{dt} = rn - \mu n^2, \quad (3)$$

а его решение выражается формулой:

$$n = \frac{r}{\mu + \left( \frac{r}{n_0} - \mu \right) \cdot e^{-rt}}. \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает S-образную кривую, наклон которой вначале монотонно возрастает, как у экспоненты, а затем постепенно замедляется до нуля, при больших значениях  $t$  кривая сливается с горизонтальной прямой  $n = \frac{r}{\mu}$  ( $r/\mu$  есть равновесное значение, к которому стремится объем выпуска продукции).

Для двух фирм изменение выпуска  $n_j$  для каждой из них ( $j = 1, 2$ ) при отсутствии конкуренции может быть описано уравнением вида (3):

$$\frac{dn}{dt} = r_j n_j - \mu_{jj} n_j^2, \quad (5)$$

где  $r_j$  – удельная скорость роста выпуска продукции  $j$ -й фирмы;

$\mu_{jj}$  – коэффициент замедления роста скорости выпуска  $j$ -й фирмы.

Если две фирмы конкурируют между собой, при этом они имеют скорости роста выпуска продукции  $r_1$  и  $r_2$  и скорости замедления роста  $f_1$  и  $f_2$ , то можно записать два дифференциальных уравнения для изменения выпуска  $n_1$  и  $n_2$ :

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= n_1(r_1 - f_1), \\ \frac{dn_2}{dt} &= n_2(r_2 - f_2).\end{aligned}\tag{6}$$

Если  $r_j$  и  $f_j$  – постоянные, то уравнения (6) описывают либо экспоненциально растущие, либо экспоненциально исчезающие виды продукции (состояние  $r_j = f_j$  неустойчиво по отношению к малым возмущениям  $r_j$  или  $f_j$ ). Поэтому коэффициенты  $r$  или  $f$  должны зависеть от  $n$ . Удобно рассматривать величины  $f_1$  и  $f_2$  как линейные функции численности обоих видов, т.е.

$$\begin{aligned}f_1 &= \mu_{11}n_1 + \mu_{12}n_2, \\ f_2 &= \mu_{22}n_2 + \mu_{21}n_1,\end{aligned}\tag{7}$$

где  $\mu_{ij}$  – постоянные коэффициенты.

Подставив (7) в (6), получаем

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= r_1n_1 - \mu_{11}n_1^2 - \mu_{12}n_1n_2, \\ \frac{dn_2}{dt} &= r_2n_2 - \mu_{22}n_2^2 - \mu_{21}n_1n_2,\end{aligned}\tag{8}$$

где  $\mu_{ij}(\mu_{12}, \mu_{21})$  – коэффициенты, характеризующие влияние фирм (их реакцию) друг на друга, при  $\mu_{ij} = 0$  выпуск продукции будет описываться уравнением (5).

Система уравнений (8) описывает случай, когда **обе фирмы**, чтобы избежать перепроизводства изделий, **уменьшают скорость выпуска** продукции, **определяемую уравнением (5)**, и тем больше, чем выше вероятность встречи ( $\mu_{12}n_2$ ) на рынке изделий этих фирм. Рассмотрим теперь случай, когда **конкурирующие фирмы**, наоборот, **увеличивают скорость** выпуска продукции. Тогда, по аналогии с предыдущим, имеем:

$$\begin{aligned}f_1 &= \mu_{11}n_1 - \mu_{12}n_2, \\ f_2 &= \mu_{22}n_2 - \mu_{21}n_1.\end{aligned}$$

После подстановки этих выражений в систему (6) получаем искомую модель:

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= r_1n_1 - \mu_{11}n_1^2 + \mu_{12}n_1n_2, \\ \frac{dn_2}{dt} &= r_2n_2 - \mu_{22}n_2^2 + \mu_{21}n_1n_2.\end{aligned}\tag{9}$$

Далее в работе проведено исследование полученных систем уравнений (8) и (9): найдены стационарные решения  $n_1$  и  $n_2$ , установлены условия, при которых точка равновесия является устойчивой или неустойчивой.

Вместо моделей, описываемых системами уравнений (8) и (9), можно рассмотреть и другие возможные модели.

Пусть, например, каждая фирма стремится наращивать свой выпуск пропорционально размеру выпуска другой. Тогда получаем:

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= r_1 n_1 - \mu_{11} n_1^2 + \mu_{12} n_2, \\ \frac{dn_2}{dt} &= r_2 n_2 - \mu_{22} n_2^2 + \mu_{21} n_1.\end{aligned}\tag{10}$$

На первый взгляд, эта модель проще, чем рассмотренная выше модель (9). Однако, приравняв к нулю производные в системе (10), мы получаем кубические уравнения относительно  $n_1$  и  $n_2$ , что приводит к очень громоздким выражениям для их определения, неудобным для последующего анализа.

Рассмотрим еще одну модель, более простую, чем модель (9). Пусть при отсутствии конкуренции величины  $n_1$  и  $n_2$  монотонно возрастают с постепенным замедлением, равновесные же значения  $n_1$  и  $n_2$  те же, что и для модели (5). Этот случай описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= r_1 - \mu_{11} n_1, \\ \frac{dn_2}{dt} &= r_2 - \mu_{22} n_2.\end{aligned}$$

В условиях конкуренции обе стороны будут стремиться, как и в модели (10), наращивать свой выпуск. Тогда получаем (как модель Ричардсона в [1, с. 241]):

$$\begin{aligned}\frac{dn_1}{dt} &= r_1 - \mu_{11} n_1 + \mu_{12} n_2, \\ \frac{dn_2}{dt} &= r_2 - \mu_{22} n_2 + \mu_{21} n_1.\end{aligned}\tag{11}$$

Анализ показал, что данная модель (11) дает те же результаты относительно величин  $n_1$  и  $n_2$  и характера устойчивости этой особой точки, что и модель (9).

### **Выводы**

Получены математические модели в виде систем дифференциальных уравнений, описывающих изменение выпуска продукции одного вида двумя конкурирующими фирмами.

Установлены условия, при которых точка равновесия, является устойчивой или неустойчивой.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, Б. С. Основные принципы и законы развития техники: монография / Б.С. Михайлов. – СПб.: СПГУТД, 2005. – 278 с.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ  
ЭКСПО-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
RELEVANCE OF DESIGNING A VIRTUAL EXPO PLATFORM  
FOR THE DIGITAL TWIN OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION**

**Кузьмин А.Г., Тюрин И.Н., Фирсов А.В., Белгородский В.С.  
Kuzmin A.G., Tyurin I.N., Firsov A.V., Belgorodsky V.S.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail:3demia@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье изложен краткий алгоритм формирования виртуальной трехмерной среды для цифрового двойника образовательного учреждения. В качестве примера объекта наполнения виртуальной экспо-платформы выбран Инжиниринговый центр инновационных материалов и технологий легкой промышленности РГУ им. А.Н. Косыгина.

*Abstract:* The article presents a brief algorithm for the formation of a three-dimensional environment for a digital dual educational institution. As an object of filling the proposed expo platform, the selected Engineering Center for Innovative Materials and Technologies of Light Industry of the Russian State University A.N. Kosygin.

*Ключевые слова:* трехмерная модель, виртуальная реальность, 3Д-моделирование.

*Key words:* three-dimensional model, virtual reality, 3D-modelling.

Современный мир полон новых решений в сфере информационных технологий, медиа и рекламы. Все чаще цифровые технологии находят свое применение в дизайне и искусстве. В эру технологических решений и инноваций навык творческого подхода к созданию нового продукта особенно важен.

Новый формат экспозиции, а именно, виртуальный 3Д-тур - это решение, которое будет способствовать популяризации проектов в сфере технологий и искусства. Интерактивность данного формата представления создает у пользователя иллюзию причастности, ощущение свободы действий и полное погружение в трехмерную среду. Очевидно, что с помощью виртуальной экскурсии человек знакомится с внешним видом объектов интерьера, оборудования и экспозицией в целом.

Еще недавно эксперименты по использованию возможностей интерактивной машинной графики и виртуальной реальности были доступны лишь небольшой группе специалистов, преимущественно ученых и инженеров, которые занимались вопросами автоматизации проектирования, анализа данных и математического моделирования.

Также не стоит забывать о техническом развитии вычислительной техники, что способствует развитию сферы 3D-технологий и виртуальной реальности. Технологии дополненной и виртуальной реальности достаточно широко применяются в различных отраслях экономики и помогают решать ряд задач бизнеса, науки и образования. На данный момент международными компаниями разрабатывается аппаратное обеспечение для полного выхода в виртуальную реальность: Omni, OculusRift, а также для создания дополненной реальности: GoogleGlass и другие. Проекты виртуальной реальности могут не только создавать концептуально новые рынки, но и расширять уже имеющиеся. Потенциальные сферы применения технологии виртуальной реальности: видеоигры, мероприятия в прямом эфире, кино и сериалы, продажи, образование, здравоохранение, военная промышленность, продажи недвижимости и проектирование.

Создание виртуальной трехмерной среды предусматривает моделирование объектов экспозиции и оцифровки уникальных экспонатов, что в совокупности является одним из этапов создания цифровых двойников. Это означает, что экспо-платформа несет в себе не только ознакомительный или показательный характер, но и является расширенной формой базы данных. При создании цифровых двойников объектов платформы следует фиксировать ряд необходимых характеристик, как для визуализации, так и для информационного наполнения системы. В настоящее время существует множество программ для твердотельного либо поверхностного моделирования в трехмерной среде, к самым популярным можно отнести: Autodesk Fusion 360, Solidworks, Rhinoceros 3D, Autodesk 3DMAX, Meshmixer, КОМПАС-3D, Blender. Пользователи данных программ, как правило, комбинируют их использование с целью оптимизации временного ресурса и достижения лучшего результата. Результатом работы с той или иной программой может служить: 3D-модель, видеоряд, 3D-рендеринг, анимация.

После создания необходимого количества цифровых двойников в виде трехмерных моделей следует перейти к этапу проектирования среды, в которой будет воссоздана желаемая сцена экспозиции, лаборатории либо другого помещения образовательного учреждения. Для этой задачи разработчики используют программные пакеты для создания компьютерных и мобильных игр, например Unreal Engine или Unity 3D. Данные программы удовлетворяют потребностям при создании виртуальной экспо-платформы. Функционал программных средств позволяет создать интерфейс будущей экспозиции, настроить корректное отображение объектов, а также получить необходимую информацию о том или ином объекте виртуальной платформы пользователем.

В настоящее время сотрудниками Инжинирингового центра инновационных материалов и технологий легкой промышленности РГУ им. А.Н. Косыгина разрабатывается виртуальная экспо-платформа. Среда будет представлять собой интерактивный трехмерный интерфейс, повторяющий планировку и визуальный вид, а также интерьер Инжинирингового центра, с возможностью посещения лабораторий и выставочных залов (рис. 1).



**Рисунок 1 – 3Д-рендеринг лаборатории Инжинирингового центра**

Оформление помещений производится с учетом реальных размеров помещений, оборудования и мебели. Залы будут различаться в соответствии с наполнением лабораторий. Для выставки коллекции одежды будет использоваться трехмерный шаблон, в случае с выставкой, посвященной графическому дизайну - двумерный.

Цифровой продукт в виде виртуальной экспо-платформы Инжинирингового центра позволит дистанционно и интерактивно ознакомиться с научной и творческой деятельностью университета, а также повысить популярность РГУ им. А.Н. Косыгина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. V. A. Nemtinov, A. A. Gorelov, Y. V. Nemtinova, and B. A.B., “Visualization of a virtual space and time model of an urban development territory,” *Sci. Vis.*, no. 1, pp. 120–132, 2016.

2. R. B. Speaker Jr, G. Levitt, and S. Grubaugh, “Professional Development in a Virtual World,” *Adult Contin. Educ. Concepts, Methodol. Tools, Appl. Concepts, Methodol. Tools, Appl.*, p. 419, 2014.

3. Кузьмин А.Г., Фирсов А.В. Методика проектирования аксессуаров с использованием аддитивных технологий // В сборнике: *Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020)*. Москва 2020. С. 115-118.

4. Кузьмин А.Г., Фирсов А.В. Методика цифрового проектирования аксессуаров с применением послойной 3D-печати // В сборнике: *Дизайн и искусство - стратегия проектной культуры XXI века*. Москва, 2019. С. 159-161.

5. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. The finite element modelling of compression sportwear // В сборнике: *AUTEX 2019. Proceedings of the 19th World Textile Conference*. 2019. С. 0366.

6. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Analysis of innovative technologies of thermoregulating textile materials. // *Fibre Chemistry*. -2018, Vol.50, No.1. -P.1-9.



7. G. Jones and A. D. Alba, "Reviewing the Effectiveness and Learning Outcomes of a 3D Virtual Museum," in *Virtual Reality in Education*, IGI Global, 2019, pp. 52–75.

8. Tyurin I., Getmantseva V., Andreeva E., Belgorodsky V. The technology of shape memory as a way of clothing fit improvement // В сборнике: AUTECH 2019. Proceedings of the 19th World Textile Conference. 2019. С. 0369.

9. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Van der Pauw method for measuring the electrical conductivity of smart textiles // *Fibre Chemistry*. 2019. Т. 51. № 2. С. 139-146.

10. Тюрин И.Н. Проектирование высокофункциональной одежды // В сборнике: Всероссийская научно-практическая конференция "ДИСК-2018". Сборник материалов. 2018. С. 85-87.

11. Wojciechowski, R., Walczack, K, White, M., Cellary, W. 2004. Building Virtual and Augmented Reality Museum Exhibitions. *3D Web Technology 2004*, pp 135-144.

12. Wojciechowski, R., Walczack, K, White, M., Cellary, W.

13. 2004. Building Virtual and Augmented Reality Museum

14. Exhibitions. *3D Web Technology 2004*, pp 135-14

**СЕКЦИЯ 6.  
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
И НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**МЕХАНИЗМ РЕМИЗНОГО ДВИЖЕНИЯ С УПРУГОЙ  
КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ЗАЗОРОВ В ШАРНИРАХ  
SHEDDING MECHANISM WITH MEANS FOR ELASTIC  
COMPENSATION OF CLEARANCES IN JOINTS**

**Григорьев В.А., Хейло С.В, Мещеряков А.В.  
Grigoriev V.A., Kheylo S.V., Mesheryakov A.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: sheilo@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье рассматривается конструктивная доработка механизма ремизного движения (МРД) с жёсткими звеньями с использованием средства упругой компенсации зазоров в шарнирах. Предлагаемое конструктивное решение даёт возможность повысить надёжность работы МРД.

*Abstract:* This paper relates redesign of a heald motion mechanism with rigid links using means providing elastic compensation of clearances in joints.

*Ключевые слова:* механизм ремизного движения, зазор, шарнир.

*Key words:* a heald motion mechanism, clearance, a joint.

Механизм ремизного движения (МРД) является составным функциональным узлом зевообразовательного механизма (ЗОМ) и обеспечивает передачу движения ремизкам от силового механизма программируемого привода. Качество работы зевообразовательного механизма во многом определяет эксплуатационные показатели ткацких машин, в частности, как показала практика эксплуатации, одними из основных факторов, снижающих эксплуатационные показатели работы ткацкой машины, использующих МРД с жёсткими звеньями (рис. 1), являются поломки ремизных рамок 8 и вертикальных тяг 6, 7, непосредственно связанных с ремизной рамкой 8, и подремизной тяги 1. Основными причинами таких поломок являются вибрации и перекосы ремизных рамок обусловленные различными суммарными зазорами к левому и правому торцам ремизной рамки [1].

Как показал динамический анализ МРД с жёсткими звеньями ткацкой машины СТБ, одной из причин выхода из строя подремизной тяги 1, в основном на участке между шарнирами  $E$  и  $F$ , является действие в них разных по величине сил, из-за различных по величины динамических составляющих сил, возникающих при работы ткацкой машины и вызывающих изгиб участка  $EF$  (расчёты показали, что величины дополнительных динамических отличаются на порядок). Для снижения эффекта изгиба участка  $E-F$  был разработан упругокомпенсирующий узел, связывающий нижние плечи угловых рычагов 2 и 3 с подремизной тягой 1, рис. 1. [2]. Этот узел выполняет две функции: одностороннюю выборку зазоров в шарнирах  $E$  и  $F$  и выравнивание по величине сил,

действующих в этих шарнирах.

На рис. 2 показана зона шарнирного соединения правого углового рычага 3 с подремизной тягой 1. Упруго-компенсирующий узел 5 содержит опорно-установочные элементы 9, 10, связанные упругим элементом 12. Каждый опорно-установочный элемент выполнен с П-образным профилем поперечного сечения. Расстояние между внутренними поверхностями стенок профиля каждого из опорно-установочных элементов 9 и 10 выбирается из условия их установки соответственно на подремизную тягу 1 и нижнее плечо углового рычага 3 с небольшим натягом, обеспечивающим минимальное сопротивление при монтаже и снятии этого элемента.

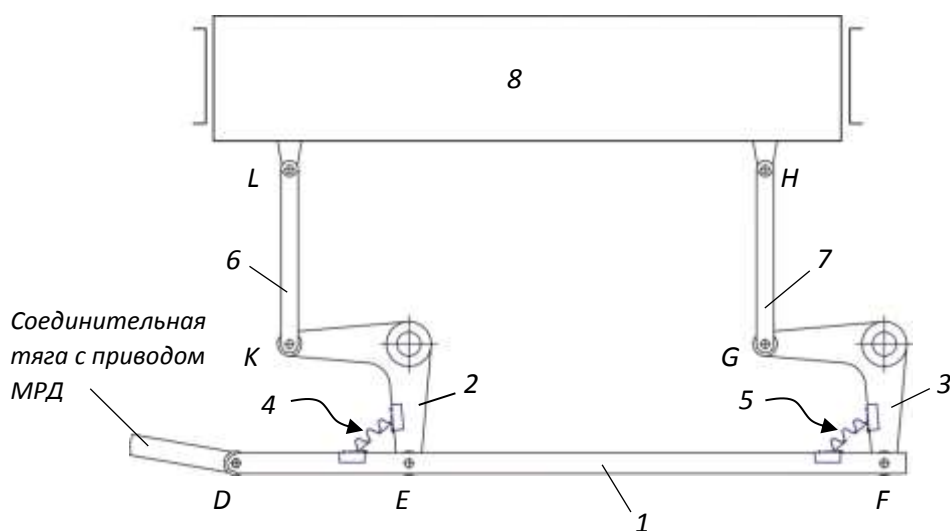


Рис. 1. Структурна схема МРД с жёсткими звеньями

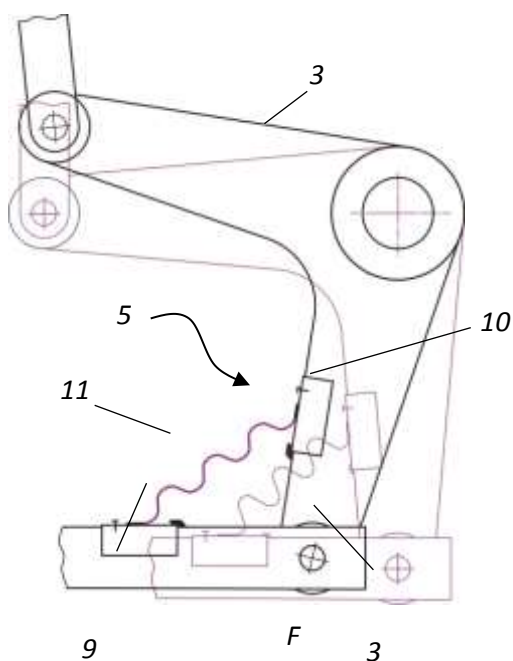


Рис. 2. Зона установки упруго-компенсирующего узла

К наружным поверхностям полков П-образного профиля опорно-установочных элементов прикреплены концевые участки упругого элемента 13. Упругий элемент может быть выполнен в виде цилиндрической пружины или волнообразной пружины из листового материала.

В этом случае упругая связь нижних плеч угловых рычагов с подремизной тягой обеспечивает постоянную выборку зазоров в кинематических парах  $E$  и  $F$  в одном направлении в моменты начала движения из нижнего и верхнего положений ремизки. Жёсткость пружины и соответственно размеры пружины выбираются из условия выборки максимального зазора в кинематической паре в положении заступа. При этом в качестве расчётного принимается средне статическая максимальная величина зазора, которая может иметь место при изготовлении частей шарнирной пары для принятого качества точности.

Для компенсации разницы в величинах дополнительных динамических составляющих сил в упруго-компенсационных узлах используются пружины с различными жёсткостями. Жёсткость пружины в зоне шарнира с меньшей динамической составляющей выбирается большей, чем жёсткость пружины в зоне шарнира с большей динамической составляющей силы в шарнире.

При начале движения вверх из этого положения обеспечивается одновременное движение левого и правого угловых рычагов, поскольку зазоры в шарнирах  $E$  и  $F$  выбраны в одном направлении. После прохождения положения заступа происходит смена направления действия упругой силы упругих элементов 16 упруго-компенсирующих узлов 13, которая стремится выбрать зазор в противоположном направлении, влево с поддержанием уровня баланса сил, действующих в шарнирах  $E$  и  $F$ . Кроме того, упруго-компенсирующий узел одновременно создаёт условия для снижения удара в шарнире при подходе ремизки в крайние положения.

Предложенное техническое решение по упруго-компенсационному узлу способствует улучшению динамики работы механизма ремизного движения и ткацкой машины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.А., Терентьев В.И. Определение перекосов ведомых звеньев многозвенных механизмов технологических машин//Вестник машиностроения – 2020 – № 8 – С. 22-25.
2. Патент на изобретение RU2623613 "Механизм передачи движения ремизке", опубл. 28.06.2017.

**РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ  
ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ  
DEVELOPMENT OF SHEDDING MECHANISM CLASSIFICATION**

**Григорьев В.А., Хейло С.В., Мещеряков А.В.  
Grigoriev V.A., Kheylo S.V., Mesheryakov A.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: sheilo@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрена классификация зевообразовательных механизмов ткацких машин как системы программируемого механизма привода и механизма передачи движения от привода к нитям основы. Представлены принципы разработки предложенной классификации.

*Abstract:* This paper relates a classification of shedding mechanisms of weaving machines as a system of the programmable pattern mechanism and the heald motion mechanism. A principles for development such classification have discussed.

*Ключевые слова:* классификация, зевообразовательный механизм программируемый механизма привода, механизм передача движения нитям основы.

*Keywords:* a classification, a programmable pattern mechanism, a heald motion mechanism.

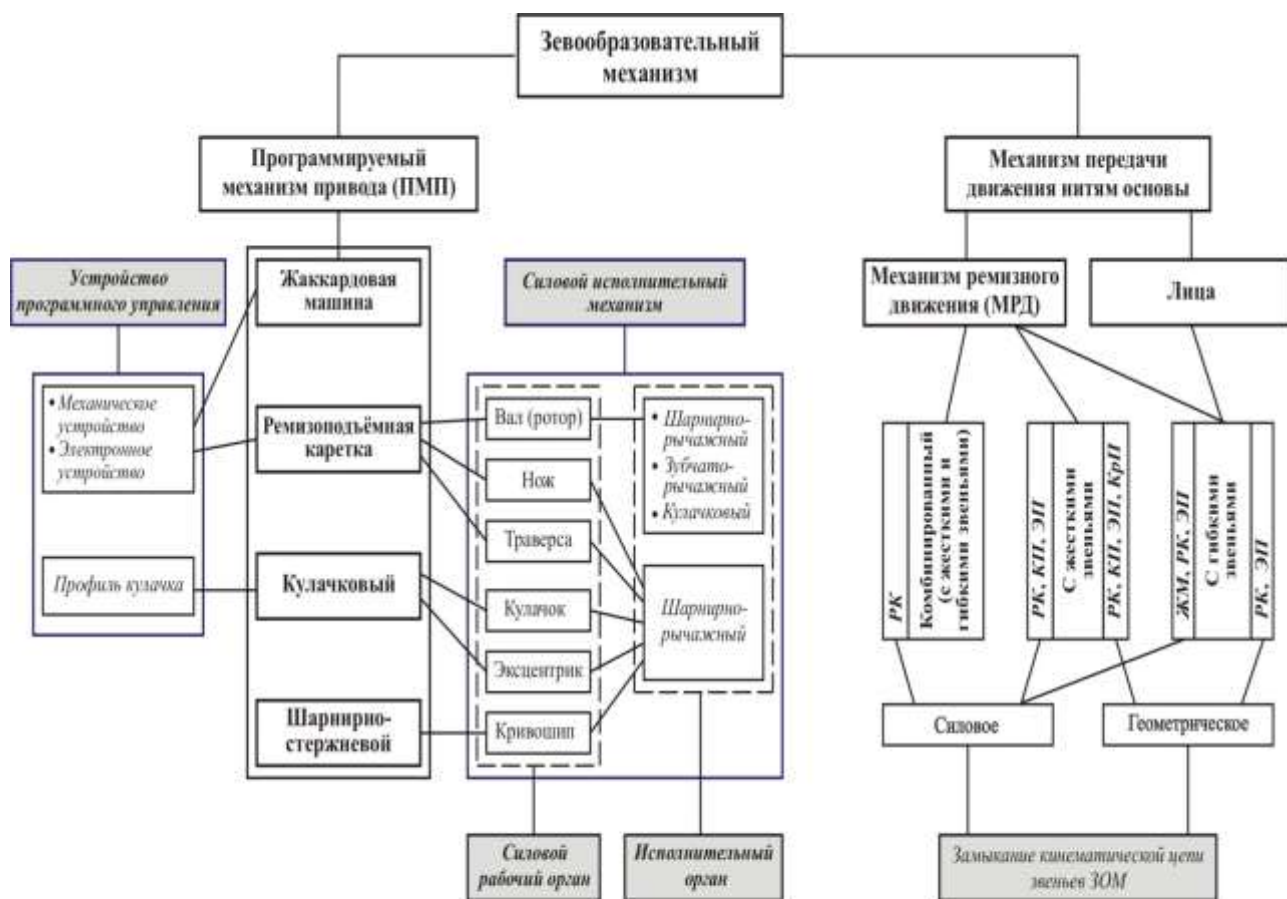
Современный зевообразовательный механизм (ЗОМ) является сложной технической системой, включающей механические узлы и электромеханические средства управления. Состав зевообразовательного механизма и конструктивное исполнение входящих в него узлов связаны с типом ткацкой машины и ассортиментом вырабатываемых тканей, и являются результатом развития техники ткачества и ткацких машин. Конструкции ЗОМ разнообразны и к настоящему времени определилась достаточно устойчивая структура зевообразовательного механизма, как системы двух функциональных узлов – программируемого механизма привода (ПМП) и механизма передачи движения от привода к нитям основы (МПДО).

Как показала практика, достигаемый скоростной режим работы ткацкой машины во многом определялся сочетанием вида и конструктивного исполнения ПМП и МПДО. Известные подходы к классификации ЗОМ, как правило, касались отдельно ПМП или МПДО, и не отражали ЗОМ в целом [1].

Обоснованное решение по конкретному исполнению зевообразовательного механизма может быть принято с использованием классификации ЗОМ, разработанной на основе качественного представления результатов разработок с позиций структуры и составных частей механизмов, применяемых на наиболее представительных ткацких машинах, эксплуатируемых до настоящего времени: Sulzer, Rütli, Picanol, Tsudakoma, СТБ, АТПР и др., а также на челночных ткац-

ких машинах.

Приведенная ниже классификация ЗОМ (см. рис.) построена по функциональным признакам устройств и элементов, определяющих структуры механизмов и отражает основные признаки и связи, характеризующие зевобразовательные механизмы. Название каждой классификационной структурообразующей группы принималось исходя из функций, выполняемых устройством или звеном при зевобразовании, конечным элементом управления которого является нить основы, что определило необходимость рассматривать галево как функциональный элемент.



ЖМ - жаккардовая машина, КП - кулачковый привод;  
 РК - ремизоподъёмная каретка; КрП - кривошипный привод  
 ЭП - эксцентрикковый привод

**Рис.1. Классификация зевобразовательного механизма**

Это позволяет использовать при классификации родовые признаки, касающиеся, в частности, механизмов передачи движения от привода к нитям основы в зависимости от способа управления ими – группой нитей или каждой нитью в отдельности в пределах раппорта по утку.

В классификации представлены виды ПМП и МПДО и их структурообразующие части в виде конкретных конструктивных узлов, определённых по их базовому функциональному элементу классификации. Программируемый механизм привода вместе с механизмом передачи движения нитям основы обес-

печивает требуемые геометрические и технологические параметров зева в процессе формирования элемента ткани.

*Программируемый механизм привода* – устройство, образованное набором секций силовых исполнительных механизмов, с независимым включением в работу, устройством программного управления. Основная функция привода, как источника движения, состоит в обеспечении заданного закона перемещения и чередования нитей основы, а также в преодолении инерционных нагрузок передаточного механизма и технологических со стороны нитей основы.

В рамках представленной классификации ЗОМ программируемый механизм привода разделён на четыре группы: жаккардовая машина, ремизоподъемная каретка, кулачковый и шарнирно-стержневой механизмы. Каждый из этих механизмов включает в себя силовой исполнительный механизм (СИМ), приводящий в движение механизм передачи движения нитям основы, и устройство программного управления (УПУ), обеспечивающего формирование программы рисунка переплетения и управление в соответствии с ним силовым исполнительным механизмом. *Устройство программного управления (УПУ)* – механическое или электромеханическое устройство, преобразующее заданные сигналы от программоносителя, в соответствии с заданным рапортом переплетения по утку, в механическое перемещение средств включения в работу секций силовых исполнительных механизмов ПМП. Программоносителем, который может быть физическое или электронное средство.

Выбор конкретного вида ПМП определяется видом вырабатываемой ткани в зависимости от переплетения и плотности по основе и утку.

*Механизм передачи движения нитям основы* – устройство, осуществляющее передачу движения от ПМП ремизкам или лицам (ЗОМ с жаккардовыми машинами). Основная функция механизма передачи движения нитям основы заключается в обеспечении перемещения нитей основы с минимальными искажениями закона движения при воздействии инерционно-технологических нагрузок.

Конструктивное исполнение МПДО и, прежде всего, его кинематическая схема, связано с заправочной шириной ткацкой машины и с местом расположения программируемого механизма привода: нижним, верхним или внутри остова ткацкой машины, которое выбирается из условия обеспечения возможных минимальных габаритов машины. Исполнительным звеном передаточного механизма является галево, взаимодействующее с нитью основы.

В зависимости от типа вырабатываемой ткани, в процессе зевобразования необходимо либо управление группой нитей основы, либо отдельной нитью, что и определяет название самого передаточного механизма соответственно механизм ремизного движения (МРД) и механизм привода лиц (галев).

*Механизм ремизного движения* – механическая система шарнирно связанных звеньев, передающих движения от выходного звена привода ремизкам. Его можно разделить на три группы: с жесткими звеньями (шарнирно-стержневые механизмы), с гибкими звеньями и комбинированный (содержащий жесткие и гибкие звенья).

Одним из характерных признаков МРД, определяющим условие его



функционирования, является способ замыкания кинематической цепи звеньев с силовым рабочим органом ПМП в передаче движения к ремизке. В ЗОМ с кулачковым приводом чаще всего используется геометрическое замыкание, обеспечиваемое введением двух кулачков на одну ремизку – кулачок и контркулачок. Также геометрическое замыкание конструктивно присуще механизмам с кривошипным приводом.

В механизмах с ремизоподъемными каретками используются как геометрическое, так и силовое замыкание в зависимости от конструкции силового исполнительного механизма. МРД с жёсткими звеньями обеспечивает работу ЗОМ с большими технологическим нагрузками при скоростях до  $500 \text{ мин}^{-1}$ . МРД с гибкими звеньями, как правило, используется на скоростных пневматических ткацких машинах.

МРД, состоящее только из гибких звеньев или комбинации жестких и гибких звеньев, в основном используются с ПМП с силового замыканием, так как гибкое звено осуществляет лишь одностороннюю (освобождающую) связь между жесткими звеньями. Исключение составляют механизмы с гибкими звеньями, которые образуют кинематически замкнутую цепь, например, МРД в ЗОМ с эксцентриковым приводом, где гибкие тяги через ступенчатый барабанчик каждая связана со своим с коромыслом (ЗОМ с зависимым движением ремиз).

В представленной классификации в рамках каждого МРД отмечены приводные механизмы, с которыми возможны геометрическое или силовое замыкания цепи звеньев от силового рабочего органа к ремизке.

Отдельное место в классификации занимает механизм привода лица (галева). Такой передаточный механизма используется с жаккардовыми машинами. Он включает лицу, закреплённую между двумя звеньями, – аркатным шнуром, связывающим выходное звено механизма жаккардовой машины с лицом (галевом), и средством возвратного движения, которое обеспечивает силовое замыкание кинематической цепи данных звеньев с выходным звеном жаккардовой машины.

Предлагаемая классификация зевобразовательных механизмов даёт возможность провести обоснованный выбор типа ЗОМ в зависимости от характеристик вырабатываемой ткани и скоростного режима работы ткацкой машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования машин ткацкого производства/А.В.Дицкий, Р.М Малафеев, В.И.Терентьев, А.А.Туваева / Под общей редакцией А.В. Дицкого. – М.: Машиностроение, 1983. – 320 с.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИЖИМНЫХ  
ВАЛИКОВ ТЕКСТУРИРУЮЩИХ МАШИН  
ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ  
SURFACE IMPROVEMENT PINCH ROLLERS OF TEXTURING  
MACHINES BY SHOT-PEENING**

**Жариков Е.И.<sup>1</sup>, Жариков В.Е.<sup>2</sup>, Королев П.А.<sup>1</sup>  
Zharikov E.I.<sup>1</sup>, Zharikov V.E.<sup>2</sup>, Korolev P.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: evgezharikov@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*ООО «Колорнил», Клин  
Colornile, Klin*

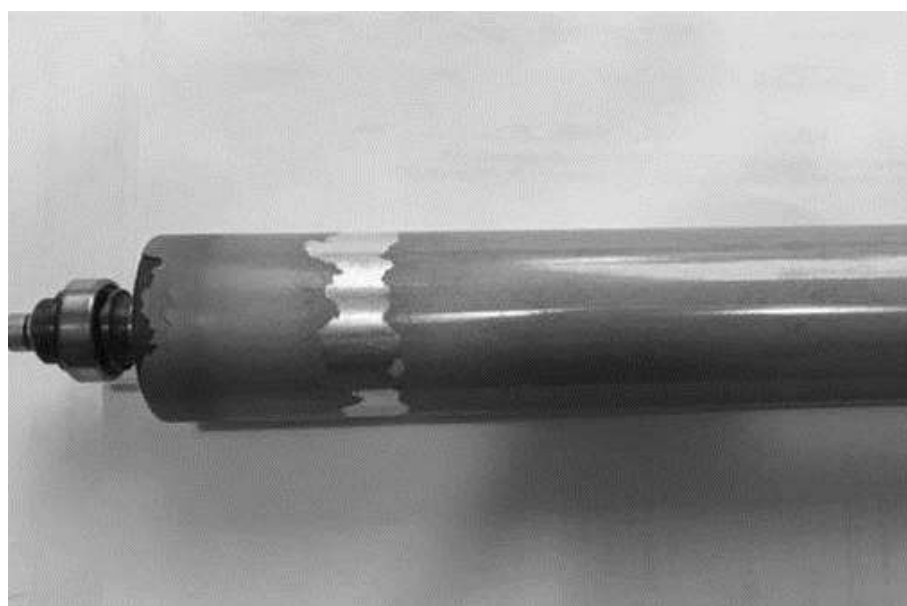
*Аннотация:* Рассмотрены причины вызывающие разрушения покрытия на прижимных валиках при контакте с бобиной в процессе намотки. Найдены оптимальные режимы пневмодробеструйной обработки поверхности валика.

*Abstract:* Reasons are considered defiant destructions of coverage on pinch roller at a contact with a bobbin in the process of winding. The optimum modes of shot-peening of surface of roller are found.

*Ключевые слова:* прижимной валик, дробеструйная обработка поверхности.

*Keywords:* pinch roller, shot-peening of surface

Эксплуатация пневмотекстурирующих машин показала, что иногда на краях прижимного валика механизма намотки нити появляются характерные зоны износа (рис.1).



**Рис. 1. Прижимной валик текстурирующей машины ДР-2С**

Из-за контакта дефектных зон валика с поверхностью тела намотки возникает опасность травмирования филаментных нитей на торцах бобины. Кроме того, на самой комплексной нити появляются периодические участки с ворсистостью.

Анализ условий контакта прижимного валика с поверхностью бобины в процессе намотки позволил выявить основные причины, вызывающие разрушение покрытия на его поверхности:

1. Натяжение нити, влияющее на правильный процесс наматывания, получения необходимой формы и плотности намотки;

2. Усилие прижима тела намотки к валику для фиксирования нити по длине ее раскладки;

3. Неравномерная плотность намотки бобины, так как средняя её часть имеет крестовую намотку, а по краям параллельную из-за смены направления движения нитеводителя;

4. Виброактивность паковки, которая напрямую зависят от величины эллипсности патрона. Это вызывает проскальзывание по краям тела намотки с валиком, отрыв, удары и выдавливание нити по торцам паковки.

Для повышения долговечности поверхностного слоя прижимного валика предложена пневмодробеструйная обработка стальными микрошариками. Это связано с изменением физико-механических свойств поверхностного слоя металла под воздействием упрочняющей обработки. Однофакторные эксперименты, проведенные для определения оптимального упрочнения, показали, что на эффективность пневмодробеструйной обработки одновременно воздействуют несколько независимых переменных. Для оценки их влияния на выбор оптимальных режимов пневмодробеструйной обработки и качества поверхностного слоя валика из материала Д16Т использовали математический метод планирования экспериментов [1].

Оптимальными факторами, определяющими процесс пневмодробеструйной обработки, является диаметр микрошариков  $d$ , мкм ( $x_1$ ), давление воздуха в сопле  $p$ , кПа ( $x_2$ ) и время обработки  $t$ , с ( $x_3$ ). Выходные параметры оптимизации: шероховатость поверхности  $R_a$ , мкм ( $y_1$ ), остаточные напряжения 1-ого рода  $\sigma_{ост.}$ , кПа ( $y_2$ ), глубина залегания остаточных напряжений  $h_{ост.}$ , мкм ( $y_3$ ) и величина отклонения профиля продольного сечения валика при его консольной заделке  $\Delta u$ , мкм ( $y_4$ ). Поскольку между основными факторами и параметрами оптимизации зависимости нелинейна, эксперимент проводили по Д-оптимальному плану. В таблице 1 приведены выбранные условия эксперимента.

Таблица 1 - Факторы и их уровни

Уровень	Натуральное значение			Кодированное значение		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основной	165	3	52	0	0	0
Верхний	250	4	90	+1	+1	+1
Нижний	80	2	14	-1	-1	-1

Реализацию возможных комбинаций исследуемых факторов проводили в соответствии с матрицей планирования. Для определения дисперсии воспроизводимости каждый опыт проверяли не менее 2-3 раз.

Таблица 2 - План эксперимента и результаты опытов

№ Опыта	№ серии РППО			Параметр оптимизации			
	1	2	3	у <sub>1</sub>	у <sub>2</sub>	у <sub>3</sub>	у <sub>4</sub>
1	22	34	10	1,28	700	150	170
2	3	28	18	1,15	650	140	120
3	13	31	21	0,64	650	150	130
4	15	26	1	0,40	400	80	70
5	16	19	4	0,54	620	140	120
6	24	2	29	0,39	540	100	70
7	20	30	17	0,29	520	60	80
8	42	27	41	0,24	250	55	60
9	23	36	25	0,92	640	140	110
10	5	7	33	0,39	600	100	40
11	38	6	14	0,92	680	150	80
12	37	32	8	0,42	580	65	70
13	39	40	9	0,76	650	150	80
14	35	12	11	0,52	500	80	70
Итого				0,633	570	111,4	90,7

При оптимизации процесса пневмодробеструйной обработки целесообразно иметь в качестве выходного только один параметр, наиболее универсальный и чувствительный к изменению уровня факторов. Для выявления наиболее информативного параметра проведен корреляционный анализ экспериментальных данных, приведенных в табл. 2. Отклонения параметров от среднего значения ( $y_{cp.}$ ) представлены в виде матрицы, у которой 14 строк (по числу опытов) и четыре столбца (по числу параметров) [2]:

$$y_{14,4} = \begin{pmatrix} \bar{y}_{11} & \bar{y}_{21} & \bar{y}_{31} & \bar{y}_{41} \\ \bar{y}_{12} & \bar{y}_{22} & \bar{y}_{32} & \bar{y}_{42} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{y}_{114} & \bar{y}_{214} & \bar{y}_{314} & \bar{y}_{414} \end{pmatrix}_{14,4} \quad (1)$$

Ковариационная матрица имела вид:

$$K_{4,4}/N - 1 = y_{4,14}^T \cdot y_{14,4} \quad (2)$$

где N- число опытов;

$y_{4,14}^T$  – транспонированная матрица.

В результате расчета получили ковариационную матрицу, которая после преобразования имеет вид:

$$\frac{K_{4,4}}{N-1} = \begin{pmatrix} 1.00 & 0.72 & 0.80 & 0.75 \\ 0.72 & 1.00 & 0.81 & 0.56 \\ 0.80 & 0.81 & 1.00 & 0.67 \\ 0.75 & 0.56 & 0.67 & 1.00 \end{pmatrix} \quad (3)$$

По собственным числам этой матрицы  $y_1=3,16$ ;  $y_2=0,47$ ;  $y_3=0,2$ ;  $y_4=0,17$  построен интегральный показатель качества:

$$P_{\kappa} = 0.79y_1 + 0.1175y_2 + 0.05y_3 + 0.0425y_4 \quad (4)$$

Это дало возможность установить, что наибольшей информативностью (79%) обладает первый параметр (шероховатость поверхности). Следовательно, процесс пневмодробеструйной обработки следует оптимизировать только по этому параметру.

Искомая модель имела вид полинома 2-го порядка:

$$y_1 = 0.674 + 0.253x_1 + 0.229x_2 + 0.081x_3 + 0.062x_1 \cdot x_2 + 0.0106x_1 \cdot x_3 - 0.00062x_2 \cdot x_3 - 0.0194x_1^2 - 0.0044x_2^2 - 0.0344x_3^2 \quad (5)$$

Для выявления возможности описания результатов эксперимента полученным уравнением определяли значимость группы коэффициентов при членах 2-го и 1-го порядка [2]. Установлено, что исследуемое уравнение адекватно. Поиск оптимальной области режимов обработки проводила графическим методом [3]. Оптимальные режимы обработки:

- диаметр микрошариков  $x_1=-1 \dots -0,9$ ;
- давление воздуха в сопле  $x_2=0,6 \dots -0,25$ ;
- время обработки  $x_3=-0,7 \dots -0,2$ .

Натуральное значение режима пневмодробеструйной обработки прижимного валика:  $d=80 \dots 90$  мкм,  $p=2,4 \dots 2,75$  кПа,  $t=25 \dots 45$  с.

В заключении статьи следует отметить, что на основе проведения исследований определены режимы пневмодробеструйной обработки прижимных валиков, обеспечивающих получение требуемых значений шероховатости поверхности  $R_a 0,3-0,26$  мкм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. - М.: Легкая индустрия, 1980.-392 с.
2. Анализ процессов статическими методами/ Пер. с англ. В.Д. Скаржинского. - М.: Мир, 1973. 957 с.
3. Жариков Е.И., Медведев А.В. Исследование удлинения при разрыве крученых нитей из оксида алюминия в условиях полнофакторного эксперимента по оптимизации круток// Химические волокна. - 2016. - №5. – С. 81-83.

**СИНТЕЗ МНОГОСЕКЦИОННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ  
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТИПА ХОБОТ  
SYNTHESIS OF TRUNK-TYPE PARALLEL STRUCTURE  
MULTISECTIONAL ROBOTS-MANIPULATORS**

**Каганов Ю.Т., Карпенко А.П.  
Kaganov Y.T., Karpenko A.P.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва  
Moscow State Technical University by name N.E Bauman, Moscow  
(e-mail: yurijkaganov@gmail.com, apkarpenko@mail.ru )*

*Аннотация:* Рассмотрен новый класс роботов-манипуляторов типа хобот. Исследована структура подобных роботов, возможности создания системы автоматизированного проектирования и анализа системы управления. Предложена схема управления на основе многоагентного подхода и использования нейро-нечеткой системы управления.

*Abstract:* A new class of robot manipulators of the trunk type is considered. The structure of such robots, the possibility of creating a computer-aided design system and analysis of the control system are studied. A control scheme based on a multi-agent approach and the use of a neuro-fuzzy control system is proposed.

*Ключевые слова:* хобот, робот-манипулятор, САПР, многоагентный подход, нейро-нечеткая система управления

*Keywords:* trunk, robot manipulator, CAD, multi-agent approach, neuro-fuzzy control system.

В настоящее время основным типом манипуляционных систем промышленных роботов являются механические манипуляторы, представляющие собой пространственные механизмы последовательной структуры в виде разомкнутых или замкнутых кинематических цепей. Такие манипуляторы обладают рядом недостатков - прежде всего, недостаточной жесткостью и, следовательно, низкой точностью, а также относительно небольшим числом степеней свободы при заданных размерах манипулятора. Поэтому проводятся интенсивные исследования альтернативных манипуляционных систем – биоинспирированных роботов-манипуляторов.

Прежде всего, к этому классу манипуляторов относятся континуальные и дискретные роботы, имитирующие хобот слона. Различные конструкции континуальных роботов типа хобот рассмотрены, например, в работе [1]. В значительной мере преодолеть указанные выше недостатки могут манипуляторы типа хобот, построенные на основе многосекционных механизмов с параллельной структурой [2, 3]. Основным классом дискретных хоботоподобных манипуляторов являются многосекционные манипуляторы типа хобот (ММТХ), построенные на основе механизмов параллельной структуры [4].

Преимуществами ММТХ являются высокая точность исполнения движений, большие скорости и ускорения рабочего органа (например, захватного устройства), значительная степень унификации мехатронных узлов и возможность реализации большого числа степеней свободы при относительной компактности конструкции.

Основные недостатки заключаются в возможной интерференции отдельных кинематических цепей манипулятора и необходимости её учета, а также в создании более сложной системы управления по сравнению с традиционными многозвенными манипуляторами последовательной структуры. В целом, ММТХ позволяют в значительной степени избежать недостатков, присущих классическим многозвенным манипуляторам. Сложность задач синтеза ММТХ нашла свое отражение в большом числе работ, посвященных созданию систем автоматизированного проектирования (САПР) и систем поддержки принятия решений (СППР) для облегчения всех этапов процесса синтеза ММТХ [5]. Однако до настоящего времени комплексная методика автоматизированного синтеза ММТХ отсутствует. Данная работа является попыткой создания такой методики.

В работе рассматриваются два аспекта проектирование манипулятора типа хобот.

1) Проектирование конструкции (структуры) манипулятора.

2) Проектирование системы управления.

Оба аспекта тесно между собой связаны.

Предлагается синтез структуры ММТХ осуществлять путем повышения детализации его модели в несколько этапов. На первом этапе определяется форма продольного сечения ММТХ, используя континуальную модель ММТХ в виде консольной балки круглого поперечного сечения [6]. На втором этапе с использованием той же распределенной модели ММТХ определяются число и размеры его секций [7].

Полученную в результате первых двух этапов модель ММТХ уточняется на третьем этапе с помощью дискретной модели ММТХ [8]. На четвертом этапе решается задача планирования целевой конфигурации ММТХ. Если на этом этапе обнаруживается, что спроектированный манипулятор не может реализовать требуемую целевую конфигурацию, то осуществляется возврат ко второму либо третьему этапам синтеза.

Второй аспект – проектирование системы управления основан на использовании нейронечеткого и многоагентного подходов. Предложена общая структура мультиагентной системы управления ММТХ, включающая в себя математические модели секций манипулятора, агентов, управляющих перемещениями каждой из секций, а также координатора, формирующего глобальную целевую функцию для многокритериальной оптимизации эволюций манипулятора.

Агенты нижнего уровня, каждый из которых управляет «своей» секцией ММТХ, включают в себя блок нечеткого вывода и блоки нейросетевого контроллера и эмулятора [10]. Координатор (агент верхнего уровня) формирует управляющие воздействия на агентов нижнего уровня таким образом, чтобы

обеспечить многоцелевое оптимальное управление ММТХ в целом. Координатор использует нейросетевой эмулятор ММТХ [10].

Рассмотрен пример реализации элементов предложенной мноагентной системы управления ММТХ, секции которого представляют собой параллельные механизмы типа трипод [10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Yunfang Yang, Wenzeng Zhang. ET Arm: Highly Compliant Elephant-Trunk Continuum Manipulator / 7th International Conference, ICIRA 2014. – 2014. Vol. 8917. pp. 288-299.

2. Merlet J.P. Parallel Robots (Solid Mechanics and Its Applications). (Second Edition). Springer-Verlag, 2006. – 416 p.

3. Kong X., Gosselin C. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007, – 274 p.

4. Glazunov V. A., Koliskor A. Sh., Krainev A. F. Spatial parallel structure mechanisms. – М.: Nauka, 1991. – 95 p.

5. Артеменко Ю.Н., Волкоморов С.В., Карпенко А.П. Система поддержки принятия решений для синтеза и оптимизации геометрии многосекционного робота-манипулятора типа хобот / Экстремальная робототехника // Труды международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург: Изд-во «Политехника-сервис», 2015. с. 116-121.

6. Волкоморов С.В., Карпенко А.П. Оптимизация геометрии многосекционного манипулятора типа хобот // Мехатроника, автоматизация, управление, 2012, №3, с. 23–27.

7. Волкоморов С.В., Карпенко А.П., Лелетко А.М. Оптимизация угловых и линейных размеров одно- и двухсекционных манипуляторов параллельной кинематики // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2010.

8. <http://technomag.edu.ru/doc/154452.html>. DOI: 10.7463/0810.0154452.

9. Волкоморов С.В., Карпенко А.П. Планирование оптимальной целевой конфигурации робота-манипулятора типа «хобот» // Мехатроника, автоматизация, управление, 2010, №8, с. 30–36.

10. Yu. T. Kaganov, A.P. Karpenko. Multiagent approach to control a multi-section trunk-type manipulator / Smart Electromechanical Systems: The central nervous system, Series Studies in Systems, Decision and Control. Springer International Publishing AG, 2017, Vol. 49, pp. 203-212.



**ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕННОГО ИЗНОСА ФИЛЬЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ В  
РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВИСАНИЯ ФЕЛЬЕРНОЙ ПЛАСТИНЫ  
ИЗ ПЛАТИНО-РОДИЕВЫХ СПЛАВОВ  
PROBLEMS OF ACCELERATED WEAR OF THE SPINNERET FEEDER AS  
A RESULT OF SAGGING OF THE SPINNERET PLATE MADE  
OF PLATINUM-RHODIUM ALLOYS**

**Канатов А.В., Федоров Э.В., Кулаков А.А.  
Kanatov A.V., Fedorov E.V., Kulakov A.A.**

*Российский государственный университет им А. Н. Косыгина, Россия, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*Аннотация:* Выполнен анализ особенностей конструкции фильерного питателя как основного элемента базальтопрядильного агрегата. Рассмотрены вариации конструкции фильерных питателей, позволяющих обеспечить повышение производительности и срока службы технологического оборудования. Определены оптимальные параметры конструкции фильерных питателей с учетом изменения их вида и оснастки, геометрии и формы фильер.

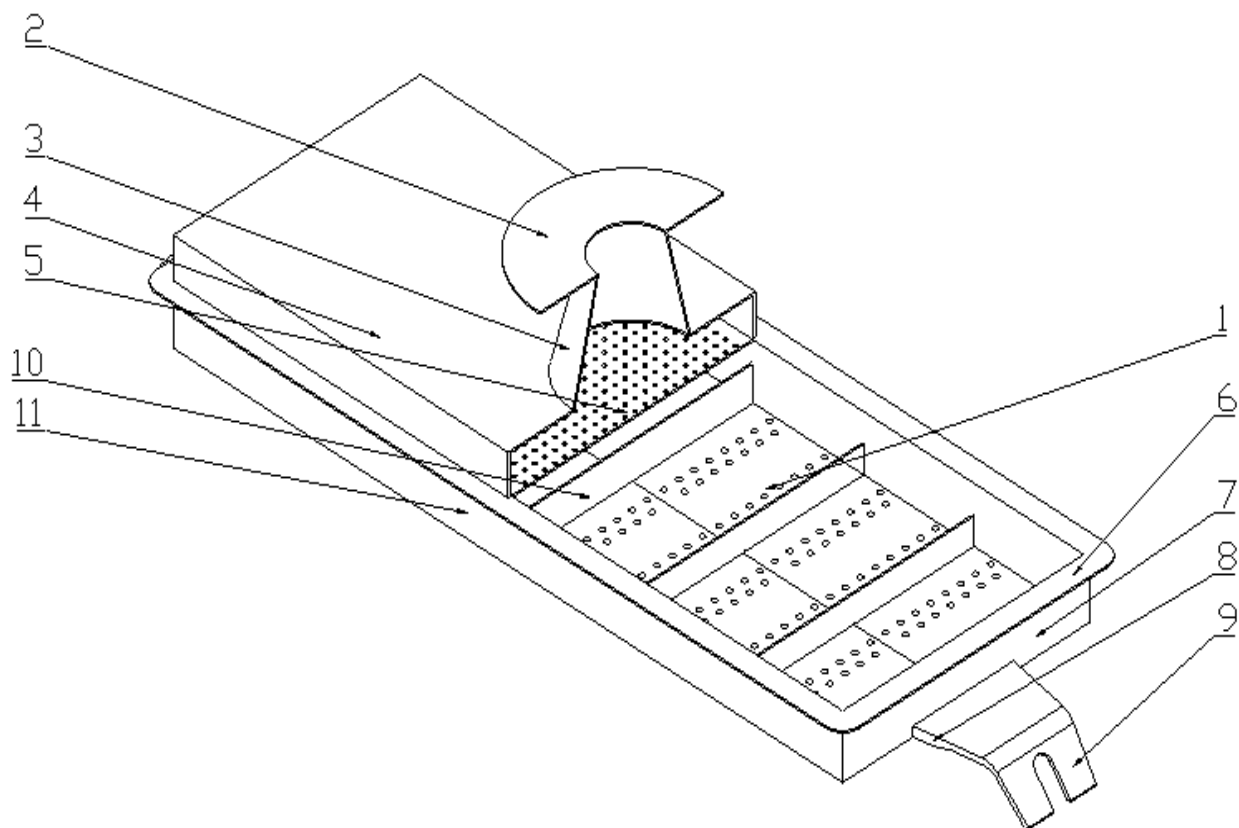
*Abstract:* The analysis of construction features of the filyerny feeder as basic element of the bazaltopryadilny unit is made. Design variations the filyernykh of the feeders allowing to provide increase in productivity and service life of processing equipment are considered. Optimum parameters of a design the filyernykh of feeders taking into account change of their look and the equipment, geometry and a form the die are determined.

*Ключевые слова:* фильерный питатель, непрерывные базальтовые нити, фильеры, базальтопрядильный агрегат.

*Keywords:* filyerny feeder, continuous basalt threads, dies, bazaltopryadilny unit.

Проблема совершенствования стеклоплавильного оборудования в легкой промышленности является актуальной и востребованной. Основным элементом конструкции наиболее подверженным выходу из строя является фильерная пластина, поэтому для проведения теоретических исследований по оптимизации процесса изготовления непрерывного базальтового волокна, а также повышения сопротивления износостойкости, в результате провисания, является актуальной разработка новой конструкции дна фильерной пластины.

Основным недостатком существующей конструкции является недостаточно высокий запас прочности фильерной пластины, что приводит к ее искажению геометрии, соответственно к браку изделия и ведет к ускоренной замене фильерного питателя (Рис. 1).



**Рис. 1. 660-фильтрный питатель общий вид**

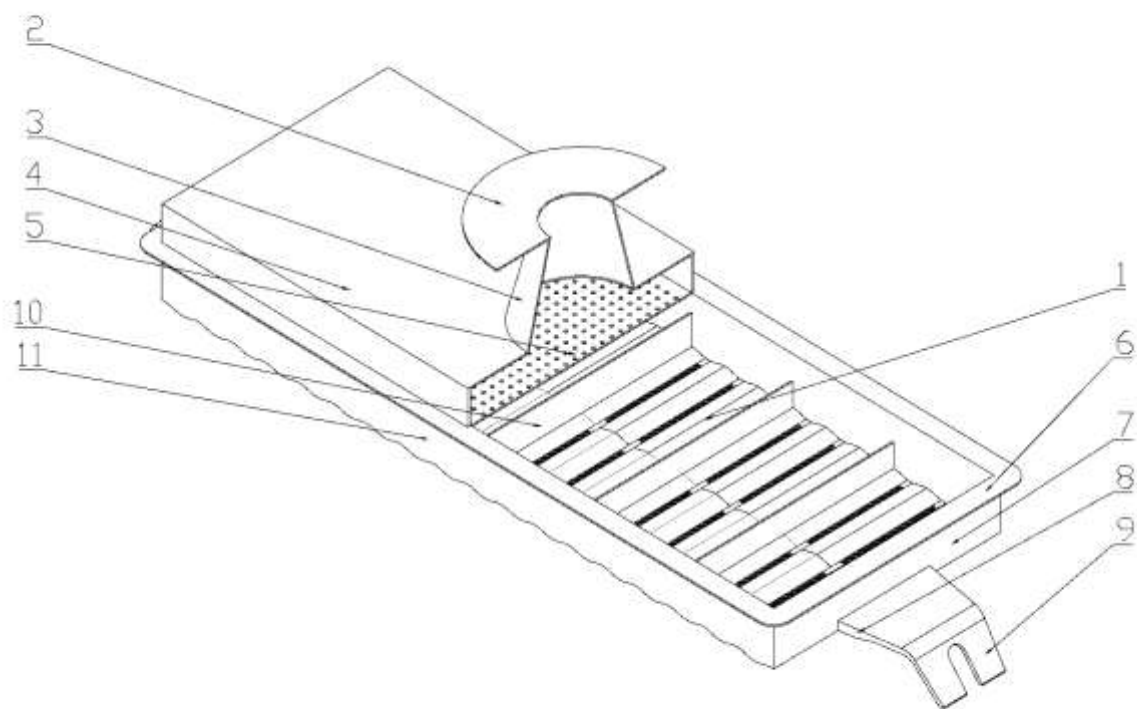
1 - фильтрная пластина; 2 - фланец; 3 - патрубок; 4 - корпус; 5 - экран; 6 - отбортовка; 7- торцевая поверхность; 8 - крылышки; 9 - токопдвод; 10 - ребро жесткости; 11 - боковая стенка

Для повышения сопротивления износу, в результате провисания, и увеличения запаса прочности фильтрной пластины была предложена волнообразная форма фильтрной пластины, вместо, традиционной, прямоугольной, с переходами на прямоугольные перфорированные зоны. Такая конструкция позволяет повысить сопротивление к деформации, тем самым, повышая износостойкость, а также способствуя повышению производительности, за счет возможности увеличения расположения большего числа фильтрных отверстий.

В конструкцию фильтрного питателя проиллюстрированного на (Рис. 2), входит боковые и торцевые стенки жестко закрепленные с помощью сварки к фильтрной пластине.

Крылышки и токоприемники жестко закрепляются с помощью сварки к основанию корпуса фильтрного питателя. Поверх корпуса располагается крышка фильтрного питателя состоящая из отбортовки, патрубка и прикреплённого поверх него фланца. Для обеспечения качества расплава в корпусе фильтрного питателя установлен экран. Фильтрная пластина волнообразной формы содержит прямоугольные перфорированные зоны в которых располагаются фильтрные отверстия.

Фильтры жестко закрепляются на фильтрной пластине в местах фильтрных отверстий (Рис.3).



**Рис. 2. Фильтрный питатель с волнообразной фильтровой пластиной**

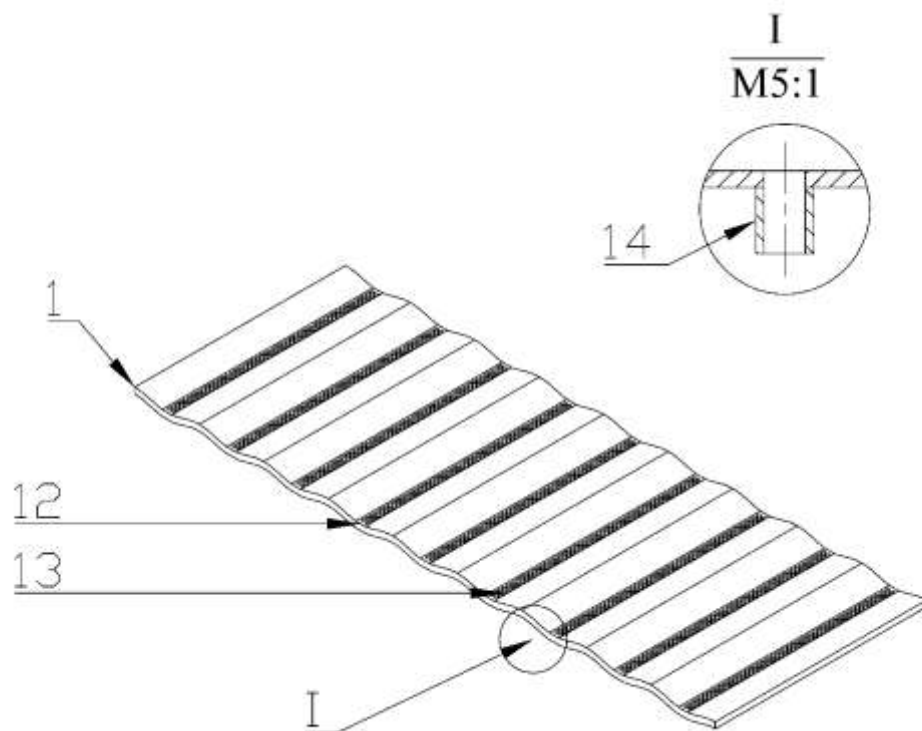
1- фильтровая пластина; 2 - фланец; 3 - патрубок; 4 - корпус; 5 - экран; 6 - отбортовка; 7- торцевая стенка; 8- крылышки; 9 - токопдвод; 10 -реброжесткости; 11- боковая стенка

Работа фильтрного питателя осуществляется следующим образом: предварительно расплавленная в печи стекломасса подается через патрубок в корпус фильтрного питателя, поступает на экран через который равномерно распределяется по фильтровой пластине, нагреваемой током, поступающим через токоприемники, и под действие сил тяжести просачивается через фильтровые отверстия и фильеры, преобразовываясь на выходе в стекловолокно [5]. Наиболее важным для непрерывной работы фильтрного питателя является сохранение целостности геометрии фильтровой пластины.

Для разработанной конструкции были проведены расчеты для нахождения оптимальных параметров формы фильтрного питателя.

Расчеты проводились по 3 основным характеристикам: максимальным и минимальным напряжениям, перемещениям и деформации по 3-х направлениям (X, Y, Z).

По результатам экспериментальных исследований установлено, что фильтровая пластина волнообразной формы имеет преимущество по величине деформации дна фильтрного питателя по сравнению с традиционной прямоугольной формой дна наилучший результат достигается в опытах в интервале от 0-120 согласно построенным графическим зависимостям.



**Рис. 3. Фильтрная пластина волнообразной формы**

1- фильтрная пластина; 12 - прямоугольная перфорированная зона; 13 - фильтрное отверстие;  
14 – фильера

Выводы и рекомендации:

1. Разработанная конструкция позволяет уменьшить напряжения и деформацию дна фильтрного питателя, что в свою очередь позволяет увеличить срок службы фильтрного питателя на 10% и более.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Громков Б.К., Жаров А.И., Чебряков С.Г. Производство непрерывного волокна из расплава горных пород. Патент RU 2167835 С1 от 25.07.2000.
2. Сборник научно-исследовательских работ волокно и стеклопластики. ВНИИСПВ. Вып. 2. М. «Гизлегпром» издательство ВНИИСПВ, 1970. 209с.
3. Зак А.Ф. Физико-технические свойства стекловолоконного волокна. М., «Ростехиздат», 1962. 223с.
4. Ходаковский М.Д., Кутуков С.С., Стекло и керамика, № 4, 15 (1969); № 2, 3 (1964).
5. Школьников Я.А., Поляк Б.М. Кочаров Э.П. Нигин Э.Р. Стеклопластиковое штапельное волокно. М, «Химия». 1969. 269с.

© Канатов А.В., Федоров Э.В., Кулаков А.А. 2020

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКОВОК ИЗ  
СТЕКЛЯННЫХ НИТЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ  
НАПОЛНИТЕЛЕЙ К КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ  
FEATURES OF PROCESSES FORMING GLASS FILAMENTS BOBBIN  
FOR COMPOSITION MATERIALS**

**Коротеева Л.И., Хозина Е.Н., Королев П.А.  
Koroteeva L.I., Khozina E.N., Korolev P.A.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: hozina2006@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе рассмотрено влияние действия силовых нагрузок, возникающих при формовании паковок из стеклянных нитей на их механическую прочность, используемых как наполнители в композиционных материалах,. Установлено, что при формировании паковок из стеклянных нитей в этом процессе наиболее опасными являются изгибные напряжения, возникающие в нитях при намотке и приводящие к появлению трещин на поверхности этих нитей.

*Annotation:* The paper considers the effect of force loads that occur during the formation of packages made of glass fibers. It is found that in this process, the most dangerous are bending stresses that occur in the filaments during winding and lead to cracks on the surface of these filaments.

*Ключевые слова:* композиционные материалы. стеклянные нити, паковка, напряжения

*Keyword:* composite material. glass filaments, packing, tension

Композиционные материалы, при изготовлении которых используются наполнители в виде волокон, являются наиболее многочисленными по количеству и разнообразию свойств.

Обширную и разнообразную по своему составу группу композитов составляют композиционные материалы (КМ), армированные стеклянными волокнами.

Это объясняется тем, что в композитах этого типа удается реализовать высокую прочность и термические характеристики стеклянных волокон. Механические свойства КМ определяются свойствами самих волокнистых наполнителей.

Важнейшим достоинством КМ является возможность создавать изделия с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям работы. Многообразие волокон и матричных материалов, а также схем армирования, используемых при создании КМ, позволяет направленно регулировать прочность, жесткость, уровень рабочих температур и другие свой-

ства путем подбора состава, изменения соотношения композитов и макроструктуры композита.

Волокнистое армирование позволяет использовать новые принципы проектирования и изготовления изделий, основанные на том, что материал и изделие создаются одновременно в рамках одного и того же технологического процесса. В результате совмещения армирующих элементов и матрицы образуют композит, свойства которого не только отражают исходные характеристики его компонентов, но и включают свойства, которыми отдельные компоненты не обладают.

В работе рассматривалась механическая прочность стеклянных нитей, возникающая при формировании паковок на стеклопрядильном агрегате.

Механическую прочность стеклянных нитей необходимо учитывать:

- при намотке свежесформованных нитей на бобины на агрегатах для их получения;

- в процессе изготовления композиционного материала с использованием волокнистых наполнителей;

- при эксплуатации изделий из композиционных материалов

В процессе наматывания опасными для нитей являются растягивающие суммарные напряжения  $\sigma_{\Sigma}$ , приводящее к потере устойчивости, прочности и появлению трещин на поверхности нитей.

Суммарное напряжение можно определить по следующей зависимости:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_n + \sigma_{изг} + \sigma_{цс} + \sigma_p \quad (1)$$

где  $\sigma_n$  – напряжение от намоточного натяжения нити;

$\sigma_{изг}$  - изгибные напряжения;

$\sigma_{цс}$  – напряжения от центробежных сил;

$\sigma_p$  – напряжения от давления на нить последующих слоев наматываемых нитей.

Напряжения от намоточного натяжения определим по формуле:

$$\sigma_n = 4Q/\pi d^2 \quad , \quad (2)$$

где  $Q$  – намоточное натяжение,

$d$  – диаметр нити

Изгибные напряжения по закону Гука определим как:

$$\sigma_{изг} = \varepsilon E, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – относительное удлинение нитей,

$E$  – модуль упругости материала нити.

Определим относительное удлинение при чистом изгибе:

$$\varepsilon = y/\rho, \quad (4)$$

где  $y$  - расстояние от нейтрального слоя до текущего сечения нити;

$\rho$  – радиус кривизны нейтрального слоя.

$$\rho = (D + d)/2, \quad (5)$$

где  $D$  – диаметр бобины.

Рассмотрим максимальное расстояние от нейтрального слоя до текущего сечения нити:

$$y_{\max} = d/2 \quad (6)$$

Тогда с учетом (4,5 и 6)

$$\sigma_{\text{изг}} = d \cdot E/D, \quad (7)$$

где  $E$  – модуль упругости первого рода .

Напряжения от центробежных сил определим по формуле:

$$\sigma_{\text{цс}} = g \cdot v^2, \quad (8)$$

где  $g$  – плотность материала нити,

$v$  – скорость наматывания.

$$\sigma_p = 2 \cdot P_{\max} \quad (9)$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление последующих витков нити на первый виток будет равно [2] :

$$P_{\max} = \pi \cdot g(r - r_{\text{сн}}) \cdot Q \cos \beta_o / 4Tr_c \quad (10)$$

где  $r$  – максимальный радиус тела намотки;

$r_{\text{сн}}$  – начальный радиус тела намотки;

$T$  – линейная плотность нити, текс,

$\beta$  – угол подъема витков на теле намотки.

Подставляя в формулу (1) для расчета суммарного напряжения растяжения соответствующие выражения (3,7,8,9) получим:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{4Q}{4d^2} + \frac{dE}{D} + \rho v^2 + 2P_{\max} \quad (11)$$

Анализ полученных значений суммарного растягивающего напряжения говорит о том, что наибольшее влияние на суммарное напряжение оказывают: намоточное натяжение; изгиб нитей в процессе наматывания; диаметры наматываемых нитей и диаметр тела намотки. Из всех составляющих суммарного напряжения наибольшее значение имеют изгибные напряжения.

Для увеличения механической прочности композитов необходимо уменьшать диаметр армирующих волокон.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коротеева Л.И., Коротеева Е.Ю. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения: Учеб. пособие. - М.: ИНФРА-М, 2015.- 288 с.
2. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование безынерционных механизмов раскладки.- Учеб. пособие для студ. текст. Вузов. - М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина А.Н., 2006.- 240 с.
3. Биргер Н.А., Шорр Б.Ф., Шнейдерович Р.Г. Расчеты на прочность деталей машин. Спр. пособие. - М.: Машиностроение, 1966.- 616 с.
4. Михайлов Ю.А. Полимерные композиционные материалы (армированные пластики, ВКПМ), М.:«МАТИ», 2008. - 167 с.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА  
С УПРУГИМ ТОЛКАТЕЛЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ПРОГРАММЫ MATHCAD  
DYNAMIC ANALYSIS OF CAM MECHANISM WITH ELASTIC  
PUSHER USING MATHCAD**

**Кузякова С.В., Степнов Н.В.,  
Kuzyakova S.V., Stepnov N.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: pr-mechanica@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы динамического исследования механизмов с использованием численных методов. Решение этих задач осуществляется с помощью системы MATHCAD. Приведен пример расчета динамического агрегата.

*Abstract:* The issues of dynamic research of mechanisms using numerical methods are considered. You can solve these problems using MATHCAD. Example of calculation of cam mechanism with elastic pusher is given.

*Ключевые слова:* кулачковый механизм, уравнение движения, звено приведения, одномассовая динамическая модель, программная математическая система MATHCAD.

*Ключевые слова:* cam gear, motion equation, drive link, single-mass dynamic model, MATHCAD software system.

При математическом моделировании кулачкового механизма считают, что его звенья являются абсолютно жесткими. В этом случае, особенно для быстроходных механизмов, получаются результаты, существенно отличающиеся от действительных значений [1]. Наблюдаются значительные отклонения от идеального ускорения для законов движения с “жесткими” и “мягкими” ударами. Поэтому рассмотрим формулы, учитывающие влияние упругости толкателя на его закон движения. При этом используем одномассовую динамическую модель, предполагая [1], что кулачок является абсолютно твердым телом, а масса толкателя сосредоточена в одной точке.

При этом допущении имеем дифференциальное уравнение:

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + p^2q = -\ddot{S}. \quad (1)$$

где  $\ddot{q}$  – ускорение колебательного движения, м/с<sup>2</sup>;

$\dot{q}$  – скорость колебательного движения, м/с;  $q$  – деформация толкателя, м;  $\ddot{S}$  – идеальное ускорение толкателя, м/с<sup>2</sup>;  $n$  – коэффициент демпфирования с<sup>-1</sup>;  $p$  – собственная частота колебаний толкателя с<sup>-1</sup>.



Решение этого дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами выполняется с помощью функции rkadapt [2]. На рис. 1 показан фрагмент программы для решения дифференциального уравнения (1). Эта функция благодаря автоматическому изменению шага интегрирования даёт более точный результат.

$$S2(t) := \begin{cases} \text{Apost}(Sm, t, tp) \cdot \frac{1}{tp^2} & \text{if } t \leq tp \\ -\text{Apost}(Sm, t - tp, top) \cdot \frac{1}{top^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$t0 := 0 \quad t1 := tp + top \quad ic := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$D(t, q) := \begin{pmatrix} q_1 \\ -p^2 \cdot q_0 - 2 \cdot n \cdot q_1 - S2(t) \end{pmatrix}$$

$$P := \text{rkadapt}(ic, t0, t1, 0.001, D, 1000, 0.0001)$$

$$t := P^{(0)} \quad q := P^{(1)} \quad q1 := P^{(2)}$$

$$X := P^{(0)} \quad Y := P^{(1)} \quad CS := \text{cspline}(X, Y) \quad q(t) := \text{interp}(CS, X, Y, t)$$

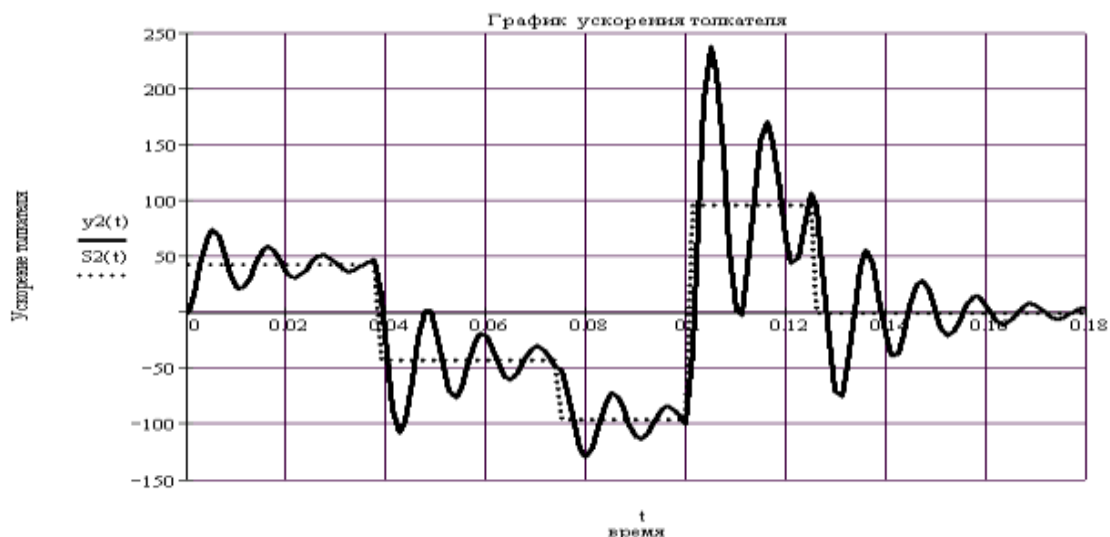
$$Y := q1 \quad CS := \text{cspline}(X, Y) \quad q1(t) := \text{interp}(CS, X, Y, t)$$

$$t := 0, \frac{2.5 \cdot \text{deg}}{\omega} .. tp + top \quad q2(t) := -p^2 \cdot q(t) - 2 \cdot n \cdot q1(t) - S2(t)$$

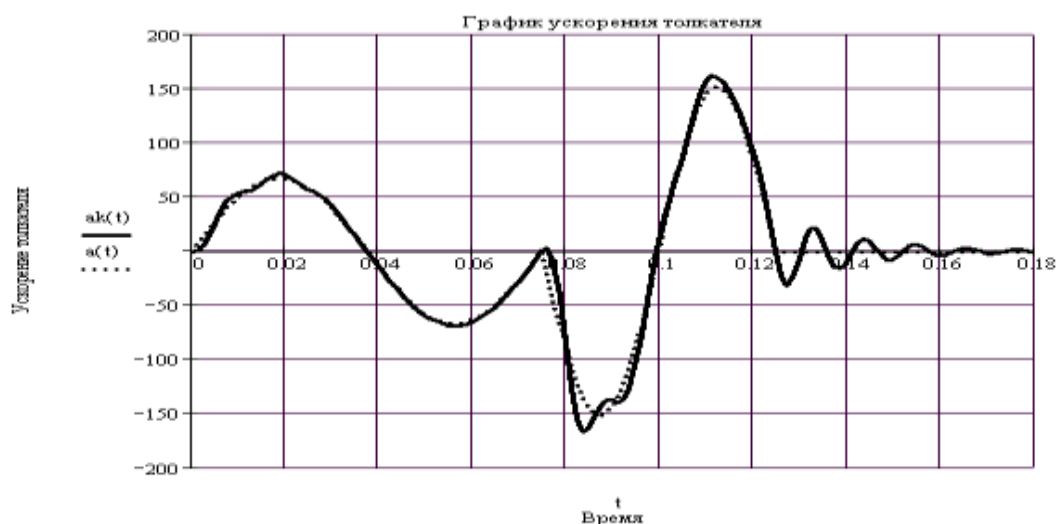
$$y2(t) := S2(t) + q2(t) \quad tp + top = 0.109$$

**Рис. 1. Решение дифференциального уравнения второго порядка с использованием функции rkadapt**

Результат решения дифференциального уравнения (1) для закона движения толкателя с постоянным ускорением в виде графика показан на рис. 2, для движения по синусоидальному закону на рис. 3. Пунктирная линия соответствует идеальному закону движения  $\ddot{S}(t)$ , основная линия ускорению толкателя с учетом его упругости  $\ddot{y}(t)$ .



**Рис. 2. График ускорения толкателя с учетом его упругости при законе движения с постоянным ускорением**



**Рис. 3. График ускорения толкателя с учетом его упругости при синусоидальном законе движения**

Как видно из графиков закон движения с постоянным ускорением имеет разрывы, является законом “с мягкими ударами”, которые оказывают существенное влияние на колебание толкателя. Наиболее резкие “скачки” ускорения наблюдаются в местах разрыва идеальной функции  $\ddot{S}(t)$ . При плавном, синусоидальном законе движения не имеющем разрывов, амплитуда колебаний ускорения толкателя значительно меньше, чем при законе с постоянным ускорением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коловский М.З. и др. Теория механизмов и машин [Текст]: учебное пособие. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 557 с.
2. Дьяконов В.П. МATHCAD в математике [Текст]: справочник. – М.: Горячая линия. - Телеком, 2007. – 958 с.

**ШПАРУТКИ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ  
TEMPLE WITH HORIZONTAL WORKING ELEMENTS**

**Мещеряков А.В., Дудко С.Л., Зайцев А.Н.  
Meshcheryakov A.V., Dudko S.L., Zaitsev A.N.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: otxpaxt@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье представлены конструкции шпаруток с горизонтальным расположением рабочих элементов, позволяющих сократить зону деформации ткани шпаруткой.

*Abstract:* the article presents the design of the temple with a horizontal arrangement of working elements that reduce the zone of deformation of the fabric with a temple

*Ключевые слова:* ткань, кромка, шпарутка, игольчатый диск.

*Keywords:* fabric, edge, temple, needle disk.

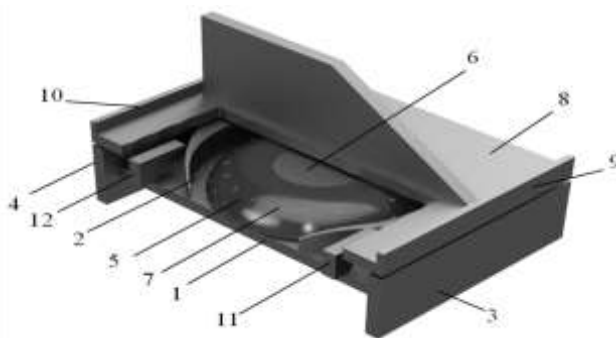
Сохранение ширины ткани на уровне проборки нитей основы через бердо на ткацких машинах достигается с помощью шпаруток. На сегодняшний день чаще используются шпарутки с горизонтальным расположением оси, на которой свободно вращаются вертикально расположенные кольца с иглами. При этом, часть ткани, проходящая через шпарутку (край ткани) движется по дуге, а часть ткани, которая через нее не проходит (основной фон ткани), движется по хорде этой дуги. Получается разница путей, которые проходят края и основной фон ткани. В результате края ткани испытывают дополнительное напряжение по сравнению с основным фоном ткани, и как следствие дополнительную вытяжку по всей длине шпарутки [1]. Это приводит у некоторых тканей к эффекту волнистости краев ткани.

Обзор патентной литературы и проспектов фирм показал, что один из путей уменьшения протяженности длины края ткани с дополнительной вытяжкой и эффектом волнистости – использование шпаруток с горизонтальным расположением рабочих элементов (дисков с иглами) и вертикальным расположением осей их вращения. Авторами разработано несколько конструкций таких шпаруток.

Шпарутка по авторскому свидетельству [2] имеет плоский неподвижный корпус с эллиптической формой передней поверхности. На корпусе вертикально закреплена ось, на которой свободно вращается горизонтальный диск. Для свободного прохождения ткани над диском он углублен в корпус. Боковая поверхность диска имеет сферическую форму и выступает за боковую поверхность корпуса. На боковой поверхности диска укреплено несколько рядов игл. Сверху шпарутка закрывается плоской крышкой с дугообразными направляю-

щими. При работе ткацкой машины дугообразные направляющие крышки загибают кромку ткани и направляют ее на переднюю поверхность корпуса. После прохождения передней поверхности корпуса, кромка ткани захватывается иглами диска. При вращении диска ткань растягивается вдоль уточных нитей. Это позволяет сохранить заправочную ширину ткани по берду, при уменьшенной зоне взаимодействия шпарутки с тканью.

Конструкция шпарутки по авторскому свидетельству [2] несколько изменяет плоскости ткани и нитей основы по краям заправки по сравнению с основным фоном. При выработке некоторых артикулов ткани это может затруднить процессы прокладывания уточной нити и образования кромки ткани. Названные недостатки предлагается устранить за счёт следующих технических решений [3]. Общий вид шпарутки показан на рис.1.



**Рис. 1. Шпарутка ткацкой машины с одним игольчатым диском**

Шпарутка имеет основание 1 с полостью 2. На основании жестко закреплены передняя 3 и задняя 4 опоры-направляющие, ограничивающие вертикальное смещение ткани вниз. В полости основания установлен диск 5, свободно вращающийся на вертикальной оси 6. На боковой поверхности диска размещены ряды игл 7, которые обеспечивают захват и удержание кромки ткани. Над основанием размещена крышка 8, прижимающая ткань к основанию шпарутки. Крышка шпарутки имеет передний 9 и задний 10 ограничители смещения ткани вверх. На нижней стороне крышки размещены передняя 11 и задняя 12 направляющие ткани. Боковые поверхности диска и основания, нижние поверхности направляющих ткани крышки имеют одинаковые профили. При работе ткацкой машины ткань из зоны формирования подается в пространство между крышкой и основанием. Передние опора-направляющая основания и ограничитель смещения ткани крышки и задние опора-направляющая основания и ограничитель смещения ткани крышки удерживают край ткани в горизонтальном положении, не давая плоскости ткани искажаться вне шпарутки. Криволинейные нижние поверхности направляющих на нижней стороне крышки направляют кромку ткани на боковую поверхность диска и захватываются рядами игл, которые не дают кромке ткани сползти с боковой поверхности диска. При вращении диска ткань растягивается вдоль уточных нитей и сохраняет заправочную ширину с минимальной деформацией нитей основы. Сойдя с боковой поверхности диска, кромка ткани проходит в зазор между задними опорой-направляющей основания и ограничителем смещения ткани крышки и движется к вальвану товарного

механизма. Применение опор-направляющих у основания и ограничителей смещения ткани у крышки позволяет обеспечить плоскостность ткани вне конструкции шпарутки. Это повышает надежность прокладывания уточной нити и образования кромки ткани. Идентичность профилей боковой поверхности диска с боковой поверхностью основания и нижними поверхностями направляющих ткани на крышке, повышает надежность удержания ткани на шпарутке. Для улучшения условий удержания края ткани на требуемой ширине предлагается снабжать шпарутку тремя игольчатыми дисками рис.2, которые устанавливаются по ходу движения ткани [4].



**Рис. 2. Шпарутка ткацкой машины с тремя игольчатыми дисками**

Работа данной шпарутки аналогична работе ранее рассмотренной шпарутки. Благодаря размещению передней и задней опор-направляющих вертикального смещения ткани основания и переднего и заднего ограничителей вертикального смещения ткани крышки друг над другом, ткань не искажает своей плоскостности вне пределов шпарутки ткацкой машины. Использование трёх игольчатых дисков увеличивает надежность удержания кромки ткани шпаруткой ткацкой машины. Смещение среднего игольчатого диска в сторону края ткани относительно переднего и заднего игольчатых дисков улучшает условия удержания ткани.

Предлагаемые конструкции шпаруток позволяют уменьшить зону дополнительной деформации ткани и зону ее прокола иглами. Это в целом повышает качество вырабатываемой ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мещеряков А.В., Шутовская В.А. Роликовая шпарутка с вертикальной осью игольчатого кольца. / Сборник материалов Международ. науч. студ. конф. «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018). Часть 1. – М.:ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – С.48-50.
2. Сурков Б.А., Мещеряков А.В. и др. Шпарутка ткацкого станка. Авт. свид. СССР №874794. 1981.
3. Мартынов И.А., Мещеряков А.В., Григорьев А.В., Григорьев В.А. Шпарутка ткацкой машины. 185007 РФ. 2018.
4. Мещеряков А.В., Григорьев А.В., Григорьев В.А. Шпарутка ткацкой машины. 196097 РФ 2019.

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРИВОДАХ ТКАЦКИХ МАШИН  
ENERGY SAVING IN DRIVES OF WEAVING MACHINES**

**Мещеряков А.В., Федина Л.А., Богачева С.Ю.  
Meshcheryakov A.V., Fedina L.A., Bogacheva S.U.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: aleksander1951@yandex.ru)*

*Аннотация:* В работе рассмотрены две конструкции привода ткацких машин, позволяющие экономить электроэнергию на управлении работой их приводов.

*Abstract:* In this paper, we consider two drive designs for weaving machines that allow saving energy on controlling the operation of their drives.

*Ключевые слова:* привод, муфта, тормоз, электромагнит.

*Keywords:* drive, clutch, brake, electromagnet.

Поиск возможностей снизить энергозатраты оборудования важная задача нашего времени. Это позволяет снизить себестоимость продукции и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду производства. На многих ткацких машинах в приводных устройствах используются сцепные пусковые муфты, работа которых чаще обеспечивается силовыми дисковыми электромагнитами. В процессе работы ткацкой машины муфта остается постоянно включенной потребляет электроэнергию.

Исключить дополнительный расход электроэнергии для обеспечения работы муфты привода в установившемся режиме работы машины предлагается, совместив электромагнитный и механический способы управления и поддержания работы муфты. Силовой электромагнит обеспечивает включение муфты. После занятия рабочими элементами муфты положения, при котором муфта выполняет свою основную функцию, включаются механические фиксаторы и удерживают ее рабочие элементы в этом положении. Силовой электромагнит выключается и остается не включенным до следующего пуска машины. Это уменьшает расход электроэнергии на обеспечение работы привода и всей машины в целом. При останове машины фиксаторы выключаются, рабочие элементы муфты разъединяются, включается тормоз и останавливает машину.

На рисунке 1 показана конструктивно-кинематическая схема привода для ткацкой машины, разработанная на базе однодисковой фрикционной муфты с силовым электромагнитом и дискового тормоза с силовыми пружинами. При включении ткацкой машины двигателя 1 через механическую передачу (на рисунке показана клиноременная передача, состоящая из шкива 2, ремней 3 и шкива-маховика 4) разгоняет шкив-маховик, свободно вращающийся относительно приводного вала 11 на подшипниках. После его разгона включается силовой электромагнит 14 и притягивает якорь муфты 13. Якорь, перемещаясь в

осевом направлении, через стержни 12 и упорный подшипник отводит фрикцион 6 от тормозного диска, укрепленного на корпусе 7 привода. Перемещаясь дальше вдоль оси привода, якорь муфты прижимает фрикцион к вращающемуся шкиву-маховику. За счет трения между ними приводной вал начинает вращаться и приводит в движение исполнительные механизмы ткацкой машины. При занятии якорем муфты рабочего положения, включаются фиксаторы 10 и удерживают якорь муфты в этом положении. Силовой электромагнит выключается и дальше электроэнергию не потребляет. При останове машины включается магнит управления 8. Он притягивает якорь тормоза 9, который выключает фиксаторы, удерживавшие якорь силового электромагнита. Тормозные пружины 5 отжимают фрикцион от шкива-маховика и прижимают его к тормозному диску на корпусе привода. За счет трения между фрикционом и тормозным диском приводной вал и исполнительные механизмы машины останавливаются. Момент, развиваемый между шкивом-маховиком и фрикционом, задается силовым электромагнитом. Тормозной момент регулируется затяжкой тормозных пружин, которая задается положением деталей механизма управления тормозом друг относительно друга. При расчете силового электромагнита надо учитывать дополнительное усилие, которое он должен развить, сжимая тормозные пружины.

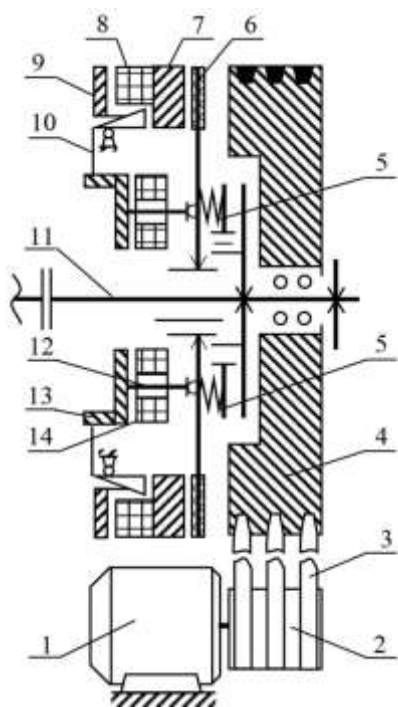


Рис. 1

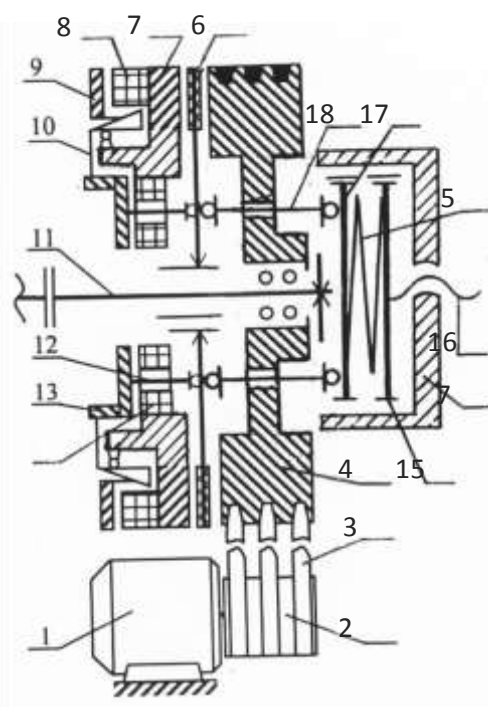


Рис. 2

Улучшить условия обслуживания привода при эксплуатации ткацкой машины можно вынеся механизм управления приводом наружу и расположив его перед шкивом-маховиком рисунок 2. Работа части привода, обеспечивающей пуск и основной режим работы машины, остается такой же, как у предыдущего привода. При останове машины после включения электромагнита управления 8 фиксаторы 10 выключаются, фрикцион 6 освобождается и через стержни 18 и упорные подшипники прижимается тормозной пружиной 5 к тормозному диску

корпуса привода 7. За счет трения между ними приводной вал привода и исполнительные механизмы машины останавливаются. Тормозной момент регулируется силой сжатия тормозной пружины, которая задается дисками 15 и 17, перемещающимися вдоль корпуса муфты, и ходовым винтом 16.

Исследования показали, что расчет параметров работы муфты и тормоза привода, в зависимости от требуемой точности результатов, можно провести используя двух или четырех массовые модели и уравнения Лагранжа второго рода [1, 2]. Методики расчетов приведены в работе [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика машин и управление машинами: Справочник/ Под. ред. Г.В. Крейнина. – М.: Машиностроение, 1988 – 240 с.
2. Мартынов И.А., Мещеряков А.В., Корнев Б.И. Динамика приводов ткацких машин. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002. – 352с.

УДК 621:677

### **ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА IDENTIFICATION OF SPATIAL DIMENSIONAL RELATIONSHIPS OF EQUIPMENT NODES BASED ON STRUCTURAL ANALYSIS**

**Мнацаканыан В.У.<sup>1</sup>, Гулиева Р.М.<sup>2</sup>  
Mnatsakanyan V.U.<sup>1</sup>, Guliyeva R.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва*  
<sup>1</sup> *National University of Science and Technology "MISIS", Moscow*  
(e-mail: artvik@bk.ru)

<sup>2</sup> *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
<sup>2</sup> *The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(e-mail: renyasha51@gmail.com)

*Аннотация:* Выполнен структурный анализ ткацкого станка СТБ, на основе которого выявлены пространственные размерные связи его функционально связанных ответственных узлов, оказывающих влияние на качество вырабатываемой ткани и стабильную работу ткацкого станка.

*Abstract:* A structural analysis of the loom is performed, based on which the spatial dimensional relationships of its functionally related critical nodes are revealed, which affect the quality of the produced fabric and the stable operation of the loom.

*Ключевые слова:* ткацкий станок, тканеформирующие механизмы. структурный анализ, размерные связи, точность положения.

*Keywords:* loom, fabric-forming mechanisms. structural analysis, dimensional relationships, position accuracy.



Определение точности положения функционально связанных узлов технологического оборудования заключается в выявлении и установлении размерных связей между координатными системами его сборочных единиц. В этом случае составляющими звеньями пространственных размерных цепей являются обобщенные координаты, образующие соответствующий вектор  $k_i = (A, B, G, \lambda, \beta, \gamma)$ , который определяет положение координатной системы  $(oxyz)_i$  исполнительных поверхностей узла относительно системы его основных баз  $(OXYZ)$  [1].

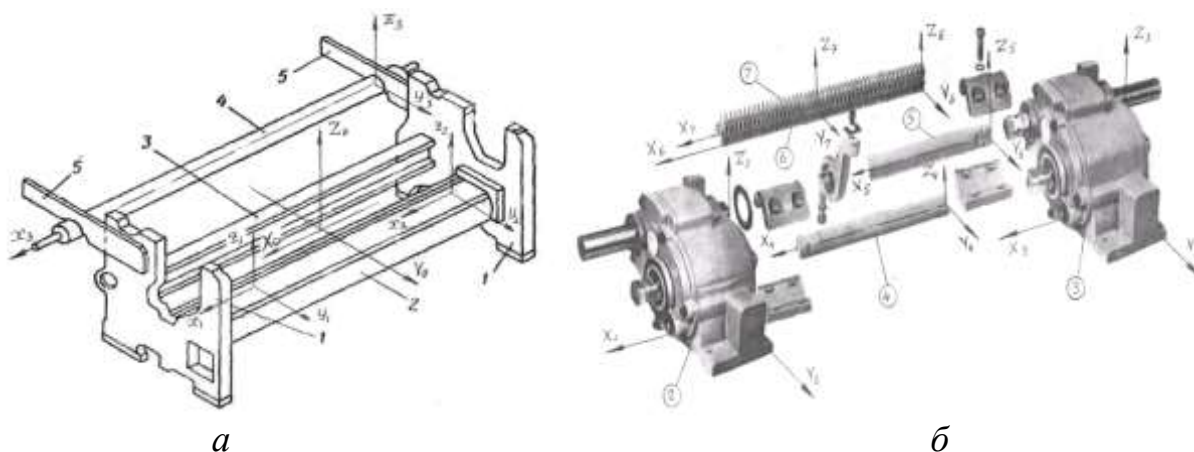
Совокупность векторов  $k_1, k_2 \dots k_i \dots k_n$  образует блочную матрицу звеньев технологической системы:

$$K = [k_i]; \quad K = [k_1, k_2 \dots k_i \dots k_n] \quad (1)$$

где  $n$  – число звеньев пространственной технологической цепи рассматриваемой системы.

Данную методику применим для описания точности ткацкого станка. Обозначив функционально-связанные узлы станка СТБ (рис. 1) в последовательности их базирования, получим табличную матрицу связи  $B$  узлов станка, в которой каждая строка соответствует механизму, а единичные элементы на строке указывают на узлы, определяющие положение данного механизма:

1	Остов	1								0
2	Батанная коробка левая	1	2							
3	Батанная коробка правая	1	0	3						
4	Главный вал	1	1	1	4					
5	Подбатанный вал	1	1	1	1	5				
6	Батанный брус	1	1	1	1	1	6			
7	Направляющая гребенка	1	1	1	1	1	1	7		
8	Бердо	1	1	1	1	1	1	1	8	
9	Опора	1	0	0	0	0	0	0	0	9



**Рис. 1. Системы координат**

*a* – остова станка СТБ; *б* - тканеформирующих механизмов станка СТБ

Для расчета размерных связей все векторы приведем к главной системе координат станка  $O_1X_1Y_1Z_1$ , связанной с его остовом:

$$K^{(1)} = \Pi_{\Sigma} \cdot K \quad (2)$$

где  $\Pi_{\Sigma}$  - матрица преобразования звеньев;  $K$  - матрица звеньев системы:

$$\begin{pmatrix} K_1^{(1)} \\ K_2^{(1)} \\ \vdots \\ K_n^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Pi_1^{(1)} & & & 0 \\ & \Pi_2^{(1)} & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \Pi_n^{(1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Элементы  $\Pi_{\Sigma} = \{\Pi_1^{(1)}, \Pi_2^{(1)}, \dots, \Pi_n^{(1)}\}$  - блочные матрицы преобразования:

$$\Pi_{\Sigma} = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} \pi_1^{(1)} & 0 \\ 0 & \pi_1^{(1)} \end{pmatrix} & & & 0 \\ & \begin{pmatrix} \pi_2^{(1)} & 0 \\ 0 & \pi_2^{(1)} \end{pmatrix} & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \begin{pmatrix} \pi_n^{(1)} & 0 \\ 0 & \pi_n^{(1)} \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

В данном случае элементы матриц  $\pi_i$  определяют косинусы углов между осями системы координат баз узла  $O_iX_iY_iZ_i$  и системы координат  $O_1X_1Y_1Z_1$  станка:

$$\pi_i = \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & l_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(x_1x_i) & \cos(x_1y_i) & \cos(x_1z_i) \\ \cos(y_1x_i) & \cos(y_1y_i) & \cos(y_1z_i) \\ \cos(z_1x_i) & \cos(z_1y_i) & \cos(z_1z_i) \end{pmatrix}$$

Таким образом, положение рабочих поверхностей узла в системе  $O_1X_1Y_1Z_1$ , характеризует вектор  $D_i = (A_i, B_i, G_i, \lambda_i, \beta_i, \gamma_i)$ , совокупность которых определяет матрицу положения рассматриваемых узлов станка:

$$D = [D_i]; \quad D = [D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_n]$$

которая рассчитывается согласно выражению

$$D = B \cdot \Pi_{\Sigma} \cdot K \quad \text{или} \quad D = H \cdot K \quad (4)$$

где  $H$  - операторная матрица  $H = B \cdot \Pi_{\Sigma}$ .

Выражение (1.4) в развернутой форме записи имеет вид:

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_7 \\ D_8 \\ D_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{1,1} & & & & & & & & \\ H_{2,1} & H_{2,2} & & & & & & & \\ H_{3,1} & H_{3,2} & H_{3,3} & & & & & & \\ H_{4,1} & H_{4,2} & H_{4,3} & H_{4,4} & & & & & \\ H_{5,1} & H_{5,2} & H_{5,3} & H_{5,4} & H_{5,5} & & & & \\ H_{6,1} & H_{6,2} & H_{6,3} & H_{6,4} & H_{6,5} & H_{6,6} & & & \\ H_{7,1} & H_{7,2} & H_{7,3} & H_{7,4} & H_{7,5} & H_{7,6} & H_{7,7} & & \\ H_{8,1} & H_{8,2} & H_{8,3} & H_{8,4} & H_{8,5} & H_{8,6} & H_{8,7} & H_{8,8} & \\ H_{9,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & H_{9,9} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \\ k_7 \\ k_8 \\ k_9 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Так, в соответствие с (5), положение берда при доведении нити до опушки ткани определяет вектор:

$$D_8 = H_{8.1} \cdot k_1 + H_{8.2} \cdot k_2 + H_{8.3} \cdot k_3 + H_{8.4} \cdot k_4 + H_{8.5} \cdot k_5 + H_{8.6} \cdot k_6 + H_{8.7} \cdot k_7 + H_{8.8} \cdot k_8$$

В свою очередь, положение одного звена  $i$  узла относительно баз другого  $j$ , определяется разностью двух векторов  $D_{ij} = D_j - D_i$ .

Для определения отклонений узлов в выражение (1.5) вместо  $K = [k_i]$ , подставляют матрицу отклонений  $\Delta_K = [\Delta_{k1}, \Delta_{k2} \dots \Delta_{ki} \dots \Delta_{kn}]$ , элементами которой являются линейные и угловые отклонения составляющих звеньев  $\Delta_{ki} = (\Delta_{Ai} \Delta_{Bi} \Delta_{Gi} \Delta_{\lambda i} \Delta_{\beta i} \Delta_{\gamma i})$ . В результате выражение (5) принимает вид

$$\Delta_D = H \cdot \Delta_K, \quad (6)$$

и в развернутой форме записывается следующим образом:

$$\begin{array}{l} \Delta_{D1} \\ \Delta_{D2} \\ \Delta_{D3} \\ \Delta_{D4} \\ \Delta_{D5} \\ \Delta_{D6} \\ \Delta_{D7} \\ \Delta_{D8} \\ \Delta_{D9} \end{array} = \begin{array}{cccccccc} H_{1.1} & & & & & & & & 0 \\ H_{2.1} & H_{2.2} & & & & & & & \\ H_{3.1} & 0 & H_{3.3} & & & & & & \\ H_{4.1} & H_{4.2} & H_{4.3} & H_{4.4} & & & & & \\ H_{5.1} & H_{5.2} & H_{5.3} & H_{5.4} & H_{5.5} & & & & \\ H_{6.1} & H_{6.2} & H_{6.3} & H_{6.4} & H_{6.5} & H_{6.6} & & & \\ H_{7.1} & H_{7.2} & H_{7.3} & H_{7.4} & H_{7.5} & H_{7.6} & H_{7.7} & & \\ H_{8.1} & H_{8.2} & H_{8.3} & H_{8.4} & H_{8.5} & H_{8.6} & H_{8.7} & H_{8.8} & \\ H_{9.1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & H_{9.9} \end{array} \cdot \begin{array}{l} \Delta_{k1} \\ \Delta_{k2} \\ \Delta_{k3} \\ \Delta_{k4} \\ \Delta_{k5} \\ \Delta_{k6} \\ \Delta_{k7} \\ \Delta_{k8} \\ \Delta_{k9} \end{array} \quad (7)$$

В соответствии с (7), отклонения бруса батана можно рассчитать с помощью выражения:

$$\Delta_{D6} = H_{6.1} \cdot \Delta_{k1} + H_{6.2} \cdot \Delta_{k2} + H_{6.3} \cdot \Delta_{k3} + H_{6.4} \cdot \Delta_{k4} + H_{6.5} \cdot \Delta_{k5} + H_{6.6} \cdot \Delta_{k6}$$

В свою очередь, отклонения осей отверстий под главный вал определяются выражениями:

для левой батанной коробки

$$\Delta_{D2} = H_{2.1} \cdot \Delta_{k1} + H_{2.2} \cdot \Delta_{k2}$$

для правой батанной коробки

$$\Delta_{D3} = H_{3.1} \cdot \Delta_{k1} + H_{3.2} \cdot \Delta_{k2} + H_{3.3} \cdot \Delta_{k3}$$

Таким образом, приведенные зависимости позволяют рассчитать параметры точности узлов ткацкого станка, при которых гарантированно обеспечивается выполнение их функционального назначения [2]. Данную методику возможно применять также для оценки геометрической точности проектируемого оборудования вспомогательного назначения, например, промышленных роботов, элементов транспортных систем и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ И.М. Баранчуков, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; под общей ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.

2. Мнацаканян В.У. Технологические основы обеспечения точности и восстановления работоспособности деталей и узлов текстильных машин. М.: «Янус-К», 2006. 128 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ПРИ НАМОТКЕ  
БЕСКРУТОЧНОЙ РОВНИЦЫ  
CHANGING THE TENSION FORCE WHEN WINDING  
THE UNTWISTED ROVING**

**Рудовский П.Н.<sup>1</sup>, Палочкин С.В.<sup>2</sup>,  
Rudovskiy P.N.<sup>1</sup>, Palochkin S.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Костромской государственной университет, Россия*

<sup>1</sup> *Kostroma State University, Russia*

*(e-mail: pavel\_rudovsky@mail.ru)*

<sup>2</sup> *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия*

<sup>2</sup> *Bauman Moscow State Technical University, Russia*

*(e-mail: palnigs@mail.ru)*

*Аннотация:* Приведены результаты опытного исследования изменения натяжения при намотке бескруточной ровницы, показавшие, что для устранения её скрытой вытяжки необходим компенсатор натяжения, обеспечивающего неизменную длину ровницы на участке между выпускной парой и точкой намотки.

*Abstract:* The results of an experimental study of the change in tension during winding of a roving untwisted roving are presented, which showed that to eliminate its latent drawing, a tension compensator is required, which ensures a constant length of the roving in the section between the outlet zone and the winding point.

*Ключевые слова:* бескруточная ровница, намотка, изменение силы натяжения.

*Keywords:* untwisted roving, winding, changing the tension force.

Бескруточная ровница, формируемая мокрым способом [1, 2, 3], имеет специфическую структуру и пониженную прочность. Поэтому исследование влияние силы натяжения в процессе наматывания на ее качественные параметры является актуальной задачей. Намотка такой ровницы в отличие от традиционной осуществляется с помощью фрикционного мотального механизма.

При формировании бескруточной ровницы мокрым способом ее прочность определяется двумя основными явлениями [4, 5]: за счет поверхностного натяжения водяных пленок в местах контакта волокон и за счет склеивания волокон пектинами, входящими в состав волокон льна. Эти процессы проходят с разными скоростями. Первый процесс происходит практически мгновенно, а для прохождения второго требуется определенное время, необходимое для растворения в воде пектинов, входящие в состав льняных волокон. Поэтому можно утверждать, что в первые моменты формирования ровницы ее прочность может изменяться в широком диапазоне значений. Это не позволяет использовать для определения прочности традиционные методы текстильного материаловедения.

Для оценки возможности скрытой вытяжки при формировании ровницы необходимо знать разрывную нагрузку в момент наматывания, т.е. в первую секунду после формирования продукта. Для решения этой задачи предложена и

реализована на опытном стенде специальная методика определения разрывной нагрузки в ходе технологического процесса.

Схема устройства, реализующего предложенную методику, а также позволяющего дополнительно измерять рабочее натяжение в ходе технологического процесса наматывания, дана на рис 1.

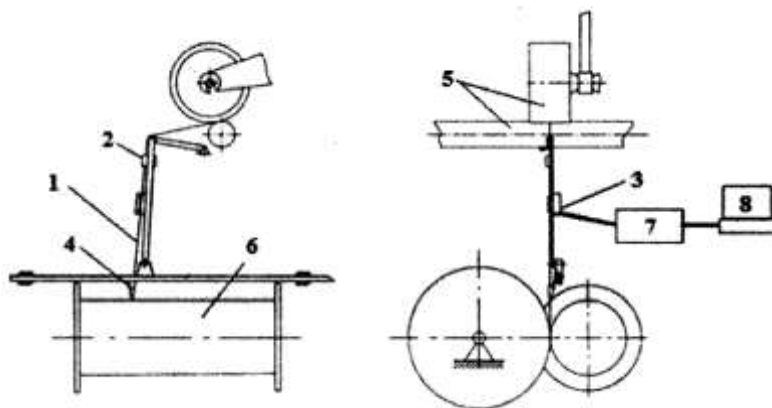


Рис. 1. Схема устройства

Устройство установлено на участке линии заправки между выпускной парой 5 и раскладчиком 4, и состоит из зажима 2, управляемого с помощью электромагнита. Непосредственно за зажимом устанавливается тензометрический датчик 3 натяжения ровницы. При работе устройства ровница 1 при своем движении касается упругой балки датчика натяжения 3, огибает ее и вследствие натяжения вызывает ее деформацию. Деформация упругого элемента преобразуется в электрический сигнал, который после усиления и оцифровки в блоке 7 передается для обработки и хранения в компьютер 8.

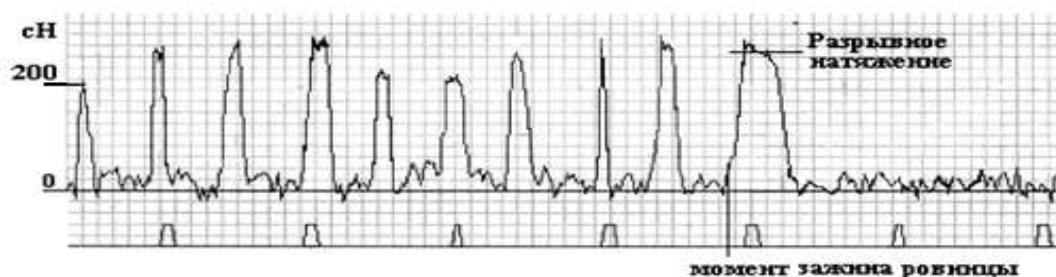
Для измерения разрывного натяжения, в ходе установившегося технологического процесса замыкается цепь питания электромагнита, якорь зажимает ровницу, но намотка не прекращается, поэтому натяжение ровницы возрастает до момента её разрыва. В этот момент показания измерительного тракта, записываемые на жесткий диск компьютера, соответствует максимальному, т.е. разрывному натяжению ровницы.

Анализ процесса деформации ровницы показывает, что для достоверного измерения разрывной нагрузки достаточно частоты опроса датчика 100 Гц, что позволяет проводить измерение, записывать результаты в файл и отображать их на экране монитора в режиме реального времени.

Если проводить регистрацию показаний датчика без замыкания цепи электромагнита, то можно получить запись натяжения за продолжительное время, ограниченное объемом оперативной памяти компьютера. Однако, для анализа изменения натяжения при наматывании ровницы, важным является определение зависимости натяжения ровницы от положения нитераскладчика. Для этого в устройстве предусмотрен еще один канал измерения. К нему подключается оптопара, расположенная в крайнем положении нитераскладчика. Оптопара посылает на компьютер сигнал с двумя уровнями в зависимости от освещения фотодиода. Нитераскладчик в крайнем положении, перекрывает оптопару, в этот момент сигнал меняется на противоположный. В течение всего времени

записи массива значений натяжения, сигнал с оптопары также сохраняется в компьютере. Таким образом, мы можем оценить, какому положению нитераскладчика соответствует то или иное значение натяжения.

Рассмотрим, как изменяется натяжение ровницы при наматывании, и сравним уровень намоточного натяжения с разрывным. В процессе проведения экспериментов вырабатывалась ровница с линейной плотностью по 500 текс при частоте вращения вьюрка 5000 об/мин. Расход воля в увлажняющем устройстве составил 0,1 л/мин. На рис. 2. приведен график изменения натяжения в этом случае.



**Рис. 2. Изменение натяжения при намотке бескруточной ровницы**

Вследствие движения нитеводителя длина участка продукта от выпускной пары до точки наматывания периодически изменяется, а, т.к. скорость выпуска остается постоянной, то это приводит к соответствующему изменению натяжения ровницы, которое видно на рис.2.

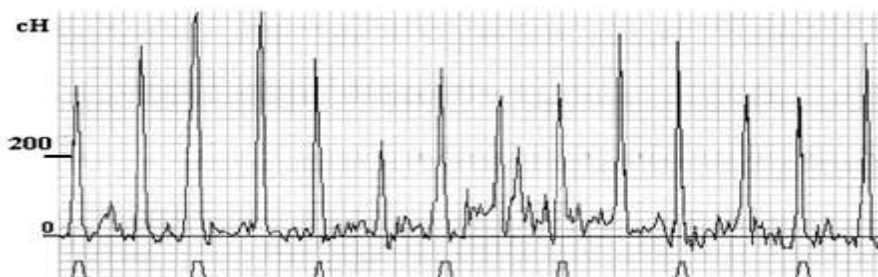
В нижней части графика видны импульсы, обусловленные перекрытием оптопары в одном из крайних положений нитераскладчика. Соответственно, другое крайнее положение находится посередине между двумя соседними импульсами. Во всех крайних положениях наблюдаются характерные пики натяжения ровницы, связанные с изменением ее длины в веере раскладки. При обработке результатов эксперимента рассматривалось тридцать пиков, то есть пятнадцать периодов движения нитераскладчика. Анализ полученных данных показывает, что средняя величина пиков составила 230 сН. Максимальное наблюдавшееся натяжения составил 286 сН.

На рис. 2 приведен также график изменения натяжения после зажима ровницы. Как следует из приведенной диаграммы, разрывное натяжение ровницы составляет 260 сН.

Таким образом, максимальное натяжение ровницы при ее наматывании соизмеримо с разрывным. Однако обрыв ровницы при ее наработке не наблюдается. Это можно объяснить тем, что разрыв ровницы происходит со значительным удлинением, которое возникает за счет скольжения волокон в продукте [6]. Поэтому кратковременное натяжение, достигающее значений разрывного, не приводит к обрыву ровницы в зоне наматывания. Оно приводит к скрытой вытяжке и к тому, что натяжение не превышает разрывного, даже при значительных превышениях скорости наматывания над скоростью выпуска.

Для получения реальных нагрузок на продукт, возникающих при намотке ровницы, необходимо наматывать продукт той же жесткости, что и реальная ровница, но имеющий гораздо большее разрывное натяжение. Этим требовани-

ям вполне соответствует традиционная ровница с повышенной круткой. Поэтому в ходе экспериментов производилась намотка такой ровницы с линейной плотностью 500 текс. Ровница заправлялась в обход вытяжного прибора под нажимной валик тянущей пары и далее поступала в намотку, как и бескруточная ровница. На рис. 3. дан график изменения натяжения для этого случая.



**Рис. 3. Изменение натяжения при намотке крученой ровницы**

При анализе графика рассматривалось пятнадцать периодов движения нитераскладчика. Средняя величина пиков в этом случае составила 329 сН, максимальная величина зафиксированного пика составила 571 сН, что гораздо больше разрывного натяжения бескруточной ровницы.

Сравнение графиков на рис. 2. и рис. 3. подтверждает сделанное предположение о наличии скрытой вытяжки при наматывании бескруточной ровницы. Для устранения этого явления можно рекомендовать установку компенсатора натяжения, обеспечивающего неизменную длину ровницы на участке между выпускной парой и точкой намоткой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Палочкин С.В., Козлов В.А., Соркин А.П., Рудовский П.Н. Способ получения ровницы и устройство для его осуществления. Патент на изобретение RU 2128252 С1, 27.03.1999. Заявка № 98101575/12 от 15.01.1998.

2. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. Способ формирования некрученой ровницы из льняного волокна. Патент на изобретение RU 2148113 С1, 27.04.2000. Заявка № 99116205/12 от 22.07.1999.

3. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Ровница и способ ее получения. Патент на изобретение RU 2164567 С1, 27.03.2001. Заявка № 2000107289/12 от 27.03.2000.

4. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Влияние условий формирования мокрой бескруточной ровницы на ее структуру и прочность // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 3 (332). С. 34-38.

5. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Депонир. рукопись № 82-В2010 17.02.2010. – 21 с.

6. Рудовский П.Н. Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании; автореферат дис. ... докт. техн. наук. Кострома, 1996. – 32 с.

**МЕТОД ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНЫХ  
ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПРИВОДОВ ЛЕГКОЙ И ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
**METHOD OF PROJECT CALCULATION OF CYCLOIDAL REDUCERS  
FOR DRIVES OF LIGHTWEIGHT AND TEXTILE INDUSTRY**

**Синицына Ю.В., Ермолаев М.М.**  
**Sinitsyna Y.V., Ermolaev M.M.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва*  
*Bauman Moscow State Technical University, Moscow*  
*(e-mail: J.Sinitsyna@gmail.com, mmermolaev@gmail.com)*

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90252 (The reported study was funded by RFBR, project number 19-38-90252)**

*Аннотация:* Рассмотрен метод подбора оптимальных параметров планетарно-цевочной передачи на этапе проектирования с учетом точности изготовления, материала сателлитов и вероятности безотказной работы для повышения эффективности и надежности оборудования.

*Abstract:* A method for selecting the optimal parameters of a cycloidal reducers at the design stage is considered, taking into account the manufacturing accuracy, the material of the cycloidal gears and the reliability probability to improve the efficiency and reliability of equipment.

*Ключевые слова:* планетарно-цевочный редуктор, надежность, нагрузочная способность.

*Keywords:* cycloidal reducer, reliability, capability.

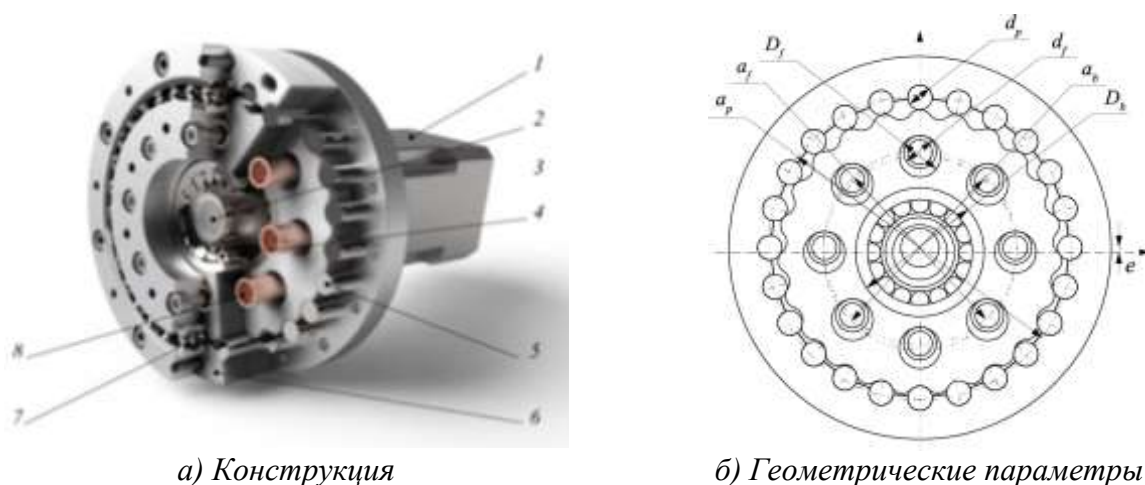
Индивидуальные приводы технологического оборудования текстильной и легкой промышленности, в частности промышленных роботов часто выполняют на базе соосных мотор-редукторов [1]. По сравнению с использованием встраиваемых высокомоментных электродвигателей, применение мотор-редукторов позволяет обеспечить оптимальное отношение допустимого момента к массе, широкий диапазон передаточных чисел, минимальное значение люфта, крутильную жесткость, низкий момент инерции, а также значительный коэффициент полезного действия [2-3].

Рассмотрим конструкцию наиболее распространенного планетарно-цевочного редуктора по схеме *KHV* (рис. 1, *a*). Редуктор состоит из корпуса, к которому крепится электродвигатель *1*, эксцентрикового вала *2* (который может быть выполнен в качестве насадки на вал двигателя), двух или трех циклоидальных сателлитов *3*, установленных на роликовых подшипниках *4*, цевок *5* в обойме *6*, являющейся выходным валом, опор выходного вала *7* и механизма параллельных кривошипов, образованного пальцами *8*.

Для обеспечения требуемой надежности и эффективности соответствующего технологического оборудования, необходимо подобрать оптимальные



геометрические параметры (рис. 1, б) для редуктора на этапе конструирования. Исходными данными для проектирования, являются номинальный крутящий момент  $T$  на выходном валу, частота вращения входного вала  $n$ , число цевок  $z_p$ , являющееся функцией передаточного числа и требуемый ресурс передачи  $t_{\Sigma}$ .



**Рис. 1. Планетарно-цевочной передачи КНВ**

Прежде всего конструктор назначает материалы деталей передачи и точность ее изготовления, а также, определяет предельно допустимую вероятность безотказной работы передачи. Согласно этим параметрам можно определить по таблице 1 коэффициенты  $K_{EP}$ ,  $K_{EF}$  и  $K_{EB}$ .

Таблица 1. Коэффициенты, характеризующие влияние погрешностей изготовления передачи на силы.

Точность от- верстия/вала	$K_{EP}$			$K_{EF}$			$K_{EB}$		
	100%	95%	90%	100%	95%	90%	100%	95%	90%
H6,g5	1,26	1,11	1,09	1,06	1,04	1,03	0,89	0,80	0,79
H6,h5	1,28	1,13	1,11	1,07	1,04	1,03	0,89	0,81	0,79
H7,g6	1,51	1,21	1,18	1,09	1,05	1,04	0,98	0,81	0,78
H7,h6	1,53	1,25	1,21	1,09	1,05	1,04	0,98	0,81	0,79
H7,f7	1,69	1,36	1,31	1,13	1,07	1,03	1,06	0,83	0,80
H8,h7	1,74	1,34	1,29	1,13	1,06	1,05	1,03	0,85	0,82

Так как основным критерием работоспособности передачи является контактная выносливость сателлита, основные геометрические параметры передачи целесообразно определять согласно этому критерию.

Согласно работе [4-6] определяется допустимое контактное напряжение:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\lim}}{S_H} \sqrt{\frac{N_{HG}}{60t_{\Sigma}n}}, \quad (1)$$

где  $S_H$  – коэффициент запаса.

При оптимальном сочетании размеров в передаче, допустимый крутящий момент  $[T]$  на выходном валу составляет:

$$[T] = 0,128 \frac{[\sigma_H]^2}{K_{EP}k_s E^*} z_s a_p^2 b_p, \quad (2)$$

где  $k_s$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между спутниками (см. [7]),  $z_s$  – число спутников. Тогда выразим ширину спутника через делительный диаметр обоймы:

$$b_p = \psi_{ba} a_p, \quad (3)$$

где  $\psi_{ba}$  – коэффициент ширины венца, обычно принимаемый 0,1 согласно [8]. Это позволяет оценить делительный диаметр обоймы, требуемый для передачи требуемого момента:

$$a_p = 1,97^3 \sqrt{\frac{K_{EF} k_s T E^*}{z_s \psi_{ba}}}, \quad (4)$$

Отметим, что формула (4) по структуре аналогично известной зависимости для расчета межосевого расстояния цилиндрических зубчатых эвольвентных передач ГОСТ 21354-87.

После выбора  $a_p$  и его округления до удобного значения, определяются прочие геометрические параметры передачи согласно таблице 2.

Таблица 2. Оптимальные конструктивные параметры планетарно-цвочной передачи

Параметр	Обозначение	Формула
модуль	$m_p$	$a_p/z_p$
эксцентриситет	$e$	$0,354m_p$
диаметр цевки	$d_p$	$1,8m_p$
ширина спутника	$b_p$	$\psi_{ba} a_p$

После назначения основных геометрических параметров передачи, необходимо убедиться в работоспособности механизма параллельных кривошипов и оценить надежность подшипника – опоры спутника. Максимальная сила, действующая на палец механизма параллельных кривошипов, может быть оценена по формуле:

$$F_f^{\max} = \frac{8K_{EF} T k_s z_c}{a_f z_f z_s z_p}, \quad (5)$$

Зная эту нагрузку, можно оценить износостойкость пальцев механизма параллельных кривошипов по существующим методикам [9].

Для оценки надежности опоры спутника определяется нагрузка, действующая на подшипник:

$$F_r = \frac{T}{z_p e} \sqrt{K_{EB}^2 + 1}. \quad (6)$$

Спутники, как правило, устанавливаются на роликовые подшипники, и не передают осевую силы. Условие статической прочности опоры можно записать в виде  $F_r < C_0$ , где  $C_0$  – статическая грузоподъемность подшипника. Для оценки ресурса подшипника вычисляется эквивалентная динамическая нагрузка. Поскольку осевая сила отсутствует, а относительно нагрузки вращается внешнее кольцо подшипника,

$$P = 1,2K_o K_T F_r, \quad (7)$$

что примерно равно  $1,5F_r$ . Далее определяется ресурс подшипника.

$$L_h = a_1 a_{23} \left( \frac{C}{P} \right)^m \frac{10^6}{60n}. \quad (8)$$

Коэффициент  $a_1$ , входящий в формулу (8) и учитывающий вероятность отказа подшипника, целесообразно принимать соответствующим той же вероятности безотказной работы, которая назначалась при расчете передачи.

Как правило ресурс подшипника оказывается меньше ресурса сателлита. В таком случае ресурс подшипника следует считать оценкой периода, после которого редуктору требуется плановый ремонт и замена опор сателлитов.

Согласно формуле (2) и работе [9] нагрузочная способность передачи, выполненной из материалов с уменьшенным модулем упругости (пластиков) становится менее чувствительной к погрешности изготовления, таким образом планетарно-цевочные редукторы с пластиковыми сателлитами целесообразно использовать в технологическом оборудовании текстильной и легкой промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Хейло С.В. Разработка научных основ создания манипуляционных механизмов параллельной структуры для робототехнических систем предприятий текстильной и легкой промышленности. М.: МГУДТ. – 2014.

[2] Pham A.D., Ahn H. J. High precision reducers for industrial robots driving 4th industrial revolution: state of arts, analysis, design, performance evaluation and perspective // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. – 2018. – Т.5. – №.4. – С. 519-533.

[3] Синицына Ю.В., Ермолаев М.М. Модели оценки распределения нагрузки в планетарно-цевочных передачах // Механики XXI века. 2019. №.18. – С.301-304.

[4] Sinitsyna Y.V., Ermolaev M. M. Influence of Bearing's Flexibility on the Working of Cycloid Drive // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 842. – №. 1. – С. 012021.

[5] Ермолаев М.М., Синицына Ю. В. Исследование влияния податливости подшипника на работу планетарно-цевочной передачи // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – №. 4 (721).

[6] Синицына Ю.В. Исследование влияния точности изготовления на надежность планетарно-цевочного редуктора // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – №. 9.

[7] Захаров М.Н., Ермолаев М.М., Зайцева А.В. Оценка распределения нагрузки между сателлитами планетарно-цевочного редуктора // Вестник машиностроения. – 2020. – №. 6. – С. 34-39.

[8] Фомин М.В. Планетарно-цевочные передачи: учеб. пособие / М.В. Фомин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.— 64 с. ISBN 978-5-7038-3309-4.

[9] Чиркин А.В. Метод расчета нагрузочной способности планетарно-цевочных передач с пластиковыми сателлитами. Дисс. ... канд. техн. наук. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАШИННОГО АГРЕГАТА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ MATHCAD  
DYNAMIC ANALYSIS OF MACHINE UNIT  
USING MATHCAD**

**Степнов Н.В., Кузякова С.В.  
Stepnov N.V., Kuzyakova S.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: pr-mechanica@mail.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы динамического исследования механизмов с использованием численных методов. Решение этих задач осуществляется с помощью системы MATHCAD. Приведен пример расчета динамического агрегата.

*Abstract:* The issues of dynamic research of mechanisms using numerical methods are considered. You can solve these problems using MATHCAD. Examples of dynamic unit.

*Ключевые слова:* машинный агрегат, электропривод, уравнение движения, звено привода, программная математическая система MATHCAD.

*Keywords:* machine unit, electric drive, motion equation, drive link, MATHCAD software system.

При проведении динамического анализа механизмов раньше использовались в основном традиционные графические и графо-аналитические методы, такие как метод Виттенбауэра и метод Мерцалова [1]. Эти методы возможно применять в случае, если силы, действующие на звенья машинного агрегата, зависят от положения звеньев. В современном производстве движение технологических машин производится от электродвигателя, у которого движущие силы являются функцией скорости. Для учета влияния на машинный агрегат асинхронного электродвигателя переменного тока с короткозамкнутым ротором, применяется формула Клосса [2], учитывающая его механические характеристики. Силы полезного сопротивления машинного агрегата зависят от положения выходного звена.

Для определения закона движения входного звена исполнительного механизма используется уравнение движения машинного агрегата в дифференциальной форме:

$$J^{np}(\varphi)\omega \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ^{np}}{d\varphi} = M_D^{np}(\varphi) - M_C^{np}(\varphi), \quad (1)$$

где  $J^{np}(\varphi)$  – приведённый момент инерции машинного агрегата, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость звена привода, с<sup>-1</sup>;

$M_D^{np}(\varphi)$  – приведенный момент движущих сил, Н·м;

$M_C^{np}(\varphi)$  – приведенный момент сил сопротивления, Н·м.

Уравнение (1) является нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка, которое решается численными методами [3]. Для определения приведённого момента инерции  $J^{np}(\varphi)$  и приведённого момента сил сопротивления  $M_C^{np}(\varphi)$  используют графоаналитические либо аналитические методы, которые позволяют определить эти параметры в отдельных расчётных точках (положениях механизма). Производная от приведенного момента инерции по углу поворота звена приведения  $dJ^{np}/d\varphi$  определяется с помощью метода Риддера. При этом возникает необходимость в интерполяции функции приведенного момента инерции  $J^{np}(\varphi)$ . Для этого можно воспользоваться функциями `cspline` и `interp`. Соответствующий фрагмент программы показан на рис.1.

```

Интерполирование функций приведенного момента инерции
Jn и приведенного момента сил Mc

X := φ           S1 := cspline(φ, Jn)           Jn1(φ) := interp(S1, X, Jn, φ)

S := cspline(φ, Mprc)   Mc1(φ) := interp(S, X, Mprc, φ)

Определение производной от приведенного момента
инерции

N := 72
φ := 0, 2π / N .. 2 · π           dJn1(φ) := d / dφ Jn1(φ)

```

**Рис. 1. Фрагмент программы для интерполирования и численного дифференцирования**

Необходимо также выполнить интерполяцию функции приведенного момента сопротивления  $M_C^{np}(\varphi)$ , что требуется для последующего выбора шага  $\Delta\varphi$  при решении уравнения движения машинного агрегата.

Дифференциальные уравнения движения можно решать в программной математической системе `MATHCAD`, с помощью функции `rkfixed`, которая реализует метод Рунге-Кутты 4-ого порядка (рис.2).

Перед решением дифференциального уравнения движения (1) необходимо задавать начальные условия. При решении уравнения на стадии разгона начальные условия  $\varphi_0 = 0$ ,  $\omega_0 = 0$ . На стадии установившегося движения угловая скорость звена приведения в начале цикла неизвестно и её в первом приближении можно принять равной номинальному значению  $\varphi_0 = 0$ ,  $\omega_0 = \omega_n$ .

В результате решения дифференциального уравнения (1) на стадии установившегося движения получаем угловую скорость (рис.3) звена приведения (кривошипа) в функции угла поворота  $\omega(\varphi)$ .

Решение дифференциального уравнения движения методом Рунге-Кутты 4-ого порядка.

$$s(\omega) := \frac{\omega_c - \omega}{\omega_c} \quad Md(\omega) := \frac{2 \cdot Mdk \cdot Up}{\frac{s(\omega)}{Sk} + \frac{Sk}{s(\omega)}} \quad \text{Определение движущего момента}$$

$$F(\phi, \omega) := \frac{Md(\omega) + Mcl(\phi) - \frac{\omega^2}{2} \cdot dJn1(\phi)}{\omega \cdot Jn1(\phi)} \quad \text{Определение производной} \quad \Omega n(\phi) := \omega n$$

$$D(\phi, \omega) := F(\phi, \omega) \quad \omega_0 := \omega n \quad \phi_0 := 0 \quad \phi_k := 2 \cdot \pi \quad \text{Задание начальных условий}$$

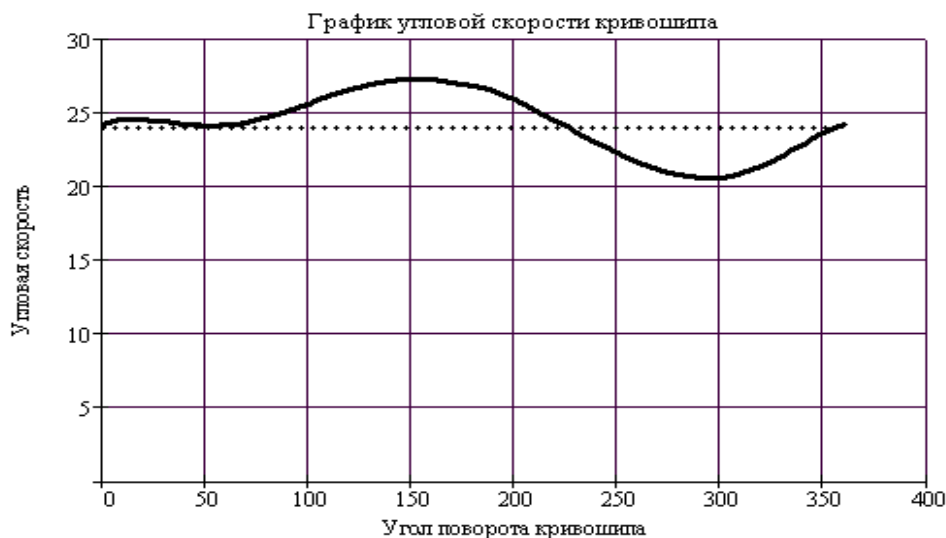
`S := rkfixed(ω0, φ0, φk, N, D)`      Вычисление угловой скорости звена приведения.

$$\phi := \frac{S^{(0)}}{\text{deg}} \quad \omega := S^{(1)} \quad n := \text{rows}(\omega) - 1 \quad \omega_0 = 24.0855 \quad \omega_n = 24.2943$$

$$\omega_0 := \omega_n \quad Z := \text{rkfixed}(\omega_0, \phi_0, \phi_k, N, D) \quad \phi := Z^{(0)} \quad \omega := Z^{(1)}$$

$\omega_0 = 24.2943$        $\omega_n = 24.2944$       Угловые скорости звена приведения в начале и конце цикла.

**Рис.2. Решение дифференциального уравнения движения машинного агрегата с использованием функции rkfixed**



**Рис. 3. График зависимости угловой скорости кривошипа от угла поворота кривошипа**

### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов К. В. Теория механизмов и механика машин [Текст]: учебник. – М.: «Высшая школа», 2005. – 493 с.
2. Коловский М. З. и др. Теория механизмов и машин [Текст]: учебное пособие – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 557 с.
3. Дьяконов В. П. МАТНСАД в математике [Текст]: справочник. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 958 с.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF  
OPERATION OF CONTROLLED ELECTRICAL COMPLEX FOR THE  
PRODUCTION OF NONWOVENS**

**Филимонова Е.М., Поляков А.Е.  
Filimonova E.M., Polyakov A.E.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: filimonova\_em@mail.ru)*

*Аннотация:* Определены основные направления, связанные с оптимальным управлением и снижением энергозатрат при производстве нетканых материалов. Изложены принципы построения управляемых электротехнических комплексов с транспортирующими и наматывающими механизмами на основе современных информационных и интеллектуальных технологий.

*Abstract:* The main directions related to optimal management and reduction of energy consumption in the production of nonwovens are determined. The principles of construction of controlled electrical complexes with transport and winding mechanisms based on modern information and intelligent technologies are described.

*Ключевые слова:* оптимальные режимы управления, управляемые электротехнические комплексы, энергосбережение.

*Keywords:* optimal control modes, controlled electrical complexes, energy saving.

Важным резервом энергосбережения является оптимальное управление динамическими объектами по минимуму затрат энергии в условиях реальной эксплуатации, т.е. когда меняются параметры объектов, режимы работы, ограничения, задание на конечное состояние и т.д. Автоматизация производства нетканых материалов выдвинула ряд проблем, связанных с улучшением качества управления электромеханическими системами технологического оборудования, основным видом регулируемого электропривода которого служат комплектные системы постоянного и переменного тока. Высокие требования технологического регламента к процессу формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала тесно связаны со скоростными режимами и точностью их реализации, обеспечивающими синхронизацию движений рабочих органов машин и аппаратов при оптимальных энерготехнологических показателях и заданных ограничениях. Автоматизация электромеханических систем технологического оборудования для производства нетканых материалов требует расширения и усложнения функций управления в связи с необходимостью осуществлять обмен информацией с устройствами управления различных уровней, обес-

печивать непрерывный контроль состояния, а также надежную защиту от нарушений нормального режима [1].

Имеется большое количество технологического оборудования, в котором требуется создать определенный оптимальный скоростной режим при осуществлении технологических процессов. В одних случаях необходимо поддержание или синхронизация скоростей вращения узлов и механизмов, в других - изменение частоты вращения по заданному закону или регулирование ее в широких пределах.

Преимущественное применение находят нерегулируемые асинхронные короткозамкнутые двигатели как наиболее простые по конструкции, экономичные и надежные в работе.

Снижение потерь электроэнергии как в самих асинхронных двигателях (АД), так и в питающих сетях можно достичь путем: оптимального проектирования и улучшения технологии при изготовлении АД; применения комплектных электронных и микропроцессорных устройств для управления АД; рационального выбора электропривода для конкретной электромеханической системы.

Первые два способа снижения потерь электроэнергии требуют исследований и конструкторских разработок. Появление и развитие третьего способа обусловлено тем, что эксплуатационные режимы асинхронных приводов характеризуются отклонением реальной нагрузки АД от нагрузки, на которую рассчитан двигатель и которой соответствуют оптимальные значения его энергетических показателей. Использование завышенного по мощности АД для привода объясняется, с одной стороны, несовершенством методик выбора двигателей, с другой - запасом по надежности с учетом тяжелых динамических режимов работы электромеханических систем технологического оборудования. Переменный во времени характер нагрузки диктуется особенностями технологического цикла машин, аппаратов и механизмов, использующих АД

Снижение энергозатрат при эксплуатации технологического оборудования достигается выбором рациональных (в отдельных случаях оптимальных) скоростных режимов его электромеханических систем, определяемых энергетическими показателями и требованиями к технологическим процессам.

Основной задачей энергохозяйств по производству нетканых материалов является обеспечение надежной и бесперебойной работы технологического оборудования. Последнее может быть достигнуто как за счет реализации малозатратных технических решений, так и за счет частичной модернизации энерго-технологического оборудования.

Исследования авторов по вопросам повышения эффективности эксплуатации управляемых электромеханических систем технологического и общезаводского оборудования проводилось по следующим основным направлениям.

Первым направлением является разработка и внедрение на технологическом и вспомогательном оборудовании специальных технических средств, обеспечивающих в нерегулируемом электроприводе минимизацию влияния отклонения нагрузки и качественных показателей электроэнергии от номиналь-



ных значений на энергетические показатели. Авторами разработана методика внедрения микропроцессорных регуляторов напряжения МРН000 для низковольтных АД, которые кроме выполнения функций энергосбережения управляют режимами пуска, торможения, в отдельных случаях регулируют частоту и момент вращения, а также осуществляют защиту и диагностику, т.е. повышают технический уровень привода в целом, увеличивают его надежность. С учетом многофункциональности применения МРН000 такое решение оказывается экономически целесообразным для электромеханических систем с переменной нагрузкой даже при относительно высокой цене энергосберегающего устройства.

Вторым направлением является переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому для отдельных видов технологического оборудования. Этот объективный процесс, обусловленный повышением технического уровня технологического оборудования, в котором используется электропривод, часто дает возможность рационального и оптимального решения задач управления скоростными режимами. Как правило, при переходе к регулируемому электроприводу экономия энергии достигается как за счет применения самого привода, так и за счет улучшения технологического процесса, который привод обслуживает. Технологическое оборудование производства нетканых материалов обладает рядом особенностей, сказывающихся на постановке и методах решения задач повышения эффективности энергоресурсосбережения и их реализации за счет управления скоростными режимами. Вследствие этого важнейшей эксплуатационной характеристикой машин и механизмов является соответствие между фактическими и конструктивно заданными законами движения рабочих органов. В качестве управляемых признаков при этом выступают перемещения, линейные скорости и частоты вращения рабочих органов, ускорения отдельных элементов машин, а также перечень показателей систем автоматического регулирования (САР), характеризующих статические и динамические свойства электромеханических систем (ЭМС).

Компьютерные технологии в настоящее время располагают методами и средствами, составляющими резерв повышения точности управления процессом транспортирования и наматывания волокнистого материала. За счет усложнения структуры САР при компенсации возмущений может быть не только повышена точность управления, но и снижена сложность цепей обратной связи.

Формирование, транспортирование и наматывание волокнистых материалов представляет собой один из сложнейших технологических процессов как из-за разнообразия состава смеси, так из-за сильного влияния программы и точности управления натяжением на прочность волокнистого продукта [2].

Основной проблемой при разработке САР процессами формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала является обеспечение согласования линейных скоростей рабочих органов с целью получения тел наматывания с заданными свойствами.

При проектировании САР сложных ЭМС важно осуществить анализ и классификацию возмущающих воздействий на привод со стороны посторонних

факторов, вызывающих отклонение частоты вращения привода от заданной программы и тем самым нарушающих нормальное течение технологического процесса.

Для управляемых ЭМС с транспортирующими и наматывающими механизмами характерны и значимы режимы пуска, торможения, регулирования частоты вращения в зависимости от диаметра наматывания, стабилизации скоростного режима в процессе наматывания холста, транспортирования продукта через силовые узлы и механизм согласно скоростной диаграммы.

В разработанной авторами методике расчета и проектирования сложных динамических объектов излагаются основные принципы построения управляемых электромеханических систем с транспортирующими и наматывающими механизмами в свете современного состояния теории и методов математического описания систем управления. Таким образом, необходим аналитический аппарат для разработки методики анализа и расчета транспортирующих и наматывающих механизмов, способных формировать изделия с заданными технологическими свойствами. Практическая реализация данной проблемы имеет важное значение для экономии и рационального использования материальных и энергетических ресурсов в производстве нетканых материалов.

Выбору скоростной диаграммы процессов формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала должно предшествовать технологическое исследование управляемого процесса с целью установления наиболее рационального скоростного режима.

В настоящее время отсутствуют управляющие устройства способные решать в реальном времени задачи синтеза оптимального энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования.

По существу такие управляющие устройства должны представлять собой интеллектуальные системы, обладающие возможностями на основе вводимых исходных данных оперативно определять вид функции оптимального управления, рассчитывать её параметры, выбирать наилучшую стратегию управления.

Перспективным направлением является разработка интеллектуальных систем и, в первую очередь, создание для них математического и программного обеспечения, возможно лишь на базе современных информационных технологий, позволяющих в полном объеме использовать базу знаний экспертной системы, её работу в рамках единого программно-технического комплекса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубовицкий В.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. Технические решения для оптимального управления сложными динамическими объектами при производстве нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2013. – №.2 – С. 59-61.

2. Дубовицкий В.А., Успенский А.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Филимонова Е.М., Бычков В.В., Степанова М.С. Модернизированный способ управления процессом холстообразования и наматывания нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2012. – №1. – С. 45-48.

**ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
МЕТОДАМИ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ  
INCREASING THE SERVICE LIFE OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT  
IN THE TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY BY ENGINEERING METHODS  
SURFACE OF PART**

**Голубев А.П.<sup>1</sup>, Корнеев А.А.<sup>2</sup>, Прокопенко А.К.<sup>2</sup>  
Golubev A.P.<sup>1</sup>, Korneev A.A.<sup>2</sup>, Prokopenko A.K.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Технологический университет, Королев*

<sup>1</sup>*University of technology, Korolev*

*(e-mail: art0510@mail.ru)*

<sup>2</sup>*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

<sup>2</sup>*The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*(e-mail: vso3@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены перспективные методы инженерии поверхности для повышения производительности и надежности деталей машин технологического оборудования текстильной и легкой промышленности. Показано, что данные методы не требуют серьезных финансовых вложений, просты в освоении и реализации, экологически безопасны и обладают высокой эффективностью. Для оценки качества сформированных покрытий разработан информационно-аналитический комплекс, позволяющий осуществить автоматизацию процессов управления испытательной установкой с последующей обработкой полученной информации.

*Abstract:* Promising methods of surface engineering for improving the productivity and reliability of machine parts of technological equipment in the textile and light industry are considered. It is shown that these methods do not require serious financial investments, are easy to learn and implement, are environmentally safe and have high efficiency. To assess the quality of the formed coatings, an information and analytical complex has been developed that allows automating the control processes of the test facility with subsequent processing of the received information.

*Ключевые слова:* инженерия поверхности, детали машин, узлы трения, покрытия.

*Keywords:* surface engineering, machine parts, friction units, coatings.

Результативность функционирования предприятий текстильной и легкой промышленности, зависит, в том числе и от состояния его основного и вспомогательного оборудования. Статистические данные говорят о том, что это оборудование имеет срок эксплуатации более 10 лет [3]. Следовательно, оно достаточно сильно изношено. Необходимо срочное техническое переоснащение, что в современных условиях сделать достаточно сложно. Поэтому пред-

ставляет интерес применение современных технологий по восстановлению и модернизации данного оборудования.

К ним относятся методы инженерии поверхностей деталей машин с целью повышения эксплуатационных характеристик узлов и механизмов технологического оборудования.

Данные методы позволяют повысить производительность и надежность оборудования путем уменьшения затрат на восстановление оборудования; снижения коэффициента трения и расходов на смазочные материалы.

В ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» в течение длительного времени разрабатывались инновационные методы инженерии поверхностей деталей машин технологического оборудования текстильной и легкой промышленности [1]. Они прошли апробацию на ряде предприятий и получили высокую оценку. Данные методы не требуют серьезных финансовых вложений, просты в освоении и реализации, экологически безопасны и обладают высокой эффективностью (рисунок 1).

Металлоплакирующие технологии основаны на применении «эффекта безызносности», который достигается либо обработкой поверхности трения специальным инструментом в присутствии технологической среды, либо путем введения в зону трения металлоплакирующих смазочных материалов, способных взаимодействовать с основным металлом деталей.

В результате на поверхностях трения деталей во время их обработки под действием трения образуется металлсодержащая защитная пленка из пластичного металла толщиной 0,5...5 мкм. Она надежно защищает различные по форме детали от изнашивания в процессе трения.

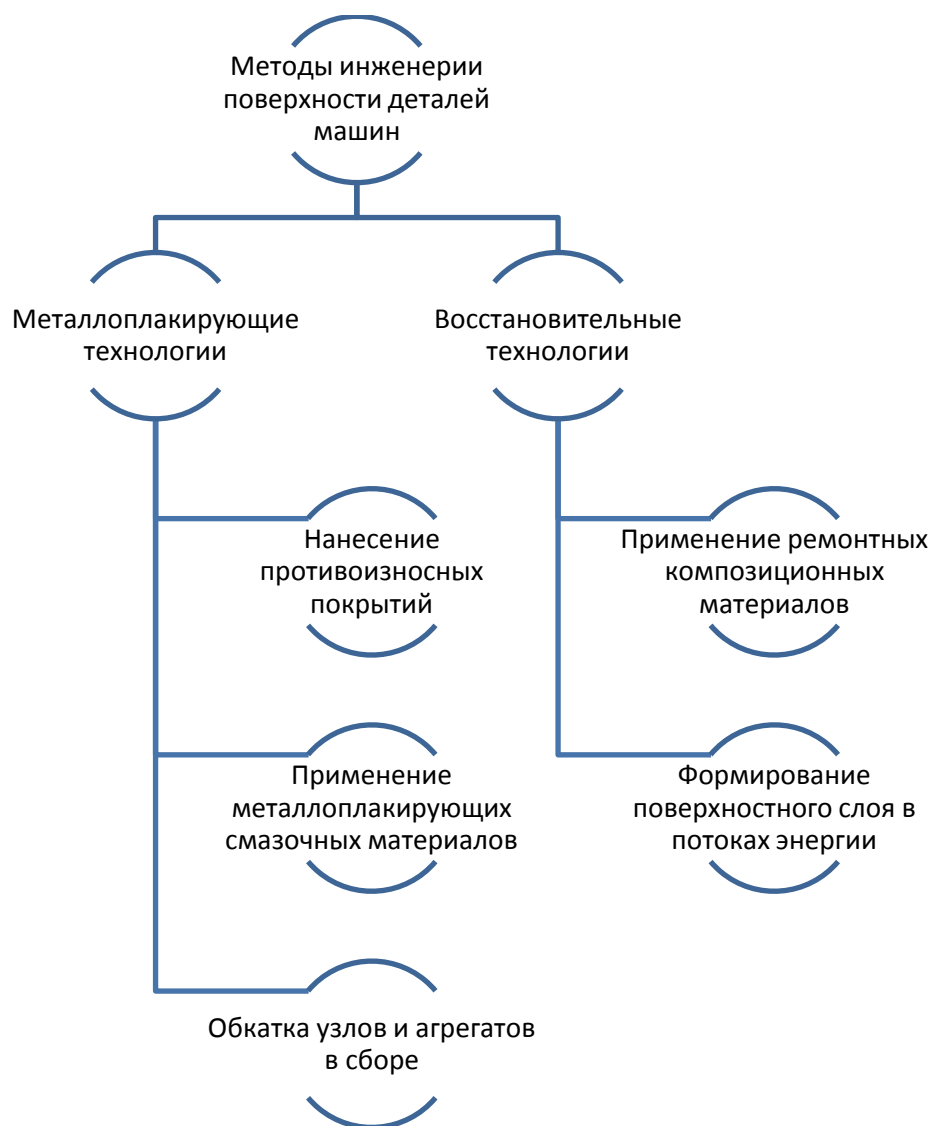
Апробация данного метода на предприятиях показало возможность уменьшить износа узлов трения не менее чем в 1,5 раза, снизить потери на трение до 30%, сократить время обкатки до 4 раз, а также уменьшить уровень шума минимум на 10дБ [4].

Применение ремонтных композиционных материалов при восстановлении деталей машин позволяет не только получить необходимую геометрическую форму и размеры, но и создать поверхность с высокими эксплуатационными характеристиками. При этом сроки ремонта снижаются в 5-10 раз по сравнению с традиционными методами, а эксплуатация восстановленных объектов значительно продлевается.

Формирование поверхностного слоя в потоках энергии реализуется с применением электрической искры, плазмы или в сверхзвуковом потоке воздуха [2]. Они основаны на использовании отечественного малогабаритного оборудования и рекомендуются ремонтно-восстановительным подразделениям предприятий для локального формирования покрытий.

Для отработки оптимальных составов и режимов формирования покрытий был разработан информационно-аналитический комплекс, позволяющий осуществить автоматизацию процессов управления испытательной установкой с последующей обработкой полученной информации [5].

Использование данного комплекса позволяет выполнять в автоматическом режиме функции контроля и управления исследуемыми процессами, при этом значительно повысить точность и достоверность полученных результатов.



**Рисунок 1 - Перспективные методы инженерии поверхности в текстильной и легкой промышленности**

Как было сказано ранее, в ближайшее время предприятия текстильной и легкой промышленности будут реализовывать в основном проекты по модернизации или реконструкции имеющегося у них технологического оборудования и, несомненно, проявят интерес к рассмотренным методам инженерии поверхности деталей машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев А.П., Прокопенко А.К., Беляев В.И. Теоретические основы повышения ресурса оборудования и режущего инструмента предприятий легкой промышленности плакирующими нанотехнологиями (монография). – М.: РИО МГУДТ, 2014. – 97 с.

2. Прокопенко А.К., Козлов А.С., Макарова Н.А., Федоров М.В. Инновационные лакирующие нанотехнологии для предприятий легкой и текстильной промышленности. В сборнике: Сборник научных статей и воспоминаний "Памяти В.А. Фукина посвящается". Москва, 2014. С. 19-24.

3. Радаев В.В., Данилина В.Н., Котельникова З.В., Назарбаева Е.А. Текущее состояние и перспективы развития легкой промышленности в России. М.: НИУ «ВШЭ». 334 с.

4. Финишная антифрикционная обработка деталей узлов трения машин (монография) / Корнеев А.А., Прокопенко А.К., Голубев А.П., Терешкин С.А., - М.: РИО МГУДТ, 2015. 98 с.

5. Prokopenko A.K., Golubev A.P., Korneev A.A. Research on wear resistance of multifunctional coatings used in the manufacture of art and industrial products// Materials Science Forum. 2018. T. 945 MSF. C. 670-674.

**УДК 687.05**

**ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ  
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
DESIGN PRINCIPLES EQUIPMENT PRODUCTIONS' LIGHT INDUSTRY**

**Чугуй Н.В.  
Chugui N.V.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности конструкции и эксплуатации машин и аппаратов легкой промышленности. Приведены тенденции современного конструирования и пути совершенствования технологического оборудования.

*Abstract:* Features of construction and operation of machines and apparatuses of the garment industry are considered. Trends in modern design and ways to improve technological equipment are presented.

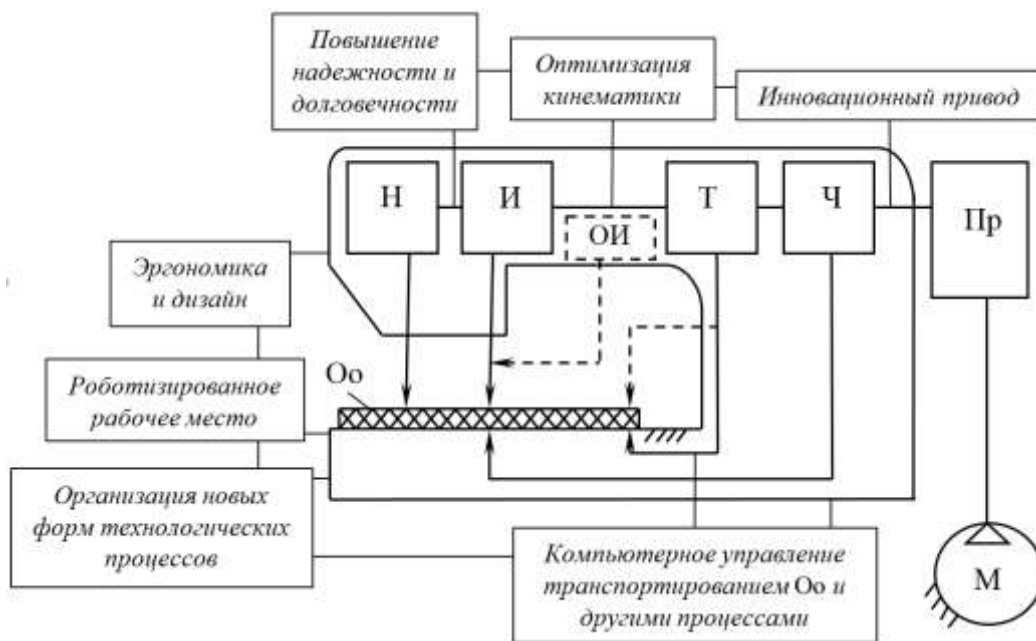
*Ключевые слова:* проектирование технологического оборудования, швейные машины, оборудование производства кожи и меха, формообразование, конструирование,

*Keywords:* design of technological equipment, sewing machines, production of genuine leather and fur, industrial design, construction.

Для решения функциональных задач легкой промышленности применяют десятки типов машин и систем разного уровня автоматизации. Рассматривая технологическое оборудование можно выделить машины для механической обработки полуфабриката, аппараты, в которых основным является тепловое, диффузионное, химическое воздействие. Чаще всего объект обработки подвергается комплексу последовательных и (или) параллельных операций.

Швейные машины подразделяют по видам механизма иглы, челнока, нитепритягивателя, продвижения материала, типу привода и т.д. Важным признаком, по которому можно провести классификацию и который во многом определяет конструкцию и технологическое название машины, является вид образуемого машиной ниточного переплетения. По этому признаку все машины можно подразделить на две группы: машины челночного стежка и машины цепного стежка. В швейном и обувном производствах наиболее распространены швейные машины общего назначения с челночным переплетением ниток в стежке. На машинах общего назначения выполняются стачивающие однолинейные строчки двухниточного челночного переплетения при изготовлении изделий из материалов различных физико-механических свойств.

Швейные машины-полуавтоматы и специальные машины подразделяют по видам операции (для пришивания пуговиц, выполнения петель, закрепок и т.д.), видам программносителя, степени автоматизации. Особенностью конструкции машин полуавтоматического действия является жесткая фиксация объекта обработки.



**Рис. 1. Пути совершенствования оборудования легкой промышленности на примере швейной машины**

Механизмы: Н – нитепритягивателя, И – иглы, ОИ – отклонения иглы, Т – перемещения объекта обработки, Ч – челнока; устройства: Пр – привод, М – мотор; Оо – объект обработки

Оборудование кожевенного производства очень разнообразно (операции удаления мездры, выравнивания толщины кож, деформационная и финишная обработка). Одной из основных характеристик кожевенных и меховых машин является ширина прохода, показывающая наибольшую обрабатываемую ширину полосы полуфабриката. В проходную машину объект обработки подается однократно, что увеличивает производительность и дает возможность устанавливать их в поточные линии.

Неоднородность обрабатываемого кожевенного сырья, значительные различия в размерах, конфигурации, физико-механических свойствах, чередование партионной и поштучной обработки, негативно влияют на уровень механизации и автоматизации производства.

Совершенствование оборудования легкой промышленности должно отвечать принципам функциональной целесообразности *рис. 1*, быть направлено на повышение качества и производительности, надежности и долговечности, на механизацию ручных операций, на автоматизацию, роботизацию и развитие новых форм организации технологических процессов.

Тенденции современного конструирования, которые уже реализуются в оборудовании легкой промышленности, предполагают использование собственного привода для каждого исполнительного инструмента, изготовление малонагруженных деталей из пластмасс и композитных материалов, многопоточные системы с параллельным соединением приводов и механизмов предпочитают однопоточным последовательным системам.

При совершенствовании конструкции важно уделять внимание эстетическим и эргономическим требованиям и поддерживать неразрывную связь формы, функций и содержания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмистров А.Г. Машины и аппараты производства кожи и меха. – М.: КолосС, 2006.
2. Сторожев В.В. Машины и аппараты легкой промышленности. – М.: Академия, 2010.
3. Ермаков А.С. Оборудование швейных предприятий. Часть 2. Машины-автоматы и оборудование в швейном производстве. – М.: Академия, 2009.
4. Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. – М. Машиностроение, 2003.
5. Коротеева Л.И., Яскин А.П. Основы художественного конструирования, УП, - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005.



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»  
(ИННОВАЦИИ –2020)

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Часть 2

Научное издание

Печатается в авторской редакции

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений,  
а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности  
несут авторы публикуемых материалов

Техническое редактирование  
секция 3 – Курденкова А.В.  
секция 4 – Николаева Н.А.  
секция 5 – Захаркина С.В.  
секция 6 – Николаева Н.А.

Подготовка макета к печати  
Николаева Н.А.