

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

УДК 677.026.4: 677.08.002.8

**ЧУКАСОВА-ИЛЮШКИНА**  
**ЕКАТЕРИНА ВАСИЛЬЕВНА**



**ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРОТКОВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.02 – Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья (технические науки)

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор КОГАН А. Г.

Витебск  
2008



# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	7
<b>ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ</b>	8
<b>ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	13
1.1 Общая характеристика многослойных материалов	13
1.2 Способы получения многослойных материалов	14
1.2.1 Получение многослойных материалов из однородных слоев	15
1.2.2 Получение многослойных композиционных материалов	18
1.2.3 Получение многослойных ворсовых материалов	20
1.2.4 Получение многослойных металлизированных материалов	26
1.2.5 Применение трафаретов для создания фактурных рисунков напылением	28
1.3 Классификация текстильных отходов	29
1.4 Основные направления использования текстильных отходов	32
<b>ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1</b>	35
<b>ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КОРОТКОВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ</b>	36
2.1 Характеристика используемого сырья	36
2.1.1 Определение длины волокон и классификация коротковолокнистых отходов по длине	39
2.2 Выбор оборудования для подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке	42
2.2.1 Установление параметров дробилки	44
2.3 Исследование и оптимизация процесса измельчения волокнистых частиц	46
2.4 Методика обработки данных при анализе и контроле над процессом подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке	52
<b>ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2</b>	55
<b>ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ С</b>	56

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРОТКОВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ	58
3.1 Характеристика основных материалов	58
3.1.1 Виды применяемых основ	59
3.1.2 Виды применяемых связующих составов	60
3.2 Технология ворсового покрытия на штучном материале	60
3.2.1 Характеристика качественных показателей многослойных текстильных материалов, полученных аэродинамическим способом формирования	60
3.2.2 Технологический процесс нанесения ворсового покрытия на штучный материал	62
3.2.3 Исследование процесса нанесения ворсового покрытия на штучный материал	62
3.3 Технология рулонных многослойных текстильных материалов	67
3.3.1 Технологический процесс нанесения ворсового покрытия на рулонный материал	67
3.3.2 Анализ работы клеевого узла	68
3.3.3 Анализ работы узла аэродинамического нанесения	71
3.3.3.1 Технологический расчет параметров формирования многослойного полотна, получаемого аэродинамическим способом	72
3.3.4 Сушка многослойного полотна	75
3.3.4.1 Экспериментальный анализ процесса термообработки многослойных текстильных материалов	78
3.3.4.2 Расчет кривой сушки пакета материала	81
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3	84
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ЧАСТИЦ	85
4.1 Исследование пневмоинжекционных эффектов в аэродинамическом устройстве при взаимодействии газовой среды и мелкодисперсных волокнистых частиц	86
4.2 Исследование влияния формы и геометрических размеров диффузора на процесс напыления	91
4.2.1 Оптимизация геометрических параметров диффузора	94
4.2.2 Выбор вида насадки для рабочего потока	96

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4	100
ГЛАВА 5 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ ВОЛОКНИСТЫХ ЧАСТИЦ	101
5.1 Исследование процесса формирования ворсового покрытия мобильным устройством	102
5.2 Теоретическое исследование равномерности напыления волокнистых частиц при формировании рулонных материалов	105
5.3 Исследование влияния аэродинамических параметров частицы на процесс напыления	108
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5	111
ГЛАВА 6 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ ВОЛОКНИСТЫХ ЧАСТИЦ	112
6.1 Экспериментальное исследование процесса формирования ворсового покрытия мобильным устройством	112
6.2 Экспериментальное исследование и оптимизация положения установки устройства по отношению к основе	114
6.3 Экспериментальное исследование влияния аэродинамических параметров частицы на процесс напыления	117
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 6	120
ГЛАВА 7 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ	121
7.1 Нарботка партии швейных изделий с использованием ворсового покрытия в качестве декоративной отделки	121
7.1.1 Расчет экономического эффекта, получаемого от использования аэродинамического способа получения многослойных текстильных материалов	122
7.2 Производственная апробация аэродинамического устройства на линии получения рулонных материалов	123
7.2.1 Расчет экономического эффекта, получаемого от использования аэродинамического способа получения многослойных рулонных текстильных материалов	126
7.3 Разработка перспективных направлений в развитии технологии	127

многослойных материалов	
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 7	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	134
ПРИЛОЖЕНИЯ	145
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты эксперимента по исследованию процесса подготовки коротковолокнистых отходов в однородную волокнистую массу	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Текст программы автоматизированной обработки результатов данных при анализе и контроле над процессом подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке	149
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Ранговые оценки показателей качества	164
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Программа расчета основных технологических параметров процесса формирования многослойного текстильного материала аэродинамическим способом	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Программа расчета рабочих параметров аэродинамического устройства	168
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Проект комплекта конструкторской документации на аэродинамическое устройство	170
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Программа расчета и построения траектории пути частиц	190
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Результаты эксперимента по исследованию влияния геометрических параметров процесса напыления на равномерность напыления волокнистых частиц	192
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Документы, подтверждающие внедрение технологии аэродинамического напыления в условиях производства ФХИ «Купава»	194
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Проект технических условий на обои текстильные ворсовые	207
ПРИЛОЖЕНИЕ М. Акты об использовании результатов научно-исследовательской работы в условиях ОАО «Гомельобои»	215
ПРИЛОЖЕНИЕ Н. Рецептúra смеси сухой декоративной, технические условия смеси сухой декоративной, акт производственной апробации смесей в условиях ЧУПП «СОФ»	223
ПРИЛОЖЕНИЕ П. Рецептúra, технические условия плитки тканевой декоративной, технологический регламент производства плитки тканевой	238

декоративной, акт внедрения технологии в производство и наработки опытной партии плитки тканевой декоративной в условиях ЗАО «Гранд-Холдинг»

ПРИЛОЖЕНИЕ Р. Акт о внедрении НИР в условиях «Спецпожтехника» 260

ПРИЛОЖЕНИЕ С. Патенты Республики Беларусь на изобретения и полезные модели 263

ПРИЛОЖЕНИЕ Т. Акты внедрения в учебный процесс. Акты изготовления объектов техники 278

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях существующей экологической ситуации в Республике Беларусь перед предприятиями текстильной промышленности остро стоит проблема использования волокнистых отходов. Как правило, из волокнистых отходов, не полностью утративших потребительскую ценность исходных волокон, традиционно изготавливаются пряжа большой линейной плотности, нетканые материалы. Однако волокнистые отходы, длина волокон которых менее 25 мм (коротковолокнистые отходы), применения в своей отрасли не находят, постоянно складываются, создавая тем самым экологическую и экономическую проблему. Следует отметить, что доля коротковолокнистых отходов на некоторых предприятиях Республики Беларусь приближается к 40 % от используемого сырья. Поэтому актуальной научной задачей является использование коротковолокнистых отходов в качестве основного сырьевого компонента при разработке способов получения многослойных, комбинированных материалов.

К настоящему времени известны различные способы получения многослойных текстильных материалов из разнообразных сырьевых компонентов, что позволяет получать многослойные материалы широчайшего ассортимента. Наибольшее распространение получили способы, при которых используются комбинации слоев с различными специфическими свойствами.

Оригинальный и экономичный путь для получения многослойных материалов с использованием отходов открывает аэродинамический способ формирования при помощи принципиально новых устройств. Предложенный способ обладает рядом достоинств, присущих новым способам формирования многослойных материалов, позволяет применять в качестве покрывающего слоя большинство видов волокон, в том числе и коротковолокнистые отходы.

Основным процессом в производстве многослойных текстильных материалов аэродинамическим способом является взаимодействие твердой волокнистой частицы с вязкой воздушной средой. В связи с этим, для внедрения новых технологических процессов получения многослойных текстильных материалов, а также получения материалов с заданными свойствами необходимы сведения о научных основах процесса их получения.

Целью данной работы является разработка, исследование и внедрение технологического процесса получения многослойных текстильных материалов с использованием коротковолокнистых отходов и применением принципиально новых способов формирования последних.

## **Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами.**

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности. Проведение научных исследований выполнялось в рамках ГКПНИ «Тепловые процессы» в разделе ориентированных фундаментальных исследований по заданию ИТМО имени А.В. Лыкова НАН РБ по теме № 78 «Разработка технологии аэродинамического нанесения волокнистого материала и исследование процесса сушки при формировании многослойного полотна» (№ ГР 20062710 от 16.11.2006 г.), сроки выполнения проекта 2006-2010 гг., в рамках ГППИ «Полимерные материалы и технологии» по заданию ИММС имени В.А. Белого НАН РБ по теме № 1-33 «Разработка технологии получения композиционных материалов с использованием химических волокон и отходов текстильного производства» (№ ГР 20062709 от 16.11.2006 г.), сроки выполнения проекта 2006-2010 гг., в рамках ОНТП «Текстильные и трикотажные технологии» по заданию концерна «Беллегпром» по теме № 831/122 «Разработать технологические процессы и освоить производство новых видов многослойных текстильных материалов бытового и технического назначения» (№ ГР 2007996 от 10.05.2007 г.), сроки выполнения проекта I кв. 2007 г. – IV кв. 2008 г., в соответствии с проектом по заданию концерна «Беллегпром» № 566 «Разработать и исследовать новые технологические процессы получения комбинированных нитей для производства ламинированных материалов и технических тканей» (№ ГР 20043302 от 27.09.2004 г.), сроки выполнения проекта 2004-2005 гг., в соответствии с проектом по заданию концерна «Беллегпром» № 587 «Провести маркетинговые исследования в области потребности рынка и организаций-изготовителей новых видов многослойных материалов с использованием отходов текстильного производства» (№ ГР 20062389 от 29.06.2006 г.), срок выполнения проекта 01.04.2006 г. – 01.07.2006 г., в соответствии с проектом по заданию концерна «Беллегпром» № 594 «Освоить и внедрить в производство технологические процессы получения ламинированных текстильных материалов» (№ ГР 20062381 от 29.06.2006 г.), срок выполнения проекта I кв. – IV кв. 2006 г.

### **Цель и задачи исследования.**

Целью диссертационной работы является разработка технологии многослойных текстильных материалов с использованием коротковолокнистых отходов текстильной промышленности на базе аэродинамических способов их формирования.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:



- классифицировать виды отходов текстильной промышленности Республики Беларусь, определить виды коротковолокнистых отходов, пригодных для формирования многослойных текстильных материалов;
- обосновать выбор сырья и разработать технологический процесс переработки коротковолокнистых отходов в однородную волокнистую массу;
- разработать технологический процесс получения многослойных текстильных материалов аэродинамическим способом;
- разработать метод проектирования и оптимизировать параметры аэродинамических устройств для напыления волокнистых частиц;
- установить закономерности процесса формирования многослойных текстильных материалов аэродинамическим способом;
- провести промышленную апробацию технологических процессов формирования многослойных текстильных материалов на предприятиях Республики Беларусь.

**Объектом** исследования являются многослойные текстильные материалы, **предметом** исследования является технологический процесс получения многослойных текстильных материалов аэродинамическим способом формирования с использованием коротковолокнистых отходов текстильной промышленности, позволяющий получать ворсовые изделия и материалы с низкой себестоимостью. Для исследования выбраны коротковолокнистые отходы производства искусственного меха предприятия ОАО «БелФа», так как количество коротковолокнистых отходов указанного предприятия составляет более 40 % от всего используемого сырья, что эквивалентно 1 тысяче тонн в год. В настоящее время технология переработки коротковолокнистых отходов отсутствует.

### **Положения, выносимые на защиту.**

Технологический процесс получения многослойных текстильных материалов и покрытий аэродинамическим способом формирования, позволяющий получать ворсовые покрытия с использованием коротковолокнистых отходов на различных основах.

Технологический процесс подготовки коротковолокнистых отходов, позволяющий готовить однородную по своим свойствам волокнистую массу, пригодную для получения многослойных текстильных материалов.

Методика оценки качества подготовки волокнистой смеси, позволяющая с большой точностью определять длину волокон в смеси.

Метод проектирования аэродинамических устройств, предназначенных для формирования многослойных текстильных материалов, позволяющий рассчитывать основные параметры и определять размеры и формы устройств

в зависимости от геометрии частиц и от технологических параметров формирования многослойного полотна.

Метод расчета траектории полета частиц с учетом силы торможения при использовании аэродинамических устройств различного исполнения, позволяющий осуществить научно обоснованный выбор конструктивных параметров устройств.

Оптимальные параметры получения многослойных текстильных материалов и покрытий по разработанной технологии, позволяющие получать качественные многослойные материалы.

### **Личный вклад соискателя.**

Соискателем лично:

- предложен новый способ формирования многослойных текстильных материалов и устройство для его осуществления;
- произведен выбор сырья на основании анализа существующих волокнистых отходов, разработан технологический процесс подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке и разработана методика обработки данных при оценке качества подготовки коротковолокнистых отходов в однородную волокнистую массу;
- исследованы пневмоинжекционные эффекты в аэродинамическом устройстве при взаимодействии газовой среды и мелкодисперсных волокнистых частиц, рассчитаны оптимальные параметры устройства;
- проведены теоретические исследования процессов, протекающих при аэродинамическом напылении волокнистых частиц, определена математическая зависимость движения дисперсной частицы с учетом силы сопротивления вязкой среды;
- проведена промышленная апробация аэродинамических устройств и технологических процессов формирования многослойных текстильных материалов и покрытий, выявлены перспективные направления в области получения комбинированных материалов с использованием отходов текстильной промышленности;
- разработаны проекты технических условий на обои текстильные ворсовые, на плитку тканевую декоративную, на смеси сухие декоративные.

### **Апробация результатов диссертации.**

Основные результаты исследований, включенные в диссертацию, доложены на Международной НТК «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 2005 г.); Всероссийской НТК «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль – 2005) (Москва, 2005 г.); Всероссийской НТК

«Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения» (Текстиль – 2005) (Дмитровград, 2005 г.); VII межвузовской научно-практической конференции аспирантов и студентов «Теоретические знания – в практические дела» (Омск, 2006 г.); Международной НТК «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2006) (Москва, 2006 г.); Международной НТК студентов и магистрантов «Молодежь – производству» (Витебск, 2006 г.); Международной НТК «Экологические и ресурсосберегающие технологии промышленного производства» (Витебск, 2006 г.); II конференции молодых ученых «Молодежь и наука XXI века» (Витебск 2006 г.); III Белорусской НПК «Научно-технические проблемы развития химических волокон в Беларуси» (Могилев, 2006 г.); семинаре, посвященном 100-летию со дня рождения Г.Н. Кукина (Москва, 2007 г.); Международной НТК «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс – 2007) (Иваново, 2007 г.); Всероссийской НТК «Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения» (Техтекстиль – 2007) (Дмитровград, 2007 г.); Международной НТК «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль – 2007) (Москва, 2008 г.); Международной НТК «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 2008 г.); НТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ» (Витебск, 2005 – 2008 гг.).

Апробация аэродинамических устройств и технологических процессов формирования многослойных текстильных материалов и покрытий осуществлена на фабрике художественных изделий «Купава» (г. Витебск), открытом акционерном обществе «Гомельобой» (г. Гомель), предприятии «Спецпожтехника» (г. Витебск), закрытом акционерном обществе «Гранд-Холдинг» (г. Витебск), частном унитарном предприятии «СОФ» (г. Витебск).

### **Опубликованность результатов диссертации.**

По материалам диссертации опубликовано 28 печатных работ общим объемом 4 авторских листа. В том числе 14 статей объемом 2,5 авторских листа и 10 тезисов докладов объемом 1 авторский лист, из них 7 статей объемом 1,5 авторских листа – в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК РБ. Получено 4 охранных документа на объекты промышленной собственности, из них 2 патента на изобретения: «Способ получения нетканого текстильного материала и устройство для получения нетканого покрытия текстильного материала» (пат. № 10383 Респ.

Беларусь МПК D 04H 1/00 заявка № а 20050939 заявл. 30.09.2005), «Композиционная строительная смесь» (пат. № 10756 Респ. Беларусь МПК С 09D 5/28 заявка № а 20050375 заявл. 11.04.2005); 2 патента на полезные модели: «Устройство для формирования комбинированных материалов» (пат. № 3216 Респ. Беларусь МПК D 06N 7/02 заявка № и 20060354 заявл. 02.06.2006), «Комбинированный декоративный материал» (пат. № 3644 Респ. Беларусь МПК D 06N 7/00 заявка № и 20060748 заявл. 13.11.2006).

### **Структура и объем диссертации.**

Работа содержит введение, общую характеристику работы, семь глав, заключение, библиографический список и приложения. Общий объем диссертации составляет 288 страниц. Объем, занимаемый рисунками, таблицами и приложениями, включающий 51 рисунок, 22 таблицы, 20 приложений изложен на 178 страницах. В работе использовались 100 библиографических источников, изложенных на 10 страницах.