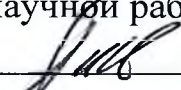


677.022  
Р17

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

УДК 677.022.6  
№ ГР 20062710  
Инв. №

Утверждаю  
проректор  
по научной работе  
 В.В.Пятов  
«  »    2010г.

**ОТЧЕТ**

**ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**«Разработка технологии аэродинамического нанесения волокнистого материала и исследование процесса сушки при формировании многослойного полотна»**

(заключительный)

2010-Г/Б -342

Начальник НИЧ

  
С.А. Беликов

Научный руководитель  
д.т.н., проф.

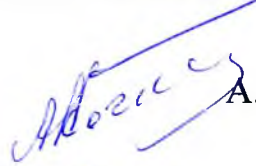
  
А.Г. Коган

Витебск 2010

ГБ-342

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Профессор, д.т.н.



А.Г. Коган (общее руководство,  
заключение)

Профессор, к.т.н.



В.И. Ольшанский (глава 4, 2 )

30.12.2010г.

Доцент, к.т.н.



Н.Н.Ясинская (глава 2, 5)

30.12.2010г.

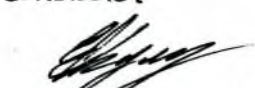
ст. преп., к.т.н.



Чукасова-Ильюшкина Е.В. (глава 1,4)

30.12.2010г.

Доцент, к.т.н.



Кулаженко Е.Л. (глава 3,5)

30.12.2010г.

Нормоконтролер



Романовский А.Г.

30.12.2010г.



## РЕФЕРАТ

Отчет 145 с., 33 рис., 30 табл., 16 источников, *прил. 1*.

**МНОГОСЛОЙНЫЕ, ЛАМИНИРОВАННЫЕ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПОЛЯ ПОТЕНЦИАЛОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА ДЛЯ СЛОИСТЫХ СРЕД, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ТЕРМООБРАБОТКИ.**

**Объектами исследования** являются технологические процессы получения многослойных, ламинированных и композиционных текстильных материалов различными способами формирования, осуществляемых на современном автоматизированном оборудовании с применением тепловой обработки изделий.

**Цель работы** – изучение нестационарных полей потенциалов тепло- и массопереноса для слоистых сред, разработка методики расчета изменения температуры по толщине многослойного пакета материала во времени, позволяющей определить продолжительность термообработки пакета неоднородных текстильных материалов и оптимизировать режимные параметры термообработки, определить методы интенсификации процесса сушки и апробировать разработанные методики на конкретных технологических процессах.

**Основные конструктивные, технологические и техникоэкономические характеристики** – использование вторичных материалов в производстве композиционных материалов.

**Результаты работы** - проведен анализ физико-механических свойств коротковолокнистых отходов текстильного производства, исследовано влияние дисперсности волокнистого материала на качество волокнистого покрытия.

Разработан технологический процесс получения многослойного текстильного материала аэродинамическим способом напыления коротковолокнистых отходов на поверхность – основу. Проведены экспериментальные и теоретические исследования взаимодействия твердых частиц (коротких волокон) с потоком сжатого воздуха, исследовано влияние скорости воздушно-волокнистой струи на свойства текстильных многослойных материалов, разработана методика расчета зависимости диаметра воздушного сопла и расстояния сопла до поверхности - основы от давления и скорости сжатого воздуха.

Разработана методика расчета и оптимизации аэродинамических параметров устройства для нанесения мелкодисперсных частиц на поверхность-основу. Методика позволяет проектировать аэродинамические устройства сложной конструкции с учетом параметров твердых мелкодисперсных частиц. Разработана методика расчета основных параметров сложного диффузора (конфузора) аэродинамического устройства с учетом свойств транспортируемого вещества. разработано соответствующее программное сопровождение в стиле



электронных таблиц, позволяющее определять коэффициенты расхода, скорости, сжатия с малыми временными затратами. Разработан метод компьютерного проектирования аэродинамических устройств и моделирования процессов, происходящих при их использовании, позволяющий на основе базовой модели строить оптимальную модель, определять соответствие модели искомым параметрам и при необходимости внести коррективы.

Разработанные модели процесса взаимодействия волокнистой частицы с вязкой средой, позволяют определять параметры процесса напыления коротких волокон на основу, обеспечивая при этом качественные показатели многослойного текстильного материала. На основании теоретического и экспериментального исследования распределения скоростей воздушно – волокнистой струи по сечениям аэродинамического устройства, разработана рациональная конструкция аэродинамического устройства для нанесения мелкодисперсных частиц сжатым воздухом на поверхность – основу, изготовлен опытный образец аэродинамического устройства для напыления мелкодисперсных частиц на поверхность – основу.

Методы расчета базируются на изучении и разработке математического аппарата описания процессов тепло- и массопереноса в текстильных многослойных материалах и разработке алгоритма решения системы дифференциальных взаимосвязанных уравнений переноса массы и энергии.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования процессов изменения влагосодержания материалов различного состава (обои с волокнистым покрытием, обои с акриловой пенокраской, теплоизоляционные плиты) в процессе сушки. Выполненные теоретические исследования позволили разработать алгоритм решения системы дифференциальных уравнений зависимости тепловых потоков как функции влагосодержания и функции времени, что позволило установить зависимости позволяющие определять оптимальные параметры процесса сушки в условиях вынужденного теплообмена.

**Область применения** – рулонные и плиточные композиционные материалы могут использоваться для отделки и декорирования помещений, ворсовые покрытия могут использоваться в качестве декоративной отделки тканей.

**Экономическая эффективность работы** – расширение ассортимента выпускаемой продукции, низкая себестоимость материалов.

**Прогнозные предложения о развитии объекта исследования** - Разработанные методы и математические модели могут быть использованы в научных лабораториях, в конструкторских бюро и на предприятиях легкой промышленности при решении задач связанных с пневмоинжекционными эффектами при взаимодействии газовой среды и мелкодисперсных частиц, движением потоков двухфазных сред, при проектировании и создании новых аэродинамических устройств. Результаты исследований могут быть использованы при разработке математического обеспечения систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
<b>1. Исследование взаимодействия турбулентных потоков с мелкодисперсными частицами.</b>	<b>9</b>
1.1 Технология аэродинамического формирования многослойных материалов	9
1.1.1 Характеристика основного сырьевого компонента – мелкодисперсных частиц	9
1.1.2 Принципиальное получение многослойных материалов аэродинамическим способом	12
1.2. Исследование пневмоинжекционных эффектов при взаимодействии газовой среды и мелкодисперсных частиц	16
1.2.1 Установление параметров аэродинамического устройства	19
<b>2. Исследование и оптимизация геометрических параметров устройства для нанесения мелкодисперсных частиц потоком сжатого воздуха.</b>	<b>21</b>
2.1 Исследование влияния формы и геометрических размеров диффузора на скорость воздушной струи	21
2.1.1 Геометрический расчет параметров диффузора	23
2.1.2 Обоснование выбора насадки для рабочего потока	25
2.2 Исследование геометрических параметров аэродинамического устройства для нанесения мелкодисперсных частиц потоками сжатого воздуха	29
2.3 Оптимизация устройства. Исследование зависимости физико-механических характеристик покрытия от скорости воздушной струи	34
2.4 Экспериментальное определение угла расположения диффузора по отношению к горизонтальной оси	40
<b>3. Разработка методов расчета основных технологических параметров производства многослойных текстильных материалов.</b>	<b>42</b>
3.1 Расчет основных технологических параметров	42
3.1.1 Определение исходных данных на проектирование	42
3.1.2 Расчет основных аэродинамических параметров	43
3.1.3 Расчет параметров дросселирующего устройства	45
3.2 Разработка методов расчета и оптимизации основных геометрических параметров комбинированного диффузора аэродинамических устройств	55
3.2.1 Проектирование метода расчета параметров комбинированного диффузора аэродинамического устройства	55
3.2.2 Проверка метода расчета параметров комбинированного диффузора аэродинамического устройства	57
3.3 Разработка алгоритма и программного обеспечения для расчетов основных технологических параметров процесса пневмонапыления мелкодисперсных частиц	62
3.3.1 Моделирование объекта в пакете программ SolidWorks.	62



3.3.2 Моделирование аэродинамических процессов в пакете программ CosmosFloWorks.	75
3.4 Экспериментальное исследование оптимизированного устройства	80
<b>4 Построение математических моделей взаимодействия потока вещества с поверхностью пакета материалов на основе изучения нестационарного поля потенциалов тепло- и массопереноса</b>	<b>85</b>
4.1. Нестационарные поля потенциалов тепло- и массопереноса текстильных материалов.	85
4.2. Теоретические исследования тепло- и массопереноса для слоистых сред.	96
4.3. Построение математических моделей процесса сушки и термообработки текстильных материалов.	100
4.4. Интенсификация процесса сушки и термообработки текстильных материалов.	106
4.4.1. Технологический процесс получения многослойного ламинированного полотна.	107
4.4.2. Технологический процесс получения многослойного волоконсодержащего полотна.	112
4.4.3. Технологический процесс получения тканых композиционных материалов.	115
<b>5. Разработка алгоритма решения системы дифференциальных взаимосвязанных уравнений переноса массы и энергии, для расчета рациональных параметров сушки и теплофизических свойства многослойных материалов</b>	<b>118</b>
5.1. Разработка алгоритма решения системы дифференциальных взаимосвязанных уравнений распределения температуры в текстильных многослойных материалах в условиях нестационарной теплопроводности	118
5.2. Экспериментальное исследование процесса сушки текстильных многослойных материалов, полученных различными способами формирования, подтверждение полученных теоретических зависимостей и анализ результатов исследований	130
5.2.1. Разработка алгоритма решения системы дифференциальных уравнений от влагосодержания в процессе сушки текстильных материалов как функции времени	130
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>135</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>137</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</b>	<b>139</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2</b>	<b>142</b>