



## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководи-

тель темы:

к.т.н., проф

Исполнители:

к.т.н., доц.

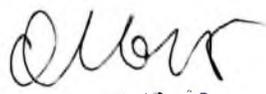
м.н.с.

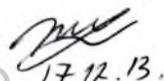
зав. лабораторией

лабор. без кат.

лабор. без кат.

  
17.12.13.

  
17.12.13

  
17.12.13.

  
17.12.13.

  
17.12.13.

  
17.12.13.

Ольшанский В.И.

(общее руководство темы, введение, заключение)

Ольшанский А.И. (главы 3, 5, 6, 7, 8)

Жерносек С.В. (главы 2, 4, 6, 7, 8 нормоконтроль)

Герасимова О.С. (главы 1, 2, 3)

Давыдовский А.С. (главы 4, 5, 6)

Ковалев Д.А. (главы 4, 5, 6)

## РЕФЕРАТ

Отчет 207 с., 70 рис., 21 табл., 27 источников, 7 прил.

СУШКА, КИНЕТИКА СУШКИ, ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, СЫРЬЕВОЙ СОСТАВ, НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ, СУШКА СВЧ, ТЕМП НАГРЕВАНИЯ ВЛАЖНОГО ТЕЛА, КРИТЕРИЙ КОНДРАТЬЕВА, КРИТЕРИЙ ФУРЬЕ, КРИТЕРИЙ БИО, КРИТЕРИЙ НУССЕЛЬТА, ТЕМП УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ, ТЕПЛООБМЕН, РАСЧЕТ

Целью работы является исследование процесса сушки текстильных материалов с применением эффективных способов энергоподвода, обеспечивающих снижение энергоемкости, увеличению интенсивности, изменение структурно-механических, физико-химических и других свойств высушиваемого материала.

Представлены результаты исследований контактной и терморadiационной сушки тканей. Установлены уравнения для расчета основных параметров кинетики сушки тканей. Изложен способ графоаналитического расчета процесса сушки тканей. Определены закономерности изменения тепловых потоков в процессе сушки технических тканей.

Разработан экспериментальный стенд для ВТО. Разработана принципиальная схема технологии получения многослойных материалов. Обоснован и аргументирован выбор сырьевых компонентов и материалов для производства дуплексных обоев.

Проведены комплексные экспериментальные исследования кинетики терморadiационной сушки. Установлены аналитические зависимости процесса сушки и оптимальные режимные параметры. Разработан инженерный метод расчёта основных режимных параметров радиационной сушки.

Разработана экспериментальная установка для сушки образцов текстильных материалов и методика экспериментальных исследований СВЧ-сушки. Выполнена обработка результатов исследований. Установлены аналитические зависимости.

Проведена апробация результатов на промышленном предприятии. Оптимальные режимы сушки внедрены в условиях производства ООО «Завод «СТР»» и позволяют получить значительный экономический эффект.

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

Результаты исследований и обработки экспериментальных данных в виде эмпирических уравнений и графиков, построенных на основе обобщенных переменных процесса сушки, могут использоваться в инженерной практике при расчетах установок для влажно-термической обработки текстильных материалов.

Витебский государственный технологический университет

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ, СПОСОБОВ И КОНСТРУКЦИИ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК .....	11
1.1 Комбинация способов сушки и выбор оптимального способа .....	15
1.2 Использование СВЧ для интенсификации процесса сушки .....	16
1.3 Режимы сушки .....	20
1.4 Анализ влияния параметров сушки на качество текстильных композиционных материалов .....	20
1.4.1 Трещинообразование и коробление .....	21
1.4.2 Пористость и объемный вес .....	22
1.4.3 Обоснование и выбор материалов .....	25
1.5 Выводы по главе 1 .....	26
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЦИОННОЙ СУШКИ .....	28
2.1 Анализ технологии получения текстильных материалов .....	28
2.2 Обоснование и выбор сырьевых компонентов .....	30
2.3 Выводы по главе 2 .....	35
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРАДИАЦИОННОГО СПОСОБА СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	36
3.1 Механизм радиационной сушки .....	36
3.2 Разработка экспериментальной установки .....	45
3.3 Установка для определения коэффициента теплопроводности и температуропроводности образцов пластинчатой формы .....	46
3.1 Методика проведения эксперимента .....	48
3.1 Экспериментальные исследования кинетики радиационной сушки текстильных материалов .....	49

3.2	Аналитические зависимости изменения влагосодержания при радиационной сушке. Разработка оптимальных режимов .....	51
3.3	Выводы по главе 3 .....	59
4	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ СУШКИ МЕТОДОМ РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА Г. М. КОНДРАТЬЕВА .....	60
4.1	Выводы по главе 4 .....	75
5	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СУШКИ.....	76
5.1	Кривые нагрева и скорости сушки.....	77
5.2	Кинетика полей температуры и влагосодержания.....	80
5.3	Перенос жидкости и пара.....	84
5.4	Расчет теплообмена в установках для контактной сушки .....	84
5.5	Оптимальные режимы контактной сушки .....	95
5.6	Выводы по главе 5 .....	100
6	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЧ-СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	102
6.1	Разработка экспериментального стенда СВЧ-сушки.....	102
6.1.1	<i>Особенности нагрева диэлектриков в диапазонах УВЧ и СВЧ .....</i>	<i>104</i>
6.1.2	<i>Получение СВЧ энергии большой мощности.....</i>	<i>106</i>
6.1.3	<i>Применение последовательного электромагнита.....</i>	<i>107</i>
6.1.4	<i>Резонаторные камеры для установок СВЧ нагрева диэлектриков.....</i>	<i>111</i>
6.1.5	<i>Уровень загрузки резонаторных камер.....</i>	<i>113</i>
6.1.6	<i>Возбуждение рабочих камер .....</i>	<i>114</i>
6.1.7	<i>Излучатели СВЧ энергии.....</i>	<i>115</i>
6.1.8	<i>Разработка экспериментального стенда для СВЧ-сушки.....</i>	<i>116</i>
6.2	Экспериментальные исследования СВЧ-сушки. Определение оптимальных режимов.....	118
6.3	Обработка результатов исследований. Установление аналитических зависимостей .....	132
6.4	Исследование кинетики сушки и обработка экспериментальных данных..	136

6.5	Выводы по главе 6 .....	147
7	ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ МЕТОДОМ РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА .....	149
7.1	Экспериментальное исследование комбинированной сушки тканей .....	151
7.2	Экспериментальное исследование комбинированной сушки тканей .....	157
7.3	Аппробация полученных результатов и .....	164
7.4	Выводы по главе 7 .....	167
8	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ КРИТЕРИЯМИ ПОДОБИЯ ТЕПЛООБМЕНА .....	169
8.1	Обработка и анализ экспериментальных исследований .....	172
8.2	Выводы по главе 8 .....	185
9	ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЛАЖНО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....	186
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	188
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	191
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....	194

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архангельский, Н. А. Пористость тканей и ее определение // Н. А. Архангельский. — Сборник научных работ МИНХ им. Г. В. Плеханова, вып. 16, 1959. — С. 3–6.
2. Беляев, Н. М. Методы нестационарной теплопроводности : Учеб. пособие для вузов / Н. М. Беляев, А. А. Рядно. — Москва : Высш. школа, 1978. — 328 с.
3. Ганин, Е. А. Теплоиспользующие установки в текстильной промышленности / Е. А. Ганин. — Москва : Легпромиздат, 1989. — 392 с.
4. Жучков, П. А. Расчет радиационно-конвективных сушилок для водонепроницаемого картона // Труды ЛТИ ЦБП, вып. 8, 1961.
5. Жучков, П. А. Теплообмен на сушильных цилиндрах бумагоделательных машин // Труды ЛТИ ЦБП, вып. 10, 1962.
6. Жучков, П. А. Теплообмен при контактной сушке // Тепло- и массоперенос. Т. V. Тепло- и массоперенос в дисперсных системах. Процессы сушки. — Москва : Энергия, 1966. — С. 654–661.
7. Искусственная кожа: технология производства и качественные характеристики [Электронный ресурс]. — 2008. — Режим доступа: <http://www.mebelpro.com/mebell18.htm> — Дата доступа: 02.02.2012.
8. Кавказов, Ю. Л. Тепло- и массообмен в технологии кожи и обуви / Ю. Л. Кавказов. — Москва : Легкая индустрия, 1973. — 272 с.
9. Квасников, В. В. Тепло- и массоперенос при кондуктивно-конвективной сушке капиллярно-пористых тел // Инженерно-физический журнал. — Минск : Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН БССР, 1961. — С. 27–33.
10. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды / П. А. Колесников. — Москва : Издательство «Легкая индустрия», 1965. — 345 с.
11. Красников, В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. — Москва : Энергия, 1973. — 288 с.

12. Кукин Г.И., Соловьев А.Н., Текстильное материаловедение / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. — Ростехиздат, 1961.
13. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе. — Москва : Атомиздат, 1979. — 417 с.
14. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. — Москва : Энергия, 1968. — 472 с.
15. Лыков, А. В. Теория тепло - и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. — Госэнергоиздат, 1963. — 386 с.
16. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков — Москва : Высшая школа. — 1967. — 600 с.
17. Лыков, А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / А. В. Лыков. — Москва : Госэнергоиздат. — 1956. — 464 с.
18. Лыков, А. В. Теоретические основы строительной теплофизики / А. В. Лыков. — Минск : Изд-во Академии наук БССР, 1961. — 520 с.
19. Лыков, М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. — Москва : Химия, 1970. — 432 с.
20. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. — Москва : Энергия, 1979. — 396 с.
21. Нормы пожарной безопасности НПБ 29–2000. Боевая одежда пожарных-спасателей. Общие технические требования. Методы испытаний.
22. Ольшанский, А. И. Исследование процесса сушки тонких материалов методом регулярного режима // А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский. — Минск : Известия НАН Беларуси, серия физико-технических наук, 2011, № 2. — С. 75-81.
23. Ольшанский, А. И. Исследование процесса терморadiационной сушки тканей // А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский. — Витебск : Вестник ВГТУ, выпуск 22, 2012. — С. 82–93.
24. Осипов, В. А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена / В. А. Осипов. — Издание второе переработанное и дополненное. — Москва : Энергия, 1969. — 391 с.

25. Пехович, А. И. Расчеты теплового режима твердых тел / А. И. Пехович, В. М. Жидких. — Ленинград : Энергия, 1968. — 303 с.
26. Побединский, В. С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов / В. С. Побединский. — Иваново : ИХР РАН, 2000. — 128 с. : ил.
27. Свидерская, О. В. Основы энергосбережения: курс лекций / О. В. Свидерская. — 3-е издание. — Академия управления при Президенте Республики Беларусь. — Минск, 2004. — 296 с.