

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

685.34.05

УДК ~~542.47~~

№ ГР 20062379

Инв.№



**ОТЧЕТ**

о научно-исследовательской работе  
«Разработка высокоэффективных технологий и оборудования для скоростной сушки кожевенно-обувных материалов».

*(Тепловые процессы – 79)*

*2009-з/б-343*

*(заключительный)*

Начальник НИЧ



С.А.БЕЛИКОВ






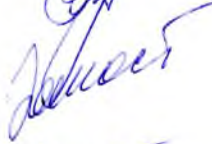


Научный руководитель



В.И.ОЛЬШАНСКИЙ

2010 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы: к.т.н., проф.	20.12.2010		ОЛЬШАНСКИЙ В.И. (введение, г. 1, 4, 5, заключение)
Исполнители:			
к.т.н., доц.	20.12.2010		ОЛЬШАНСКИЙ А.И. (г. 2,3,4)
к.т.н., доц.	20.12.2010		КУЗНЕЦОВ А.А. (г. 1, 6)
доц.	20.12.2010		МАХАРИНСКИЙ Ю.Е. (г. 5, 8, 11)
зав.лабораторией	20.12.2010		ГЕРАСИМОВА О.С. (г. 2, 9, 12)
к.т.н., ст. преп.	20.12.2010		ЗАМОСТОЦКАЯ Е.Ф. (г. 2, 10, 11, 12)
к.т.н., ст. преп.	20.12.2010		БЕЛЯКОВ Н.В. (г. 2, 10, 11, 12)
нормоконтролер	20.12.2010		МАХАРИНСКИЙ Ю.Е.

## РЕФЕРАТ

Отчет 191 с., 58 рис., 48 табл., 50 источников.

ПАКЕТ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА ОБУВИ, ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ, КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ОБУВИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЖЕВЕННО-ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ВЛАЖНО-ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА, ФОРМЫ СВЯЗИ ВЛАГИ С ОБУВНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, ОСТАТОЧНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ ОБУВИ.

Объектом разработки являются капиллярно-пористые материалы, применяемые в легкой промышленности.

Целями работы являются исследование термодинамических характеристик материалов верха обуви и разработка научных методов расчета режимных параметров высокоинтенсивных процессов ВТО и сушки.

В процессе работы определены оптимальные режимы термофиксации верха затянутой обуви, изготовлен и апробирован экспериментальный стенд для скоростной комбинированной сушки пакетов обувных материалов,

В результате исследований установлено влияние режима сушки пакетов верха обуви на основе искусственных и натуральных кож на кинетику процесса сушки и формоустойчивость,

Проведена апробация методик скоростной сушки текстильных изделий, применяемых в пожарной технике и текстильных изделий бытового назначения.

Экономический эффект от внедрения сушильной установки в производство в ценах на июнь 2008 г. составил 49168,855 тыс. руб.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА СУШКИ ВЛАЖНОГО ПАКЕТА ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	8
2 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С СОПЛО-ВЫМ ОБДУВОМ ДЛЯ СКОРОСТНОЙ СУШКИ ОБУВИ	17
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЙ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ТОЛЩИНЕ УВЛАЖЕННОГО ПАКЕТА ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	24
4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКА ПРИБЛИЖЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КИНЕТИКИ СУШКИ ОБУВИ	47
5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ СУШКИ УВЛАЖНЕННОГО ПАКЕТА ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	53
6 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ТОЛЩИНЕ ВЛАЖНОГО ПАКЕТА ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	57
7 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЧИСЛА РЕБИНДЕРА ОТ ОСНОВНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ ВЛАЖНОГО ПАКЕТА ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	70
8 РАЗРАБОТКА ПРИБЛИЖЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ	78
9 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	89
10 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	92
11 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРОХОДНОГО ТИПА	96
12 ВЫБОРА ВЕНТИЛЯТОРА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	103
13 РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА СКОРОСТНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ПАКЕТОВ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	112
14 ОПЫТНО ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРОХОДНОГО ТИПА	116
15 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА ОБУВИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА	119
16 АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОТЕКАНИЯ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ОБУВИ	124

17 МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ	135
18 РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУШКИ, ВЕЛИЧИНЫ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА И ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ	142
19 ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ОБУВИ	150
20 ОЦЕНКА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА СУШКИ ОБУВНЫХ ЗАГОТОВОК НА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОМ ОБРАЗЦЕ	158
21 МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ	161
22 АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК СКОРОСТНОЙ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ	168
23 АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК ВЫСОКОИНТЕНСИВНОЙ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ	171
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	184
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	187



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1. Куц П.С, Ольшанский А.И. Экспериментальное исследование зависимостей критерия Ребиндера от режимных параметров. Труды III конференции по сушке. Будапешт, 1971.
2. Куц П.С, Ольшанский А.И. Зависимость между критериями подобия тепло - и массообмена и температурным коэффициентом сушки. ИФЖ, 23, №6, 1972.
3. Куц П.С. ,Ольшанский А.И., Бром Е.Л. Зависимость температурного коэффициента сушки от критериев подобия тепло - и массообмена при различных значениях теплообменного критерия БИО, ИФЖ, 33№1,1977.
4. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло - и массопереноса. Госэнергоиздат, 1963.
5. Лыков А.В. Теория сушки. «Энергия», М, 1968
6. Михайлов М.Д. Нестационарный тепло - и массоперенос в одномерных телах. ИГМО АН БССР. Минск, 1969.
7. Куц П.С., Шкляр А.И., Ольшанский А.И. Обобщенное уравнение кинетики процесса конвективной сушки влажных материалов, ИФЖ, 53, №1,1987.
8. Куц П.С., Шкляр А.И., Ольшанский А.И.Метод расчета процесса конвективной сушки влажных материалов, ИФЖ, 51, №1,1986.
9. Лыков А.В., Куц П.С., Ольшанский А.И. Кинетика теплообмена в процессе сушки влажных материалов, ИФЖ, 23, №3, 1972.
10. Шкляр Я.В., Ольшанский А.И., Щербаков В.И.Расчет производительности сушильных установок легкой промышленности. Изв. вузов. Технология легкой промышленности, №5, 1980.
11. Гухман А.А. Применения теории подобия к исследованию процессов тепло - массообмена. М.Высшая школа, 1974.
12. Красников В.В. Кондуктивная сушка. М.Энергия, 1973.
13. Ольшанский А.И., Куц П.С. Некоторые закономерности кинетики сушки пищевых продуктов. Изв. Вузов. Пищевая промышленность, 5, 1977.

14. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. Под ред. Абрамовича М., Стиган И., М. Наука, 1979.
15. Нестеренко А.В., Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха, «Высшая школа», М., 1971.
16. Справочник обувщика. Технология. Под редакцией д - ра техн. наук А. Н. Калиты – М. Легпромбытиздат, 1989
17. С.А.Пушкин, Ю.А.Карагезян, В.Г.Роот, К.Г.Тополиди. Оборудование обувного, кожгалантерейного и мехового производства. М.: Высшая школа., 2002
18. Шкляр Я. В., Ольшанский А. И., Шкляр В. Я. Расчет температуры материала в сушильных установках легкой промышленности // Изв. Вузов. Технология легкой промышленности. 1986. № 1. С. 126–128.
19. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрамовича и И. Стиган. М.: Наука, 1979.
20. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – 2-е изд. М.: Энергия, 1969. – 440 с.
21. Михайлов В.Н., Состав и строение коллагена, М., «Легкая индустрия», 1988.
22. Журков А.Н., Петров В.А. Молекулярно-кинетическая теория прочности и ее применение в технике, «Механика полимеров», 1978 № 10, с.32-36.
23. Журков А.Н., Серов В.М. Закономерности разрушения реальных материалов, «Механика полимеров», 1988 № 3 с.27-32.
24. А.В. Нестеренко, Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха /Нестеренко А.В. – Москва: «Высшая школа», 1971.
25. Кавказов Ю.Л., Тепло- и массообмен в технологии кожи и обуви / Ю.Л. Кавказов – Москва: «Легкая индустрия», 1973.

26. Ольшанский А.И. Исследование кинетики процесса сушки некоторых материалов, диссертация на соискание ученой степени кандидата тех. наук, АН БССР ИТМО, М., 1972.
27. Фукин В.А. Технология изделий из кожи, / . Фукин В.А, Калита А.Н. – Москва: Легпромбытиздат, 1988.
28. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности / Лыков М.В – Москва: «Химия», 1970.
29. Шкляр Я.В. Расчет производительности сушильных установок легкой промышленности. / Шкляр Я.В., Ольшанский А.И., Щербаков В.И.// Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности – 1980, – № 5.
30. Красников, В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. – Москва : Энергия, 1973. – 252с.
31. Ольшанский, А. И. Некоторые закономерности кинетики сушки пищевых продуктов / А. И. Ольшанский, П. С. Куц // Известия Вузов. Пищевая промышленность. – 1977. – № 5. – С. 97-101.
32. Куц, П. С. Некоторые закономерности тепловлагообмена и приближенные методы расчета кинетики процесса сушки влажных материалов / П. С. Куц, А. И. Ольшанский // Инженерно-физический журнал. – 1977. – Т. 32. – № 6. – С. 627–631.
33. Ольшанский, А. И. Новые методы расчета тепловлагообмета в процессе сушки текстильных материалов / А. И. Ольшанский, С.Г. Ковчур // Материалы IX Всесоюзной научной конференции по текстильному материаловедению. – Минск : Высшая школа, 1977. – 343с.
34. Ольшанский, А. И. Некоторые закономерности кинетики сушки влажных материалов / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Е. Ф. Макаренко // Инженерно-физический журнал.– июль-август 2007. – Т. 80. – № 4. – С. 27-31.
35. Лыков, А. В. Кинетика теплообмена в процессе сушки влажных материалов / А. В. Лыков, П. С. Куц, А. И. Ольшанский // – Инженерно-физический журнал // Минск – 1972. – Т. 23. – № 3. – С. 401–406.



36. Шкляр, Я. В. Расчет производительности сушильных установок легкой промышленности / Я. В. Шкляр, А. И. Ольшанский // Известия Вузов. Технология легкой промышленности. – 1980. – № 5. – С. 126–128.
37. Бочаров, Г.А. Исследование процесса сушки пекарских дрожжей комбинированным методом: дис. канд. техн. наук. - 1973.
38. Макаренко, К.Д. Вопросы интенсификации переноса тепла и массы в сушильных и термических процессах / К.Д. Макаренко. – Минск : Наука и техника, 1967. – 278с.
39. Гинзбург, А.С. Современное состояние и пути развития зерносушильной техники / А.С. Гинзбург, В.А. Резчиков // Элеваторная промышленность.– 1967.
40. Куц, П. С. Обобщенное уравнение температурной кривой процесса конвективной сушки влажных материалов / П. С. Куц, А. И. Ольшанский, В. Я. Шкляр // Инженерно-физический журнал.– 1989. – Т. 57. – № 4. – С. 627–631.
41. Шкляр Я. В., Ольшанский А. И., Шкляр В. Я. Расчет температуры материала в сушильных установках легкой промышленности // Известия Вузов. Технология легкой промышленности. – 1986. – № 1. – С. 46–50.
42. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / М. Абрамовиц [и др.]; под общ. ред. М. Абрамовица. – Москва : Наука, 1979 – 370.
43. Курсовое проектирование деталей машин: справочное пособие. Часть 1 / А.В. Кузмин, Н.Н. Макейчик, В.Ф. Калачев и др. – Минск: Высшая школа, 1982. – 208 с.
44. Справочник по электрическим машинам. Часть 2 / И.П. Копылов, Б.К. Клоков – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 688 с.
45. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева - Москва: Энергия, 1988 – 343 с.

46. Брюханов, О.Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Аракелян. – Москва: ИНФРА-М, 2004. – 254 с.
47. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости): учебное пособие для вузов / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. – 2-е изд. – Москва: Стройиздат, 1975. – 326 с.
48. Насосы, задвижки, вентиляторы, калориферы, компрессоры, электродвигатели / АО БелНасосПром. – Минск, 2001. – 32 с.
49. Справочник по электрическим машинам. Часть 1 / И.П. Копылов, Б.К. Клоков – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
50. Безопасность электротермического оборудования. Общие требования: ГОСТ 12.2.007.9-93 (МЭК 519-1-84). - Введ. 1995.01.01 – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1995. – 16с.