

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

677.024.
УДК 542.47

№ ГР 20141403

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

проректор по научной работе

Е.В. Ванкевич
Е.В. Ванкевич

« 29 » *декабрь* 2014г.



ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

(заключительный)

2014-Г/Б-319

Начальник НИЧ

С.А. Беликов
23.12.2014

С.А. Беликов

Научный руководитель

к.т.н., проф.

В.И. Олышанский
19.12.14.

В.И. Олышанский

Библиотека ВГТУ



Витебск, 2014

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы:

к.т.н., проф.



19.12.14г.

Ольшанский В.И.

(общее руководство
темы, введение,
заключение)

Исполнители:


м.н.с.


19.12.14г.

Жерносек С.В.

(главы 2, 3, 4)

Лабор. без кат.


19.12.14г.

Кульнев А.О.

(главы 2, 3)


Лабор. без кат.


19.12.14г.

Попков С.М.

(главы 1, 4)

Нормоконтроль


19.12.14г.

Жерносек С.В.



РЕФЕРАТ

Отчет 80 с., 8 рис., 6 табл., 55 источников, 2 прил.

СВЧ-КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА, ТЕКСТИЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, КИНЕТИКА СУШКИ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, УСТАНОВКА ПРОХОДНОГО ТИПА, ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ОТДЕЛКА

Цель работы — разработка энергоэффективного способа сушки текстильных композиционных материалов с использованием СВЧ-конвективного подвода энергии, исследование влияния параметров сушки на изменения физико-механических свойств материалов и разработка инженерных методик расчета установок комбинированного способа сушки текстильных материалов.

В результате теоретических исследований проведен литературный и патентный обзор процесса СВЧ-конвективной сушки текстильных композиционных материалов. Разработана конструктивная схема СВЧ-конвективной установки непрерывного действия, которая встраивается в технологический процесс заключительной отделки текстильных композиционных материалов. Исследованы основные закономерности сушки текстильных композиционных материалов СВЧ-конвективным способом и разработаны методы расчета параметров сушки. В отличие от обычных методов сушки, для которых перенос влаги внутри тела происходит под действием градиентов влагосодержания и температуры, при СВЧ-конвективном способе сушки на перенос влаги основное влияние оказывают диэлектрические свойства материала, тангенс угла потерь, частота и напряженность электрического поля. Интенсивность переноса влаги внутри тела при сверхвысокочастотном нагреве характеризуется величиной критерия Померанцева.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ЛИТЕРАТУРНЫЙ И ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ СВЧ-КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ.....	7
1.1	Предпосылки для интенсификации процесса сушки в текстильной промышленности	7
1.2	Преимущества СВЧ – конвективного способа сушки	10
1.3	Выводы по главе.....	19
2	ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЧ ДИАПАЗОНА	20
2.1	Разработка методики проведения экспериментальных исследований процесса СВЧ-сушки	27
2.2	Исследование кинетики СВЧ сушки текстильных композиционных материалов.....	30
2.3	Выводы по главе 2.....	39
3	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	41
3.1	Выводы по главе 3.....	47
4	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СВЧ УСТАНОВОК ДЛЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	49
4.1	Рекомендации по практическому применению СВЧ-конвективных устройств	54
4.1.1	Исследование процесса химической отделки текстильных материалов с использованием СВЧ нагрева.....	59

4.2 Выводы по главе 4.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б АКТ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС.....	78

БИТРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jap, I. Wood Res. Soc. 1988, V. 34, No 6, P. 485–490. (Вакуумная сушка древесины с нагреванием в поле СВЧ).
2. Rechcigl, J. E. Comporation of various soil drying tehniquest on extractable nutrients / J.E. Rechcigl, G.G. Payne, C.A. Sanchez // Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1992. Vol 23, № 17–20. P. 2347–2363.
3. Акулич, П. В. Моделирование и экспериментальное исследование тепло- и влагопереноса при СВЧ-конвективной сушке растительных материалов / П. В. Акулич, А. В. Темрук, А. В. Акулич // ИФЖ, 85 – 5 – 2012. С. 951–958.
4. Андерсен, Н. Микроволновая сушка бумаги / Н. Андерсен [и др.] // Svensk pappers tidning, 1972, V. 75, No 16, P. 663–671.
5. Бизюк, А. Н. Влияние СВЧ излучения на физико-механические свойства текстильных материалов / Бизюк, А. Н., Жерносек С. В., Ольшанский В. И., Ясинская Н. Н. // Известия вузов. Технология легкой промышленности / Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна (Санкт-Петербург) — 2013. — Том 20, № 2. С. 16–18.
6. Бизюк, А. Н. Интенсификация процесса пропитки текстильных материалов с использованием энергии СВЧ / А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н.Н. Ясинская // Материалы докладов 46 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО "ВГТУ". — Витебск, 2013. — С. 402–403.
7. Бизюк, А. Н. Исследование влияния СВЧ-излучения на показатели качества тканых полотен / А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н. Н. Ясинская // Известия вузов. Технология текстильной промышленности / Ивановская государственная текстильная академия (Иваново) — 2014. — №2 (350). — С.17–20.
8. Бизюк, А. Н. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ излучения / Бизюк, А. Н., Жерносек С. В., Ольшанский В. И., Ясин-

ская Н. Н. // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». — 2014. — Вып. 26. — С. 21–28.

9. Бизюк, А. Н. Моделирование процесса пропитки текстильных материалов под действием СВЧ излучения / А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н. Н. Ясинская // Известия вузов. Технология легкой промышленности / Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна (Санкт-Петербург) — 2014. — С.16–18.
10. Бизюк, А. Н. Определение эффективного радиуса капилляров текстильных материалов в процессе пропитки / А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек // Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». — Москва : ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. — С. 32–33.
11. Бизюк, А. Н. Оптимизация технологического процесса формирования текстильных композиционных материалов в условиях воздействия электромагнитных волн СВЧ и ИК диапазона / А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н.Н. Ясинская // Журнал «Химическая технология» (Москва) — 2014. — ПУБЛИКУЕТСЯ.
12. Браславский, В. А. Капиллярные процессы в текстильных материалах / В. А. Браславский. — Москва : Легпромбытиздат, 1987. — 112 с.
13. Будников, Д. А. Анализ возможностей интенсификации сушки зерна электроактивированными средствами / Д. А. Будников // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. / АЧГАА. — Зерноград, 2005. — С. 26–29.
14. Будников, Д. А. Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ : дис. канд. техн. наук : 05.20.02 / Д. А. Будников. — Зерноград, 2008. — 164 с.
15. Васильев, А. Н. Проблемы оптимального управления сушкой зерна активным вентилирование : 1-я международ. науч.-практич. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)» / МГАУ. — Москва, 2002. — С. 80-83.

16. Воюцкий, С. С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров / С. С. Воюцкий. — Ленинград : Химия, 1969. — 336 с.
17. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии. / С. С. Воюцкий. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : «Химия», 1975. — 512 с.
18. Галимбеков, А. Д. Исследование поверхностного натяжения полярных жидкостей в электрическом поле / А. Д. Галимбеков // В межвуз. научн. Сб. Электрификация сельского хозяйства. Выпуск 4. — Уфа : Изд. БИРО, 2005. — С. 141–146.
19. Галимбеков, А. Д. Влияние электрического поля на поверхностное натяжение полярных жидкостей / А. Д. Галимбеков // Материалы 110 научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов университета. — Уфа : Изд. БГАУ, 2004. — С. 154.
20. Галимбеков, А. Д. Теоретическое исследование влияния электрического поля на поверхностное натяжение полярных жидкостей / А. Д. Галимбеков // Сб. трудов. Международная уфимская зимняя школа конференция по математике и физике для студентов, аспирантов и молодых ученых Т.2, Физика. — Уфа, 2005. — С. 104–110.
21. Галкин, В. П. К вопросу о закономерности тепло- и массообменных процессов при сушке древесины в поле СВЧ / В. П. Галкин, М. А. Филатов // Научные труды МЛТИ, вып. № 235, Москва, 1991. — С.41–45.
22. Галкин, В. П. Сушка древесины в электромагнитном поле сверхвысоких частот : дисс. доктора технических наук : 05.21.05 / В. П. Галкин. — Москва, 2010. — 331 с.
23. Галкин, В. П., Филатов М.А. Экономические аспекты использования энергии СВЧ / В. П. Галкин, М. А. Филатов // Материалы XVIII научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности», Киев, 1991. — С.68–69.
24. Губерман, М. С. Теоретическое обоснование, разработка и освоение высокоэффективных технологий производства тканей специального и бытового

назначения / дисс. Докт. Техн. Наук/ М.С. Губерман. — Иваново, 2000. — 601 с.

25. Губерман, М. С. Установка для тепловой обработки, например, текстильных материалов: пат. 2159992 РФ, H05B6/64, F26B23/08, D06C7/00 / М. С. Губерман, М. А. Сакалов, А. Л. Никифоров, М. Н. Герасимов; Патентообладатель: Герасимов Михаил Николаевич — 99114497/12; заявл. 07.07.1999 г.; опубл. 27.11.2000 г.
26. Жерносек, С. В. Интенсификация процесса сушки композиционных материалов / С. В. Жерносек, Ольшанский В.И. // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.- Рос. ун-т; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. — Могилев: Белорус. - Рос. ун-т, 2012. — С. 67.
27. Жерносек, С. В. Исследование влагообмена при сушке натуральных тканей в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / С. В. Жерносек, Д. А. Ковалев, А. С. Давыдовский, В. И. Ольшанский, А. И. Ольшанский // Тезисы докладов 46 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО "ВГТУ". — Витебск, 2013. — С. 172.
28. Жерносек, С. В. Методы определения теплофизических характеристик текстильных композиционных материалов / С. В. Жерносек, Ольшанский В. И. // Материалы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году книги / УО "ВГТУ". — Витебск, 2012. — С. 551–554
29. Жерносек, С. В. Способ получения нетканого полотна: пат. 17911 Респ. Беларусь, МПК D 04H 1/00, C 1 / С. В. Жерносек, А. В. Локтионов, В. Г. Буткевич; заявитель Учреждение образования «Витебский гос. технол. ун-т» — № а 20111007; заявл. 18.07.2011 г.; опубл. 02.28.2014 г.
30. Кавказов, Ю. Л. Тепло- и массообмен в технологии кожи и обуви. / Ю. Л. Кавказов. — Москва : Легкая индустрия, 1973. — 272 с.

31. Казарцев, Д. А. Совершенствование процесса сушки семян кориандра в аппарате с СВЧ-энергопроводом: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / Д. А. Казарцев. — Воронеж, 2004. — 147 с.
32. Лыков, А. В. Теоретические основы строительной теплофизики. / А. В. Лыков. — Минск: АН БССР, 1961. — 525 с.
33. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. — Москва : Энергия, 1968. — 472 с.
34. Лыков, А. В. Теория тепло - и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. — Москва : Госэнергоиздат, 1963. — 535 с.
35. Лыков, М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. — Москва : Химия, 1970. — 432 с.
36. Никифоров, А. Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго и ресурсосберегающих технологий : дисс. доктора технических наук : 05.19.02 / А. Л. Никифоров. — Иваново, 2004. — 398 с.
37. Никифоров, А. Л. Применение энергии высоких частот для активации процессов отделки и крашения текстильных материалов / А. Л. Никифоров, Б. Н. Мельников, И. Б. Блиничева // Химические волокна. 1996. №4. — С.44–48.
38. Ольшанский А. И. Исследование СВЧ сушки тканей / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, С. В. Жерносек // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». — 2013. — Вып. 24. — С. 55 – 65.
39. Ольшанский, А. И. Исследование влагообмена при сушке натуральных тканей в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, С. В. Жерносек // Инженерно-физический журнал НАН Беларуси ИТМО им. А.В.Лыкова. — 2013. — Т. 86, № 5. — С. 1041–1048.
40. Ольшанский, А. И. Исследование СВЧ сушки тканей / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, С. В. Жерносек // Вестник Учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет». — 2013. —
Вып. 24. — С. 55–65

41. Патент РФ № 2493515. F26B 15/26, F26B3/347, 2012.
42. Патент США № 3.555.693. НКИ 34.1, 1971.
43. Патент США № 3.589.022. НКИ 34.1, 1971.
44. Патент США № 3.670.133. МКИ H05B 9/06, 1972.
45. Патент США № 3.710.064. МКИ H05B 9/06, 1973.
46. Патент США № 3.711.674. МКИ H05B 9/06, 1973.
47. Патент США № 4.570.045. НКИ 34.1, 1984.
48. 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.
49. Родос, Л. Я. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебн. пособие / Л. Я. Родос — Санкт-Петербург : Изд-во Северо-западного гос. заочного техн. ун-та, 2007. — 90 с.
50. Сакалов, М. А. Использование токов СВЧ для повышения эффективности процесса мерсеризации тканей / дисс. канд. техн. Наук / М. А. Сакалов. — Иваново, 1999. — 167 с.
51. Сакун, В. А. Сушка и активное вентилирование зерна и зеленых кормов / В. А. Сакун. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Колос, 1974. — 216 с.
52. Свидерская, О. В. Основы энергосбережения: курс лекций / О. В. Свидерская. — 3-е издание. — Академия управления при Президенте Республики Беларусь. — Минск, 2004. — 296 с.
53. Смольский, Б. М. Внешний тепло- и массообмен в процессе конвективной сушки / Б. М. Смольский. — Минск : БГУ, 1954. — 279 с.
54. Троцкая, Т. П. Электроактивирование процессов сушки растительных материалов : автореф. дис. доктора техн. наук : 05.20.02. / Т. П. Троцкая — Москва, 1998. — 31 с.

55. Троцкая, Т. П. Энергосберегающая технология сушки сельскохозяйственных материалов в озono-воздушной среде / Т. П. Троцкая. — Минск : БелНИИМСХ, 1997. — 750 с.

Витебский государственный технологический университет