

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**УДК 678.027.98+678.5.066**

**ВИНИДИКТОВА  
НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА**

**ОРИЕНТАЦИОННАЯ ВЫТЯЖКА  
ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН В ЖИДКИХ СРЕДАХ С ЦЕЛЬЮ УПРОЧНЕНИЯ  
И ПРИДАНИЯ БАКТЕРИЦИДНОСТИ**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**По специальностям:**

**05.02.01 – «Материаловедение (химическая промышленность)»,  
05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов»**

**Минск, 2010**

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси».

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Пинчук Л. С.,**  
главный научный сотрудник  
Государственного научного учреждения «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Крутько Э.Т.**  
профессор кафедры «Технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов» Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

доктор технических наук, профессор  
**Неверов А.С.**  
заведующий кафедрой «Химия» Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

**Оппонирующая организация:** РУП «Светлогорское производственное объединение «ХИМВОЛОКНО»

Защита состоится « 3 » июня 2010 г. в 14 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова 13а, зал заседаний Ученого совета, ауд. 240, корп. 4, тел.: 227-63-54 (ученый секретарь), факс: 227-62-17; e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

Автореферат разослан « 3 » мая 2010 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций, к.т.н.



О.Я. Толкач

## ВВЕДЕНИЕ

Современная тенденция развития технологий переработки полимерных материалов состоит в придании изделиям из них дополнительных функциональных свойств. Синтетические волокна и ленты представляют собой специфический вид полимерной продукции, технологический процесс производства которой включает ориентационную вытяжку. Дополнение классических методов вытяжки волокон и лент новыми операциями введения в полимер целевых модификаторов представляет собой актуальную проблему. Сложность ее решения состоит в преодолении термодинамической несовместимости крупнотоннажно выпускаемых полимеров и большинства функциональных добавок к ним. Решению этой задачи применительно к лентам из полипропилена (ПП) и волокнам из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) посвящена данная работа.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

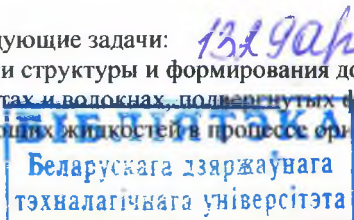
Работа выполнена в соответствии с заданиями: ГПФИ «Материал 4.10» (ГР № 20013479, 2001–2005 гг.), контракт с фирмой «UNIKO Chemical Co» (г. Сеул, Ю. Корея) № И-1/02-8 «Разработка модифицированных технологий переработки полимеров» (2002–2004 гг.), хозяйственный договор с ОАО «Могилевхимволокно» № И-42/2004 «Разработка технологического процесса получения antimicrobial волокна» (ГР № 2005440, 2005–2006 гг.), задание 1.14 ГППИ «Полимерные материалы и технологии» (ГР № 20066396, 2006–2010 гг.), задание Нанотех 5.17 ГКНИ «Наноматериалы и нанотехнологии» (ГР № 20066395, 2006–2010 гг.), а также тема 10 «Разработка технологии производства и переработки новых модификаций химических волокон, полученных на основе крейзинга полимеров (бактерицидных, пониженной горючести, бикомпонентных, одорированных, супертонких и др.) в инновационные изделия со специальными свойствами» (ГР № 20090813, 2008–2011 гг.) научно-технической программы Союзного государства «Современные технологии и оборудование для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008–2011 годы», шифр «Композит».

### Цель и задачи исследований.

Цель исследований – разработать способы упрочнения лент на основе ПП и придания antimicrobial активности волокнам из ПЭТФ путем ориентационной вытяжки в пластифицирующих и поверхностно-активных модифицирующих жидкостях.

Для достижения цели определены следующие задачи:

1) установить закономерности перестройки структуры и формирования дополнительных функциональных свойств в лентах и волокнах, подвергнутых физико-химическому воздействию модифицирующих жидкостей в процессе ориентационной вытяжки;



2) разработать методы упрочнения ПП лент и оптимизировать по критерию прочности технологические режимы их ориентационной вытяжки в пластификаторах;

3) предложить методы придания ПЭТФ волокнам антимикробной активности в процессе ориентационной вытяжки в поверхностно-активных модифицирующих жидкостях;

4) разработать технологическую оснастку для проведения вытяжки лент и волокон в жидкостях;

5) провести промышленную апробацию разработанных методов и материалов.

Объектами исследования являются ПП ленты и ПЭТФ волокна. Предмет исследования – механизмы перестройки структуры ПП лент и ПЭТФ волокон в процессе ориентационной вытяжки в модифицирующих жидкостях с различной физико-химической активностью.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Критерии выбора модифицирующих жидкостей для ориентационного упрочнения ПП лент (способность пластификаторов ПП увеличивать кратность вытяжки на 15–25 %, возможность их экстрагирования из ориентированных лент) и для придания ПЭТФ волокнам антимикробных свойств (поверхностная активность по отношению к ПЭТФ, совместимость с бактерицидными веществами органической и неорганической природы).

2. Экстремальная зависимость  $\sigma(\epsilon_s)$  предела прочности ориентированных ПП лент от кратности вытяжки, максимум которой соответствует  $\epsilon_s = 13 \div 15$  при ориентационной вытяжке в пластифицирующих жидкостях под воздействием УЗ-колебаний, и упрочняющий эффект экстрагирования пластификаторов, которое увеличивает значение  $\sigma$  вытянутых лент на 60 %.

3. Алгоритм выбора бактерицидных технологических добавок, вводимых в волокна и волокнистые материалы, по критериям области их применения, технологических требований к добавкам, гигиенических и специальных требований к бактерицидным материалам.

4. Способы введения в ПЭТФ волокна по механизму крейзинга термодинамически несовместимых с ПЭТФ бактерицидов органической и неорганической природы путем ориентационной вытяжки в поверхностно-активных жидкостях, позволившие получить волокна, обладающие антимикробной активностью (зоны угнетения роста стандартных штаммов бактерий при введении Катамина АБ и Althosan MB составляют 3–7 мм, триклозана – 5–13 мм, коллоидного серебра – 5–8 мм).

5. Результаты промышленной апробации разработанных технологий производства ПП лент с пределом прочности при растяжении  $\sigma = 500$  МПа в фирме «UNICO Chemical Co.» (Юж. Корея), и бактерицидных ПЭТФ волокон, сохраняющих антимикробную активность после 50 стирок, в ОАО «Могилевхимволокно».

#### **Личный вклад соискателя.**

Автор принимал участие в постановке задач исследования; провел анализ патентной и научной литературы по выбору материалов и экспериментальных методов [1–3]; участвовал в выборе модифицирующих добавок [2,4,5], анализе и

обсуждении результатов исследований [5–23], разработке оригинального экспериментального и технологического оборудования [3,24,27], выпуске опытных партий изделий [12,13,15,18,20,21,23], подготовке публикаций [1–23] и охраняемых документов на объекты промышленной собственности [24–34].

#### **Апробация результатов диссертации.**

Материалы диссертационной работы представлены на научно-технических конференциях: XIII Международная конференция «Механика композитных материалов» (г. Рига, Латвия, 2004 г.), XXXVIII научно-техническая конференция преподавателей и студентов (г. Витебск, 2005 г.), Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (г. Гомель, Беларусь, 2005 г.), Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование, технологии» (г. Могилев, Беларусь, 2006 г.), XIV Международная конференция «Механика композитных материалов» (г. Рига, Латвия, 2006 г.), XXVI Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы в промышленности» (г. Ялта, Украина, 2006 г.), Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (г. Гомель, Беларусь, 2007 г.), XIV Международная конференция «Механика композитных материалов» (г. Рига, Латвия, 2007 г.), XXVI Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы в промышленности» (г. Ялта, Украина, 2007 г.), Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (г. Гомель, Беларусь, 2009 г.), VIII Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (г. Гродно, 2009 г.).

#### **Опубликованность результатов.**

По результатам исследований опубликовано 9 статей в научных журналах, 4 работы в научно-технических сборниках, 10 тезисов докладов на конференциях, получено 6 патентов Республики Беларусь, находятся на рассмотрении 5 патентных заявок Республики Беларусь и России. Общий объем публикаций составил 8,2 авторских листа.

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

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 193 стр., включая 45 рис. и 13 табл. на 27 стр., список использованных источников из 155 наименований на 12 стр., список опубликованных работ автора из 34 наименований на 4 стр., 14 приложений на 66 стр.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** проанализированы современные тенденции производства полимерных лент и волокон. Отмечено, что усовершенствование технологических процессов их производства путем дополнения новыми операциями, имеющими цели приближения прочности изделий к теоретической прочности полимеров и придания изделиям антимикробной активности, представляет собой актуальную задачу.

В первой главе обоснован выбор полимерных материалов, являющихся предметом исследования. Определено лидирующее положение в производстве синтетических волокон ПЭТФ (40,8 % мирового производства волокон), ПП (8,4 %, в том числе ленты или плоские нити). ПП ленты применяют в качестве материалов, испытывающих повышенные механические нагрузки (обвязочные материалы, сетки, мешки, канаты и др.), ПЭТФ волокна играют роль армирующего компонента, повышающего формоустойчивость, износостойкость и придающего защитные свойства (огнестойкость, бактерицидность и др.) изделиям из натуральных волокон (нити технического назначения, домашний текстиль, белье и др.).

Полимерные волокна и ленты представляют собой специфический вид промышленной продукции, технология получения которой включает операцию ориентационной вытяжки. Представлен аналогический обзор технологических методов ориентационного упрочнения полимерных материалов и изделий. Проведен анализ публикаций и патентов, посвященных способам изготовления полимерных лент и волокон, а также изучению структуры и свойств волокон, подвергнутых вытяжке в жидкостях.

В научных работах отечественных и зарубежных специалистов (К.Е. Перепелкин, Э.М. Айзенштейн, Т.Н. Кудряцева, Н.Ф. Бакеев, А.Л. Вольнский, Е. J. Kramer, К. Fridrich и др.) изложены базовые принципы получения длинномерных изделий с разнообразными свойствами. Основная проблема, возникающая при их создании, заключается в оптимизации способов и технологических режимов вытяжки. Один из методов ее решения состоит в проведении процессов вытяжки изделий в модифицирующих технологических жидкостях. Прежде всего, это упрощает проблему равномерного нагрева. Пластифицирующие жидкости «залечивают» дефекты в поверхностном слое, что является дополнительным резервом упрочнения изделий. Вытяжка в поверхностно-активных жидкостях сопровождается образованием в пленках и волокнах крейзов – системы трещин нанометрового и микронного размеров, стенки которых соединены ориентированными тяжами. Крейзообразование позволяет вводить в волокна модифицирующие вещества, термодинамически несовместимые с полимером. Развитию этой технологии посвящена настоящая работа.

Проанализирована номенклатура антимикробных веществ (АВ), применяемых для модифицирования химических волокон. Главными требованиями к АВ являются безопасность для человека, а также технико-экономические и экологические критерии: соответствие АВ функциональному назначению изделий, технологическая совместимость с материалом волокон, доступность и низкая стоимость, экологическая чистота технологий использования АВ в производственных процессах.

На основании анализа изученных технологий и получаемых с их помощью материалов поставлена цель и определены задачи исследования.

**Во второй главе** описаны объекты, средства и методы исследований.

В экспериментах использовали ПП следующих марок: «Каплен» (Россия), 089901 (предоставлен фирмой UNIKO), 21030-16H (Россия), HH420J (Финляндия) с ПТР в пределах 3,4 – 15,8 г / 10 мин. Волокнистые материалы на основе

ПЭТФ (ТУ 6-13-0204077-92-88) были произведены в ОАО «Могилевхимволокно». Модифицирующими добавками для ПП служили: картофельный крахмал – Кр, модифицированный картофельный крахмал (МКр с молекулярной массой ММ=20÷25 тыс., изготовлен в ИФОХ НАН Беларуси методом химической деструкции картофельного Кр). Их использование обосновано технико-экономическими соображениями и необходимостью решения экологической проблемы утилизации выработавших ресурс полимерных лент. В качестве пластифицирующих добавок применяли: парафин (ГОСТ 23683), бензамид (ТУ 6-09-14-2096-82), масло веретенное (ГОСТ 1805), глицерин (ГОСТ 6259), масло вазелиновое (ГОСТ 3164).

Ленточные образцы формировали методами экструзии и термопрессования. Вытяжку образцов осуществляли в модифицирующих жидкостях с помощью оригинальных устройств, которые моделировали промышленные технологические процессы ориентационной вытяжки полимерных изделий, обеспечивая комбинированное воздействие механических и физико-химических факторов.

Предложен алгоритм выбора АВ по нескольким критериям (рисунок 1). ПЭТФ волокна модифицировали жидкостями, содержащими следующие АВ: катамин АВ (Кт, ТУ 9392-003-48482528-99); Althosan MB (Ал, ТУ 53/9); растворы коллоидного серебра, изготовленные в Государственном научно-производственном объединении «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»; триклозан (Тр, производитель Chemopharma, Австрия).



Рисунок 1 – Алгоритм выбора бактерицидных компонентов для модифицирования ПЭТФ волокон

Структуру, физико-химические характеристики ПП лент, функциональные свойства модифицированных ПЭТФ волокон, закономерности физико-химического взаимодействия компонентов изучали методами ИК-спектроскопии (ИК-Фурье спектрофотометр NICOLET 5700); растровой электронной микроскопии (РЭМ CamScan-4); рентгеноструктурного (D 8 advance BRUKER) и дифференциального термического (ДТА, дериватограф Q-1500) анализа. Рентгенограммы анализировали с применением программ автоматизации рентгеновского фазового анализа «X-RAY». Вязкость полимерного расплава характеризовали показателем текучести расплава (ПТР), определяемым на приборе ИИРТ-АМ по ГОСТ 11645. Прочность материалов определяли по ГОСТ 14236 с помощью испытательного стенда Instron 5567.

Модифицированные ПЭТФ волокна подвергали тепловлажностным обработкам (имитирующим условия стирки) по методике, адаптированной к стандартам текстильного производства. Микробиологические исследования модифицированных волокон проводили в соответствии с разработанной в ИММС НАН Беларуси «Методикой испытаний на биостойкость для полиэтилентерефталатных волокон» по отношению к тест-культурам бактерий *Staphylococcus aureus* (*St. aureus*) и *Staphylococcus epidermis* (*St. epidermis*), моделирующим патогенную микрофлору человека, методикой, используемой УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», и оригинальной методикой института хирургии им. А.В. Вишневского (г. Москва).

Обработку экспериментальных результатов выполняли методами математической статистики с применением пакетов стандартных программ.

В третьей главе изложены результаты экспериментального изучения прочности ПП лент, подвергнутых вытяжке в технологических жидкостях. Изучены физико-химические закономерности взаимодействия технологических жидкостей и ПП, позволившие разработать метод получения лент с повышенной прочностью. Экспериментальные образцы готовили двумя способами: 1) термпрессованием с последующей ориентационной вытяжкой на оригинальном лабораторном устройстве; 2) экструзией лент с помощью экспериментальной линии – прототипа промышленной установки для ориентационного упрочнения, позволяющей регулировать температурно-скоростно-силовые режимы вытяжки.

Изучено влияние индекса расплава ПП разных марок на деформационно-прочностные параметры лент. Установлено, что маркам ПП с меньшим ПТР при прочих равных условиях соответствуют более высокие значения прочности. Экспериментально установлено, что с увеличением ПТР прочность лент нелинейно снижается, а кратность вытяжки практически линейно возрастает (рисунок 2).

Исследована зависимость предела прочности  $\sigma$  ПП лент от кратности вытяжки  $\epsilon_s$ . Установлено, что при ориентационной вытяжке на воздухе зависимость  $\sigma(\epsilon_s)$  проходит через максимум, соответствующий  $\epsilon_s = 10-12$ . Согласно результатам рентгеноструктурного анализа, ленты с такой кратностью вытяжки



характеризуются наибольшей интенсивностью дифракционных максимумов кристаллической фазы.

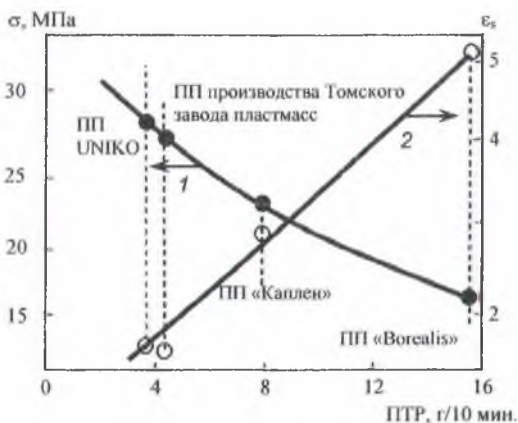


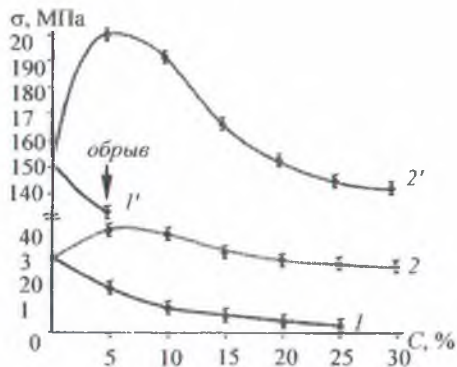
Рисунок 2 – Зависимости прочности (1) и кратности вытяжки (2) ПП лент от ПТР полимерных материалов разных марок

Оценена эффективность предварительного технологического модифицирования структуры исходного ПП (термообработка, наполнение, пластификация) как средства улучшения деформационно-прочностных характеристик полимерных лент.

Структуру исходных полимеров и переработанных в ленты приводили в равновесное состояние путем *нормализации*. Результаты рентгеноструктурного анализа и оценки деформационно-прочностных характеристик образцов показали, что нормализация практически не влияет на степень кристалличности экструдированных лент и не приводит к их дополнительному упрочнению при вытяжке.

Изучено влияние органических наполнителей (Кр и МКр) на деформационно-прочностные характеристики прессованных ПП лент. Установлено, что наполнение ПП МКр приводит к заметному повышению предела прочности при  $\epsilon_s = 6$  по сравнению с лентами, содержащими натуральный Кр (рисунок 3), а ленты из композитов с концентрацией МКр 5 % не уступают по прочности ненаполненным ориентированным лентам. При наполнении МКр менее 20 % прочность композитных лент значительно увеличивается при вытяжке.

Методом ИК-спектроскопии показано, что термическое формирование образцов из композиции ПП-Гл-МКр сопровождается физико-химическим взаимодействием компонентов. Косвенным подтверждением этого являются кинетические зависимости водопоглощения лент: при концентрации МКр от 5 до 20 % гидрофильность материалов ниже, чем композитов на основе Кр, вследствие образования новых химических связей между компонентами. Наибольшее увеличение прочности ПП лент, содержащих МКр, достигнуто при степени вытяжки  $\epsilon_s = 6$ .



1 и 2 – неориентированные ленты из ПП-Гл-Кр и ПП-Гл-МКр;  
 1' и 2' – ориентированные ( $\epsilon_s = 6$ ) ленты из ПП-Гл-Кр и ПП-Гл-МКр  
**Рисунок 3 – Зависимость прочности ( $\sigma$ ) ПП лент от концентрации наполнителя**

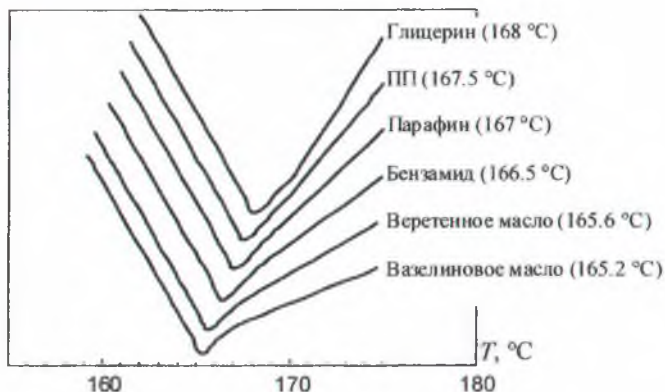
Полученные по такой технологии ленты обладают способностью к ускоренному биоразрушению в почве. Подтверждением их биологической активности является быстрое развитие при микробиологическом тестировании на поверхности крахмалонаполненных ПП лент мицелия штамма *Aspergillus niger*. Это приводит к образованию в лентах структурных дефектов, ускоряющих процесс их биоразрушения.

Исследовано влияние на прочность ПП лент *пластифицирующих добавок*. Использовали два способа введения пластификатора в экструдат: 1) переработка ПП совместно с пластификатором; 2) сорбция пластификатора лентой из технологической жидкости в процессе вытяжки.

Эффективность пластификаторов оценивали методом ДТА. По степени снижения  $T_{пл}^*$  пластифицированного ПП их можно расположить в ряд: глицерин < парафин < бензамид < веретенное масло < вазелиновое масло (рисунок 4). Анализ деформационно-прочностных характеристик вытянутых лент показал, что предварительное введение пластификаторов в перерабатываемую экструзией композицию практически не влияет на увеличение прочности лент при вытяжке, однако некоторые из них (вазелиновое масло, веретенное масло, глицерин) значительно увеличивают кратность вытяжки лент.

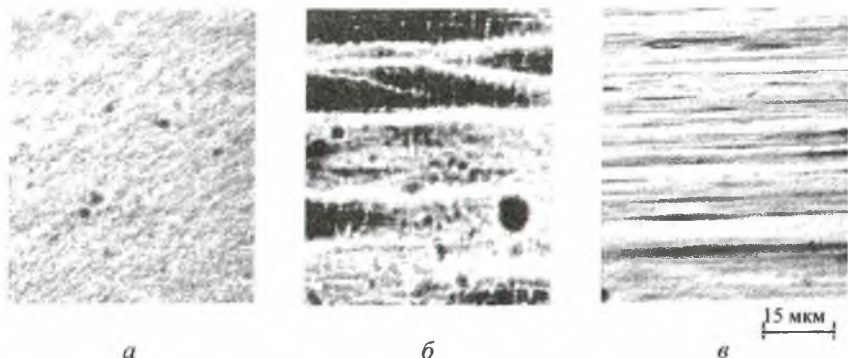
По критерию роста относительного удлинения лент при вытяжке в качестве технологических сред выбраны вазелиновое масло и глицерин. Установлено, что ориентационная вытяжка ПП лент в этих пластифицирующих средах позволяет добиться увеличения прочности лент на 5–10 % по сравнению с вытяжкой на воздухе. Методом оптической микроскопии показано, что и в том, и в другом случаях вытяжка ПП лент обуславливает фибрилляцию лент, но с меньшей степенью повреждения поверхностного слоя в жидкостях (рисунок 5). По-видимому, при ориентационной вытяжке ПП лент в пластификаторах протекают конкурирующие процессы: во-первых, упрочнение вследствие ориентации мак-

ромолекул и надмолекулярных образований, во-вторых, разупрочнение из-за ослабления межмолекулярного взаимодействия при пластификации.



**Рисунок 4 – ДТА-спектры образцов из исходного ПП и композиций на его основе, содержащих пластификаторы (5 %)**

Дополнительно исследовано влияние радиационной (поглощенная доза облучения 0,5 и 1,0 МГр) и плазменной обработок лент как возможного средства, усиливающего межмолекулярные взаимодействия. Использовали два вида низкотемпературной газоразрядной плазмы: 1) барьерный разряд в воздухе при мощности ~100 Вт, температура нижнего электрода  $T < 70$  °С, 2) высокочастотный разряд в среде азота при частоте 5,28 МГц и длительности ~10 мин. При этих режимах радиационной и плазменной обработок лент упрочняющего эффекта не обнаружено.



**Рисунок 5 – Микрофотографии поверхности ПП лент, неориентированные (а), подвергнутые 6-кратной вытяжке на воздухе (б) и в вазелиновом масле (в)**

Изучали влияние экстрагирования пластификатора на деформационно-прочностные характеристики лент, ориентированных в пластифицирующих средах. Установлено, что прочность лент, вытянутых в вазелиновом масле (ВМ), после его экстракции увеличилась на 35 % ( $\sigma = 409,8$  МПа), а вытянутых в глицерине – на 30 % ( $\sigma = 393,1$  МПа). Методом ИК-спектроскопии оценивали степень экстрагирования. На спектрах ПП лент, ориентированных в ВМ, в области  $721,9 \text{ см}^{-1}$  появляется полоса поглощения характерная для ВМ, которая полностью исчезает после экстрагирования. Гравиметрическим методом оценена масса технологической жидкости, поглощенной ПП лентами в процессе ориентационной вытяжки: ВМ – 17–18 %, глицерин – 10–15 %.

Исследовано влияние УЗ-колебаний на прочность ПП лент, подвергаемых ориентационной вытяжке в пластификаторе. Установлено, что предел прочности лент, вытянутых при воздействии ультразвука на пластифицирующую жидкость, после экстрагирования увеличивается на 40–60 %. По-видимому, УЗ-колебания активизируют межмолекулярное и межфибрилярное проникновение пластификаторов, уменьшая дефектность структуры лент. В результате оптимизации операций вытяжки достигнуто значение прочности ПП лент  $\sigma \approx 500$  МПа. Оригинальное устройство, позволяющее осуществлять ориентационную вытяжку полимерных лент в жидких средах при воздействии УЗ-колебаний, защищено патентом Республики Беларусь.

В четвертой главе экспериментально исследована возможность придания ПЭТФ волокнам антимикробной активности путем вытяжки в жидкостях, инициирующих крейзообразование, и предложены схемы ее реализации.

Структурные преобразования в ориентируемых ПЭТФ волокнах изучали методами электронной и оптической (с помощью оригинального прибора) микроскопии (рисунки 6 и 7). Установлены базовые технологические параметры крейзообразования в пучке волокон, позволившие спроектировать получившие патентную защиту устройства для модифицирования волокон жидкостями в лабораторных и промышленных условиях.

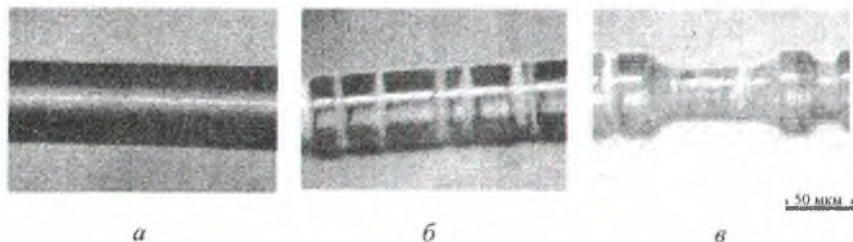
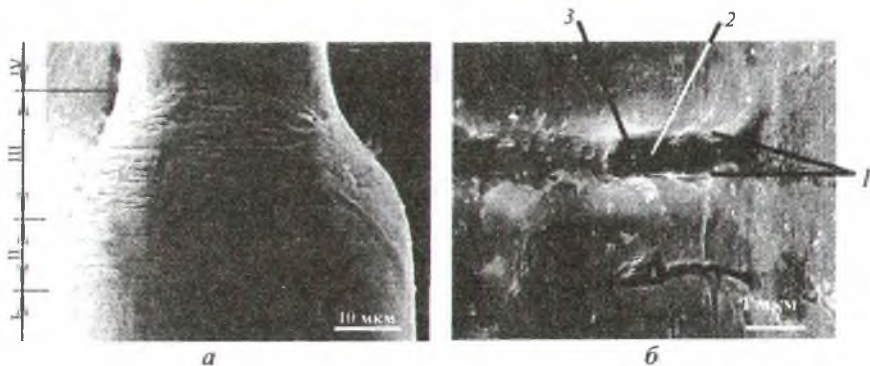
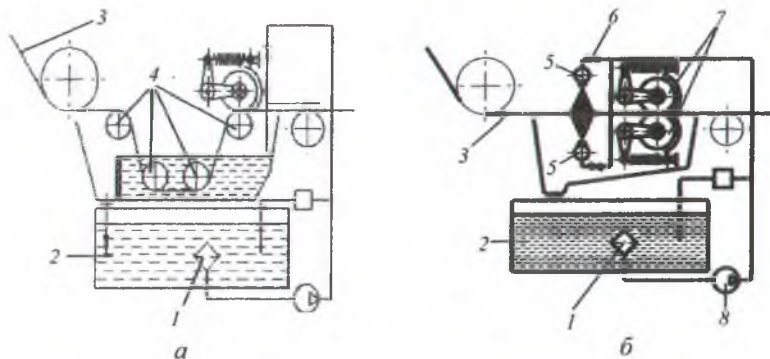


Рисунок 6 – Морфология поверхности исходных (а) и вытянутых на воздухе волокон с относительным удлинением 50 % (б) и 150 % (в)



*I* – зарождение крейзов, *II* – рост, *III* – уширение крейзов, *IV* – формирование фибриллярной структуры волокна; *1* – стенки трещины, *2* – трещина, *3* – тяжи  
**Рисунок 7 – РЭМ-изображения (а, б) крейзов в ПЭТФ волокнах**

Проведен анализ методов приведения в контакт волокон, подвергаемых вытяжке, и модифицирующей жидкости (представлено 20 схем). По результатам анализа и лабораторных экспериментов выбран метод окунания жгута волокон в ванну с раствором (рисунок 8, а). В промышленных условиях с учетом конструкции опытно-промышленной линии штапельной переработки волокон в ОАО «Могилевхимволокно» наиболее приемлемой признана схема распыления раствора с помощью газо-жидкостных форсунок (рисунок 8, б). По этой технологической схеме изготовлена лабораторная партия модифицированных волокон.



*1* – насос, *2* – бак, *3* – жгут из волокон, *4* – ролики, *5* – жидкостные форсунки, *6* – регуляторы расхода, *7* – подпружиненные ролики, *8* – редукционный клапан

**Рисунок 8 – Схема технологического процесса модифицирования волокон окунанием в ванну с раствором (а) и распылением с помощью жидкостных и газо-жидкостных форсунок (б)**

Экспериментально изучена антимикробная активность волокон, модифицированных растворами Кт и Ал. Содержание Кт и Ал в волокнах (0,9–3,3 мас.%) оценивали методами гравиметрическим и ИК-спектроскопии.

Методом микробиологического тестирования установлены размеры зон угнетения роста бактерий вокруг образцов модифицированных волокон до и после тепло-влажностных обработок (таблица 1). В качестве тест-культур, в соответствии с нормативной документацией, был использован штамм *St. aureus*. Установлено, что волокна, модифицированные растворами Ал и Кт, сохраняют устойчивую бактерицидную активность лишь после 10 стирок, что, по-видимому, обусловлено водорастворимостью Ал и Кт.

Таблица 1 Результаты микробиологических испытаний модифицированных волокон

Число обработок	Ширина зоны задержки роста бактерий (мм) для модификаторов					
	Вода дист.+Ал	Вода дист.+Кт	Масло вазелиновое + Тр	Вода дист. + Тр + неонол	Вода дист. + Тр + синтанол	Раствор коллоидного Ag
0	5-8	3-7	10-12	5-6	7-13	5-8
10	4-6	2-6	9-12	3-6	5-10	3-4
20	—	—	8-12	3-5	3-6	1-2
30	—	—	6-9	1-4	1-5	0,5-1
40	—	—	4-6	1-3	0,5-3	—
50	—	—	1-3	0,5-2	0,5-2	—

Предложен метод введения в модифицирующую композицию нерастворимого в воде антибактериального агента – Тр. Для получения волокон с устойчивыми антимикробными свойствами в качестве модификаторов применены масляный раствор и водные эмульсии Тр, содержащие ПАВ – неонол АФ 9-10 или синтанол. ПАВ в композиции выполняет две функции: является компонентом замасливателя для переработки волокон и выступает как агент совмещения с водонерастворимым бактерицидом. Примененные модифицирующие составы обладают высокой антимикробной активностью (таблица 1). Количество Тр в модифицированных волокнах составило 0,1–0,9 %.

По результатам исследований предложены и запатентованы способы приготовления модифицирующих составов на основе Тр и ПАВ (неонол, синтанол), а также методы модифицирования ПЭТФ волокон наночастицами Ag. Разработаны технологические регламенты для модифицирования волокон составами, содержащими Тр и Ag. Установлено, что волокна, модифицированные составами на основе Тр, сохраняют устойчивые бактерицидные свойства на протяжении 50 циклов, а модифицированные коллоидным раствором серебра – до 30 циклов тепло-влажностных обработок.

Таким образом, показано, что антимикробные модифицирующие жидкости на основе выбранных органических веществ проявляют поверхностную активность по отношению к ПЭТФ, инициируя крейзообразование при ориентационной вытяжке ПЭТФ волокон, и проникают в их структуру. Обнаружено, что крейзинг обуславливает снижение рентгеновской степени кристалличности ори-

ентированных волокон. ПЭТФ волокна, модифицированные перечисленными добавками, проявляют высокую антимикробную активность и длительно сохраняют ее.

В главе 5 представлены результаты опытно-промышленного использования разработанных способов модифицирования ПП лент и ПЭТФ волокон путем ориентационной вытяжки в жидких технологических средах.

Технология получения ПП лент с высокими прочностными характеристиками, разработанная в рамках международного контракта, передана фирме «UNIKO Chemical Co» (г. Сеул, Ю. Корея). Устройство для реализации технологии защищено патентом Республики Беларусь № 9075.

Способ придания ПЭТФ волокнам антимикробной активности апробирован на опытно-промышленной установке ОАО «Могилевхимволокно». Выпущена опытная партия (456 кг) антимикробных ПЭТФ волокон, модифицированных Тр. В таблице 2 представлены результаты сравнительного анализа технических показателей стандартных и модифицированных волокон. Модифицированные ПЭТФ волокна прошли испытания в Федеральном государственном учреждении «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» (г. Москва) и Учреждении здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» на антимикробную активность и устойчивость к стиркам. Показано, что модифицированные волокна сохраняют способность подавлять рост бактерий *St. aureus* и *St. epidermis* после 50-60 стирок.

Таблица 2 Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей ПЭТФ волокон

Показатели	Значения показателей для волокон	
	модифицированных	немодифицированных
Линейная плотность, текс	0,171	0,171
Удельная разрывная нагрузка, мН/текс	43,9	48,2
Удлинение волокна при разрыве, %	45,3	45,1
Степень кристалличности, %	42	52
Размеры кристаллитов, А	60	69
Сорбция дисперсного красителя, мг/г	28,5	23,0
Зоны задержки роста <i>St. aureus</i> , мм	8,0	0

Наработанное волокно было реализовано в промышленном производстве ОАО «Кобринская прядильно-ткацкая фабрика «Ручайка» (500 кг), ГРУПП «Гронитекс» (285,5 кг), ОАО «Полесье» (355,4 кг) при изготовлении текстильных изделий. Под контролем МЭСО РУП «Центр научных исследований легкой промышленности» опытная партия антимикробных волокон переработана на стандартном оборудовании ГРУПП «Гронитекс» (г. Гродно) в хлопкополиэфирную пряжу в количестве 261 кг. Результаты испытания пряжи подтвердили ее соответствие 1 сорту по ТУ РБ 500046539.055-2002 «Пряжа хлопчатобумажная, смешанная суровая кордная и одиночная с пневмомеханических прядильных машин для трикотажного производства». На ОАО «Бобруйсктрикотаж» из антимикробной пряжи была изготовлена опытная партия плюшевого полотна для пошива простыней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

Определены и экспериментально подтверждены критерии выбора технологических жидких сред для ориентационной вытяжки с одновременным модифицированием полимерных волокон и лент. Установлено, что упрочнение полимерных волокон и лент целесообразно производить в жидкостях, которые: 1) являются пластификаторами полимера; 2) обеспечивают наибольшую кратность вытяжки; 3) могут быть экстрагированы из полимерной матрицы с помощью растворителей [1, 3, 4, 6, 10, 11, 14, 17]. Жидкости, содержащие функциональные добавки, целесообразно выбирать по следующим критериям: 1) поверхностная активность по отношению к полимерному материалу; 2) способность являться инициатором крейзообразования при вытяжке изделия; 3) технологическая совместимость с модификатором [5, 8, 9, 13, 15, 18, 20, 21, 23].

Установлено, что при ориентационном упрочнении ПП лент в пластифицирующих жидкостях зависимости предела прочности от кратности вытяжки лент  $\sigma = f(\epsilon_s)$  проходят через максимум при  $\epsilon_s = 10-12$  ( $\sigma = 420$  МПа), а при воздействии на зону вытяжки УЗ-колебаний – при  $\epsilon_s = 13-15$  ( $\sigma = 500$  МПа) [1, 10, 11, 24]. Это обусловлено конкурирующим влиянием протекающих при вытяжке процессов: с одной стороны – ориентацией надмолекулярных структур ПП в направлении вытяжки, с другой – ослаблением межмолекулярных взаимодействий в ПП при пластификации и уменьшением поперечного сечения лент [1, 3, 10, 11]. Обнаружен упрочняющий эффект экстрагирования пластификатора из вытянутых ПП лент, в результате которого предел прочности лент увеличивается примерно на 30 %, а при воздействии на зону вытяжки УЗ-колебаний – на 60 % [24]. Установлено, что биоразрушаемые ПП ленты, наполненные химически модифицированным крахмалом с молекулярной массой 20–25 тыс., поддаются ориентационному упрочнению с достижением предела прочности  $\sigma = 200$  МПа при кратности вытяжки  $\epsilon_s = 6$  [4, 6, 7, 14, 16, 17, 19].

Предложен алгоритм выбора антимикробных веществ для модифицирования химических волокон, основанный на взаимосвязи назначения и потребительских свойств волокнистых изделий, технологической совместимости модификатора с полимерной основой, сохранении антимикробной активности модификаторов в процессе технологической переработки, на оценке экологичности производственного процесса модифицирования полимерных волокон [2].

Разработаны оригинальные конструкции технологической оснастки, предложены новые способы и оптимизированы технологические режимы получения антимикробных ПЭТФ волокон путем введения термодинамически несовместимых с ПЭТФ бактерицидных веществ органической и неорганической природы в крейзы, образующиеся в процессе ориентационной вытяжки волокон [25–28, 30–34]. Установлено, что модифицирующие жидкости, содержащие триклозан и коллоидные растворы серебра, в присутствии поверхностно-активных веществ придают волокнам из ПЭТФ наибольшую антимикробную



активность. ПЭТФ волокна, модифицированные этими составами по защищенной патентами технологии, сохраняют антимикробное действие по отношению к моделирующим патогенную микрофлору человека тест-культурам бактерий *Staphylococcus aureas* и *Staphylococcus epidermidis* после 50 и 30 стирок, соответственно. Зоны угнетения роста указанных микроорганизмов волокнами, содержащими Катамин АБ и Althosan МВ, составляют 3–7 мм, триклозан – 5–13 мм, коллоидное серебро – 5–8 мм [5, 8, 9].

### Рекомендации по практическому использованию результатов

На основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на решение поставленных в диссертации задач, разработаны:

- устройство для ориентационной вытяжки полимерных лент [24], позволяющее фокусировать ультразвуковое давление на участке ленты, претерпевающей наибольшую перестройку структуры при вытяжке;
- устройство для модифицирования химических волокон [27], позволяющее оптимизировать условия введения модифицирующей жидкости в структуру волокон по механизму крейзинга;
- способы получения антимикробных ПЭТФ волокон [28,30,32,34], сущность которых состоит в нанесении на пучок ПЭТФ волокон, подвергаемых ориентационной вытяжке, модифицирующих растворов, содержащих компоненты замасливателя и Тр;
- способы изготовления антимикробных волокон из ПЭТФ на штапельном агрегате с применением коллоидного раствора Ag в этиленгликоле, обуславливающие химическое осаждение частиц серебра в крейзах [25,26,31,33].
- прибор для изучения крейзинга в химических волокнах [29], позволяющий контролировать перестройку структуры в процессе ориентационной вытяжки лент и волокон.

Оптимизированы режимы испытаний ПЭТФ волокон на устойчивость их антимикробной активности к действию стирок.

Полученные в диссертации результаты вносят вклад в материаловедение химической промышленности и технологию переработки полимеров, поскольку позволяют, используя стандартные промышленные технологии и оборудование, расширить ассортимент синтетических волокон со специальными свойствами. Полученные результаты могут быть применены в химической промышленности и на предприятиях по переработке полимеров. Исследования по модифицированию волокон продолжаются в рамках Программы Союзного государства, итогом выполнения которого будет освоение в промышленности Беларуси и России производства новых видов волокон.



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи

1. Pinchuk, L.S. Strengthening of polypropylene strips by orientational stretching in liquids / L.S. Pinchuk, V.A. Goldade, N.S. Vinidiktova, U.-S. Choi, S.-Ch. Hong // *Mechanics of composite materials*. – 2005. – Vol. 41, № 2. – P. 171–180.
2. Активные компоненты бактерицидных полимерных волокон / Борисевич И.В., Винидиктова Н.С., Сыцко В.Е., Пинчук Л.С. // *Пластические массы*. – 2005. – № 8. – С. 35–40.
3. Винидиктова, Н.С. Модифицирование полипропилена добавками различной природы / Винидиктова Н.С., Кадолич Ж.В. // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2006. – Т. 11, № 3. – С. 66–71.
4. Ермолович, О.А. Биоразлагаемые ориентированные плоские волокна на основе крахмалонаполненного полипропилена / О.А. Ермолович, Н.С. Винидиктова, А.В. Макаревич, Д.А. Орехов // *Химические волокна*. – 2006. – № 5. – С. 26–30.
5. Винидиктова, Н.С. Модифицирование полиэтилтерефталатных волокон бактерицидами по механизму крейзообразования / Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, Л.С. Пинчук, В.Е. Сыцко, Л.В. Игнатовская // *Химические волокна*. – 2006. – № 5. – С. 34–37.
6. Vinidiktova, N.S. Strength of biodegradable PP tapes filled with a modified starch / N.S. Vinidiktova, O.A. Ermolovich, V.A. Goldade, L.S. Pinchuk // *Mechanics of composite materials*. – 2006. – Vol. 42, № 3. – P. 273–282.
7. Винидиктова, Н.С. Экологически безопасные ориентированные пленки на основе полипропилена / Н.С. Винидиктова, В.А. Гольдаде, О.А. Ермолович, С.Г. Азизбекян // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2008. – Т. 13, № 4. – С. 14–19.
8. Винидиктова, Н. С. Технология получения antimicrobных химических волокон методом крейзообразования / Н. С. Винидиктова, Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, Т. Н. Кудрявцева, В. А. Грищенко // *Материаловедение*. – 2009. – № 10. – С. 57–62.
9. Винидиктова, Н. С. Использование крейзинга полимеров для создания antimicrobных полиэфирных волокон / Н. С. Винидиктова, Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, В.П. Новиков // *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. – 2009. – Т. 53, № 5. – С. 108–112.

### Тезисы докладов и материалы конференций

10. Bezrukov, S.V. Ultimate parameters of orientational stretching of polypropylene / S.V. Bezrukov, N.N. Degtyarenko, N.S. Vinidiktova, L.S. Pinchuk, V.A. // *Mechanics of composite materials: book of abstracts XIII Int. Conf., Riga, 16–20 may 2004 / Inst. of Polymer Mechanics University of Latvia; eds. V. Tamuzs [et al]. – Riga, 2004. – P.37.*

11. Pinchuk, L.S. Strengthening of polypropylene strips by orientational stretching in liquids / L.S. Pinchuk, V.A. Goldade, N.S. Vinidiktova, U.-S. Choi, S.-Ch. Hong. // Mechanics of composite materials: book of abstracts XIII Int. Conf., Riga, 16–20 may 2004 / Inst. of Polymer Mechanics University of Latvia; eds. V. Tamuzs [et al]. – Riga, 2004. – P. 155.

12. Борисевич, И.В. К вопросу сохранения качества текстильных материалов от биовреждений / И.В. Борисевич, Н.С. Винидиктова, В.Е. Сычко // Тезисы докладов XXXVIII науч.-техн. конф преподавателей и студентов, Витебск, апрель 2005 г. / Витебск. Гос. технол. ун-т; под ред. С.М. Литовского. – Витебск, 2005. – С. 146.

13. Винидиктова, Н.С. Полиэфирные волокна с бактерицидными свойствами / Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, Л.В. Игнатовская, В.Е. Сычко // «ПОЛИКОМТРИБ-2005»: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 18–21 июля 2005 г. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В.Н. Адериха [и др.]. – Гомель, 2005. – С. 206.

14. Ермолович, О.А. Влияние биоразлагаемого наполнителя на деформационно-прочностные характеристики ориентированных полипропиленовых лент / О.А. Ермолович, Н.С. Винидиктова // «ПОЛИКОМТРИБ-2005»: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 18–21 июля 2005 г. / ИММС НАН Беларуси; редкол. В.А. Адериха [и др.]. – Гомель, 2005, – С. 207.

15. Винидиктова, Н.С. Модифицирование волокон из полиэтилентерефталата для придания им антимикробных свойств / Винидиктова Н.С., Борисевич И.В., Пинчук Л.С. // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 20–21 апреля 2006 г. / Бел.-Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2006. – С. 197–198.

16. Vinidiktova, N.S. Strength of biodegradable polypropylene strips filled with modified starch / N.S. Vinidiktova, O.A. Ermolovich, V.A. Goldade, L.S. Pinchuk // Mechanics of composite materials: book of abstracts XIV Int. Conf., Riga, 29 may – 2 June 2006 / Inst. of Polymer Mechanics University of Latvia; eds. V. Tamuzs [et al]. – Riga, 2004. – P. 216–217.

17. Ермолович, О.А. Структурно-механические характеристики пленок на основе полипропилена и химически модифицированного крахмала / О.А. Ермолович, Н.С. Винидиктова // Композиционные материалы в промышленности: материалы XXVI Междунар. науч. конф. и выст., Ялта, 26 мая – 2 июня 2006 г. / Украинский информ. центр «Наука. Техника. Технология»; редкол.: Боголюбов В.С. [и др.] – Ялта, 2006. – С. 395–397.

18. Винидиктова, Н.С. Волокнистые материалы с антимикробными свойствами / Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: тез. докл. 3 Гомельская региональная конференция молодых ученых, Гомель, 3–4 октября 2006 г. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: Станкевич В.М. [и др.]. – Гомель, 2006. – С. 11–12.

19. Ермолович, О.А. Диссипативные свойства композиций на основе полиолефинов и крахмалов / О.А. Ермолович, В.А. Гольдаде, В.Д. Федоров, Н.С. Винидиктова // Композиционные материалы в промышленности: материалы

XXVII Междунар. науч. конф. и выст., 28 мая–1 июня 2007 г. / Украинский информ. центр «Наука. Техника. Технология»; редкол.: Боголюбов В.С. [и др.]. – Ялта, 2007 г. – С. 35–38.

20. Винидиктова, Н.С. Полиэфирные волокна с антимикробными свойствами / Н.С. Винидиктова, О.Н. Верещак, Н.А. Городничева // «ПОЛИКОМТРИБ-2007»: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 16–19 июля 2007 г. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В.Н. Адериха [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 120.

21. Борисевич, И.В. Расширение ассортимента текстильных материалов посредством модифицирования химических волокон / И.В. Борисевич, Н.С. Винидиктова // Торговля в XXI в.: тенденции развития и инновации: сб. научных трудов Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 11-12 октября 2007 г. / Бел. торг.-эконом. ун-т. потреб. кооп.; редкол.: Г.С. Митюрин [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 128–131.

22. Ермолович, О.А. Многофункциональные активные полимерные пленки и волокна / О.А. Ермолович, Н.С. Винидиктова, И.В. Глушакова, Т.С. Анищик // Композиционные материалы в промышленности: материалы XXVIII Междунар. науч. конф. и выст., Ялта, 26–30 мая 2008 г. / Украинский информ. Центр «Наука. Техника. Технология»; редкол.: Боголюбов В.С. [и др.]. – Ялта, 2008. – С. 356–358.

23. Винидиктова, Н.С. Полиэтиленерефталатные волокна, модифицированные по механизму крейзинга / «ПОЛИКОМТРИБ-2009»: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 22–25 июня 2009 г. / ИММС НАН Беларуси; редкол.: В.А. Адериха [и др.]. – Гомель, 2009. – С. 49–50.

### Патенты и патентные заявки

24. Устройство для ориентационной вытяжки полимерных лент: пат. 9075 Респ. Беларусь, МПК7 В 29 С 55/00, D 02J 1/22 / Л.С. Пинчук, Н.С. Винидиктова, В.А. Гольдаде, С.В. Безруков, Н.Н. Дегтяренко, Чой Унг-Су, Хонг Сунг-Чул; заявитель: ИММС НАН Беларуси. – № а20040374; заявл. 26.04.2004; опубл. 30.04.07 // Официальный бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 2 – С. 73.

25. Способ получения полиэтилентерефталатных антимикробных волокон: пат. 10803 Респ. Беларусь, МПК(2006) D 01F 6/92, D 06M 13/00 / Л.С. Пинчук, В.П. Новиков, Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, В.А. Гольдаде; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а20060898; заявл. 13.09.06; опубл. 30.06.08 // Официальный бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 3 – С. 117.

26. Способ изготовления антимикробных волокон из полиэтилентерефталата: пат. 11260 Респ. Беларусь, МПК(2006) D 01F 6/92, D 06M 11/00 / Л.С. Пинчук, В.А. Гольдаде, Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, Л.В. Игнатовская, В.П. Новиков, С.Н. Храмцов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а20060456; заявл. 15.05.2006; опубл. 30.10.08 // Официальный бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 5 – С. 105.

27. Устройство для модифицирования химических волокон: пат. № 11662 Респ. Беларусь, МПК (2006) D 01D 10/00 // Л.С. Пинчук, В.А. Гольдаде, Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, С.А. Герасименко, Л.Е. Шустов, В.Е. Сыцко; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а20060455; заявл. 15.05.2006; опубл. 2009.02.28 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуал. уласнасці. – 2009. – № 1 – С. 101.

28. Способ получения antimicrobial полиэтилентерефталатных волокон: пат. № 12186 Респ. Беларусь, МПК(2006) D 01F 6/92, D 06M 13/00 / Л.С. Пинчук, В.А. Гольдаде, Н.С. Винидиктова, И.В. Борисевич, Н.А. Городничева, О.Н. Верещак, С.Н. Храмов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а20060458; заявл. 15.05.06; опубл. 30.08.09 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуал. уласнасці. – 2009. – № 4 – С. 121–122.

29. Прибор для изучения крейзинга в химических волокнах: пат. № 6040 Респ. Беларусь, МПК G 01N 3/00 / Л.С. Пинчук, Н.С. Винидиктова, В.А. Гольдаде, В.А. Грищенко, Т.Н. Кудрявцева; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № и20090435; заявл. 27.05.2009 г., опубл. 28.02.10 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуал. уласнасці. – 2007. – № 2 – С. 207-208.

30. Способ придания antimicrobial активности волокнам из полиэтилентерефталата: заявка № а20081648 Респ. Беларусь / Пинчук Л.С., Новиков В.П., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Грищенко В.А., Кудрявцева Т.Н.; заявитель ИММС НАН Беларуси. – Заявл.19.12.08.

31. Способ получения бактерицидных волокон из полиэтилентерефталата: заявка № а20090085 Респ. Беларусь / Пинчук Л.С., Новиков В.П., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Грищенко В.А., Кудрявцева Т.Н.; заявитель ИММС НАН Беларуси. – Заявл. 26.02.09.

32. Способ получения antimicrobial полиэтилентерефталатных волокон: заявка № а20090766 Респ. Беларусь / Пинчук Л.С., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Тейкин А.В., Кудрявцева Т.Н., Грищенко В.А.; заявитель ИММС НАН Беларуси. – Заявл. 27.05.09.

33. Способ получения бактерицидных волокон из полиэтилентерефталата: заявка № 2009123944 Россия / Пинчук Л.С., Новиков В.П., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Грищенко В.А., Кудрявцева Т.Н.; заявитель ИММС НАН Беларуси. – Заявл. 23.06.09.

34. Способ получения antimicrobial полиэтилентерефталатных волокон: заявка № 2009140821 Россия / Пинчук Л.С., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Тейкин А.В., Кудрявцева Т.Н., Грищенко В.А.; заявитель ИММС НАН Беларуси. – Заявл. 03.11.09.

## РЭЗІЮМЭ

Віндзіктава Наталя Сяргеєўна

### Арыентацыйнае выцягванне палімерных валокнаў у вадкіх асяроддзях з мэтай умацавання і надання бактэрыцыднасці

**Ключавыя словы:** поліпрапіленавыя (ПП) стужкі, поліэтылентэ-рэфталатныя (ПЭТФ) валокны, арыентацыйнае выцягванне ў вадкіх асяроддзях, крэйзінг, крагнасць выцягвання, трываласць, бактэрыцыдныя ўласцівасці.

**Мэта работы:** распрацаваць спосабы ўмацавання стужак на аснове ПП і надання антымікробнай актыўнасці валокнам з ПЭТФ шляхам арыентацыйнага выцягвання ў пластыфікуючых і паверхнева-актыўных мадыфікуючых вадкасцях.

**Метады даследаванняў:** стандартныя метады вызначэння трываласных характарыстык, ІЧ-спектраскапія, растрвая электронная мікраскапія, рэнтгенаструктурны і дыферэнцыяльны тэрмічны аналіз, мікрабіялагічнае тэсціраванне.

**Атрыманая вынікі і іх навізна.** Вызначана і эксперыментальна пацверджана сукупнасць неабходных параметраў мадыфікуючых асяроддзяў, абумоўліваючых магчымасць выкарыстання ў працэсе арыентацыйнага выцягвання з мэтай умацавання ПП стужак і надання бактэрыцыднасці ПЭТФ валокнам. Вызначана экстрэмальная залежнасць трываласці арыентаваных ПП стужак ад кратнасці выцягвання. Вызначана, што арыентацыйнае выцягванне ПП стужак у вазелінавым алеі пад уздзеяннем УГ-ваганняў прыводзіць да павялічэння іх трываласці на 40–60 % і перамяшчэнню максімуму трываласці ў дыяпазон большай ступені выцягвання  $\epsilon = 13-15$ . Прапанаваны арыгінальны спосаб надання бактэрыцыднасці ПЭТФ валокнам, заснаваны на ўвядзенні бактэрыцыдных дабавак (катамін АБ, Althosan MB, трыклазан, каллоіднае срэбра) з выкарыстаннем эфекту крэйзінга ва ўмовах арыентацыйнага выцягвання ў мадыфікуючых вадкіх асяроддзях. Распрацавана арыгінальная прылада, якая дазваляе атрымліваць валакно са стабільнымі бактэрыцыднымі ўласцівасцямі ў дачыненні штамаў бактэрыі *Staphylococcus aureas*, *Staphylococcus epidermis*.

**Рэкамендацыі да выкарыстання.** Атрыманая вынікі ўносяць уклад у тэхналогію пераапрацоўкі палімерных матэрыялаў і матэрыялазнаўства ў хімічнай прамысловасці. Распрацаваныя метады атрымання мадыфікаваных хімічных валокнаў дазваляюць пашырыць асартымент сінтэтычных валокнаў са спецыяльнымі ўласцівасцямі з выкарыстаннем стандартнага прамысловага абсталявання. Атрыманая вынікі могуць быць рэалізаваны на прадпрыемствах па пераапрацоўцы палімераў і ў хімічнай прамысловасці.

## РЕЗЮМЕ

Винидиктова Наталья Сергеевна

### Ориентационная вытяжка полимерных волокон в жидких средах с целью упрочнения и придания бактерицидности

**Ключевые слова:** полипропиленовые (ПП) ленты, полиэтилентерефталатные (ПЭТФ) волокна, ориентационная вытяжка в жидких средах, крейзинг, степень вытяжки, прочность, бактерицидные свойства.

**Цель работы:** разработать способы упрочнения лент на основе ПП и придания антимикробной активности волокнам из ПЭТФ путем ориентационной вытяжки в пластифицирующих и поверхностно-активных модифицирующих жидкостях.

**Методы исследования:** стандартные методы определения деформационно-прочностных характеристик, ИК-спектроскопия, растровая электронная микроскопия, рентгеноструктурный и дифференциальный термический анализ, микробиологическое тестирование.

**Полученные результаты и их новизна.** Определена и экспериментально подтверждена совокупность необходимых параметров модифицирующих сред, обуславливающих возможность использования в процессе ориентационной вытяжки с целью упрочнения ПП лент и придания бактерицидности ПЭТФ волокнам. Установлена экстремальная зависимость прочности ориентированных ПП лент от степени вытяжки. Определено, что ориентационная вытяжка ПП лент в вазелиновом масле под воздействием УЗ-колебаний приводит к увеличению их прочности на 40–60 % и смещению максимума прочности в область большей степени вытяжки  $\varepsilon_s = 13–15$ . Предложен оригинальный способ придания бактерицидности ПЭТФ волокнам, основанный на введении бактерицидных добавок (катамин АБ, Althosan MB, триклозан, коллоидное серебро) с использованием эффекта крейзинга в условиях ориентационной вытяжки в модифицирующих жидких средах. Разработано оригинальное устройство, позволяющее получать волокна со стабильными бактерицидными свойствами в отношении штаммов бактерий *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*.

**Рекомендации к использованию.** Полученные результаты вносят вклад в технологию переработки полимерных материалов и материаловедение в химической промышленности. Разработанные методы получения модифицированных химических волокон позволяют расширить ассортимент синтетических волокон со специальными свойствами, используя стандартное промышленное оборудование. Полученные результаты могут быть реализованы на предприятиях по переработке полимеров и в химической промышленности.

## SUMMARY

Vinidiktova Nataliya Sergeevna

### **Orientation stretching of polymeric fibers in liquid media with the aim of strengthening and imparting bactericidal properties**

**Key words:** polypropylene (PP) strips, polyethylene terephthalate (PETP) fibers, orientation stretching in liquid media, crazing, degree of extension, strength, bactericidal properties.

**Aim of the work** is to develop the methods of strengthening PP strips and addition of antimicrobial activity to PETP fibers using orientation stretching in plasticizing and surfactant modifying liquids.

**Methods of investigation** were standard procedures for measuring strength characteristics, IR microscopy, scanning electron microscopy, X-ray diffraction and differentiation thermal analyses, microbiological testing.

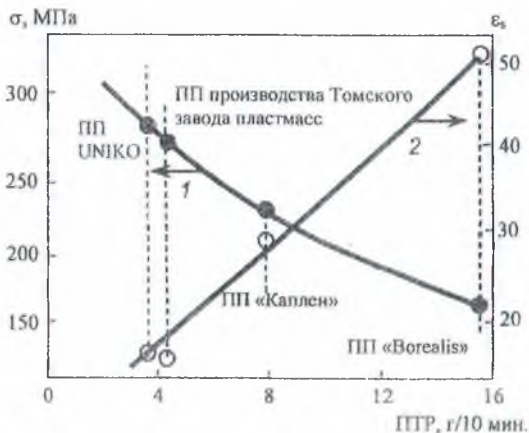
**Results obtained and their novelty.** A combination of necessary parameters of the modifying media was determined and experimentally verified for their use in orientation stretching aimed at strengthening of PP strips and imparting bactericidal properties to PETP fibers. An extreme dependence has been established between strength of the oriented PP strips and extension degree. The orientation stretching of PP strips in Vaseline oil under ultra-sound oscillations was found to increase their strength by 40-60 % and shift the strength maximum to the region of greater extension  $\epsilon = 13-15$ . An original method is proposed of imparting bactericidal properties to PETP fibers. The method is based on introduction of bactericidal additives (Katamin AB, Althosan MB, Triklozan, colloidal Ag) and usage of crazing effect during orientation stretching in modifying liquid media. An original device has been manufactured that enables to obtain fibers with stable bactericidal properties towards bacteria strains *Staphylococcus aureas*, *Staphylococcus epidermis*.

**Recommendations for application.** The results obtained contribute to the polymer processing technologies and materials science of chemical industry. The elaborated methods of obtaining modified chemical fibers have made provision for extending the assortment of synthetic fibers with specific properties using standard industrial machinery. The achieved findings may be realized at enterprises engaged in polymer processing in chemical industry.



Лист изменений к автореферату кандидатской диссертации  
Винидиктовой Натальи Сергеевны на тему «Ориентационная вытяжка  
полимерных волокон в жидких средах с целью упрочнения и придания  
бактерицидности»

1. На с. 7 автореферата рисунок 2 заменить на рисунок



2. На с. 6 строка 18, с. 15 строка 4, с. 20 строка 31, с. 21 строка 31, с. 22 строка 27 слово *aureas* заменить на *aureus*.

3. На с. 6 строка 18, с. 13 строка 21, с. 20 строка 31, с. 21 строка 31, с. 22 строка 27 слово *epidermis* заменить на *epidermidis*.

И. о. Ученого секретаря совета  
по защите диссертаций

В.П. Ставров