

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

На правах рукописи

УДК 677.025.1:[677.075-419:66.067.33]

**ЧЕРНОГУЗОВА  
ИННА ГРИГОРЬЕВНА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ  
ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЭРОЗОЛЕЙ**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.02 «Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья (технические науки)»

Научный руководитель  
кандидат технических наук,  
доцент Коган М.А.

Библиотека ВГТУ



Витебск, 2008

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>ГЛАВА 1</b>  |           |
| <b>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ<br/>ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1 Анализ основных требований, предъявляемых к текстильным<br>фильтровальным материалам.....   | 14        |
| 1.2 Характеристика основных видов сырья для производства тек-<br>стильных фильтровальных материалов.....  | 20        |
| 1.3 Анализ современных структур и способов получения тексти-<br>льных фильтровальных материалов .....   | 24        |
| 1.4 Методы и показатели, применяемые для оценки качества тек-<br>стильных фильтровальных материалов .....                                       | 37        |
| Выводы по главе 1.....  | 40        |
| <b>ГЛАВА 2</b>  |           |
| <b>ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССОВ ВЫРАБОТКИ<br/>МНОГОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ<br/>МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЭРОЗОЛЕЙ.....</b>                | <b>42</b> |
| 2.1 Анализ структур трикотажных полотен для многослойных<br>фильтрующих перегородок.....  | 42        |
| 2.2 Выбор структуры многослойного фильтровального трико-<br>тажного материала и теоретический анализ особенностей процесса ее<br>получения..... | 45        |
| 2.3 Факторы, определяющие стабильность процесса вязания ос-<br>нововязаного трикотажного фильтровального полотна.....                           | 50        |
| 2.4 Обоснование выбора оборудования для производства много-<br>слойных фильтровальных трикотажных материалов.....                               | 52        |
| 2.5 Обоснование выбора сырья для производства многослойных<br>фильтровальных трикотажных материалов.....  | 56        |
| 2.6 Расчет структурных характеристик текстурированных нитей   | 60        |
| 2.7 Анализ процесса петлеобразования при выработке много-<br>слойных фильтровальных трикотажных материалов.....                                 | 64        |
| Выводы по главе 2.....  | 67        |
| <b>ГЛАВА 3</b>  |           |
| <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ<br/>МНОГОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ<br/>ОСНОВОВЯЗАНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА.....</b>             | <b>69</b> |
| 3.1 Особенности экспериментальной выработки основовязаного  |           |

|   |            |
|---|------------|
| трикотажного фильтровального полотна.....   | 69         |
| <b>3.2 Выбор способа отделки трикотажного фильтровального полотна.....</b>  | <b>78</b>  |
| 3.2.1 Исследование влияния режима контактной термообработки на свойства трикотажного фильтровального полотна.....                         | 81         |
| 3.2.2 Решение задачи оптимизации процесса контактной термообработки трикотажного фильтровального полотна .....                            | 90         |
| 3.2.3 Выбор оптимального способа отделки трикотажного фильтровального полотна.....  | 92         |
| Выводы по главе 3.....  | 93         |
| <b>ГЛАВА 4</b>  |            |
| <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА</b>   |            |
| <b>МНОГОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>   |            |
| <b>ОСНОВОВЯЗАНОВОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА.....</b>   | <b>95</b>  |
| 4.1 Обоснование показателей и методик оценки качества трикотажных фильтровальных материалов .....   | 95         |
| 4.2 Разработка методики определения пылепроницаемости, пылеемкости и задерживающей способности трикотажных фильтровальных материалов..... | 97         |
| 4.3 Разработка метода определения сквозной пористости трикотажных фильтровальных материалов.....  | 100        |
| 4.4 Получение уравнения фильтрации аэрозолей трикотажным фильтровальным материалом.....   | 105        |
| 4.5 Оценка качества многослойных фильтровальных материалов основовязаного способа производства.....                                       | 109        |
| Выводы по главе 4.....  | 122        |
| <b>ГЛАВА 5</b>  |            |
| <b>ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>  |            |
| <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>  | <b>124</b> |
| Выводы по главе 5.....  | 127        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>  | <b>128</b> |
| <b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>  | <b>132</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А Графическая и аналитическая записи вариантов</b>  |            |
| <b>структуры трикотажных фильтровальных полотен.....</b>  | <b>146</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б Ассортимент и свойства неокрашенных полиэфирных нитей, производимых в Республике Беларусь.....</b>                        | <b>151</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ В Расчет основных технологических показателей трикотажных фильтровальных полотен.....</b>                                   | <b>153</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г Результаты статистической обработки по техническим показателям суровых трикотажных фильтровальных полотен ...</b>         | <b>159</b> |



|   |     |
|---|-----|
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д</b> Результаты статистической обработки по показателю фактического диаметра текстурированной нити, заработанной в трикотажное фильтровальное полотно.....                     | 160 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е</b> Статистическая обработка результатов активного эксперимента при исследовании влияния режима контактной термообработки на свойства трикотажных фильтровальных полотен..... | 162 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Ж</b> Двухмерные сечения поверхностей функций отклика для трикотажных фильтровальных полотен.....   | 182 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ И</b> Область оптимальных значений параметров контактной термообработки трикотажных фильтровальных полотен .....  | 192 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ К</b> Объекты интеллектуальной собственности, полученные по результатам исследований.....   | 194 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Л</b> Методика определения пылепроницаемости, пылеемкости и задерживающей способности текстильных фильтровальных материалов.....  | 199 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ М</b> Описание работы с программным средством для определения сквозной пористости трикотажных фильтрующих перегородок.....  | 203 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Н</b> Справка об использовании при проведении испытаний трикотажных фильтровальных материалов поверенных средств измерений и аттестованного испытательного оборудования.....    | 210 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ П</b> Результаты статистической обработки по показателям качества трикотажных фильтровальных полотен после их отделки.....  | 212 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Р</b> Результаты определения характеристик сквозной пористости трикотажных фильтровальных материалов.....   | 217 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ С</b> Результаты определения характеристик сквозной пористости при двухосном растяжении трикотажных фильтровальных материалов.....  | 225 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Т</b> Операционное описание технологического процесса производства многослойного фильтровального трикотажного материала для аэрозолей.....                                      | 236 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ У</b> Акт внедрения многослойных фильтровальных трикотажных материалов для аэрозолей в производство и справки о последующем после внедрения использовании.....                  | 240 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Ф</b> Результаты исследований трикотажных фильтровальных материалов в лабораторных и производственных условиях...   | 247 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Х</b> Акты апробирования трикотажных фильтровальных материалов и внедрения результатов исследований в учебный процесс.....  | 263 |

## ВВЕДЕНИЕ

Технологические процессы производства во многих отраслях промышленности сопровождаются значительным количеством выбросов в атмосферу промышленных аэрозолей, что способствует загрязнению воздушного бассейна и ухудшению экологической обстановки на планете. В связи с этим все большее значение приобретает развитие промышленных методов очистки газопылевых систем. Наиболее распространенный, экономичный и эффективный способ очистки аэрозолей – фильтрование их через пористые фильтрующие перегородки. В химической, металлургической, цементной, легкой, пищевой и других отраслях промышленности, а также во вспомогательных производствах для очистки аэрозолей применяются текстильные фильтровальные материалы: ткани, нетканые материалы и трикотаж. При этом динамика потребления технического текстиля за последние 10 лет свидетельствует о существенном увеличении спроса на такие текстильные фильтровальные материалы [1-7].

Так, мировое только промышленное потребление текстильных фильтровальных материалов в 1995 году оценивалось в 7,58 млрд. долларов. В 2006 году, по оценкам английской исследовательской фирмы David Rigby Associates, потребление текстильных фильтровальных материалов должно было составить 11,56 млрд. долларов [1]. Емкость мирового рынка фильтровальных полотен, по мнению специалистов компании Filter Media Consulting Inc. (США), в 2000 году составляла 2 млрд. долларов. К 2010 году прогнозируется увеличение данной цифры вдвое. Рынок готовых фильтрующих элементов оценивается в (5-7) млрд. долларов [4].

Существенному расширению области применения текстильных фильтровальных материалов способствует использование для их производства химических видов сырья, что позволяет применять такие материалы там, где раньше использовались только нетекстильные высокопрочные, термо- и хемостойкие материалы. Среди текстильных фильтровальных материалов широкое распространение, как по объему, так и по номенклатуре получили фильтровальные ткани. Ими, прежде всего, оснащаются фильтры с большой поверхностью фильтрования. Все большее распространение приобретают нетканые фильтровальные материалы, отличающиеся более низкой стоимостью и меньшей требовательностью к виду и свойствам исходного сырья.

По данным, предоставленным Морозенко Т.Ф. и Шигановой Ж.С. [8], мировой объем тканей, применяемых в качестве фильтровальных материалов, составляет 20 %. На долю нетканых фильтровальных материалов приходится 35 %. Наибольший объем мирового использования имеют фильтрующие перегородки из трикотажа – 45 %.

Применение трикотажа в качестве фильтровального материала для аэро-



золей является относительно новым и перспективным направлением. По сравнению с традиционно используемыми текстильными фильтровальными материалами трикотаж обладает рядом преимуществ. Благодаря петельной структуре и высоким деформационным свойствам трикотаж имеет высокие формовочные свойства, что позволяет упростить изготовление фильтрующих перегородок сложной формы (в виде конуса, трапеции, полусферы и т.д.). Кроме того, фильтровальный трикотаж, по сравнению с фильтровальными тканями и неткаными материалами, в наибольшей степени пригоден к многократной регенерации и повторному использованию по назначению. Это способствует существенной экономии затрат на процесс фильтрования. В связи с этим многие предприятия, вырабатывающие трикотажные полотна и изделия частично или полностью ориентируются на производство изделий технического назначения, в том числе фильтровальных [5-7]. По оценкам зарубежных специалистов только в Западной Европе до 2010 года прогнозируется рост потребления таких материалов на уровне 4 % [5, 9]. В целом за последние 20 лет применение трикотажа в качестве фильтровального материала возросло более чем в 5 раз [7].

Однако, имеющийся ассортимент трикотажных фильтровальных материалов для аэрозолей не всегда в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к такого рода материалам. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что на сегодняшний день эффективность фильтрующих перегородок из трикотажа остается крайне низкой, а структура их практически не совершенствуется на протяжении десяти лет. В Беларуси ощущается дефицит трикотажных фильтровальных материалов, который ликвидируется, в основном, за счет покупки дорогостоящих импортных материалов. Отечественные предприятия довольно часто используют в качестве фильтрующих перегородок текстильные материалы бытового назначения из натуральных видов сырья. Это ведет к удорожанию продуктов фильтрования, нерациональному использованию свойств материалов, менее качественному фильтрованию и снижению производительности фильтровального оборудования.

В настоящее время теория и практика пылеулавливания и газоочистки требуют создания фильтровальных материалов, сочетающих высокую производительность с высокой задерживающей способностью. При этом большое внимание уделяется не только правильному выбору конструкции фильтровального оборудования и условий процесса фильтрования, но и выбору самих фильтровальных материалов. В связи с этим весьма перспективным направлением является использование в качестве фильтрующих перегородок текстильных материалов с многослойной фильтрующей структурой, позволяющей увеличить эффективность очистки аэрозолей при сохранении пропускной способности.

На сегодняшний день производством текстильных фильтровальных материалов занимается ряд предприятий. В число отечественных предприятий вхо-

дят: ЧПТП «Влатокс Групп» (г. Могилев), выпускающее рукава из тканей и нетканых материалов для промышленных установок очистки газов и пыли; ИП «Альфаэнерго» (г. Минск), выпускающее ткани и нетканые материалы из полифениленоксадиазольного волокна, используемые в качестве фильтровальных материалов в условиях повышенных температур, а также РУПП «Кобринская прядильно-ткацкая фабрика «Ручайка» (г. Кобрин) и ЗАО «Политекс» (д. Новоселки, Могилевской обл.), занимающиеся производством фильтровальных тканей и нетканых фильтровальных материалов. Известны такие фирмы, как группа компаний «Волброк» (ЗАО «Тверская фабрика фильтровальных тканей», ЗАО «Кировская фабрика нетканых материалов» (Российская Федерация)); ОАО «Монтем» (г. Москва, Российская Федерация); Инзенская фабрика нетканых материалов «Инзатекс» (Российская Федерация); ЗАО «Филпак» (Российская Федерация); ОАО «НИИ нетканых материалов» (г. Серпухов, Российская Федерация); ЗАО «Фабрика технических тканей «Технофильтр» (г. Киев, Украина); фирмы Toom Tekstil (Эстония); Chr. Sandler (Германия); KNW (Япония); Gelman Sciences (США); ОМС (Англия); Carl Freudenberg (Германия); Du Pont (США); АСАМАСУ (Япония) и другие.

В области разработки и оценки качества текстильных фильтров известны такие исследователи, как Пискарев И.В., Смирнова И.Н., Сухарев М.И., Решетнев Д.С., Исаев В.В., Гудим Л.И., Замета Б.В., Титов С.И., Засенко Н.В., Рахмани Д., Барабанов Г.Л., Воронцова Н.В., Тюменев Ю.Я., Сафьянов В.В., Мухамеджанов Т.К., Желтобрюхов В.Ф., Мензелинцева Н.В., Морозенко Т.Ф., Татарников М.К., Сотников С.Н., Амброладзе Ц.Н., Корюхин С.М., Котлярова Е.Ф., Горбатовская М.А., Овчинникова С.А., Горчакова В.М., Дрягуляс С.К., Моисеенко Ф.А. и другие. Трикотажные фильтровальные материалы являются объектом исследования таких авторов как Нехлопоченко И.О., Окс Б.С., Мишта С.П., Мишта В.П., Моисеенко Ф.А., Морозенко Т.Ф., Шиганова Ж.С.

Изучению свойств нетканых фильтровальных материалов посвящены работы исследователей ОАО «НИИ нетканых материалов» (Российская Федерация); Волгоградской государственной архитектурно-строительной академии (Российская Федерация); Ивановской государственной текстильной академии (Российская Федерация); Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина (Российская Федерация). Известны разработки в области трикотажных фильтровальных материалов специалистов научно-исследовательского института по переработке искусственных и синтетических волокон (УкрНИИПВ, Украина), Киевского технологического института легкой промышленности (Украина), Рижского технического университета (Латвия), Витебского государственного технологического университета (Беларусь).

Наличие значительного количества фирм, специализирующихся по выпуску фильтровальных материалов, свидетельствует о перспективности разви-



тия производства текстильных фильтровальных материалов, в том числе из трикотажа. Однако, несмотря на значительный мировой объем производства и потребления текстильных фильтров, сведения в зарубежной литературе о разработке текстильных материалов многослойных фильтрующих структур носят отрывочный характер, имея, преимущественно, рекламное содержание. Предлагаемая зарубежными авторами информация о новейших разработках в области фильтрования ограничивается описанием конструкции и габаритов готового фильтровального оборудования, умалчиваются сведения о виде и характеристиках, используемых в нем, фильтрующих перегородок. Довольно часто разработанные за рубежом текстильные фильтровальные материалы имеют узкую сферу применения, предназначены для фильтрования мелкодисперсных (до 5 мкм) аэрозолей или использования в системе кондиционирования воздуха и вентиляции. Число публикаций в отечественной литературе по созданию многослойных фильтрующих перегородок из текстильных материалов также невелико. Известные многослойные фильтровальные текстильные материалы находят ограниченное промышленное использование, так как свойства указанных материалов недостаточно изучены. Не разработана и теория фильтрации аэрозолей подобными материалами. Все теоретические исследования процесса фильтрации дисперсных систем относятся, в основном, к волокнистым материалам однослойных структур с более или менее упорядоченным расположением волокон. Имеющаяся информация о многослойных фильтровальных материалах для аэрозолей относится, преимущественно, к нетканым фильтровальным материалам. Разработки в области фильтрующих перегородок из трикотажа посвящены материалам однослойных структур, вырабатываемых, в основном, кулирным способом производства. Высокая растяжимость таких фильтровальных материалов и невысокие показатели фильтрующих свойств ограничивают область их эффективного использования.

В связи с этим проектирование эффективных многослойных фильтровальных материалов трикотажного способа производства для аэрозолей является весьма актуальной задачей, решение которой позволяет снизить долю импортной продукции и завоевать место на мировом рынке фильтровальных материалов, несмотря на острую конкуренцию с зарубежными фирмами-производителями. Постоянное совершенствование технологического оборудования и развитие сырьевой базы за счет увеличения производства химических нитей с улучшенными свойствами являются предпосылками разработки и производства качественно новых фильтровальных материалов из трикотажа. Создание многослойных фильтровальных материалов на базе трикотажных переплетений позволит увеличить тонкость фильтрации, улучшить качество и эффективность очистки аэрозолей, что будет способствовать интенсификации технологических процессов фильтрования и снижению себестоимости получаемой продукции.