


СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Руководитель НИР, доцент каф.
«Технология машиностроения»,
канд. техн. наук, доцент


31.12.2025
подпись, дата

В. Г. Буткевич
(введение, раздел 1,
заключение)

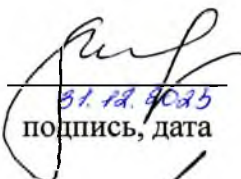
Исполнители:

доцент,
канд. техн. наук


31.12.2025
подпись, дата

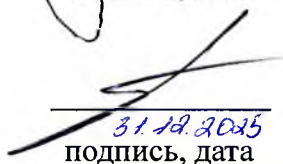
Г. И. Москалев
(раздел 2)

доцент,
канд. техн. наук


31.12.2025
подпись, дата


Т. А. Мачихо
(раздел 3)

ст. преп.


31.12.2025
подпись, дата


Д. Т. Дубаневич
(раздел 4)

магистрант


31.12.2025
подпись, дата

Я. С. Иванов
(раздел 2)

студент


31.12.2025
подпись, дата

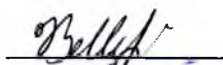
М. С. Бахир
(раздел 3)

студент


31.12.2025
подпись, дата


Р. С. Бахир
(раздел 1–6, оформл.)

студент


31.12.2025
подпись, дата

В. М. Гуминский
(раздел 6–11, оформл.)

нормоконтроль


31.12.2025
подпись, дата

Д. Т. Дубаневич

РЕФЕРАТ

Отчёт 193 с., рис. 53, 32 табл., 51 источи.

НИТЬ, ПРЯЖА, УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ТРИКОТАЖ, АРСЕЛОН, СТЕКЛОНИТЬ, ПРЯДИЛЬНАЯ МАШИНА, ПОВЕРХНОСТЬ ОТКЛИКА, КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ, РАЗРЫВНАЯ НАГРУЗКА, РАЗРЫВНОЕ УДЛИНЕНИЕ, ОГНЕТЕРМОСТОЙКАЯ НИТЬ

Объект исследования – технологический процесс получения огнетермостойких нитей арселон, а так же технологический процесс получения комбинированных многокомпонентных нитей и тканей, в которых в качестве сердечника используется стеклонить, а в качестве нагонного компонента – волокна арселон.

Цель работы – изучение и установление основных перспективных направлений развития современной техники и технологии в области получения многокомпонентных огнетермостойких нитей широкого диапазона линейных плотностей.

В результате выполнения работы проведен анализ научной литературы, изучены основные направления развития современной техники и технологии в области получения многокомпонентных огнетермостойких нитей широкого диапазона линейных плотностей как с использованием ультразвуковых колебаний так и без них. Проведены теоретические и экспериментальные исследования этапов получения новых видов огнетермостойких нитей, исследованы их свойства, а также свойства изделий, полученных на различном оборудовании ткацкого и трикотажного производства.

Проведена оптимизация технологического процесса получения огнетермостойкой ткани с использованием математического аппарата планирования эксперимента.

Предложен анализ технологий с целью изучения направлений развития техники формирования различных видов нитей с использованием при их формировании ультразвуковых колебаний. Рассмотрены основные технологические этапы данных технологий.

Предложен новый технологический процесс получения стеклянных нитей различного назначения с использованием ультразвуковых колебаний. Технология внедрена на ООО «СИБА» (РФ, г. Санкт-Петербург).

Конструкция разработанного устройства «Шарнирный кулисный четырёхзвенный механизм подачи ленты» внедрена в учебный процесс и использована при выполнении практических занятий по дисциплине «Прикладная механика» для студентов специальности 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
РАЗДЕЛ 1.....	9
1.1 Выбор и обоснование ассортимента огнетермостойких комбинированных нитей и тканей.....	9
1.2 Разработка технологии огнетермостойких нитей.....	12
РАЗДЕЛ 2.....	23
2.1 Требования к огнетермостойким волокнам.....	23
2.2 Характеристики арселонного волокна.....	27
2.3 Физико-механические свойства арселонной пряжи.....	27
2.4 Линейная плотность арселонной пряжи.....	27
2.5 Оптимальные параметры при выработке арселонной пряжи.....	28
2.6 Анализ свойств арселонной пряжи различной линейной плотности.....	28
2.7 Технологический процесс на арселонную пряжу.....	30
2.8 Изучение физико-механических свойств базовых нитей и нитей аналогов.....	36
РАЗДЕЛ 3.....	42
3.1 Разработка технологии.....	42
3.2 Ассортимент химических волокон.....	43
РАЗДЕЛ 4.....	45
4.1 Требования, предъявляемые к перематыванию пряжи и нитей.....	45
4.2 Мотальные машины М-150-2.....	45
4.3 Кручение огнетермостойких нитей.....	54
РАЗДЕЛ 5.....	59
5.1 Аналитическое исследование параметров возвратно-поступательного движения устройства для перемещения волокнистого полуфабриката.....	59
РАЗДЕЛ 6.....	69
6.1 Начало эксперимента.....	69
6.2 Полный факторный эксперимент.....	70
6.3 Степень интенсификации процесса сушки ультразвуковыми колебаниями.....	80
6.4 Анализ процесса терморелаксации термостойких тканей с использованием стеклонитей.....	81
6.5 Выбор и обоснование сырья.....	83
6.6 Оценка влияния крутки на физико-механические свойства крученой пряжи из волокна Арселон.....	88

РАЗДЕЛ 7.....	91
7.1 Выбор и обоснование ассортимента.....	91
7.2 Выбор и обоснование сырья.....	92
7.3 Характеристика используемой системы прядения.....	96
7.4 Влияние крутки арселоновой пряжи с сердечником из стеклонити на её свойства	100
РАЗДЕЛ 8.....	102
8.2 Замасливатели, используемые для работы с арселоновыми волокнами.....	108
8.3 Объект и методики исследований процесса получения изделий большой линейной плотности из огнезащитных компонентов.....	117
8.4 Разработка технологического процесса получения многокомпонентных огнетермостойких нитей большой линейной плотности при использовании в качестве сердечника стеклонити	122
РАЗДЕЛ 9.....	124
9.1 Общие сведения. Постановка задачи.....	124
9.2 Ультразвуковые колебания в текстильной промышленности и машиностроении.....	130
9.3 Ультразвуковая сварка синтетических материалов для одежды.....	138
9.4 Получение комбинированной огнетермостойкой ткани при использовании ультразвуковых колебаний	141
9.5 Исследования возможности применения огнезащитной композиции в составе замасливателя.....	143
РАЗДЕЛ 10.....	145
10.1 Обзор научно-исследовательских работ по применению ультразвукового воздействия в текстильной промышленности.....	145
10.2 Ультразвук в швейном ткацком производстве	148
10.3 Ультразвуковая сушка, оборудование и основные технологические особенности.....	151
10.4 Описание технологических процессов изготовления и применения композиционных материалов в машиностроении	159
10.5 Исследование процесса трощения и кручения при формировании технических нитей большой линейной плотности из арселоновых волокон при использовании в качестве сердечника стеклонити	167
10.6 Исторический очерк.....	168
10.7 Общие сведения о получении стекол и стеклянных волокон.....	170
РАЗДЕЛ 11.....	181
11.1 Обзор применения ультразвуковой технологии в интенсификации технологических процессов в текстильной промышленности	181

11.2 Применение ультразвуковой технологии в отдельных технологических процессах легкой промышленности	186
ВЫВОДЫ	190
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	191

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь складывается довольно сложная обстановка с изготовлением специальных термо- и огнестойких технических тканей, а также материалов для специальной защитной одежды людей, чья профессиональная деятельность связана с работой при высоких температурах и контактах с пламенем. Как в Беларуси, так и за рубежом проблема защиты работающих от воздействия тепла в процессе трудовой деятельности давно волнует специалистов различных отраслей: текстильщиков, материаловедов, швейников, обувщиков, медиков, гигиенистов, теплофизиков, химиков, и т. д., занимающихся вопросами охраны труда. Вопрос создания спецодежды для работающих в горячих цехах различных производств, обладающей комплексом защитных свойств от высокой температуры и теплового излучения, до настоящего времени остается открытым. В настоящее время отечественная промышленность выпускает ткани с огнезащитными свойствами, которые обеспечиваются на стадии отделки. Надо отметить, что эти материалы не отвечают комплексной защите от вредных факторов производств, а асбестовые материалы обладают канцерогенностью и запрещены для производства изделий во всем мире.

Существует большой ассортимент технических фильтровальных и других материалов, применяемых в производствах нефтеперерабатывающего, военно-промышленного комплекса и других производствах, которые удовлетворяют высоким требованиям по термо- и огнестойкости, однако материалы данного назначения в РБ не производятся.

Все это диктует необходимость создания огнетермостойких пряж, нитей, тканей и соответственно изделий из них на основе отечественного сырья. В настоящее время изделия данного ассортимента полностью импортируются из-за рубежа. ПО «Химволокно» г. Светлогорска производит термостойкое волокно «Арселон». По термостойкости и гигроскопичности арселон превосходит известные мировые аналоги. Одним из его недостатков является невысокий показатель кислородного индекса (26,5% против необходимых 28%), что объясняет недостаточно высокую устойчивость волокна к воздействию открытого пламени и, соответственно, ограничивает область применения.

Принципиально новым подходом к созданию тканей с огнезащитными свойствами является использование химических огнестойких арамидных волокон и нитей (русар, СВМ, армос), которые обладают исключительной прочностью и термостойкостью, однако, имеют высокую стоимость. Кислородный индекс этих волокон составляет 38-43 %, прочность — 4,0–5,0 ГПа, удлинение при разрыве — 3,0–4,0 %, стоимость — 70–100 \$ за один килограмм.

Для повышения показателя кислородного индекса, а также снижения себестоимости продукции, с учетом промышленной базы Республики Беларусь, предлагается разработка новых технологий получения смешанной пряжи и нитей, состоящих из арамидных волокон и нитей, нитей и пряжи из волокна «Арселон», отходов прядильного и ткацкого производства арамидных и арселоновых нитей. Для снижения стоимости такой пряжи и нитей необходим комплекс мероприятий по разработке новых технологических процессов получения смешанной пряжи и нитей из огнетермостойких волокон, оптимизация технологических параметров процессов получения новых видов нитей и пряжи. Исследование различных составов комбинированных огнетермостойких волокон и нитей позволит получить пряжу и нити с требуемыми физико-механическими и потребительскими свойствами.

Ценные свойства арселона в сочетании с относительно невысокой стоимостью производства ставят его в ряд наиболее перспективных видов термостойких волокон. Термостабильность и гигроскопичность волокна арселон, полученного по несложной технологии и при доступной сырьевой базе, открывают широкие возможности применения его в различных областях промышленности для выработки термостойких фильтровальных тканей для фильтрации горячих газов в черной и цветной металлургии, в сажевой и цементной промышленности; защитной одежды металлургов, сварщиков; других видов термо- и огнестойких текстильных материалов. Перспективным направлением применения арселона в смеси с огнестойкими арамидными волокнами является изготовление защитных комплектов одежды для пожарных-спасателей, военных, гражданской авиации, материалов для обивки салонов автомобилей и самолетов.

Разработка новых технологий получения огнетермостойких пряж, нитей, тканей и изделий из них на основе отечественного сырья также позволит расширить ассортимент текстильных и швейных изделий, сократить импорт данного вида продукции.

РАЗДЕЛ 1

1.1 Выбор и обоснование ассортимента огнестермостойких комбинированных нитей и тканей

Глобальный рынок защитной одежды продолжает демонстрировать устойчивый рост. В частности, в 2008 году отмечено увеличение объема рынка на 15 %, в 2011 году – на 20 %, а в 2013 году – на 28 %. Проведенный анализ производства тканей для огнезащитной и термозащитной одежды за последние 10 лет указывает, что еще 15 лет назад для создания защитной одежды в основном применялись ткани из натуральных волокон. Эффективность защиты определялась толщиной, весом и специальной пропиткой таких материалов. В настоящее время в производстве высококачественной защитной одежды широко используются синтетические волокна и нити с повышенными характеристиками защиты. Они применяются как в чистом виде, так и в сочетании с различными типами волокон, включая натуральные.

Для улучшения производственных процессов и совершенствования технологий все чаще прибегают к применению передовых методов обработки. Эти методы не только повышают производительность труда, но также влияют на эстетическое качество готовых изделий. В связи с этим традиционные методы технологических процессов в производстве всё чаще уступают место нетрадиционным и более эффективным методам, включая химизацию.

Внедрение процессов химизации в отрасли, производящей товары народного потребления, приводит к расширению ассортимента продукции и структурным изменениям в сырьевом балансе текстильной промышленности.

Проблема огнезащиты текстильных материалов была актуальной на протяжении длительного времени. Однако до недавнего времени основное внимание в научных исследованиях уделялось разработке методов, придающих негорючесть целлюлозным волокнам и тканям. С развитием промышленности синтетических волокон, увеличением объемов их производства и ростом интереса мирового сообщества к экологической устойчивости, возникла потребность в разработке методов безопасного для окружающей среды придания огнестойкости материалам из синтетических волокон.

Основная задача, стоящая перед созданием тканей технического назначения, заключается в обеспечении необходимого комплекса свойств, зависящего от области применения и назначения ткани. Эффективное решение этой задачи в значительной степени зависит от сбалансированного сочетания свойств исходного сырья, параметров структуры ткани и технологии ее производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Малых, А. Р. (2016), Ассортимент современных огнестойких текстильных материалов, Научно-методический электронный журнал «Концепт», Т. 3, С. 116–120, URL: <http://e-k-ncept.ru/2016/56035.htm>.
- 2 Смирнов, Н. В. (2004), Способы и средства огнезащиты текстильных материалов: Руководство, М.: ВНИИПО, 48 с.
- 3 Универсальный огнезащитный состав «Фукам» для дерева, ковров и тканей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fukam.ru/pr-ducti-n>, дата доступа: 25 ноября 2023г.
- 4 Инструкция по применению при обработке тканей экологически безопасной универсальной огне-, биозащитной пропитки «ФУКАМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ss-z.ru/upl-ads/d-cs/fucam-reglamentrab-ttkani.pdf>, дата доступа: 25 ноября 2023г.
- 5 Генис, А. В. (2013), Роль замасливателей в современных процессах получения химических волокон и наполненных полимерных материалов, Пластические массы, № 3, С. 24–30.
- 6 Толкач, А. П., Сакевич, В. Н., Посканная, Е. С. (2017), Замасливатель IS-2, ТУ ВУ 100006975.024-2016, Введ. 2017.-21.-03, 13 с.
- 7 Арашкова, А. А., Гончарова, И. А., Посканная, Е. С., Сакевич, В. Н., Тригубович, А. М., Шарич, Т. В. (2017), Создание биостойкой замасливающей композиции, Вестник Витебского государственного технологического университета, № 1 (32), С. 140–148.
- 8 Бобылёв, В. Н. (2003), Физические свойства наиболее известных химических веществ: Справочное пособие, РХТУ им. Д. И. Менделеева, М., 23 с.
- 9 Что представляет собой ткань арселон: свойства, плюсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://textiletrend.ru/pr-tkani/iskusstvennyie/arselon.html>, дата доступа: 25 ноября 2023г.
- 10 ГОСТ 29188.3-91. Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии, Введ. 1991-24-12. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. – 4 с.
- 11 ГОСТ 12.1.044-89. (ИСО 4589-84). ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 1985-01-07. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1987.

- 12 Будницкий, Г.А., Применение термо-, огнестойких волокон для изготовления текстильных изделий / Г.А. Будницкий, А.В. Волохина // Текстильная химия.-2003.- №3.- С.23-24;
- 13 Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Исследование влияния вспучивающих антипиренов на повышение огнестойкости текстильных материалов / Р.Н. Сабирзянова, И.В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. №3. - 2014. – С.53-54;
- 14 Волохина, А.В. Термоогнестойкое арамидное волокно Тверлана / А.В. Волохина, Н.Н. Мачалаба, Н.В. Педченко // Технический текстиль.-2001.- №2.- С.41-44;
- 15 Зубкова, Н.С. Получение полипропилена пониженной горючести / Н.С. Зубкова, И.М. Карелина, Е.И. Сиделева // Технический текстиль.- 2006.-№13.- С.22-23;
16. Теория механизмов и механика машин : учебник / Г. А. Тимофеев, А. К. Мусатов, С. А. Попов, К. В. Фролов ; под ред. Г. А. Тимофеева. – 8-е изд. перераб. и доп. – Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. – 568 с. – ISBN 978-5-7038-4151-8. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1962503> (дата обращения: 12.06.2025). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
17. Малахов, А. Н. Теория механизмов и машин : учебник / А. Н. Мамаев, Т. А. Балабина. – Москва : АСТ, 2008. – 254 с.
18. Кинематический расчет рычажных механизмов методом замкнутых векторных контуров / А. В. Котович, В. Г. Буткевич, А. В. Ильющенко [и др.] // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки : в 2 т. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2017. – Т. 1. – С. 364–366.
19. Пейсах, Э. Е. Методика автоматизированного структурного синтеза плоских шарнирных механизмов / Э. Е. Пейсах // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2009. – № 1. – С. 73–82.
20. Стариков, С. П. Новые решения в задачах кинематического исследования плоских групп Ассура высоких классов / С. П. Стариков, Л. Т. Дворников // Сборник докладов международной конференции по теории механизмов и машин. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2006. – 297 с. – С. 63–64.
21. Разработка технологического процесса производства одноразовых медицинских халатов / А. Г. Коган, В. Г. Буткевич, Г. И. Москалев, А. В. Буткевич [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. Серия № 4, Промышленные технологии. – 2024. – № 3. – С. 80–84.
22. Сергеев К.В., Жуков В.И. Снижение неровноты по линейной плотности и упрочнения льняной пряжи с помощью применения ультразвуковых колебаний в процессе мокрого прядения льна. Технология текстильной промышленности: Научно-технический

журнал. – Иваново: Изд-во Ивановской гос. текстильной академии, 2012. – С. 61-64.

23. Булекова А.А. Повышение эффективности и расчет процесса промывки хлопчатобумажных тканей при использовании ультразвука. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Изд-во Московского государственного текстильного университета имени А.Н. Косыгина, 2007.

24. Мунтян В.А. Перспективы использования гидродинамических излучателей для создания акустических и ультразвуковых колебаний в процессах мойки шерсти. Изд-во Таврийского агротехнологического университета, 2009.

25. Абиев Р.Ш., Давыдов В.С., Гурихина Ю.В., Барабаш В.М. Интенсификация моющего действия при использовании ультразвука: обзор методов и модель удаления загрязнений. Процессы и аппараты. Изд-во СПбГТИ (ТУ), 2012.

26. Янкевич С.В. Двухканальный ультразвуковой генератор GENERUS. Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: Материалы X Всерос. Науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2013. – С. 358-360.

27. Афанасьев В.А., Янкевич С.В. Магнитострикционные преобразователи и способы воздействия на колебательные системы. Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: Материалы IX Всерос. Науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2014. – С. 38-42.

28. Буткевич, В. Г. Изучение влияния центробежных сил на нагрузки в цепных передачах / В. Г. Буткевич [и др.] // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. - Т. 1. - С. 355-356.

29. Буткевич, В. Г. Использование ультразвука в технике и технологиях / В. Г. Буткевич [и др.] // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. - Т. 1. - С. 353-354.

30. Костюков, О. А. Применение композиционных материалов в аддитивных технологиях / О. А. Костюков, В. Г. Буткевич, Г. И. Москалев // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО "ВГТУ". - Витебск, 2022. - Т. 1. - С. 347-350.

31. Малых А. Р. (2016), Ассортимент современных огнестойких текстильных материалов, *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*, Т. 3, С. 116–120, URL: <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>

32. Смирнов Н. В. (2004), Способы и средства огнезащиты текстильных материалов: Руководство, М.: ВНИИПО, 48 с.

33. Универсальный огнезащитный состав «Фукам» для дерева, ковров и тканей, режим доступа: <http://fukam.ru/production> (дата доступа 25 марта 2021).
34. Инструкция по применению при обработке тканей экологически безопасной универсальной огне-био защитной пропитки «ФУКАМ», режим доступа: <https://ssoz.ru/uploads/docs/fucam-reglament-rabot-tkani.pdf> (дата доступа 25 марта 2021).
35. Генис, А. В. (2013), Роль замасливателей в современных процессах получения химических волокон и наполненных полимерных материалов, *Пластические массы*, №3, С.24-30.
36. Н. Lorenz, Lehrbuch der technischen Physik, I, Berlin, 1924.
37. А. П. Минаков, Основы механики нити, «Научно-исследовательские труды ТИ», т. 9, вып. 1, 1941.
38. В. С. Щедров, Основы механики гибкой нити, Машгиз, 1961.
39. Ю. В. Якубовский, К оценке нити в контурном движении возможности выравнивания этого натяжения, Известия высших учебных заведений, «Технология легко промышленности», № 1, 1961.
40. А. О. Спиваковский, Конвейерные установки, ч. IV, ГНТИ, Харьков-Киев, 1935.
41. В. М. Осецкий. Технологическая механика, Госгортехиздат, М., 1963.
42. А. М. Григорьев, К исследованию горизонтального шнека, Труды Казанского химико-технологического института им. С. М. Кирова, вып. 22, Казань, 1957.
43. И. И. Артоболевский, И. И. Капустин, В. Ф.Прейс, V совещание по основным проблемам ТММ (тезисы докладов), «Мицниеробк», Москва-Тбилиси, 1967.
44. И. И. Блехман, Г. Ю. Джанелидзе, Вибрационное перемещение, «Наука», 1964.
45. Д. Я. Ильинский, И. И. Капустин, Автоматические бункерные вибропитатели в легкой промышленности, ЦИНТИ. М., 1965
46. Е. Б. Тростянская и др., Сварка пластмасс, «Машиностроение», М., 1967
47. Л. Н. Мацюк, А. В. Богдашевский, «Пластические массы», № 12, 1960.
48. Л. С. Пирогова и др., «Швейная промышленность», № 4, 1966.
49. «Manufacture Clothier», №1, 1964.
50. «Man-Made Textiles», vol. XLI, № 447, 1964.
51. «Textile Recorder», vol. 81, № 971, 1964.