

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УО «Витебский государственный технологический университет»

УДК 677.074.1
Рег. № 20211064

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
УО «ВГТУ»



В.А. Жизневский

2025 г.


ОТЧЕТ О НИР

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С АНТИСТАТИЧЕСКИМИ
И ЭКРАНИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ**


(заключительный)

2021-Г/Б-371

Научный руководитель НИР,
д.т.н., профессор


« 28 » 12 2025 г.

Начальник НИЧ

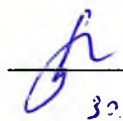

« 30 » 12 2025 г.

Витебск 2025

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Научный руководитель:

профессор, д.т.н.
1.5; 2.3; 3.2; 4.1; 4.4; 5.5)

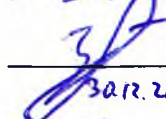
 Д.Б. Рыклин (общее руководство, разделы 1.2;
30.12.2025

Исполнители темы:

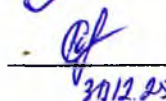
Доц., к.т.н.

 С.С. Гришанова (разделы 1.1; 2.1.2; 3.3.2; 4.2; 5.1)
30.12.2025

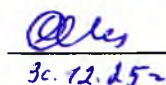
Доц., к.т.н.

 Е.Г. Замостоцкий (разделы 2.1.1; 3.1; 5.3; 5.4, 5.6)
30.12.2025

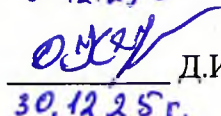
Доц., к.т.н.

 Н.В. Скобова (раздел 4.1)
30.12.25

Доц., к.т.н.

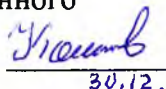
 Е.А. Шеремет (раздел 5.1)
30.12.25

Ст. преподаватель

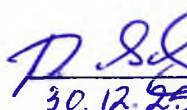
 Д.И. Кветковский (разделы 1.4, 2.2.1 – 2.2.3)
30.12.25г.

Мастер производственного

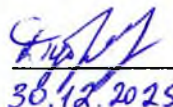
обучения

 Е.А. Конопатов (разделы: 1.3; 2.2.4; 3.3; 5.4)
30.12.25


Аспирант

 Д.А. Яснев (раздел 5.5)
30.12.25


Аспирант

 О.А. Дубровская (разделы 3.2)
30.12.2025.


Аспирант

 В.Г. Марченко (раздел 4.3)
30.12.2025

Студент

 В.В. Зайцев (раздел 3.3.1)
30.12.2025

Студент

 А. С. Шаповалова (раздел 5.2)
30.12.25

Нормоконтролер

 Е.А. Конопатов

РЕФЕРАТ

Отчет 240 с., 106 рис., 66 табл., 114 ист.

СТАЛЬНОЕ ВОЛОКНО, УГЛОРОДНОПОЛИЭФИРНАЯ НИТЬ, УДЕЛЬНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОНЕНТЫ, АНТИСТАТИЧЕСКИЕ И ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Объект исследований – ткани специального назначения, содержащие в своем составе электропроводящих компонентов разного вида.

Цель работы – разработка структуры и технологии производства тканей специального назначения с антистатическими и экранирующими свойствами.

Получены математические зависимости, характеризующие влияние процентного содержания электропроводящих компонентов различных видов в ткани на их удельное поверхностное электрическое сопротивление. Определено влияние вида электропроводящего компонента, свойств базовых тканей и антистатических нитей на значения коэффициентов полученных моделей. Установлено, что интенсивность снижения удельного поверхностного электрического сопротивления с увеличением процентного содержания в ткани стальных волокон Bekinox существенно выше интенсивность снижения данного показателя тканей, выработанных с использованием нитей Nega-Stat. На основании традиционных методик проектирования тканей по заданным параметрам с учетом полученных зависимостей и выявленных закономерностей разработаны методики проектирования антистатических тканей при использовании пряжи с вложением стальных волокон Bekinox и углероднополиэфирной нити Nega-Stat. Применение разработанных методик позволяет разрабатывать новые виды тканей специального назначения, удельное поверхностное электрическое сопротивление которых не превышает 10^7 Ом.

На основе анализа литературы по вопросам исследования определено современное состояние ассортимента антистатических и экранирующих текстильных полотен, изучены современные подходы получения таких материалов, дана характеристика наиболее востребованных электропроводящих компонентов. Обоснован выбор сырьевого состава нитей и параметров структуры тканей для производства материалов для спецодежды.

Исследования проведены лаборатории кафедры «Технология текстильных материалов» Витебского государственного технологического университета, а также в лаборатории ОАО «Моготекс».

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Введение	7
РАЗДЕЛ 1 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ С АНТИСТАТИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ РАЗНОГО ВИДА	8
1.1. Сравнительный анализ свойств текстильных нитей разной структуры и линейной плотности с электропроводящими компонентами разного вида	8
1.2 Характеристика выбранных для исследований электропроводящих компонентов	14
1.3 Определение влияния структуры тканей различного состава с вложением электропроводящих нитей на их физические и механические свойства	16
1.3.1. Определение влияния структуры тканей с вложением нитей, содержащих волокна Bekinox, на свойства тканей	16
1.3.2. Определение влияния структуры тканей с вложением нитей Nega-Stat, на их свойства тканей	32
1.4 Разработка методов проектирования тканей с антистатическим эффектом с использованием смешанной пряжи с разным процентным вложением стальных волокон Bekinox	41
1.4.1 Разработка алгоритма процесса проектирования ткани	41
1.4.2 Расчет параметров нитей до ткачества	42
1.4.3 Порядок проектирования базовой ткани	45
1.4.4 Расчет параметров строения антистатической ткани	52
1.5 Разработка методов проектирования тканей с антистатическим эффектом с использованием смешанной пряжи с разным процентным вложением углеродсодержащих нитей Nega-Stat	57
РАЗДЕЛ 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКРАНИРУЮЩИХ И АНТИСТАТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ НИТЕЙ	66
2.1 Анализ современного ассортимента антистатических и экранирующих текстильных полотен	66
2.1.1 Использование антистатических и электропроводящих текстильных материалов в различных сферах	66
2.1.2 Современные подходы к созданию текстильных антистатических и экранирующих материалов	69

2.2	Разработка ассортимента тканей, содержащих углероднополиэфирные нити в сочетании с другими видами текстильного сырья.	71
2.2.1	Выбор и обоснование сырьевого состава нитей для производства ткани для защиты от ЭМИ	71
2.2.2	Выбор параметров структуры ткани для защиты от ЭМИ	73
2.2.3	Методика определение удельного поверхностного электрического сопротивления	77
2.2.4	Определение разрывной нагрузки, удлинений при разрыве	80
2.3	Оценка влияния процентного содержания, структуры и вида электропроводящих компонентов на экранирующие свойства тканей	80
2.3.1	Анализ эффективности экранирования тканей, содержащих волокно Vekinox	86
2.3.2	Анализ эффективности экранирования тканей, содержащих углероднополиэфирные нити Nega-Stat	92
РАЗДЕЛ 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХСЯ СЕЛЕКТИВНЫМ ЭКРАНИРУЮЩИМ ЭФФЕКТОМ В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ		104
3.1	Анализ разработок, посвященных созданию материалов, обладающих селективным экранирующим эффектом	104
3.2	Исследование эффективности использования однослойных тканей с вложением стальных волокон для экранирования электромагнитного излучения	116
3.2.1	Характеристика экспериментальных образцов тканей	116
3.2.2	Анализ эффективности экранирования тканей, содержащих волокно Vekinox	117
3.2.3	Анализ влияния расположения антистатических нитей в тканях двухслойных пакетов на экранирующие свойства	125
3.3	Исследование эффективности использования двухслойных тканей с вложением стальных волокон для экранирования электромагнитного излучения	130
3.3.1	Разработка структуры многослойных тканей с вложением стальных волокон и технологии их производства	130
3.3.2	Оценка экранирующего эффекта в различных диапазонах электромагнитного излучения	132
РАЗДЕЛ 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ		140
4.1	Анализ видов отделки, и препаратов, применяемых для производства тканей специального назначения	140

4.2	Исследование влияния вида отделки на свойства антистатических тканей разной структуры и состава	150
4.3	Исследование влияния многократных стирок на изменение свойств антистатических тканей	153
4.4	Оценка стабильности свойств антистатических тканей, произведенных с использованием различных видов отделки, при испытании на истирание	171
РАЗДЕЛ 5 РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ		178
5.1	Анализ современного ассортимента текстильных материалов, содержащих электропроводящие компоненты	178
5.2	Разработка номенклатуры показателей многофункциональных тканей и пакетов материалов для изготовления изделий специального назначения.	189
5.3	Разработка структуры и обоснование рациональной технологии изготовления огнетермостойких антистатических тканей	196
5.4	Разработка и исследование пакетов текстильных материалов разной структуры с учетом выполнения заданных требований	201
5.5	Методика прогнозирования показателей эффективности экранирования электромагнитного излучения с использованием текстильных материалов различного сырьевого состава	216
5.6	Разработка рекомендаций по применению многофункциональных текстильных материалов и пакетов при проектировании одежды специального назначения	225
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		228
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		231

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее перспективных направлений расширения ассортимента текстильных материалов, выпускаемых белорусскими предприятиями, является создание новых видов тканей для изготовления специальной одежды, характеризующихся комплексом свойств, соответствующих требованиям, предъявляемым с учетом конкретного вида деятельности работника, для которого данная одежда предназначена.

Спецодежда должна обеспечивать безопасность труда, предохранять от воздействия вредных факторов, сохранять нормальное функциональное состояние человека, его работоспособность в течение всего рабочего времени.

Проблема обеспечения электростатической безопасности на любом промышленном предприятии была и остается актуальной. Полностью предотвратить образование статического электричества практически невозможно. Поэтому очень важно, чтобы ткань для технологической одежды имела низкую склонность к электризации при трении и, главное, способность быстро рассеивать возникающий заряд, не допуская его накопления. Статический разряд может привести к повреждению чувствительного электронного оборудования, вызвать зажигательный разряд и промышленный взрыв. Длительное действие статического электричества отрицательно влияет на организм человека.

Разработка новых видов тканей с антистатическими свойствами и методов их проектирования являются актуальными научно-техническими задачами. Как правило, антистатические свойства тканей повышаются с увеличением процентного содержания электропроводящего компонента. Однако важно обратить внимание на то, что именно данный компонент является наиболее дорогостоящим. При разработке новых структур ткани одной из задач является обеспечение требуемых значений их характеристик при минимальной себестоимости.

Известно, что спецодежда работников различных профессий должна обеспечивать безопасность труда, предохранять от воздействия вредных факторов (метеорологических, механических, химических, физических, биологических), сохраняя нормальное функциональное состояние человека, его работоспособность в течение всего рабочего времени. В настоящее время разработка текстильных материалов с экранирующими свойствами является одним из наиболее перспективных направлений развития ассортимента материалов технического назначения.

РАЗДЕЛ 1

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ С АНТИСТАТИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ РАЗНОГО ВИДА

1.1. Сравнительный анализ свойств текстильных нитей разной структуры и линейной плотности с электропроводящими компонентами разного вида

В настоящее время разработка текстильных материалов с антистатическими и экранирующими свойствами является одним из наиболее перспективных направлений развития ассортимента материалов технического назначения. В связи с этим на рынке текстильного сырья появляются новые виды электропроводящих волокон и нитей, применение которых в структуре текстильных полотен придает им указанные свойства.

По способности проводить через себя электрический заряд (ток) текстильные нити делят на три типа: проводники, имеющие удельное электрическое сопротивление $\rho < 10^{-5}$ Ом·м; полупроводники – $\rho = 10^{-5} \dots 10^8$ Ом·м; диэлектрики – $\rho > 10^8$ (до 10^{16}) Ом·м.

Нити с электропроводящими компонентами находят широкое применение при создании материалов для экранирования и отражения электромагнитного излучения, антистатических материалов, умного текстиля и пр.

Существуют множество способов придания текстильным нитям электропроводных свойств, основными из которых на сегодняшний день являются:

- нанесение на поверхность синтетических нитей тонкого слоя металлизированного или углеродного покрытия;
- получение бикомпонентных нитей;
- использованием в структуре пряжи или нитей металлических волокон и нитей.

Металлические волокна и нити известны с давних времен. Так, в Древнем Египте изготавливались тонкие металлические струны для музыкальных инструментов, а по данным многочисленных археологических раскопок, в разных странах в VIII–VII вв. до н. э. изготавливались бронзовая и свинцовая проволоки, золотые нити для украшения одежды и т. п. Более 80 лет тому назад было освоено производство так называемой «металлической шерсти» – тонкой гибкой стружки длиной до 1 м, имеющей сечение в форме треугольника (многоугольника) [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левит, Р. М. Электропроводящие химические волокна / Р. М. Левит. – Москва : Химия, 1996. – 200 с.
2. Углерод. – 2021. – URL: <http://www.news.ru/>
3. Перепелкин, К. Е. Углеродные волокна со специфическими физическими и физико-химическими свойствами на основе гидратцеллюлозных и полиакрилонитрильных прекурсоров : обзор / К. Е. Перепелкин // Химические волокна. – 2002. – № 4. – С. 32–40.
4. Конкин, А. А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы / А. А. Конкин. – Москва : Химия, 1984. – 376 с.
5. Пути совершенствования технологии получения углеродных волокон / А. Т. Серков [и др.] // Химические волокна. – 2003. – № 2. – С. 26–30.
6. Морозова, А. А. Углеродные волокнистые материалы на основе вторичного сырья льноперерабатывающей промышленности / А. А. Морозова, Ю. В. Брежнева // Химические волокна. – 2001. – № 1. – С. 40–44.
7. Металлизированные нити. – 2008. – URL: <http://www.larix.ru/>
8. Нить с ядром и оболочкой [Coregarn] : заявка 10200965 Германия : МПК D 02 G 3/36, D 02 G 3/12 / Schumacher Rolf, Ziegele Mark (Ruckh, R., Dipl.-Phys Dr. rer. nat., Pat.-Anw., 73277 Owen). – № 10200965.1 ; заявл. 12.01.02 ; опубл. 31.07.03 // Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2004. – 12Б31П. № 5. – С. 7.
9. Зависимость электропроводности нитей, содержащих углеродную сажу, от условий формования [Yanagizawa Hirofumi, Kodaira Toshiyuki (Faculty of Engineering, University of Fukui, Bunkyo, Fukui, Japan)] // Sen'i gakkaiishi=Fiber. – 2004. – № 7. – С. 203–212 // Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2005-12Б23П. – № 2. – С. 19.
10. Нить из развальцованного графита [Braiding yarn made of expanded graphite] : пат. 6644007 США : МПК7 D 02 G 3/02, D 02 G 3/22 / заявитель и патентообладатель Nippon Pillar Packing Co., Ltd, Fujiwara Masaru, Veda Takahisa. – № 09/926017 ; заявл. 25.12.00 ; опубл. 11.11.12. // Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2013-12Б22П. – № 3. – С. 13.
11. Смешанная электропроводящая нить. – 2021. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2001164C1_19931015
12. Электропроводная нить [Elektrisch leitfähiges Garn] : заявка 10342787 Германия : МПК7 D 02 G 3/12, D 02 G 3/32 / заявитель W. Zimmermann GmbH & Co. KG, Nusko Robert, Parzl Adi, Maier Georg. – №

10242785.2 ; заявл 15.09.03 ; опубл. 13.05.04, Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2004-12Б24П. – № 4. – С. 15.

13. Гнётся, не ломается – китайцы сделали токопроводящие нити, устойчивые к сгибанию и растяжению. – 2021. –
URL: <https://habr.com/ru/post/378141/>

14. В Швеции разработали токопроводящую нить для ткани, способной генерировать энергию. – 2021. –
URL: <https://www.techcult.ru/technology/9490>

15. Руководство по работе с токопроводящей нитью. – 2021. –
URL: <https://fhmakers.ru/wiki/>

16. Электропроводящие экструдированные нити. – 2021. –
URL: <https://www.ruscable.ru/news/2012/10/08/>

17. New Proprietary Electro-Conductive Fiber "KURALON EC" Based on Metallic Nanoparticle Composite Technology Developed. – 2021. –
URL: <https://www.kuraray.com/news/2007/071012>

18. Комбинированный нетканый материал и способ его получения [Composite nonwoven fabric and method for making same] : пат. 6502289 Польша : МПК7 D 04 Н 1/42, D 04 Н 1/46 / заявитель и патентообладатель Global Material Technologies, Inc., Kane Terrence Poland. – № 09/366895 ; заявл. 07.08.99 ; опубл. 04.01.2003 ; НПК 28/107, Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 12Б97П. – 2003. – № 1. – С. 22.

19. Medvetski, S. S., Ryklin, D. B., Davidziuk, V. V. Research of influence of blended yarn structure including stainless steel fibers on its properties. – ICTTE 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1031, 2021, 012042.

20. САПР текстильных материалов : курс лекций для студентов специализации 1-50 01 01-04 «Технология тканей» / УО «ВГТУ» ; сост.: В. В. Невских, Д. И. Кветковский. – Витебск, 2013. – 171 с.

21. САПР тканей. Анализ структуры ткани по срезам : методические указания / УО «ВГТУ» ; сост.: Д. И. Кветковский, Е. М. Лобацкая. – Витебск, 2021. – 31 с.

22. Электромагнитное излучение. – 2022. –
URL: https://odinelectric.ru/elektrosnabzhenie/bezopasnost/chto_takoe_elektromagnitnoe_izluchenie

23. Защита от ЭМИ. – 2022. –
URL: <https://studfile.net/preview/5063315/page:77/>

24. Методы защиты от электромагнитных излучений. – 2022. –
URL: <http://bobruisk-rik.gov.by/index.php/2013-02-01-05-52-33/isp->

vlast/item/16536-электромагнитные-излучения-методы-защиты-от электромагнитных-излучений

25. Область использования экранирующих тканей. – 2022. – URL: https://bstudy.net/675964/meditsina/oblast_ispolzovaniya_ekraniruyuschih_tkaney
26. Zhou, W. Overview of protective clothing / W. Zhou, N. Reddy, Y. Yang // University of Nebraska, Lincoln, USA, 2005. – 29 с.
27. Ткань «Союз Антистат» с антистатической нитью Nega-Stat – О спецодежде. – URL: http://xn--24-6kcpaebi3eiv6d.xn--plai/publ/tkan_sojuz_antistat_s_antistaticheskoy_nitju_nega_stat/1-1-0-26
28. Anti-static fibers and yarns for textiles – Bekaert.com. – URL: <https://www.bekaert.com/en/products/basic-materials/textile/anti-static-fibers-and-yarns-for-textiles>
29. Ткани для защиты от электромагнитных излучений – ОАО «ТЕКС-ЦЕНТР». – URL: <http://www.teks-centre.ru/materialy-i-tekhnologii/katalog/tkani-dlya-zashchity-otelektromagnitnykh-izlucheniya/>
30. Аполлонский, С. М. Защита техносферы от воздействия физических полей и излучений. В 3 т. Т. 2. Защитные материалы от физических полей и излучений : монография / С. М. Аполлонский. – М. : РУСАЙНС, 2016. – 342 с.
31. Swiss-shield. – URL: <https://www.swiss-shield.ch/swiss-shield-textiles/product-overview/>
32. ТЕХНОСТИЛЬ – ООО НПП. – URL: <http://www.metakron.ru/>
33. Резункова, О. П. Экранирующие свойства металлизированной ткани от электромагнитного излучения компьютера и технических средств коммуникации // Вестник психофизиологии. – 2020. – № 3. – С. 199–203.
34. Рыклин, Д. Б. Определение влияния волокон Векінох на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей / Д. Б. Рыклин, Д. И. Кветковский // Вестник Витебского государственного университета. – 2021. – № 2 (41). – С. 73–80.
35. Shielded-Gloves. – 2022. – URL: <https://hollandshielding.com/Shielded-Gloves>
36. Мохаммад, М. Хасан. Антимикробные покрытия для текстиля / М. Хасан. Мохаммад // Справочник по антимикробным покрытиям. – 2018. – С. 321–355.
37. Замостоцкий, Е. Г. Комбинированные электропроводящие нити / Е. Г. Замостоцкий, А. Г. Коган. – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 169 с.

38. How does NEGA-STAT® P190 work. – 2022. – URL: <https://nega-stat.com/en/products/nega-stat-p210.html>
39. Сильченко, Е. В. Маркетинговые исследования рынка тканей, предназначенных для защиты от электромагнитного излучения / Е. В. Сильченко, С. Д. Николаев // Сборник научных трудов аспирантов. МГУДТ. – 2014. – С. 3–10.
40. Yin, J.; Ma, W.; Gao, Z.; Lei, X.; Jia, C. A Review of Electromagnetic Shielding Fabric, Wave-Absorbing Fabric and Wave-Transparent Fabric. *Polymers* 2022, 14, pp. 377. DOI: 10.3390/polym14030377.
41. Михнюк, Т. Ф. Защита от электромагнитных полей радиочастотного диапазона : учебное пособие для студентов радиотехнических и приборостроительных специальностей дневной, вечерней и заочной форм обучения / Т. Ф. Михнюк. – Минск : БГУИР, 2003. – 47 с.
42. Банный, В. А. Оценка уровня электромагнитного фона и способы защиты от СВЧ-излучения : учебно-метод. пособие для студентов 1 курса всех факультетов медицинских вузов / В. А. Банный. – Гомель : ГомГМУ, 2015. – 64 с.
43. Задоя, Н. И. Электромагнитная безопасность : учебное пособие для бакалавров направления «Электроэнергетика и электротехника» / Н. И. Задоя. – Рубцовск : Рубцовский индустриальный институт, 2014. – 108 с.
44. Xiao, H., Tang, Z. H., Wang, Q. Research on conductive grid structure and general influence factors to shielding effectiveness of electromagnetic shielding fabrics. *Textile research journal*, 2015, Vol. 36, pp. 35–42.
45. Safarova, V., Militky, J. Electromagnetic shielding properties of woven fabrics made from high-performance fibers. *Textile research journal*, 2014, Vol. 84 (12), pp. 1255–1267.
46. Su, C. I., Chern, J. T. Effect of stainless steel-containing fabrics on electromagnetic shielding effectiveness. *Textile research journal*, 2004, Vol. 74 (1), pp. 51–54.
47. Ortlek, H. G., Saracoglu, O. G., Saritas, O., Bilgin, S. Electromagnetic shielding characteristics of woven fabrics made of hybrid yams containing metal wire. *Fibers and polymers*, 2012, Vol. 13 (1), pp. 63–67.
48. Liu, Z., Rong, X., Yang, Y., Wang, X. C. Influence of metal fiber content and arrangement on shielding effectiveness for blended electromagnetic shielding fabric. *Materials science (Medziagotyra)*, 2015, Vol. 21, № 2, pp. 265–270.
49. Liang, R., Cheng, W., Xiao, H., Shi, M., Tang, ZH, Wang, N. A calculating method for the electromagnetic shielding effectiveness of metal fiber blended fabric. *Textile Research Journal*, 2018, Vol. 88 (9), pp. 973–986.

50. Huppé, C., Cochrane, C., Burgnies, L., Rault, F., Ducournau, G., Lheurette, E., Koncar, V., Lippens, D. Woven metamaterials with an electromagnetic phase-advance for selective shielding. 17th World Textile Conference AUTEX 2017- Textiles - Shaping the Future, 2017, № 254, pp. 1-6.
51. Burgnies, L., Cochrane, C., Rault, F., Sadaune, V., Lheurette, É., Koncar, V., Lippens, D. Experimental phase-advance in woven textile metasurface. *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 107, Iss. 20, <https://doi.org/10.1063/1.4935986>.
52. Li, Z., Wang, Z., Lu, W., Hou, B. Theoretical study of electromagnetic interference shielding of 2D MXenes films. *Metals*, Vol. 8 (8), 652, pp. 1–8.
53. Neruda, M., Vojtech, L. Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics with high electrical conductivity: complete derivation and verification of analytical model. *Materials*, Vol. 11 (9), p. 1657.
54. Neelakanta P. S. *Handbook of Electromagnetic Materials: Monolithic and Composite Versions and Their Applications*. 1st ed. CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 1995. pp. 447–490.
55. Brzezinski T., Rybicki T., Malinowska G., Karbownik I., Rybicki E., Lech Szugajew L. Effectiveness of Shielding Electromagnetic Radiation, and Assumptions for Designing the Multi-layer Structures of Textile Shielding Materials. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2009, № 1 (72), pp. 60-65.
56. Сафонов П. Е., Левакова Н. М., Юхин С. С. Проектирование структуры и выбор сырьевого состава экранирующей ткани для спецодежды. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2020, № 1 (385), С. 150–155.
57. Rybicki T., Brzezinski S., Lao M., Krawczynska I. Modeling Protective Properties of Textile Shielding Grids Against Electromagnetic Radiation. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2013, № 1 (97), pp. 78-82.
58. Сафонов, П. Е., Левакова Н. М. Выбор рациональной структуры и изучение радиотехнических характеристик тканей для защиты от электромагнитного излучения. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2023, № 1 (44), С. 36–48.
59. Беляев О. Ф., Заваруев В. А. Выбор материала микропроволоки для вязания отражающей поверхности крупногабаритных трансформируемых антенн. *Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014)*, Сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1, Москва, 2014, С. 56-58.
60. Рыклин, Д. Б., Дубровская, О. А. Оценка экранирующих свойств тканей, защищающих от воздействия электромагнитного излучения. *Вестник ВГТУ*. – 2022. – №2 (43). – С. 53–63.

61. Рыклин, Д. Б., Дубровская, О. А., Кветковский, Д. И., Саванович, С. Э. Влияние количества слоёв ткани на экранирующие свойства электромагнитных текстильных экранов. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 5 (401), 2022, С. 49–55.
62. Шапиро, Д. Н. Электромагнитное экранирование / Д. Н. Шапиро. – М. : Интеллект, 2010. – 120 с.
63. Калиева, О. М. Товароведение и экспертиза текстильных материалов : учебное пособие / О. М. Калиева, Е. Г. Кащенко ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – С. 45–47.
64. Неверов, А. Н. Товароведение и экспертиза промышленных товаров : учебник / А. Н. Неверов, Т. Н. Чалых, Е. Л. Пехташева [и др.]. – М. : МЦФЭР, 2006. – 848 с.
65. Препараты для заключительной отделки и специальных пропиток // Траверс – Химия профессионалов. – URL: <https://www.travers.su/products/textile-auxiliaries/preparations-for-final-finishing-and-special-impregnation/>
66. Пропитки для ткани. Все виды и особенности // Журнал о ткани и одежде «О тканях.рф». – URL: <https://otkan.ru/blog/propitki-dlya-tkani-vse-vidy-i-osobennosti>
67. Никольская, С. А. Химические операции подготовки текстильных материалов : методические указания для студентов технологических специальностей / С. А. Никольская, О. Г. Циркина. – Иваново : ИГТА, 2003. – С. 6–14.
68. Чвилов, П. В. Об использовании препаратов «Муссон» для придания масло- и водоотталкивания полиэфирным и смесовым тканям / П. В. Чвилов, Ю. С. Саверченко, Л. А. Щербина // Материалы науч.-практич. конф.-семинара Союзного государства «Полиэфиры и инновации», приуроч. к 50-летию произв. комплекса ОАО «Могилевхимволокно» / ОАО «Могилевхимволокно» ; редкол. : Н. А. Гулаев (отв. ред.) [и др.]. – Могилев : МГУП, 2018. – С. 57–59.
69. Суккари А. Р., Курденкова А. В., Шустов Ю. С., Буланов Я. И. Оценка физических свойств тканей специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений после многократных стирок // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2023. – №2. – С. 78–82.
70. Ефанов Е. Д., Шустов Ю. С. Влияние многократных стирок на физико-механические свойства текстильных материалов для работников авторемонтных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022. – №3. – С. 65–70.

71. Мартынова А. А., Слостина Г. Л., Власова Н. А. Строение и проектирование тканей. – М. : РИО МГТА, 1999.
72. Марченко В. Г., Рыклин Д. Б. Оценка влияния стирок на антистатические свойства тканей для спецодежды // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2023. – №45. – С. 17–26.
73. Костромина, С. В. Исследование смачиваемости современных влагозащитных тканей жидкостями разного вида // Альманах современной науки и образования. – 2009. – № 11 (30). – С. 53–54.
74. Шустов, Ю. С. Исследование физико-механических свойств тканей для специальной одежды работников нефтегазового комплекса / Ю. С. Шустов, Н. П. Лебедев // Технологии и качество. – 2020. – №1 (47). – С. 12–14.
75. Пушнова Л. С., Тюменев Ю. Я. Анализ существующих методов определения стойкости к истиранию текстильных материалов // Сервис в России и за рубежом. – 2012. – №8 (35). – С. 190–196.
76. Тарасенко С. Л. Испытание ткани на стойкость к истиранию // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2018. – №1 (55). – С. 122–128.
77. Назарова Д., Хамраев С. Исследование стойкости к истиранию тканей для спецодежды // Материалы докладов 52-й Междунар. научн.-техн. конф. преподавателей и студентов. Витебск: ВГТУ, 2019. Т. 2. С. 313–315.
78. Марченко В. Г., Рыклин Д. Б. Влияние многоцикловых испытаний на истирание на антистатические свойства тканей для спецодежды // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex). – 2023. – №1. – С. 154–158.
79. Соколов, Л. Е. Инновационные текстильные материалы и технологии : конспект лекций / Л. Е. Соколов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 83 с.
80. Дягилев, А. С. Инновации в текстильной промышленности : монография / А. С. Дягилев [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 221 с.
81. Алахова, С. С. Новая технология получения огнестермостойких нитей / С. С. Алахова, С. С. Медвецкий, А. Г. Коган // Текстильная промышленность. – 2005. – № 7–8. – С. 21–23.
82. Шумаев, В. А. Легкая промышленность: развитие рынка текстиля и спецодежды // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2014. – № 1. – С. 104–109.
83. Принципы выбора тканей для изготовления пожаробезопасной спецодежды / Н. И. Константинова [и др.] // Текстильная промышленность. – 2002. – №10. – С. 19–21.

84. Макарова, Н. А. Современные антимикробные материалы на текстильных носителях // Текстильная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 32–33.
85. Седов, А. В. Антимикробные материалы в профилактике инфекционных болезней / А. В. Седов. – М. : ВЦМК «Защита», 1998. – 200 с.
86. Виноградова, Л. Е., Вайнбург, В. М., Шамолина, И. И. Отделка текстильных материалов гигиенического назначения // Текстильная промышленность. – 1994. – № 5–6. – С. 28–30.
87. Выбор комплекса характеристик свойств для оценки качества текстильных материалов для спецодежды / З. И. Маглаперидзе [и др.] // Текстильная промышленность. – 2005. – № 1–2. – С. 30–31.
88. Кошмаров, Ю. А. Требования и методы испытаний материалов для создания специальной защитной одежды / Ю. А. Кошмаров, Н. С. Зубкова, М. А. Базанина // Текстильная промышленность. – 2002. – № 1. – С. 27–28.
89. Российский рынок технического текстиля: Анализ, проблемы, тенденции и перспективы его развития. «Текстиль» 1 (1). – URL: <http://prom.net.ru/?id=1417>
90. Слугин, А. И. Исследование влияния вида переплетения ткани на натяжение нитей основы в процессе изготовления арамидных тканей из пряжи, полученной из вторичных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 3.
91. Камуфляж. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
92. «Военное обозрение». – URL: <http://topwar.ru/794-istoriya-kamuflyazha.html>
93. «Военторг» – Камуфляжный окрас военной формы – история возникновения. – URL: <http://kaptorg.ru/content/7--kamuflyazh-istoriya-vozniknoveniya>
94. Замостоцкий, Е. Г., Бондарева, Т. П. Разработка ткани с экранирующим эффектом и исследование её свойств // Вестник ВГТУ. – 2013. – 2(25). – С. 13–18.
95. Sun, F. A generalized Model for Predicting Load-Extension Properties of Woven Fabrics / F. Sun, A. M. Seyam, B. S. Gupta // Textile Research Journal. – 1997. – Vol. 67. – N. 12. – P. 866-874.
96. Dobnik-Dubrovski, P. The Connection between Woven Fabric Construction Parameters and Air Permeability / P. Dobnik-Dubrovski, M. Žiberna-Šujica // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 1995. – Vol.3. – No.4. – P. 37-41.

97. Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. Ткани от «Моготекс» // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2015. – № 3. – С.26

98. Электропроводный текстильный материал [Verfahren zur Herstellung von Stoff mit. Elektrisch leitender Heizdrahteinlage und nach diesem hergestellter Stoff] : заявка 10257998 Германия : МПК7 D 03 d 1/10, A 61 F 7/08 / заявитель - Lai Sporting Goods Enterprises Co., Ltd, Wu Ming-Lai. – № 10257998.9 ; заявл. 12.12.12 ; опубл. 01.07.14 // Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2009-12Б60П. – № 6. – С. 24.

99. Ткань, содержащая металлические нити [Tissu incorporant des fils metalliques] : заявка 2830539 Франция : МПК7 D 03 D 15/00, D 03 D 15/02 / заявитель - Tissage et Enduction Serge Ferrari SA, Saiz Carlos (Cabinet Laurent et Charras). – № 0113019 ; заявл. 10.10.01; опубл. 11.04.03 // Легкая промышленность : РЖ / ВИНТИ. – 2004-12Б78П. – № 4. – С. 39.

100. Экранирующая ткань. – 2007. – URL: [http:// www.metakron.ru](http://www.metakron.ru)

101. Разработать и исследовать технологический процесс получения электропроводных нитей и тканей специального назначения : отчет о НИР (заключ.) / УО «ВГТУ» ; науч. рук. А. Г. Коган. – Витебск, 2007. – 156 с. – № ГР 20062386.

102. Замостоцкий, Е. Г. Защитные свойства текстильных материалов с комбинированными электропроводными нитями / Е. Г. Замостоцкий // Молодежь и наука в XXI веке : сборник статей молодых ученых / Отдел по делам молодежи Витебского горисполкома ; редкол.: Г. И. Михасев [и др.]. – Витебск, 2006. – Вып. 2. – С. 25-27.

103. Богуш, В. А. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты / В. А. Богуш, А. В. Гусинский. – Минск : Белорус. гос. ун-т инф. радиоэлектрон., 2003. – С. 173 – 180.

104. Замостоцкий, Е. Г. Исследования прохождения СВЧ-волны через металлизированную ткань / Е. Г. Замостоцкий, М. Ф. Шаркова, Д. В. Смелков, А. Г. Коган // Текстильная промышленность: спецвыпуск «Научный альманах». – 2007. – № 8. – С. 40 – 42.

105. A. Proudnik, Y. Zamastotsky, V. Siarheyev и др. Shielding properties of the metal coatings deposited by cathodic arc deposition on textile materials // XXI International Conference on Electromagnetic Disturbances 28-30 September, 2011, - Bialystok, 2011. – С. 216–219.

106. Слюбов В. В., Замостоцкий Е. Г., Коган А. Г. Исследование антистатических и экранирующих свойств тканей с металлическими нанопокроти-

ями // Тезисы докладов 43 НТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ», Витебск, 2010, с. 125–126.

107. Берлин Е. В., Двинин С. А., Сейдман Л. А. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. – М. : Техносфера, 2007. – 176 с.

108. Костин П. А., Замостоцкий Е. Г., Рассохина И. М. Защитные свойства трикотажных полотен из комбинированной электропроводящей пряжи // Химические волокна. – 2022. – №1. – С. 34-37.

109. Харлов Н. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007.

110. Neruda, M., Vojtech, L. Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics with high electrical conductivity: complete derivation and verification of analytical model. *Materials*, Vol. 11 (9), p. 1657.

111. Абдулхади Х. Д. А. и др. Электромагнитные экраны на основе алюминия, его оксидов и углеродных волокон, технологии, конструкции и свойства / Под ред. Л. М. Лынькова. – Минск : Бестпринт, 2021. – ISBN 978-985-7267-16-3.

112. Дубровская, О. А., Рыклин, Д. Б., Саванович, С. Э., Зайцев, В. В. Оценка эффективности использования двухслойных тканей для экранирования электромагнитного излучения // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2023. – № 3 (46). – С. 18–27.

113. Balkis, M., Kadoglu, H. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Conductive Knitted Fabrics // *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*. - 2015. - S1:008.

114. Замостоцкий Е. Г., Скобова Н. В. Исследование технологического процесса получения комбинированных электропроводящих нитей на крутильном оборудовании // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2007. – № 2(13). – С. 81–85.