

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)

На правах рукописи



Петухов Александр Николаевич

**Исследование и разработка методик оценки материалов
специальной одежды для защиты от повышенных температур**

Специальность: 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и
легкой промышленности

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук,

профессор Давыдов А.Ф.

Москва 2021

Содержание

Введение.....	5
Общая характеристика работы.....	5
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 Определение ожога.....	9
1.2 Факторы, влияющие на нанесение вреда жизни и здоровью человека...12	
1.3 Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 и нормативные документы по безопасности средств индивидуальной защиты.....14	
1.4 Классификация средств индивидуальной защиты.....17	
1.5 Оценка риска нанесения вреда жизни и здоровью работника.....19	
1.6 Требования к материалам для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур.....21	
Выводы по главе 1.....	43
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР.....	44
2.1 Выбор объектов исследования.....	44
2.2 Выбор определяющих показателей качества тканей для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур (экспертным методом).....	45
2.3 Методики определения показателей качества тканей для специальной защитной одежды.....	47
2.4 Прибор для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию источников теплового излучения.....	48
2.5 Усовершенствования прибора для определения теплофизических свойств.....	54
2.6 Методика проведения испытаний по определению теплофизических свойств.....	56
2.7 Усовершенствование методики проведения испытаний по определению теплофизических свойств.....	61

2.8 Прибор для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию открытого пламени.....	62
2.9 Прибор для определения порогового времени при контактной теплопередаче материала методом нагревательного цилиндра.....	63
Выводы по главе 2.....	66
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР.....	67
3.1 Структурные, функциональные, защитные и потребительские свойства тканей.....	67
3.2 Исследование теплофизических свойств по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 (Метод А).....	79
3.3 Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины.....	80
3.4 Определение индекса передачи теплового излучения (Метод В).....	84
3.5 Определение площади ожога от площади выгорания.....	88
3.6 Сравнение индекса передачи теплового излучения и показателя передачи тепла при воздействии пламени при сравнимой плотности теплового потока.....	92
3.7 Определение индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды.....	94
3.8 Определение порогового времени при контактной теплопередаче.....	99
Выводы по главе 3.....	101
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ТКАНЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И РАЗРАБОТКА СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ.....	103
4.1 Влияние многократных стирок на разрывную нагрузку тканей для защиты от воздействия повышенных температур.....	103

4.2 Влияние многократных стирок на индекс передачи теплового излучения и показатель передачи тепла при воздействии пламени.....	106
4.3 Разработка стандарта организации на метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины.....	110
Выводы по главе 4.....	112
Общие выводы по работе.....	113
Список литературы.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	141

Введение

Человек в процессе трудовой деятельности подвергается воздействию различных вредных и опасных факторов. К данным факторам относится повышенная температура. Средства индивидуальной защиты являются неотъемлемыми условиями защиты жизни и здоровья человека. Для защиты от механических и температурных воздействий применяется специальная защитная одежда.

Исходя из вышеизложенного, **актуальной задачей** является проведение исследований с использованием современных отечественных и зарубежных методов испытаний с целью совершенствования методики определения теплофизических показателей безопасности, проведения испытаний по наиболее важным показателям качества, оценки влияния стирок на изменения показателей и определения влияния плотности теплового потока на изменение теплофизических показателей.

Объект исследования – текстильные материалы для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур.

Предмет исследования – показатели качества и безопасности, в том числе теплофизические показатели тканей для изготовления специальной одежды для защиты от воздействия повышенных температур и пакетов одежды и их изменения в процессе лабораторного износа (стирки).

Цель работы заключается в исследовании теплофизических свойств материалов и пакетов специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур, разработка новых и усовершенствование существующих методов исследований.

Для достижения поставленной цели предлагается решение следующих **задач:**

– определение риска нанесения вреда здоровью человека при воздействии повышенной температуры в условиях работы в металлургической промышленности;

– выбор номенклатуры наиболее значимых показателей качества и безопасности методом экспертной оценки для тканей для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур;

– исследование влияния сырьевого состава тканей и пакетов одежды для специальной защитной одежды на показатели качества и безопасности, включая теплофизические свойства;

– определение изменения показателей теплозащитных свойств пакетов одежды после воздействия тепловых потоков различных плотностей заданной величины;

– определение способности тканей для специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур сохранять защитные свойства и показатели качества в процессе лабораторного износа (стирки);

– усовершенствование методики исследования теплофизических свойств материалов и пакетов специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур;

– усовершенствование конструкции прибора для определения показателей безопасностей тканей для пошива специальной защитной одежды;

– разработка методики определения стойкости тканей для специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур к воздействию теплового потока заданной плотности;

– разработка стандарта организации на метод определения теплофизических свойств тканей и пакетов специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур.

Методы исследования.

В работе использованы современные отечественные и зарубежные стандартизированные методы испытаний для определения защитных свойств и показателей качества текстильных материалов и пакетов одежды для защиты от рисков воздействия повышенных температур. Анализ полученных данных производился с помощью программного обеспечения MS Excel.

Научная новизна заключается в:

- впервые разработанной методике по определению стойкости материала к воздействию теплового потока заданной величины;

- впервые предложенной методике подразделения на классы защиты специальной одежды от воздействия повышенных температур в зависимости от плотности теплового потока и рисков нанесения вреда здоровью человека;

- впервые выявленной зависимости между значениями показателя передачи тепла при воздействии пламени в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9151-2007 и индекса передачи теплового излучения в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6942-2007 при сопоставимой плотности теплового потока.

Практическая значимость работы:

- усовершенствована методика определения индекса передачи теплового излучения в зависимости от плотности теплового потока (в части направления раскрытия образцов и их количества, предварительного натяжения в зависимости от поверхностной плотности испытуемого образца, нормирования показателей для повышенных плотностей теплового потока);

- определены классы защиты специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур в зависимости от площади выгорания материала;

- составлен ранжированный по значениям уровня защитных свойств ряд материалов, используемых для пошива специальной защитной одежды, который будет использован как основа базы данных текстильных материалов по рекомендации их применения в различных реальных условиях эксплуатации;

- усовершенствована конструкция прибора для проведения испытаний по ГОСТ Р ИСО 6942-2007, позволяющая обеспечить точные, повторяемые и воспроизводимые результаты испытаний.

- разработан стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины".

Основные положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованная методика оценки изменения теплофизических свойств материала в зависимости от плотности теплового потока;

- возможность сопоставления и взаимозамещения результатов испытаний при определении теплофизических свойств текстильных материалов в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9151-2007 и с ГОСТ Р ИСО 6942-2007 при сопоставимых плотностях теплового потока;
- разработанная методика определения стойкости текстильных материалов к воздействию теплового потока заданной величины;
- разработанный стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины";
- влияние сырьевого состава тканей для специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур на основные показатели качества и безопасности;
- влияние лабораторного метода износа (стирки) тканей для специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур на изменения показателей качества и безопасности.

Апробация и реализация результатов работы.

Апробация работы производилась в Научно-испытательном центре "ШЕЛК" Учреждения "Центр "СКС". Разработанный стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины" (СТО 40319125-003-2021) введён в действие приказом от 01.10.2021 в качестве нормативного документа в Научно-испытательном центре "ШЕЛК" Учреждения "Центр "СКС".

Публикации. Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) опубликованы в 13 печатных работах, 4 из которых – в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 140 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 22 таблиц. Список литературы включает 182 библиографических и электронных источников.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Определение ожога

Тепловой (термический) ожог – это повреждение кожи или тканей организма под воздействием горячих газов, жидкостей, твёрдых предметов или пламени. Ожог в широком смысле слова подразумевает повреждение органических тканей под действием высокой или, реже, низкой температуры, под действием электричества, радиоактивного излучения, трения или контакта с химическими веществами, такими как щёлочь, кислота, соли тяжёлых металлов и других. По данным Всемирной Организации Здравоохранения [1] ежегодно по всему миру происходит 180000 случаев смерти от ожогов.

Наиболее распространённые классификации ожогов основаны на глубине поражения и по типу повреждения [2].

По глубине поражения ожоги классифицируются на 4 степени.

Первой степенью считается поражение верхнего слоя ороговевшего эпителия. Проявляется покраснением участка ожога, небольшим отёком и болью. За 2-4 дня происходит выздоровление, погибший эпителий слущивается и никаких следов ожога не остаётся.

Второй степенью считается повреждение ороговевшего эпителия до росткового слоя. На поверхности образуются небольшие пузыри с серозным содержимым. Ожоги заживают за 1-2 недели за счёт естественной регенерации кожи из сохранившегося росткового слоя.

Третьей степенью считается поражение всех слоёв эпидермиса и дерма.

Третья А степень – частичное повреждение дерма, дном раны служат оставшиеся эпителиальные элементы (сальные и потовые железы, волосяные фолликулы). Место ожога имеет буроватый цвет, и болевая чувствительность снижена или отсутствует. За 3-5 дней на месте ожога формируется тонкий некротический струп. Струп похож на пергаментную бумагу при сухом некрозе, при влажном – на серую фибринную пленку. За 3-6 недель происходит самостоятельное заживление ран из сохранившихся эпителиальных элементов

кожи. От оставшегося количества островков эпителия на дне раны зависит скорость заживления ожога и насколько хорошо восстановится кожный покров.

Третья Б степень – тотальная гибель кожи до подкожно-жировой клетчатки.

Четвёртая степень – гибель подлежащих тканей, обугливание мышц, костей, подкожно-жировой клетчатки.

Поверхностными ожогами называют ожоги первой, второй и третьей А степени так как они поражают только верхние слои кожи. Поверхностные ожоги, если не произошло инфицирование, нагноение и вторичное углубление раны, способны заживиться самостоятельно.

Глубокими ожогами называют ожоги третьей Б и четвёртой степени. Они требуют хирургического вмешательства для удаления некроза и восстановления кожного покрова кожной пластикой.

По типу повреждения ожоги классифицируются на:

- Термические (воздействие высокой температурой);
- Химические (воздействие химически активных веществ);
- Электрические (воздействие разрядной дугой);
- Лучевые (воздействие различных излучений);
- Сочетанные, воздействие различными факторами (например, пламенем и кислотой);
- Комбинированные, воздействие ожога и травмы другого рода (например, порез).

Термические ожоги делятся на:

1. Воздействие пламенем. Площадь ожога является относительно большой, по глубине, чаще всего, 2-я степень.

2. Воздействие жидкости. Площадь ожога является относительно небольшой и более глубокой, чаще всего, 2–3-я степень.

3. Воздействие паром. Площадь ожога является большой и относительно неглубокой.

4. Воздействие раскалённым предметом. Площадь поражения является площадью раскалённого предмета, имеет чёткие границы, значительную глубину 2–4 степени.

5. Воздействие расплавленного металла. Тяжёлые ожоги 3–4 степени. Наиболее подвержены данным травмам рабочие литейных цехов.

Электрические ожоги возникают в точках входа и выхода заряда из тела. Обычно бывают малой площади и большой глубины. Электрические ожоги являются очень опасными, если проходят около или через сердце. Ожоги возникающие при коротком замыкании вольтовой дуги без прохождения через тело человека напоминают ожоги пламенем.

Химические ожоги возникают от воздействия кислоты, щёлочи или тяжёлых металлов. Лучевые ожоги возникают от действия солнечного света, электромагнитного или ионизирующего излучения.

Помимо степени и глубины ожога, важную роль играет определение площади поражения. Наиболее простым способом является "правило девяток" [3], данный метод был предложен А. Уоллесом в 1951 году. Различные поверхности тела взрослого человека приравниваются 9% от общей поверхности тела:

- Голова и шея – 9%;
- Передняя поверхность тела – 18% (где грудь – 9% и живот – 9%);
- Задняя поверхность тела – 18%;
- Руки – каждая по 9%;
- Ноги – каждая по 18% (где бёдра – 9% и голени и стопы – 9%);
- Промежность и наружные половые органы – 1%.

Данный метод позволяет быстро и просто определить площадь поражённой поверхности кожи.

В приложении к "правилу девяток" используется "правило ладони". Данный метод основывается на том, что площадь ладони соответствует 1% всей поверхности тела. Возможно применение бумажного шаблона ладони.

Также существует инструментальный метод определения площади ожога. Данный метод заключается в том, что на ожог накладывается стерильная марля

или целлофан, и поверх рисуется контур обожжённой поверхности. Далее наложением на миллиметровую бумагу определяется абсолютная поверхность ожога и пересчитывается в проценты к общей поверхности тела. Данный метод является затратным по времени и в настоящее время не используется.

Ожоги являются одним из наиболее вредных факторов, влияющих на здоровье человека.

1.2 Факторы, влияющие на нанесение вреда жизни и здоровью человека

В процессе трудовой деятельности человек может нанести вред своему здоровью. Риск нанесения вреда здоровью может быть связан с травмами, телесными повреждениями, заболеваниями и болезнями. Вред здоровью понимают как ухудшение нормального физиологического состояния человека по сравнению с состоянием до возникновения патологии [4]. Если произошло нарушение анатомической целостности или физиологических функций органов и тканей человека, то это называют травмой. Если возникло нарушение, связанное с поддержанием нормальной жизнедеятельности, продолжительностью жизни и способности поддерживать гомеостаз – то такое состояние называют болезнью [5]. Заболеванием называют влияние патогенных факторов на нормальную жизнедеятельность человека, которая сказывается на работоспособности, социально полезной деятельности и его продолжительности жизни. Патогенный фактор – это любой фактор внешней среды, который может нарушить работу внутренних систем организма. К патогенам относят любой микроорганизм (включая грибы, вирусы, бактерии, и проч.), а также особый белок – прион, способный вызывать патологическое состояние другого живого существа.

В российском уголовном законодательстве [6] вред здоровью определяется как нарушение анатомической целостности и физиологической функции органов и тканей человека подвергшегося влиянию физических, химических, биологических и психических факторов внешней среды. Признаки вреда

здоровью представлены в статьях 111, 112 и 115 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ) и делятся на лёгкий, средней тяжести и тяжкий вред. Уровень тяжести вреда здоровью человека определяется врачом – судебно-медицинским экспертом в медицинских учреждениях государственной системы здравоохранения.

Лёгкий вред здоровью определяется как временная утрата работоспособности связанная с нарушением функций и/или систем организма на срок до трёх недель с момента получения травмы или стойкая общая нетрудоспособность человека менее 10% [7]. Не расцениваются как вред здоровью лёгкие поверхностные повреждения такие как: лёгкая поверхностная рана, ушиб мягких тканей, кровоподтёк, ссадина, гематома и другие повреждения, которые связаны с незначительной стойкой нетрудоспособностью.

Вред здоровью средней тяжести определяется как длительная утрата работоспособности с нарушением функций и/или систем организма свыше 21 дня или стойкая общая нетрудоспособность человека от 10 до 30%.

Тяжкий вред здоровью – это вред, создающий угрозу жизни человека, вызывающий ухудшение жизненно важных функций организма без возможности самовосстановления, влекущий за собой смерть человека. Также относят потерю зрения, слуха, речи, значительную стойкую утрату общей трудоспособности человека свыше 30% до полной профессиональной нетрудоспособности.

Основные требования к текстильным материалам, используемым для создания защитной одежды представлены в Техническом Регламенте Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 [8].

1.3 Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 019/2011 и нормативные документы по безопасности средств индивидуальной защиты

В процессе трудовой деятельности, работник подвергается рискам нанесения вреда здоровью. К вредным и опасным факторам относят: механические воздействия, повышенные и пониженные температуры, радиоактивные и рентгеновские излучения, электрический ток, электростатические заряды и поля, электрические и электромагнитные поля, нетоксичную пыль, токсичные вещества, воду и растворы нетоксичных веществ, растворы кислот, щелочей, нефть, нефтепродукты, масла и жиры, вредные биологические факторы.

Специальная одежда предназначена для защиты работника от данных рисков. В Российской Федерации на каждый отдельный фактор риска действует отдельный ГОСТ. Также для многих профессий действуют отдельные ГОСТы, регламентирующие конкретные требования для соответствующей профессии. На территории России и странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) основные требования представлены в Технических регламентах, основным из них является ТР ТС 019/2011. Требования Технического регламента являются обязательными к соблюдению.

Классификация специальной одежды осуществляется по ГОСТ 12.4.115-82 [9]. В соответствии с данным стандартом, на специальную одежду наносится маркировка в виде эмблемы на верхнюю часть левого рукава или на нагрудном кармане. Эмблема представляет собой цветной графический знак размером (6,2 x 8,0) см с буквенными обозначениями защитных свойств. Прописная буква обозначает наименование защитной группы, строчная – подгруппу. Для специальной одежды и средств защиты рук, группа "От повышенных температур" состоит из следующих подгрупп: Ти (От теплового излучения); То (От открытого пламени); Тр (От искр, брызг расплавленного металла, окалины); Тп 100 (От контакта с нагретыми поверхностями от 40°С до 100°С); Тп 400 (От контакта с нагретыми поверхностями от 100°С до 400°С); Тв (От контакта с нагретыми

поверхностями выше 400°C); Тт (От конвективной теплоты, только для специальной одежды).

Данный стандарт также подразумевает классификацию:

- По видам специальной защитной одежды;
- По способу защиты средства индивидуальной защиты ног;
- По видам специальной обуви;
- В зависимости от предохраняемых частей ног;
- По видам средства индивидуальной защиты рук;
- В зависимости от конструкции перчатки;
- По характеру применения средства индивидуальной защиты рук и ног.

К специальной одежде для защиты работника от риска нанесения вреда здоровью предъявляются требования безопасности по ТР ТС 019/2011. На территории России и странах Таможенного союза Евразийского экономического союза (ЕАЭС) требования данного Технического регламента являются обязательными к соблюдению.

По ТР ТС 019/2011 к специальной одежде и СИЗ рук предъявляются следующие требования:

- Материал после 30 секунд нахождения в пламени не должен гореть, тлеть, расплавляться и не иметь остаточного горения и тления;
- Показатель передачи конвективного тепла с плотностью теплового потока 80 кВт/м² должен быть не менее 3 секунд;
- Индекс передачи теплового излучения с плотностью теплового потока 20 кВт/м² должен быть не менее 8 секунд;
- Для защиты от контактного тепла должны выдерживать контакт с нагретыми до 250°C поверхностями не менее 5 секунд;
- Разрывная нагрузка соединительных швов должна быть не менее 250 Н;
- Для СИЗ от лучистого тепла, текстильный материал должен иметь стойкость к многократному изгибу не менее 9000 циклов;
- Для ткани специальной одежды и СИЗ рук для защиты от выплесков расплавленного металла, должны выдерживать выплеск расплавленного металла

массой не менее 60 грамм в течение 30 секунд без налипания металла на внешнем слое материала и без повреждения кожи тела пользователя;

Для ткани специальной одежды и СИЗ рук для защиты от искр и брызг расплавленного металла:

- Разрывная нагрузка должна быть не менее 800 Н;
- Раздирающая нагрузка не менее 70 Н по основе и 60 Н по утку;
- Выдерживать не менее 50 секунд воздействия нагретого до температуры $800\pm 30^{\circ}\text{C}$ прожигающего элемента для накладок и изделий 3 класса защиты, не менее 30 секунд – для одного слоя материала или не менее 50 секунд для двух слоев материалов (основной материал и защитная накладка) в изделиях 2 класса защиты;

- Не менее 30 капель расплавленного металла для 1 класса защиты.

В работе Лагуновой В. В. [10, 11] рассматривается нормирование показателей безопасности тканей на основе теоретического анализа кривых вероятности риска. Также для пошива одежды нужно учитывать класс условий труда, так как он влияет на показатели безопасности. В работе отмечено, что для каждого отдельного показателя безопасности необходим подход, основанный на целевом назначении специальной одежды.

Защита от вредных и опасных факторов на производстве осуществляется с использованием различных средств коллективной и индивидуальной защиты

1.4 Классификация средств индивидуальной защиты

Для уменьшения рисков нанесения вреда здоровью человека на рабочем месте используются средства коллективной и индивидуальной защиты. Общие требования для защитных средств представлены в ГОСТ 12.4.011-89 [12].

Средства коллективной защиты (СКЗ) – средства, которые обеспечивают уменьшение воздействия вредных факторов производственного оборудования на работников, находящихся в зоне действия этих факторов. К ним могут быть отнесены оборудование, конструкции, технические средства, которые обеспечивают: нормализацию воздушной среды и освещения производственных помещений и рабочих мест; защиту от повышенного уровня различных излучений (ионизирующего, инфракрасного, ультрафиолетового, электромагнитного, магнитных и электрических полей, лазерного, статического электричества); защиту от шума, вибрации, ультразвука; защиту от повышенных или пониженных температур; защиту от различных факторов (механических, химических, биологических); защиту от падения с высоты.

Если средства коллективной защиты используются для защиты нескольких работников, то средства индивидуальной защиты (СИЗ) используются для защиты отдельного работника. К СИЗ относят: средства защиты ног, рук, головы, лица, глаз, органов слуха, органов дыхания; костюмы изолирующие; одежду специальную защитную; средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства; средства дерматологические защитные; средства защиты комплексные.

Также на территории России СИЗ классифицируется в зависимости от опасных и вредных производственных факторов – по ГОСТ Р 12.4.196-99 [13], ГОСТ Р 12.4.195-99 [14], ГОСТ 12.4.103-83 [15], ГОСТ 12.4.023-84 [16], ГОСТ Р 12.4.013-97 [17] и ГОСТ 12.4.068-79 [18].

К средствам защиты предъявляются общие требования:

- Средства защиты работников должны минимизировать или исключать воздействия опасных и вредных производственных факторов, не должны быть причиной этих факторов;
- Средства защиты не должны противоречить технической эргономике и эстетике;
- Тип средства защиты должен выбираться в соответствии с видом трудовой деятельности и от возможности риска опасного и/или вредного фактора;
- Если нет возможности обеспечить безопасность работника на рабочем месте с использованием средств коллективной защиты, конструкцией оборудования, архитектурно-планировочными решениями и/или организацией производственных процессов, то применяются средства индивидуальной защиты;
- Эксплуатационные характеристики средства индивидуальной защиты не должны изменяться при стирке, химчистке и обеззараживании;
- Эксплуатационные, физиолого-гигиенические и защитные показатели средств индивидуальной защиты должны быть оценены;
- Маркировка средств индивидуальной защиты осуществляется по ГОСТ 12.4.115-82 [19] и по соответствующим стандартам на маркировку;
- В документации средств индивидуальной защиты должна быть инструкция с указанием назначения и срока годности, правила хранения и эксплуатации;
- Необходимо использовать средства коллективной защиты рабочих непосредственно с производственным оборудованием или его элементами управления, чтобы при возникновении риска нанесения вреда здоровью происходило применение средств защиты. Возможно непосредственное соединение средства защиты и производственного оборудования, например как элемент управления для включения и выключения оборудования;
- Для обеспечения контроля работоспособности, безопасности ухода и ремонта средств коллективной защиты, они должны находиться на производственном оборудовании или рабочем месте.

Для выбора наилучшей защиты от вредных и опасных факторов, используется оценка рисков на рабочем месте.

1.5 Оценка риска нанесения вреда жизни и здоровью работника

В широком понимании риск – это возможное нанесения вреда и данный вред может быть направлен как на имущество, так и на жизнь и здоровье человека.

Риск подразумевает в себе неопределённость, которая может возникнуть по ряду случайных обстоятельств. Оценка и возможное прогнозирование данных обстоятельств и является целью оценки рисков.

Самым распространённым способом прогнозирования риска является сбор причин возникновения опасной ситуации, её возможные последствия и пути решения проблемы. Некоторые риски складываются из нескольких случайных событий и могут привести к различным последствиям. Для отдельных рисков причины могут быть не очевидны с первого взгляда. Причины риска могут быть различными, не проявляться очевидным образом, но иметь последствия в долгосрочной перспективе. С учётом всего этого, риск – комплексное понятие и не всегда может быть представлен как различные события с последствиями.

Для решения проблемы оценки рисков используется ГОСТ Р 58771-2019 [20]. Данный стандарт может быть использован в различных областях.

В зависимости от сложности ситуации, оценка риска может быть как простой, так и сложной задачей. Если риск с самого начала хорошо понимается и есть представление о выходе из сложившейся ситуации, то оценка риска относится к простой задаче. К сложной задаче будет относиться оценка риска, где есть влияние высокой неопределённости на ситуацию.

В стандарте описаны технологии по пониманию неопределённостей влияющих на риск и возможных последствий. Использование данных технологий позволяет:

- Группировать информацию о рисках, с целью принятия решения и действий на устранение риска в условиях неопределённости;
- Точно понимать последствия принятого решения проблемы;
- Точно понимать неопределённости, ведущие к риску и знание об их существовании;
- Донести знания о рисках и их возможных последствиях;
- Принимать решения об использовании определённого подхода для решения задачи при влиянии множества неопределённостей на риск;
- Способствовать улучшению качества управления рисками после возникновения проблемной ситуации;
- Эффективно оценивать подход к риску в зависимости от его характера и величины;
- Использовать действенные меры по оценке риска;
- Способствовать улучшению принятия решений относительно риска во всей организации.

Для оценки риска составляется план действий. Для плана должна быть определена цель оценки рисков, в которую входят решение проблемы, сроки и тип требуемых результатов. На данном этапе определяется область оценки рисков, что в неё входит, а не учитывается в ней. Все необходимые ресурсы, условия, допущения и ограничения указываются заранее.

Ответственные за оценку лица должны быть информированы не только о самой проблеме, но и о внешних и внутренних обстоятельствах, способствующих возникновению риска. Более широкое понимание картины возникновения риска является актуальной задачей в сложных ситуациях. Все суждения, относящиеся к оценке, должны быть проверены и проанализированы.

Необходимо определить причастные стороны и тех, кто может привнести полезные знания или точку зрения, учитывать их позицию и рассмотреть перспективы их привлечения независимо от того, включены ли они в число участников оценки.

Для понимания путей решения должны быть привлечены все причастные стороны. Это позволяет более эффективно выявлять риски и понимать обстоятельства оценки. Также привлечение различных сторон позволяет учитывать различный опыт оценки рисков, соблюдение интересов и требований заинтересованных сторон. Человеческий фактор также должен быть учтён.

Для оценки риска, проводится сбор информации. Вся полученная информация должна отвечать критериям достоверности и надёжности. После сбора информации происходит анализ и построение модели, которая представляет совокупность всех факторов, из которых происходит риск.

К специальной защитной одежде предъявляется большое количество комплексных показателей безопасности. Данные показатели хорошо изучены, но требуется рассмотреть специальные свойства текстильных материалов. Основные требования изложены в нормативной документации на теплофизические свойства.

1.6 Требования к материалам для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур

Специальную защитную одежду от повышенных температур изготавливают из тканей различного сырьевого состава и поверхностной плотности. Используются хлопчатобумажные ткани с пропитками, смесовые ткани или арамидные ткани. На рынке представлен широкий ассортимент хлопчатобумажных тканей различной поверхностной плотности для производства специальной одежды.

Для обеспечения защиты хлопчатобумажной ткани от возгорания используются специальные пропитки – антипирены [21]. Антипиреном называют вещество, добавляемое в материал органического происхождения для замедления горения. Антипирен состоит из самого замедлителя горения, вещества для усиления замедлителя и стабилизатора.

Антипирен может наноситься на сам материал или в его структуру. Замедлителем горения могут быть: неорганические, галогенсодержащие,

фосфорорганические и азотсодержащие вещества. Основной механизм работы огнестойкой пропитки – при воздействии открытого пламени препятствовать горению.

Для придания огнестойких свойств хлопчатобумажной ткани используется пропитка Proban® [22]. Огнестойкая пропитка Proban® занимает лидирующие позиции на рынке огнестойких пропиток и является запатентованной технологией компании Rhodia [23]. Молекулы активных соединений в пропитке образуют устойчивые соединения с молекулами волокна. Такие соединения устойчивы к многократным стиркам и химическим стиркам.

Производитель пропитки отмечает такие свойства как: отсутствие горения и тления, гарантирование защиты от ожогов 2-ой и 3-ей степеней, отсутствие негативного влияния на прочность хлопкового волокна и его экологичность, устойчивость защитных теплофизических свойств ткани до 200 стирок, отсутствие раздражения кожи и соответствие требованиям безопасности.

При нахождении материала в зоне действия пламени, на материал действует ещё и тепловое излучение от пламени. Наличие термостойких свойств материала можно обеспечить использованием термостойких волокон, но также можно использовать и огнестойкие пропитки. Пропитки, придающие огнестойкие свойства, также повышают термостойкость материала. Это связано с тем, что огнестойкая пропитка связывается с волокнами и повышает их термическую устойчивость.

В работах Сырбу С. А. [24, 25], производится анализ влияния трёх огнестойких пропиток на основе аминформальдегидных смол на восемь полиамидных тканей различной поверхностной плотности. Отмечается, что использование данных пропиток повышает огнестойкость материала, что исключает возгорание волокон. В своей работе [26] Сырбу С. А., производит разработку огнестойкой пропитки на основе афламмита SAP и рассматривает способы его закрепления на ткани. Афламмит SAP входит в состав Proban®. Производство данной пропитки является пожароопасным, так как связано с использованием аммиака. В работе рассматриваются различные виды

катализаторов, которые добавляются в раствор. На основе анализа полученных данных установлено, что процент удержания теплового излучения действующего на ткани составляет от 2,0% до 5,5%. По итогу работы получена огнестойкая смесь, удовлетворяющая нормативным показателям. Данная огнестойкая пропитка не поддерживает горения и тления, а также ослабляет проходящий тепловой поток, что свидетельствует о повышении термостойкости материала. Можно отметить, что разработка отечественных огнестойких пропиток соответствующих мировым нормативным показателям является перспективным направлением.

На рынке существуют пропитка Pyrovatex® от компании Ciba [27] и пропитка Schumer Secam от компании Schumer [28]. Эти пропитки, как и Proban®, предназначены для защиты тканей из органических волокон.

В статье Владимирцевой Е. Л. и других [29], рассматриваются способы снижения горючести текстильных материалов. В исследовании приводится классификация антипиренов: по виду замедлителя горения, по типу замедлителя, по назначению, по механизму действия и по устойчивости. Подробно рассмотрены различные виды огнестойких пропиток, представленных на рынке, и способы их лучшего закрепления на материале. Сделаны выводы об актуальности проблемы разработки и создания новых огнестойких смесей.

В работах Лаврентьевой Е. П. [30, 31, 32], описывается разработка трёх видов тканей. Первая ткань из смеси огнестойких и натуральных волокон с пропиткой, и две ткани из смеси только огнестойких волокон. Данные виды тканей предназначены для пошива специальной защитной одежды металлурга. В работах проводились исследования изготовленных тканей по различным показателям качества и безопасности, также рассмотрено влияние химчисток на них. По результатам исследований были сделаны выводы, что полученные ткани имеют достаточный уровень прочностных, огнестойких и гигиенических свойств. Можно отметить, что стоимость тканей, изготовленных из химических огнестойких волокон выше, чем у смеси натуральных и огнестойких волокон с пропиткой, что даёт возможность выбора тканей по соотношению "цена –

качество". Разработка подобных отечественных тканей, позволяет снизить их стоимость, не уменьшая при этом их защитных показателей.

К специальной защитной одежде часто предъявляются требования по надежности и безопасности. Обычно эти требования представляют нормативы для обеспечения более 10 защитных показателей безопасности тканей. Тюменев Ю. Я. и другие в своей статье [33] рассматривают данные требования. Данные показатели качества также должны оставаться на требуемом уровне во время всего периода использования защитной одежды, после многократных циклов стирок и химчисток. В работах [34, 35], авторами производилось исследование современного производства защитной одежды, в результате чего сделан вывод о необходимости исследования показателей качества и безопасности в процессе эксплуатации. В статьях [36, 37], Тюменев Ю. Я. исследует влияние волокнистого состава на показатели безопасности огнезащитных тканей. Были рассмотрены пять тканей с различным содержанием хлопка. По результатам исследования, установлено существенное влияние сырьевого состава на огнестойкость тканей. В работе [38], авторы проводят исследование показателей безопасности и качества в процессе эксплуатации, с целью выявления способности сохранения защитных свойств – водо-, масло- и нефтеотталкивания. Были исследованы пять тканей различного сырьевого состава и все исследуемые авторами образцы сохраняют свои защитные свойства на протяжении всего срока эксплуатации.

В статье Сабирзяновой Р. Н. [39] рассматриваются возможности антипиренов, их характеристики и способы нанесения. В работе [40], автор рассматривает основные направления развития специальной защитной одежды от повышенных температур. В работе рассматриваются огнестойкие пропитки и их устойчивость к воздействию мокрых и сухих чисток. Отмечается необходимость контроля качества готовой огнезащитной продукции после таких видов обработки. В статье [41] Сабирзянова Р. Н., рассматривает различные огнезащитные ткани, представленные на рынке. Отмечена конкурентоспособность отечественных тканей по сравнению с зарубежными

аналогами. В работе [42] автором рассматриваются методики определения показателей передачи тепла при воздействии открытого пламени и необходимое для их реализации испытательное оборудование. Рассмотренные стандартные методы испытаний позволяют определять защитные показатели тканей для производства специальной защитной одежды. В статье [43] автором проводится исследование тканей при воздействии нагрева высокой интенсивности. Исследуемые ткани подвергались специальным обработкам для придания термостойкости и сделан вывод, что пропитка придавала образцам необходимые защитные свойства – при отражении теплового потока увеличилось время необходимое для возгорания. Можно отметить, что недостатком данной модификации является снижение огнезащитных свойств после многократных циклов стирки.

Для обеспечения защиты от воздействия повышенных температур применяется вспучивающийся антипирен. Принцип его работы заключается в образовании коксового слоя на текстильном материале для защиты материала от действия температуры. В работе Сабирзяновой Р. Н. и Красина И. В. [44] представлены компоненты для создания такого вспучивающегося антипирена. В материале изложен способ изготовления огнестойкой пропитки с подробным описанием технологии. В статье [45] авторы исследуют полученный антипирен. Отмечается, что влияние полученной пропитки не изучено до конца и в дальнейших работах [46, 47], были проведены исследования вспучивающегося антипирена под действием открытого пламени. Были сделаны выводы, что исследуемые ткани пропитанные антипиреном не воспламеняются и вспучиваются, не поддерживая тление и горение.

В работе Фазуллиной Р. Н. и других [48], проводились исследования тканей с использованием вспучивающегося антипирена методом дифференциально-термического анализа. Авторы исследовали вспененный слой, образовавшийся в процессе воздействия температуры и его влияние на текстильный материал. Можно отметить, что использование такой пропитки придаёт материалу повышенные защитные свойства не только от действия огня,

но и температуры, так как образовавшийся пенококсовый слой позволяет эффективно задерживать действие конвективного тепла. Использование данной пропитки позволяет улучшить огнезащитные свойства и обеспечить длительную термостойкость материала. В статье [49] авторы используют акриловую эмульсию для закрепления вспучивающегося антипирена. Данный закрепитель позволяет добиться огнестойких свойств, не ухудшая физико-механические показатели качества тканей.

Для увеличения защитных свойств тканей может быть использована низкотемпературная плазма. Плазма влияет на гидрофильные и поверхностные свойства тканей. В работах Сергеевой Е. А. и Илюшиной С. В. [50, 51] отмечается, что неравновесная низкотемпературная плазма положительно влияет на термические свойства текстильного материала. В работах Илюшиной С. В. [52, 53] отмечается, что действие низкотемпературной плазмы пониженного давления позволяет улучшить гидрофобные свойства тканей для производства специальной одежды.

Термостойкость текстильному материалу можно придать не только за счёт пропиток. Возможно использование термо- и огнестойких нитей в качестве оплётки нитей в защитной одежде. В статье Сафонова П. Е. [54] исследуется данный подход к этой проблеме. Можно отметить преимущества данного способа: увеличение разрывной и раздирающей нагрузки ткани и улучшение окрашиваемости. К недостаткам – пониженную стойкость к истиранию и увеличенную поверхностную плотность. Автор в своих работах [55-58] проводит разработку структур для термо- и огнестойких тканей, изготовленных из разработанных нитей. Можно отметить, что полученные структуры могут задерживать не только тепловое излучение, но и электромагнитное. Сделан вывод, что с изменением сырьевого состава и структуры ткани можно добиться возможности экранирования теплового и электромагнитного излучения.

В статье Такей Е. и Таусарова Б. Р. [59] для защиты от огня разработана огнестойкая пропитка с использованием тетрээтоксисилана и азот-фосфорсодержащих соединений. Авторами описывается процесс изготовления

пропитки и способ её нанесения. Для нанесения на хлопчатобумажную ткань использовался золь-гель метод, как наиболее дешёвый. Полученная огнестойкая пропитка положительно влияет на огнестойкие показатели качества текстильного материала и не значительно влияет на разрывную нагрузку.

Для эффективной защиты материала от воздействия температуры необходимо выбирать соответствующую огнестойкую пропитку в зависимости от источника теплового потока. В статье Спиридоновой В. Г. и других [60], рассматриваются требования по безопасности, предъявляемые к замедлителям горения. Были отмечены преимущества использования вспучивающихся огнестойких составов. В статье [61] авторы исследуют придание огнестойких свойств танином целлюлозосодержащим тканям – хлопку и льну. Отмечается, что использование такой огнестойкой пропитки позволяет улучшить огнестойкость материалов. Также танин не является токсичным веществом, что делает полученную огнестойкую пропитку экологически безопасной.

В работе Таусаровой Б. Р. и других [62], разработана огнезащитная смесь на основе силиката натрия, гуанидина и гидрофосфата натрия. Антипирен наносился на хлопчатобумажную ткань и проводились исследования по определению времени остаточного горения, длины обугленного участка и изменению разрывной нагрузки. Отмечено, что огнезащитные свойства зависят от количества нанесённого огнезащитного вещества на ткань.

В статье Демидова Р. Н. и других [63], дано описание разработки отечественной огнестойкой пропитки на основе препаратов торговой марки "Фламентол". Данная пропитка может быть использована не только на хлопчатобумажной ткани, но и на полиамидных тканях. Исследования проводились с различной концентрацией антипирена для выявления его влияния на защитные свойства тканей. Было отмечено, что данная пропитка эффективно придаёт огнестойкие свойства целлюлозосодержащим тканям. Для полиамидных тканей в огнестойкую пропитку была добавлена специальная добавка, чтобы увеличить защитные показатели качества тканей. В дальнейшем [64], авторами

был рассмотрен способ нанесения пропитки на материал. Отмечается, что жесткость образцов не увеличивались после нанесения пропитки.

Огнестойкость тканям можно придать не только за счёт нанесения огнестойкой пропитки на саму ткань, но и на нити, входящие в её состав. Нанесение замедлителя горения на нить позволяет равномерно распределить огнестойкий состав по всей длине нити, что положительно скажется на её огнестойкости. В статье КейбалН. А. и других [65], разрабатывался огнестойкий состав на основе бората метилфосфита и поливинилового спирта для последующего нанесения на хлопчатобумажную пряжу. Разработанная пропитка для пряжи позволила добиться устойчивой огнестойкости. К сожалению, исследования по сравнению различий нанесения пропитки на нити и на ткань не проводились.

В производстве специальной защитной одежды от повышенных температур используются ткани с различным вложением натуральных и синтетических волокон. В работе Бешапошниковой В. И. и других [66, 67], разработана огнестойкая пропитка, которая может быть использована для смесовых тканей. Было исследовано влияние полученного антипирена на процесс термолиза тканей. С использованием полученной пропитки, ткани приобретают устойчивость к повышенным температурам без ухудшения прочностных характеристик. В работах [68, 69] авторы рассматривают влияние антипирена афламмит КWB на ткань из смеси хлопчатобумажных и полиэфирных волокон. Была получена математическая модель влияния содержания антипирена на показатель воспламеняемости ткани. Отмечается, что данная модификация смесовых тканей не уменьшает физико-механические показатели качества тканей и повышает устойчивость тканей к повышенным температурам.

В статье Тучковой О. А. [70] проводилось исследование шести тканей различного сырьевого состава на устойчивость к воспламенению. Можно отметить, что смесовая ткань (95% хлопок и 5% эластан) имела лучшую огнестойкость из всех исследуемых тканей. Также отмечено, что ткани из натуральных волокон для пошива специальной защитной одежды являются

наиболее эргономичными в виду отсутствия выделения токсических веществ при горении.

В статье Микрюковой О. Н. [71] рассматриваются основные виды антипиренов, в том числе часто используемые фосфорсодержащие антипирены для придания огнестойких свойств белковым, искусственным и синтетическим волокнам для производства специальной защитной одежды. В работе [72] были найдены оптимальные параметры для огнестойкого фосфорсодержащего антипирена для придания огнестойких свойств целлюлозным тканям. Разрывная нагрузка после использования пропитки уменьшилась на 5-7%, а кислородный индекс составил 35%. В статьях [73, 74] отмечается, что модификация пропиток с использованием фосфорсодержащего антипирена устойчива к стиркам, но уменьшает на 6-10% разрывную нагрузку ткани. В работах [74, 75] авторами проводится исследование влияния огнестойкой пропитки на процесс пиролиза. Отмечается, что пропитка повышает температуру термодеструкции целлюлозы с 190°C до 200-350°C и уменьшает скорость разложения и потери массы.

Огнестойкие пропитки, также могут быть использованы для придания огнестойких свойств не только тканями из натуральных волокон и смесовых тканей, но и синтетических. Так в статье Бесшапошниковой В. И. и других [76], рассматривается способ придания огнестойкости синтетическим тканям с использованием вспучивающейся огнестойкой пропитки EXFLAM. Модификации были подвержены ткани из хлопковых, лавсановых, капроновых и нитроновых волокон. Авторы отмечают, что с использованием данной пропитки удалось добиться трудновоспламеняемости тканей с сохранением их прочностных характеристик. В работе [77] исследуется влияние на огнестойкость фосфорсодержащего антипирена для тканей, содержащих полиакрилонитрил (ПАН). Были использованы два способа нанесения пропитки на ткань – плюсование и инклюдация. Второй способ показал свою эффективность в увеличении огнестойкости ткани. В статье [78] исследовалось влияние ВЧЕ плазмы пониженного давления на защитные показатели огнестойкой пропитки.

Кислородный индекс после многократных мокрых обработок оставался на уровне 27-28%, а разрывная нагрузка уменьшилась на 3,0-6,5%.

Таким образом, большое количество работ связанных с огнестойкостью тканей, изготовленных из натуральных, смесовых и синтетических волокон также связано с использованием замедлителей горения. Для придания огнестойкости, можно использовать изначально термостойкое волокно – арамид. Арамид является полимерным волокном с высокими показателями прочности, термо- и огнестойкости. На рынке представлены три основных вида волокон: пара-арамид, мета-арамид и сетчатые сополимеры полиамида.

Пара-арамид имеет высокую ориентацию макромолекул в структуре волокна, что увеличивает разрывную нагрузку. Пара-арамид не горит и не плавится, а его температура стеклования составляет около 370°C, температура карбонизации – около 425°C. Торговая марка Kevlar® от компании DuPont [79] и Twaron® от компании Teijin [80] являются известными представителями пара-арамидов.

Мета-арамид обугливается при температуре выше 400°C и может выдерживать кратковременное воздействие температуры до 700°C. Мета-арамид на рынке представлен торговыми марками Nomex® от компании DuPont, Teijinconex® от компании Teijin и Newstar® от компании Yantai Taiho [81].

Сетчатый сополимер полиамида представлен торговой маркой Kermel®. От пара- и мета-арамидов отличается малой теплопроводностью, медленно карбонизируется, не горит, не плавится и может выдерживать в течение нескольких секунд температуру до 1000°C.

В работе Николаева С. Д. и других [82], проводится анализ физико-механических показателей качества арамидной пряжи и нитей и взаимосвязь между ними. Для определения этих связей была рассчитана энтропия. В работе были определены направления причинно-следственных связей между разрывной нагрузкой и удлинением нити, линейной плотностью и круткой.

В статье Сергеевой Е. А. и Костиной К. Д. [83] рассматриваются представленные на рынке арамидные волокна для производства огнезащитных

тканей. Отмечаются недостатки арамидного волокна – высокая стоимость, снижение прочности при намокании, старение, плохая окрашиваемость. Данные недостатки в определённой мере можно устранить.

Арамидное волокно является жёстким волокном, что положительно сказывается на разрывной нагрузке и стойкости к истиранию. В статье Шкурина И. Г. и Козловой А. Н. [84] сделан обзор области применения тканей, изготовленных из арамидного волокна. Достоинствами таких тканей является: повышенная прочность, неизменная жёсткость, устойчивость к истиранию, малая поверхностная плотность, термостойкость.

В исследовании Лебедевой Т. С. и других [85], рассматриваются четыре вида защитной ткани для пошива специальной одежды металлурга. Данные ткани были изготовлены из огне- и термостойких волокон. Исследования по определению соответствия требованиям нормативных документов показали, что представленные ткани удовлетворяют требованиям безопасности и могут быть использованы для производства специальной защитной одежды металлурга.

На основные показатели качества арамидной ткани влияют структурные характеристики. Лебедева Т. С. и другие [86] показали, что поверхностная плотность отечественных защитных тканей, произведённых из арамидных волокон, влияет на стойкость к прожиганию. Был сделан вывод, что по своим показателям безопасности и качества ткани отвечают требованиям нормативных документов для производства бронежилетов, специальной защитной одежды сварщика и металлурга. Но высокая стоимость и низкая окрашиваемость арамидного волокна ограничивает области его использования. Для решения данной проблемы возможно использование смеси арамидных волокон с другими волокнами.

Для увеличения степени защиты от воздействия теплового излучения в специальной одежде используются утеплители – нетканые полотна. В работах Елазали Е. И. и Давыдова А. Ф. [87, 88] рассматриваются пять нетканых материалов, которые могут быть использованы для создания специальной защитной одежды. Была проведена оценка значимости по двадцати показателям,

наибольший определяющий показатель – суммарное тепловое сопротивление. Были построены графики зависимости поверхностной плотности, толщины, разрывной нагрузки, воздухопроницаемости, неровноты по массе от количества стирок. Холлофайбер ТЭК М является лучшим из представленных утеплителей и его свойства не ухудшаются после многократных мокрых обработок.

Также в работе Елазали Е. И. и Давыдова А. Ф. [89] производилась комплексная оценка по 15-ти показателям качества после циклов стирки для шести нетканых объёмных полотен. Многократные мокрые обработки оказывают сильное влияние на показатели безопасности и качества утеплителей.

Для увеличения термостойких свойств утеплителя, входящего в состав специальной защитной одежды, возможно использование пропитки. В статье Рева О. В. и других [90], рассматривается влияние закрепителя на используемую пропитку. Исследования проводились на утеплителе из полиэтилентерефталата. Сделан вывод, что химический состав азотного компонента смеси не вносит изменений в замедлитель горения, но положительно влияет на удерживание замедлителя в нетканом полотне при стирках. Огнестойкость достигается за счёт использования нанодисперсных синтетических соединений переходных металлов

Молдагажиевой З. Д. и другими [91, 92], разработаны и исследованы нетканые материалы из мета-арамида и шерсти для производства специальной защитной одежды сварщиков. Три образца состояли из нескольких слоёв, а три – из одного. Полученные пакеты удовлетворяют требованиям ТР ТС 019/2011. Изготовление пакетов одежды из отечественного сырья уменьшает стоимость полученного пакета одежды при сохранении защитных свойств.

На огне- и термостойкие свойства нетканого полотна оказывает существенное влияние сырьевой состав и поверхностная плотность. В статье Мезенцевой Е. В. и других [93], рассматриваются свойства нетканых полотен в зависимости от доли вложения полиэфирных волокон. В работе сделаны выводы, что при увеличении доли полиэфирных волокон более чем на 20% не изменяется суммарное тепловое сопротивление полученного нетканого полотна. Полотна, изготовленные с применением микроволокон, требуют особо деликатного

отношения в обработке, эксплуатации, стирке, чистке, химчистке. Было отмечено влияние содержания полиэфирных волокон на свойства и структуру утеплителя.

Парманчуком В. В. и Ольшанским В. И. [94] была разработана экспериментальная установка и методика определения теплофизических показателей качества утеплителя. Данная методика позволяет определять защитные показатели качества экспрессным методом.

Для определения температуры пододёжного пространства Соколовой А. С. и другими [95], разработана экспериментальная установка и методика испытаний. Данная экспериментальная установка позволяет определять теплозащитные показатели качества тканей и пакетов одежды. Отмечается, что полученная методика позволяет определять значения коэффициента теплопроводности и теплового сопротивления.

В процессе пошива специальной защитной одежды различные её элементы скрепляются между собой швами. В статье Довыденковой В. П. и других [96], даётся описание математической модели для теплопередачи околошовной зоны. Данная модель рассматривала три этапа: передача тепла через неповрежденный участок ткани верха; теплопередача через перфорированный участок ткани верха; распределение тепла по внутренней части ткани верха. По итогам исследования, сделан вывод, что полученные теоретические результаты не расходятся с экспериментальными данными и полученная математическая модель может быть использована для расчётов.

Микрюковой О. Н. и другими [97], проводилась оценка 25 показателей качества, из которых выделены наиболее значимые – разрывная нагрузка, кислородный индекс, остаточное горение и тление, индекс передачи теплового излучения. Эти показатели являются наиболее важными при проектировании специальной защитной одежды от повышенных температур.

В процессе эксплуатации, специальная защитная одежда подвергается стиркам. Стирки влияют на многие показатели качества ткани. Юрцевым О. О. [98, 99] разработан метод прогнозирования разрывной нагрузки тканей для производства специальной защитной одежды после стирок. Исследование

проводилось на пяти тканях с различными структурными показателями. Можно сделать вывод, что полученные уравнения зависимости могут быть использованы для расчёта разрывной нагрузки в зависимости от параметров строения.

Стирки влияют не только на разрывную нагрузку, но и на другие показатели безопасности и качества тканей. В работе Абиловой З. И. и других [100], отмечается, что стирки влияют на воздухопроницаемость, паропроницаемость, коэффициент тангенциального сопротивления и маслопоглощение.

В статье Чернышева М. В. и других [101], проводятся исследования влияния количества стирок на прочность тканей для пошива специальной защитной одежды. Был сделан вывод, что это связано с процессом дезориентации структуры ткани в процессе мокрых обработок. Чернышева Г. М. и Давыдов А. Ф. [102] отмечают, что после стирок происходит усадка у исследуемых тканей, которая зависит от состава пропиток и интенсивности их нанесения. У исследуемых тканей были отмечены: износ, повышение ворсистости и набухание хлопковых волокон. Был сделан вывод, что после пятидесяти стирок образцы тканей становятся не пригодными к использованию по колористическому оформлению.

Многочисленные стирки влияют на различные показатели качества и безопасности тканей. В статье Давыдова А. Ф. и Гончарова К. В. [103] отмечается увеличение воздухопроницаемости и гигроскопичности после многократной мокрой обработки. Также отмечается уменьшение прочностных характеристик – разрывной нагрузки и стойкости к истиранию. Предлагается внести в нормативную документацию нормы по всем значимым показателям безопасности после многократных стирок.

Байда О. Н. и Давыдов А. Ф. [104] исследовали основные способы придания огнестойкости текстильным материалам. К ним были отнесены – использование изначально термостойкого волокна или огнестойкой пропитки. Рассмотрен механизм горения тканей и способы его замедления. Делается вывод о необходимости разработок инновационных продуктов и новых технологий по приданию огнестойкости для уменьшения рисков нанесения вреда здоровью человека.

Особое внимание показателям качества и безопасности уделяется в нефтегазовом комплексе. Для обеспечения защиты от вредных и опасных факторов необходимо производить анализ рисков. Давыдов А. Ф. и Ходанов Г. А. [105] отмечают важность анализа производства для последующей установки методов приёмки и исследований тканей, отвечающих нуждам производства. Отмечается важность оценки рисков для повышения конкурентоспособности продукции, повышению качества готовой продукции и возможности её использования в качестве защитной одежды.

В работе Кудринского С. В. и Давыдова А. Ф. [106] разработана экспериментальная установка для определения показателя передачи тепла при действии открытого пламени и методики её определения. Для уменьшения влияния человеческого фактора процесс испытания был автоматизирован. В статье [107] дано описание выбора номенклатуры показателей безопасности и качества огнезащитных тканей для пошива специальной одежды работников нефтегазового комплекса. Экспертным методом были определены 4 группы показателей: защитные, гигиенические, эксплуатационные и технологические. В работах [108, 109] авторами определяется показатель передачи тепла при воздействии пламени с использованием разработанного экспресс-метода. Были исследованы четыре ткани различной поверхностной плотности. На показатель передачи тепла значительное влияние оказывает толщина ткани. Представленный экспресс-метод для нахождения показателя передачи тепла при воздействии пламени может быть использован в испытательных лабораториях или на базе отделов охраны труда предприятия. Также были получены уравнения для расчёта показателя передачи тепла, теоретические значения, которые отличались от фактических не более чем на 5,7%.

Множество зарубежных работ посвящено приданию огнестойких и термозащитных свойств текстильному материалу.

Для повышения огнестойкости специальной защитной одежды в качестве теплового барьера используется нетканый арамидный материал [110]. При повышенных температурах, на материал действует тепловое излучение. При

уменьшении пористости или увеличении объёмной плотности нетканого материала увеличивается способность материала эффективно задерживать тепловой поток. В работе, разработана модель предсказывающая поведение арамидного нетканого материала под действием теплового излучения. Полученные результаты сравнивались с экспериментальными данными полученными методом определения теплопроводности TPS (Transient Plane Source). Датчик TPS используется для регистрации изменения температуры в зависимости от времени.

В статье [111], для придания огнестойкости и термозащиты хлопчатобумажным тканям используется золь-гель метод – волокна в тканях покрываются плёнкой на основе кремнезёма, которая повышает устойчивость к температуре. Был использован гибридный золь SiO_2 -KH560-ZB, который наносился на поверхность хлопчатобумажной ткани путём пропитки и сушки. Сделаны выводы, что использование 3-глицидоксипропилтриметоксисилан (KH560) улучшает связь компонентов пропитки с хлопковым волокном.

Для придания огнестойких свойств вискозному волокну в раствор был добавлен белок и антипирен – гексафеноксидтрифосфазен [112]. Структура полученного огнестойкого вискозного волокна получилась плотнее, чем у не огнестойкого, и на всей его поверхности образовались мелкие поры. Использование белка и антипирена снизило температуру первичного разложения вискозного волокна и потерю массы, повышает прочность волокна и уменьшает влагоотдачу и устойчивость к трению. При воздействии температуры, отсутствует вредных газов.

Теплоизоляционные свойства нетканых материалов зависят не только от теплоизоляционных свойств волокна, но и от воздуха входящий в состав нетканого материала [113]. При увеличении количества воздуха удерживаемого в структуре увеличиваются теплоизоляционные свойства материала. В работе использовался метод конечных элементов для анализа явлений теплопередачи и прогнозирования эффективной теплопроводности и теплового сопротивления термоскреплённых нетканых материалов.

В статье [114], проводилась разработка огнеупорных полиамидных волокон с использованием гексафеноксиклотрифосфазена (НРСР) в качестве антипирена методом формования из расплава. Использование антипирена уменьшило температуру плавления и увеличило кристалличность полиамидных волокон, а также положительно повлияло на термические свойства волокна.

Для оценки срока службы композитного материала необходимо рассматривать кинетику разложения. В работе [115], сравнивались безмодельная кинетика и кинетика Киссинджера двух различных композитных материалов на основе натуральных волокон. Исследуемые композитные материалы были изготовлены из полиэтилена низкой плотности и обрабатывались плазмой низкого давления для укрепления. В исследовании было обнаружено, что плазменная обработка не оказывает значимого влияния на кинетику разложения композитных материалов, срок службы увеличивается при более высоком содержании целлюлозы в волокне.

При воздействии теплового излучения, в пододёжном пространстве специальной защитной одежды повышается температура, что может вызвать термический ожог человека. Трикотажные полотна обладают высокой воздухопроницаемостью, но их использование ограничено для пошива специальной защитной одежды от воздействия теплового излучения в виду пористой структуры. В статье [116], проводились исследования огнестойкого трикотажного полотна для получения компактной, но удобной огнестойкой одежды с максимальной воздухопроницаемостью. Исследования проводились при плотности теплового потока 40 и 61 кВт/м². По результатам исследования сделаны выводы, что модификация петельной структуры может увеличить время ожога второй степени до 30 секунд при плотности теплового потока 40 кВт/м².

Огнестойкие ткани могут быть использованы не только для пошива специальной защитной одежды, но и для обивочных тканей автомобилей. В работе [117], изучались теплофизические свойства обивочных тканей для автомобилей, изготовленных из огнестойких мета-арамидных и шерстяных обивочных тканей. Исследования проводились на двадцати восьми тканях

различного переплетения и различного вложения огнестойких мета-арамидных и шерстяных волокон по определению паропроницаемости, воздухопроницаемости и теплопроводности. Были сделаны выводы, что увеличение процентной доли мета-арамидных волокон в смеси увеличивает воздухопроницаемость. Самая высокая воздухопроницаемость у смеси содержащей в своей структуре 25% мета-арамидных волокон. Установлено, что смесь из 25% мета-арамида и 75% шерстяного волокна является оптимальным по времени остаточного горения.

Специальная защитная одежда от воздействия повышенных температур должно быть удобной и обеспечивать теплозащиту. Данные показатели по своей сути несовместимы. В статье [118], рассматривалась защитная одежда под влиянием различных факторов – плотность теплового потока, максимальная плотность и наличие воздушного пространства между тканью и датчиком. Было разработано системное уравнение для прогнозирования времени защиты на основе трехфакторной и трехуровневой модели Бокса-Бенкена для исследуемой огнезащитной ткани Nomex ША. Достоверность уравнения была проверена с использованием экспериментальных данных и оценки защиты с использованием критериев Столла. Коэффициентом корреляции уравнения составил $R^2 = 0,975$.

Увеличения термозащитных свойств пакетов многослойной защитной одежды можно добиться изменением структуры отдельного слоя. В работе [119], исследования проводились на 48-ми сотовых многослойных структурах и 4-х традиционных. Результаты исследования показывают, что разработанные сотовые структуры обладают меньшим весом, чем традиционные и более комфортны в носке. Отмечается, что толщина сердцевины играет важную роль в теплозащитных свойствах сотового многослойного материала. Данные исследования сотового многослойного материала предоставляют соответствующие рекомендации по улучшению теплозащитных свойств и снижению тепловой нагрузки за счет структурных эффектов, влияющих на передачу тепла.

Огнестойкие свойства можно придать нитям в процессе ткачества. В статье [120], рассматривается данный подход. Рассматривается создание огнезащитной

композиции на основе нанесения антипирена к хлопчатобумажной пряже на стадии шлихтования. Нанесения таких замедлителей горения как полиакриламид, борная кислота и персульфат калия позволяет получить огнестойкую ткань. Полученная ткань получается негорючей при воздействии открытого пламени, сокращается время дымообразования и коэффициент дымообразования. Отмечается, что обработка основных и уточных нитей с использованием биоразлагаемого антипирена позволяет уменьшить количество технологических операций для производства огнезащитного материала, что способствует сохранению природных ресурсов.

В работе [121], разработана огнестойкая смесовая пряжа с использованием огнестойких вискозных волокон и полиэстера. Полиэстер использовался в качестве сердцевины, а огнестойкое вискозное волокно – в качестве оплётки для повышения огнестойких свойств полученной нити. При повышении температуры, полиэстер начинает плавиться изнутри пряжи, и расплавленный полиэстер стекает к внешнему слою за счет отводящего эффекта. Далее происходит карбонизация полиметафосфатом, который образовался из негорючего вискозного волокна, при этом основным продуктом термического разложения является CO_2 .

Для создания экологически чистого замедлителя горения, который образует обугленные вещества в процессе горения и может быть легко нанесён на хлопчатобумажные ткани, ткани из полиэстера и смесовых тканей хлопок/полиэфир, в статье [122], синтезирован полимерный антипирен с фосфорно-азотным синергизмом на основе поливинилового спирта, гидрофильной полиэфирной смолы, фосфорной кислоты и дициандиамида. Полученные огнестойкие ткани исследовались на характер воспламеняемости, термическое разложение, морфологию поверхности и химическую структуру обработанных и необработанных тканей с помощью испытаний на вертикальную воспламеняемость, предельный кислородный индекс, дифференциальной сканирующей калориметрии, термогравиметрического анализа, сканирующей электронной микроскопии и инфракрасного Фурье-преобразования. На рынок антипирен был выпущен под названием Fire-off EBR.

На термозащитные свойства специальной защитной одежды влияют структура ткани. В работе [123], проводились исследования теплозащитных свойств тканей подвергаемых воздействию теплового излучения. Испытания проводились при низкой плотности теплового потока 10 кВт/м^2 , средней – 40 кВт/м^2 и высокой – 80 кВт/м^2 . В исследовании было обнаружено, что вес, толщина, термическое сопротивление и паропроницаемость влияют на защитные характеристики материала. Также данное влияние отличается для однослойных и многослойных материалов. По результатам исследования, получены математические модели множественной линейной регрессии и множественной логарифмической регрессии, которые могут быть использованы для прогнозирования теплозащитных характеристик тканей.

В статье [124], проводилось исследование огнестойкости и механизма пиролиза полиимидных волокон. Температура начала термического разложения полиимида составляет 587°C и 610°C в атмосфере азота и воздуха соответственно. При плотности теплового потока 35 и 50 кВт/м^2 , у полиимидных волокон не происходит воспламенение, воспламенение происходит при плотности теплового потока 75 кВт/м^2 , время воспламенения составляет 33 секунды, максимальная скорость тепловыделения $53,4 \text{ кВт/м}^2$. Отмечается, что трикотажное полотно легче пропускает через себя тепловое излучение, чем тканое полотно. Также отмечается, что структура волокна сохраняется при действии теплового потока, но химическая структура волокна разрушается при плотности теплового потока 75 кВт/м^2 . При температуре 700°C выделяются горючие летучие вещества (бензонитрил, анилин и фенол), которые свидетельствуют о воспламенении полиимидных волокон.

При проектировании специальной защитной одежды необходимо учитывать воздушный зазор в пододёжном пространстве. В работе [125], разработана математическая модель, которая учитывает динамическое изменение воздушного зазора в пододёжном пространстве, толщины каждого отдельного слоя одежды и количество воздуха в ткани при воздействии давления. Исследуется влияние теплового излучения и контакта с нагретой поверхностью на площадь ожога кожи

человека. Сделан вывод, что при увеличении контактной температуры и давления уменьшается размер воздушного зазора и уменьшается стойкость ткани к воздействию теплового излучения.

Увеличение количества слоёв в специальной защитной одежде позволяет увеличить термозащитные свойства одежды при контакте с нагретой поверхностью. В статье [126] установлено, что конструктивные особенности и свойства тканей являются ключевыми факторами, влияющими на её теплозащитные свойства. Отмечается, что более толстая термоподкладка в многослойном пакете одежды приводит к более высоким термозащитным характеристикам. На эксплуатационные характеристики минимальное влияние оказывает воздухопроницаемость, существенное влияние – вес, толщина и термостойкость. По исследованию сделаны выводы, что теплообмен зависит от шероховатости поверхности и тепловых свойств (теплопроводность, плотность и удельная теплоемкость). Отмечается, что теплоотдача постепенно уменьшается по толщине ткани, что может существенно повлиять на теплозащитные характеристики.

Для увеличения огнестойкости тканей из полиэфира, в работе [127], был разработан биоккомпозит из волокон кокосового ореха и волокон полиэфира. Использование кокосовых волокон значительно снизило скорость выделения тепла и время воспламенения по сравнению с чистым полиэстером. Электронная микроскопия использовались для изучения морфологического состояния поверхности волокон. Также был проведен термогравиметрический анализ для изучения влияния модификации на термическую стабильность композита из кокосовых и полиэфирных волокон при более высоких температурах.

В процессе эксплуатации специальная защитная одежда может многократно подвергаться воздействию теплового излучения. В статье [128], исследуется влияние на теплозащитные показатели одежды при интенсивном тепловом режиме. Исследовалось влияние на массу, толщину, термическую усадку, прочность на разрыв и теплозащитные свойства одежды. Отмечается, что повторные тепловые воздействия приводят к постоянному снижению

механических характеристик тканей и теплозащитных характеристик тканей. У ткани Nomex IIIA происходит термическая усадка, которая увеличивает толщину ткани и уменьшает размер воздушного зазора в пододёжном пространстве, что увеличивает термозащиту.

В работе [129], разрабатывается математическая модель передачи тепла в специальной защитной одежде, подвергающейся воздействию низкой плотности теплового потока, с целью нахождения оптимальных теплозащитных характеристик и комфорта. Для прогнозирования ожогов первой и второй степени, модель передачи тепла через многослойную защитную одежду была сопряжена с моделью теплообмена в коже. Для численного прогнозирования получения ожогов используется уравнение Энрикеса. Были сделаны выводы, что даже при низкой плотности теплового излучения требуется типичная трехслойная теплозащитная одежда для защиты человека от ожогов кожи.

Выводы по главе 1

1. Основные требования по безопасности специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур изложены в Техническом Регламенте Таможенного Союза 019 принятого в 2011.

2. Определена важность исследования теплофизических свойств при проектировании одежды для защиты от повышенных температур. Наиболее существенными характеристиками теплофизических свойств являются определение огне- и термостойкости.

3. На основе анализа рисков определена область возможных факторов, которые могут влиять на жизнь и здоровье людей при воздействии повышенных температур.

4. Имеется достаточно большое количество работ, посвящённых определению теплофизических свойств материала, но не рассматривается поведение материала в экстремальных условиях. Для характеристики огне- и термостойких свойств необходимо производить дальнейшую разработку и усовершенствование методик определения защитных свойств материала.

5. На основе литературных данных можно сделать вывод, что методы определения теплофизических свойств требуют усовершенствования с целью получения достоверных результатов, характеризующих возможность повышения защитных свойств специальной одежды и материалов для её изготовления.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

2.1 Выбор объектов исследования

Для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур используются ткани различного сырьевого состава. В таблице 1 представлены материалы для изготовления специальной одежды металлурга и защиты от общих производственных загрязнений (ОПЗ), выбранные для проведения исследований. Ткани представлены отечественными и зарубежными производителями [130-134].

Таблица 1 – Ткани для специальной защитной одежды

Название материала	1. Лицей 250/3	2. FRall 440	3. FRall 330	4. FlameFort W-280	5. FlameFort 210A	6. TenCateTec asafePlus
Сырьевой состав	50% Вискозное волокно, 50% Полиэфир- ное волокно	100% Хлопок	100% Хлопок	100% Арамид	100% Арамид	51% Модакрил, 43% Вискозное волокно, 5% Параамид, 1% Ангистати-ческая нить
Переплетение	Саржевое	Атласное	Сатиновое	Атласное	Саржевое	2/1 твил
Ширина ткани, см	151,9	150,8	152,0	150,5	150,4	151,2
Поверхностная плотность, г/м ²	235,5	455,1	343,3	284,4	221,6	245,5
Количество нитей на 10 см (основа/уток)	280 / 264	300 / 190	374 / 222	352 / 228	310 / 216	304 / 246
Фирма производитель, страна	Чайковский текстиль, Россия	Чайковский текстиль, Россия	Чайковский текстиль, Россия	Чайковский текстиль, Россия	Чайковский текстиль, Россия	TenCate Corporate, Нидерланды
Отделка *	–	То	То НМВО	НМВО	НМВО	То МВО
Назначение	Защита от ОПЗ	Спецодежда металлурга	Спецодежда металлурга	Спецодежда металлурга	Спецодежда металлурга	Защита от ОПЗ

* То – огнезащитная пропитка; МВО – маслостойкая пропитка; НМВО – нефтемаслостойкая пропитка

На территории Российской Федерации, большой объём специальной защитной одежды изготавливается из тканей производства "Чайковского текстиля" [135]. Компания является лидером по производству тканей и представляет широкий ассортимент различного назначения: для защиты от общих производственных загрязнений; нефтяной и газовой промышленности; энергетики; металлургической промышленности; атомной промышленности; химической промышленности; медицины, сервиса и пищевой промышленности.

Выбор тканей для производства специальной одежды металлурга обусловлен тем, что данные ткани широко используются при производстве одежды для защиты от повышенных температур. Специальная одежда для защиты от общих производственных загрязнений должна иметь минимальную защиту от повышенных температур, так как на производстве есть риск возникновения таких воздействий. Для защитных тканей от ОПЗ, повышенные температуры являются экстремальным воздействием.

2.2 Выбор определяющих показателей качества тканей для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур (экспертным методом)

Для выбора определяющих показателей качества использовался экспертный метод [136]. Экспертная оценка проходит в четыре этапа: подготовительный, работа рабочей группы, работа экспертной группы и заключительный.

В самом начале определяется структура и состав экспертной группы, и ставятся цели оценки качества. Обычно группа состоит из нескольких человек. Экспертами выступали преподаватели кафедры материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина и ведущие специалисты в области средств индивидуальной защиты.

Сущность метода экспертной оценки заключается в том, что группе даётся заранее подготовленная анкета. Анкета состоит из определённых показателей, которые оценивают эксперты на основе своего субъективного мнения.

Были составлены анкеты по различным показателям качества и безопасности. После того как были получены все оценки от экспертной группы, производится обработка полученных данных. В результате обработки анкет к наиболее значимым показателям относятся:

1. Защитные показатели – раздирающая нагрузка, масло- и нефтеотталкивание, водоупорность, водоотталкивание, огнестойкость, стойкость к прожиганию, ограниченное распространение пламени, индекс передачи теплового излучения, показатель передачи тепла при воздействии пламени, пороговое время при контактной теплопередаче;

2. Гигиенические показатели – воздухопроницаемость, гигроскопичность;

3. Эксплуатационные показатели – поверхностная плотность, количество нитей, разрывная нагрузка и удлинение, стойкость к истиранию по плоскости и по методу Мартиндейла, изменение размеров после мокрой обработки, устойчивость окраски.

Для выяснения согласованности мнений экспертов рассчитывают коэффициент конкордации. Считается, что коэффициент конкордации больше 0,50 свидетельствует о значимой согласованности мнений экспертов.

Для защитных показателей коэффициент конкордации составляет 0,72, для гигиенических показателей –0,65 и для эксплуатационных показателей –0,74.

2.3 Методики определения показателей качества тканей для специальной защитной одежды

Испытания по определению показателей качества тканей проводились в Научно-испытательном центре "ШЕЛК" Учреждения "Центр "СКС". Все испытания проводились по стандартным методикам на поверенных средствах измерения и аттестованном оборудовании. В таблице 2 представлена нормативная документация различных показателей качества и безопасности.

Таблица 2 – Стандарты на методы испытаний показателей качества и безопасности

Наименование показателей качества	Нормативная документация на методы испытаний
Стандартные климатические условия для кондиционирования и проведения испытаний	ГОСТ Р ИСО 139-2007 [137]
Сырьевой состав	ГОСТ Р 56561-2015 [138], ГОСТ ИСО 1833-2001 [139], ГОСТ ИСО 5088-2001 [140]
Ширина ткани	ГОСТ 3811-72 [141]
Поверхностная плотность	ГОСТ 3811-72
Количество нитей на 10 см	ГОСТ 29104.3-91 [142]
Разрывная нагрузка ткани	ГОСТ 3813-72 [143]
Разрывное удлинение ткани	ГОСТ 3813-72
Раздирающая нагрузка ткани	ГОСТ 3813-72
Стойкость к истиранию по плоскости	ГОСТ 18976-73 [144]
Стойкость к истиранию по методу Мартиндейла	ГОСТ Р ИСО 12947-1-2011 [145]
Воздухопроницаемость	ГОСТ 12088-77 [146]
Методы бытовой стирки и сушки	ГОСТ 6330-99 [147]
Гигроскопичность	ГОСТ 3816-81 [148]
Изменение размеров после мокрых обработок	ГОСТ 30157.0-95 [149], ГОСТ 30157.0-95 [150]
Устойчивость окраски к различным воздействиям (к свету, стиркам, дистиллированной воде, "поту", глажению, органическим растворителям, трению)	ГОСТ 9733.0-83 [151], ГОСТ 9733.3-83 [152], ГОСТ 9733.4-83 [153], ГОСТ 9733.5-83 [154], ГОСТ 9733.6-83 [155], ГОСТ 9733.7-83 [156], ГОСТ 9733.13-83 [157], ГОСТ 9733.27-83 [158]
Маслоотгаливание	ГОСТ 11209-2014 [159]
Нефтеотгаливание	ГОСТ 11209-2014
Водоупорность	ГОСТ 3816-81
Водоотгаливание	ГОСТ 3816-81
Огнестойкость	ГОСТ 11209-2014
Стойкость к прожиганию	ГОСТ 12.4.184-97 [160]
Ограниченное распространение пламени	ГОСТ ISO 15025-2019 [161]

Наименование показателей качества	Нормативная документация на методы испытаний
Индекс передачи теплового излучения	ISO 6942:2002 [162], ГОСТ Р ИСО 6942-2007 [163], ГОСТ ISO6942-2011 [164]
Показатель передачи тепла при воздействии пламени	ISO 9151:2016[165], ГОСТ Р ИСО 9151-2007 [166] ГОСТ ISO9151-2021 [167]
Пороговое время при контактной теплопередаче	ISO12127:2015[168], ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 [169] ГОСТ ISO12127-1-2021 [170]

Отдельные методики и оборудование для определения теплофизических свойств требуют существенных доработок с целью получения достоверных и воспроизводимых результатов. Необходимо рассмотреть прибор и методику по определению теплофизических свойств.

2.4 Прибор для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию источников теплового излучения

ISO 6942:2002 является международным стандартом. ГОСТ Р ИСО 6942-2007 является национальным стандартом РФ, полученным путём перевода ISO 6942:2002 и действующим на территории России. На территории Евразийского экономического союза действует межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 6942-2011. Для испытаний по ISO 6942:2002 используются различные приборы. На рынке представлены решения от фирм Метротекс [171], Wazau [172] и CleverLab [173]. Обзор оборудования проводился в статье [174]. В таблице 3 представлены технические характеристики стенда Метротекс МТ 265.

Таблица 3 – Технические характеристики стенда Метротекс МТ 265

Источник теплового излучения: – Общая длина стержней, мм – Длина нагревающей части, мм – Диаметр стержней, мм – Сопротивление электрическому току при 1070°C, Ом	6 нагревательных стержней из карбида кремния 356 ± 2 178 ± 2 7,9 ± 0,1 3,6 ± 10%
Диапазон создаваемой плотности теплового потока, кВт/м ²	5 – 120
Усиление натяжения образца, Н	2 ± 0,04
Масса медной платины, кг Теплопроводность меди, кДж/(кг·°C)	0,036 0,385
Питание от сети переменного тока, В	220В ± 10%
Габаритные размеры, не более, мм: – Стенда – Измерительного блока – Стабилизатора напряжения	1200 x520x720 450x100x220 245x525x365
Масса, не более, кг: – Стенда – Измерительного блока – Стабилизатора напряжения	50 15 33

На рисунке 1 представлена схема стенда Метротекс МТ 265.

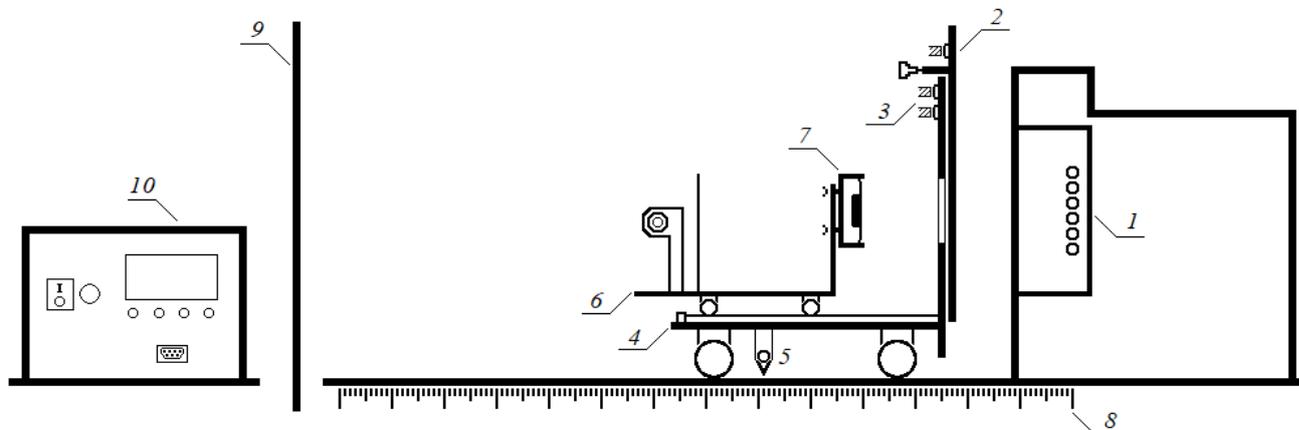


Рис. 1. Схема стенда для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию источника теплового излучения Метротекс МТ 265 (1 – источник теплового излучения; 2 – защитный экран; 3 – шланги водяного охлаждения защитного экрана; 4 – тележка; 5 – стопор тележки; 6 – каретка с держателем образца; 7 – калориметр; 8 – линейка; 9 – защитный экран; 10 – измерительный блок)

Стенд установлен на плоскую ровную поверхность, над ним установлена вытяжка. На основании прибора установлена рама с защитной шторкой из ткани из стекловолокна, источник теплового излучения 1 состоит из шести нагревательных стержней из карбида кремния (SiC), установленных горизонтально в одной вертикальной плоскости в U-образной раме, рама изготовлена из изолирующего негорючего материала. Источник теплового излучения закрыт защитным корпусом. Шесть стержней разделены на две группы, в каждой группе три стержня соединены последовательно. Каждая из двух групп подключена к источнику питания 220 В.

Правильность работы источника теплового излучения можно проверить инфракрасным пирометром, измеряя температуру нагревательных стержней. Рабочая температура нагревательных стержней составляет 1100°C.

На основании прибора установлены рельсы и металлическая линейка 8. На рельсы установлен испытательный блок, который состоит из тележки 4 и каретки с держателем образца 6. По линейке 8 измеряется расстояние d между источником излучения 1 и калориметром 7, установленным на каретке. Нулевая точка линейки расположена на линии размещения источника теплового излучения, расстояние d измеряется до положения флажка, расположенного на тележке 4. Фиксатор 5 тележки закрепляет установленное положение.

На вертикальной панели тележки расположено окно для проникновения теплового излучения на испытуемый образец. Также для закрытия окна на панели установлен защитный экран 2. Защитный экран перемещается на панели с помощью направляющих и ручки на самом экране. К защитному экрану шлангами 3 подключена подача воды, для обеспечения охлаждения защитного экрана.

На каретку 6 устанавливается держатель с образцом. На верхней части держателей нанесены обозначения А и Б соответствующие методу испытания. Держатели сделаны из стальных листов толщиной 2 мм и крепятся на алюминиевой пластине толщиной 10 мм при помощи барашковых гаек. Держатель образца для метода А имеет более широкие боковые пластины по

сравнению с держателем для метода Б. Кроме того, на держателе для метода Б крепится калориметр в нужном положении.

Калориметр – изогнутая медная пластина из листа меди чистотой не менее 99%, толщина пластины 1,6 мм, размером (50,0 x 50,3) мм. Пластина согнута в дугу радиусом 130 мм по длинной стороне. Длина хорды примерно составляет 50 мм. Медная пластина предварительно взвешена и её масса должна быть 35,9 – 36,0 грамм.

На задней стороне медной пластины установлена термопара, выходное напряжение в милливольтках которой должно соответствовать стандарту МЭК 60584-1 [175]. Диаметр соединительных проводов не должен превышать 0,26 мм, два провода термопары припаяны к центру медной пластины с использованием наименьшего количества припоя. Защита провода должна быть обеспечена по всей длине соприкосновения провода и пластины.

Калориметр помещён в монтажный блок размером (90 x 90) мм изготовленного из негорючего теплоизоляционного материала толщиной 25 мм. Плотность материала плиты составляет (750 ± 50) кг/м³, а теплопроводность $0,18$ Вт/(м·К) $\pm 10\%$.

На рисунке 2 представлена схема монтажного блока калориметра.

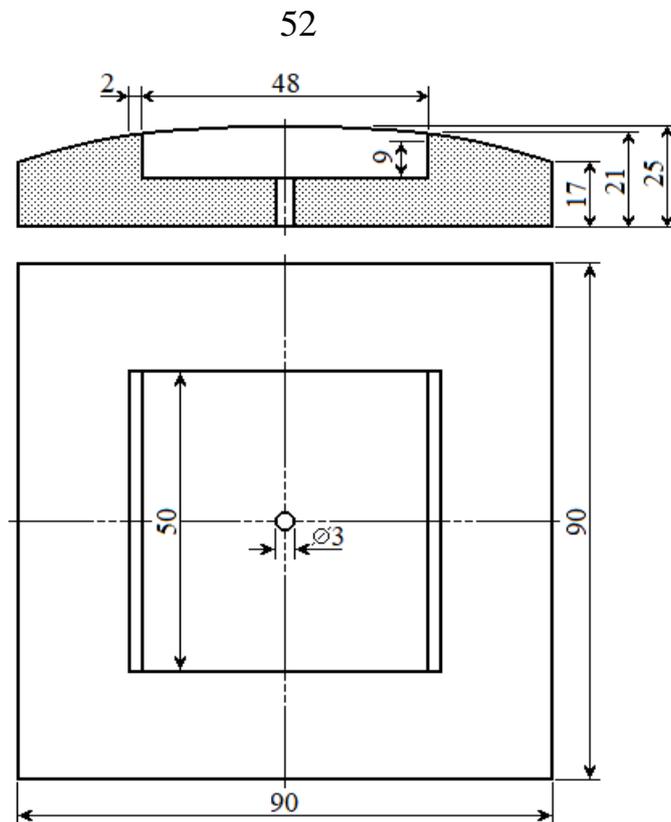


Рис. 2. Схема монтажного блока калориметра

Поверхность калориметра покрыта тонким слоем чёрной оптической краски с коэффициентом поглощения не менее $\alpha=0,90$. Краску необходимо удалять растворителем и наносить новый слой через каждые 20 испытаний или если на поверхности калориметра с краской образуется налёт гари.

При размещении испытательного стенда необходимо учитывать отсутствие воздушных и тепловых потоков, которые могут повлиять на достоверность результатов. Для предотвращения влияния могут быть использованы воздухоотражатели или защитные экраны.

За изолирующим от действия теплового потока защитным экраном 9 установлен измерительный блок 10 (Рисунок 3), который подключён к стабилизатору напряжения серии НСН-0222 модель UNIVERSAL.



Рис. 3. Измерительный блок станда Метротекс МТ 265

На передней панели измерительного блока (Рисунок 3) расположены:

- Индикатор ЖКИ для вывода информации об испытании;
- Выключатель "ВКЛ/ВЫКЛ" для включения и выключения станда;
- Кнопка "АВАРИЯ" для экстренной остановки испытательного оборудования;
- Кнопки "МЕНЮ", "ВЫХОД", "СТАРТ" и "СТОП" для управления процессом испытания;
- Разъём "ВХОД" для подключения кабеля калориметра;
- Разъём "COM-PORT" для подключения к компьютеру.

Измерительный блок соединяется кабелем с источником теплового излучения 1 и стабилизатором напряжения.

Для устранения ряда недостатков и обеспечения повышения точности и воспроизводимости результатов, а также для увеличения производительности в приборе были произведены отдельные конструктивные изменения.

2.5 Усовершенствования прибора для определения теплофизических свойств

Усовершенствованию был подвергнут испытательный блок – тележка 4 и каретка с держателем образца 6. Для обеспечения увеличенного диапазона воздействия теплового излучения, тележка была установлена на рельсы, для регулирования расстояния от источника теплового излучения 1. На тележке около рельс установлен фиксатор 5 для предотвращения перемещения тележки во время испытания и указатель, показывающий расстояние d от источника теплового излучения.

При предварительной калибровке, на линейке было отмечено расстояние необходимое для обеспечения плотности теплового потока 20 кВт/м^2 соответствующее требованиям стандарта ГР ТС 019/2011. Были проведены дополнительные калибровки для нахождения расстояний, обеспечивающих повышенную плотность теплового потока. На линейку были нанесены расстояния необходимые для обеспечения плотности теплового потока до 100 кВт/м^2 с шагом в 10 кВт/м^2 .

Усовершенствованию была подвергнута скоба с тросиком и грузом. Металлический тросик припаян к скобе и грузу. Для придания надёжности конструкции, было принято решения о замене тросика на термостойкую нить. Общая масса скобы и грузика до и после усовершенствования осталась прежней. Данное усовершенствование позволяет изменять массу предварительного натяжения 2 Н в зависимости от поверхностной плотности испытуемого материала.

Испытательный стенд МТ 265 был дополнительно оснащён компрессором Зубр Мастер ЗКП-190-24-1.5-Н4 для подачи сжатого воздуха и воздушным пистолетом, соединённым шлангом с компрессором. На рисунке 4 представлены эффективности различных видов охлаждения.

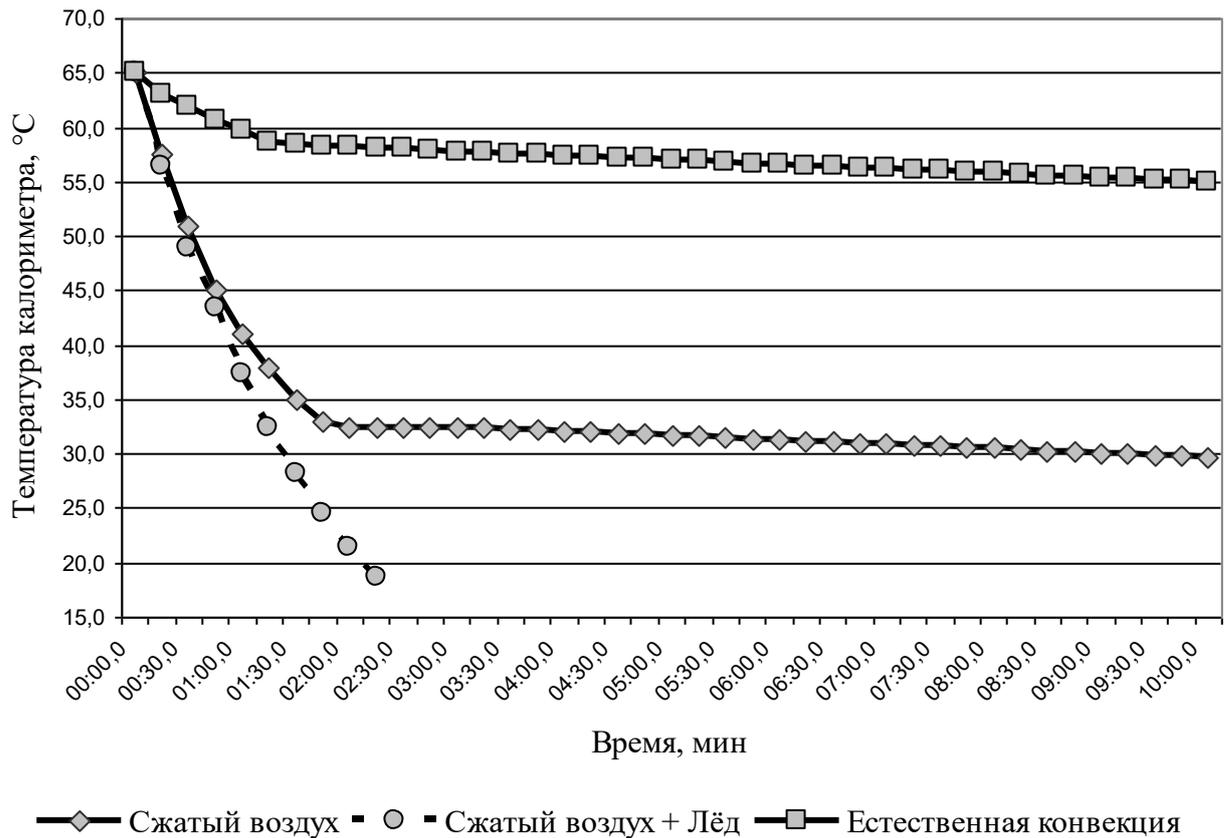


Рис. 4. Эффективность различных видов охлаждения

Использование направленной струи сжатого воздуха и льда обеспечивает интенсивное охлаждение нагретого калориметра и существенно сокращает время между испытаниями, что обеспечивает достоверность и повторяемость результатов. Также это позволяет увеличить количество испытаний за один рабочий день.

Охлаждение с помощью сжатого воздуха и льда необходимо проводить ниже комнатной температуры для обеспечения достаточного времени на заправку испытуемого образца.

Испытательный блок, состоящий из каретки с держателем образца 6 и тележки 4, расположенный за защитным экраном 2, находится в зоне действия теплового излучения. Каретка, установленная на рельсы в тележке, является несъемной и имеет ограниченное расстояние движения от защитного экрана, что усложняет процесс заправки образца и охлаждения калориметра. В целях

улучшения техники безопасности был снят стопор на рельсах, чтобы тележка стала съёмной.

Также на рабочем месте установлена обязательная вытяжка над прибором.

Дальнейшим усовершенствованиям необходимо подвергать защитный экран 2 на тележке и систему его охлаждения.

2.6 Методика проведения испытаний по определению теплофизических свойств

По ГОСТ Р ИСО 6942-2007, испытания по определению теплофизических свойств текстильного материала или пакетов одежды проводятся в помещении с температурой 15–35°C и не позднее трёх минут после окончания кондиционирования точечных проб в стандартных климатических условиях по ГОСТ Р ИСО 139-2007. Калориметр охлаждается до комнатной температуры $\pm 2^\circ\text{C}$ перед каждым последующим испытанием.

Перед испытаниями проводится калибровка требуемого уровня плотности теплового потока. По ГОСТ Р ИСО 6942-2007 плотности тепловых потоков классифицируются:

- 5 – 10 кВт/м² (Низкие);
- 20 – 40 кВт/м² (Средние);
- Свыше 80 кВт/м² (Высокие).

В ГОСТ Р ИСО 6942-2007 не определен диапазон 40 – 80 кВт/м², что должен соответствовать плотности теплового потока "выше среднего".

По ТР ТС 019/2011 для индекса передачи теплового излучения (Radiant Heat Transfer Index) плотностью теплового потока 20 кВт/м² установлен норматив не менее 8 секунд.

Для начала проведения испытаний, переключатель стабилизатора напряжения переводится в верхнее положение "ВКЛ" и по окончании пятисекундного отсчёта также переводится переключатель измерительного блока 10 в верхнее положение "ВКЛ".

После включения стабилизатора напряжения и измерительного блока, калориметр 7 подключается к разъёму "Вход" на измерительном блоке. Включается вытяжка и подача воды на защитный экран 2. Держатель образца Б с калориметром устанавливается на каретку 6 и фиксируется с помощью четырёх барашков. Метка на держателе должна быть сверху. Каретка с калориметром устанавливается на тележку 4, защитный экран 2 закрыт. На измерительном блоке нажимается кнопка "Стоп" для начала прогрева источника теплового излучения 1.

После прогрева источника теплового излучения в течение 60 минут можно переходить к калибровке. На измерительном блоке дважды нажимается кнопка "Меню" для перехода в режим калибровки. Ослабив фиксатор тележки 5, её устанавливают на необходимое расстояние d от источника теплового излучения с помощью металлической линейки 8, которая закреплена на основании стенда. Тележка 4 фиксируется на месте с помощью фиксатора 5.

Нажимается кнопка "Старт" и отодвигается передвижной защитный экран 7. После подъёма температуры на 30°C на экране отобразится значение затраченного времени, скорости подъёма температуры R и значение плотности падающего теплового потока Q_0 . После отображения значений необходимо незамедлительно закрыть окно защитным экраном во избежание повреждения калориметра. Каретка с калориметром снимается с тележки, и калориметр охлаждается до комнатной температуры $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Значение Q_0 рассчитывается в автоматическом режиме по формуле 1:

$$Q_0 = \frac{MC_p \cdot R}{A\alpha}, \quad (1)$$

где M – масса медной пластины, кг;

C_p – удельная теплоёмкость меди, равная $0,385 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

R – скорость подъёма температуры калориметра на линейном участке, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$;

A – площадь медной пластины, м^2 ;

α – коэффициент поглощения зачернённой поверхности.

Если полученное значение Q_0 отличается от требуемой на $\pm 2\%$, то необходимо произвести калибровку заново. Если после трёх циклов калибровки получены необходимые значения Q_0 , то необходимо зарегистрировать полученные данные калибровки и перейти к испытанию. В таблице 4 приведены значения калибровок.

Таблица 4 – Результаты калибровок для плотности теплового потока 20 кВт/м²

Плотность теплового потока Q_0 , кВт/м ²	Время подъёма температуры, с
20,0	6:14
19,9	6:16
20,1	6:11

ISO 6942:2002 нормирует два метода – метод А– качественный (изменение внешнего вида под действием теплового излучения) и метод В– количественный (определение теплофизических свойств материала). Держатель образца по методу В отличается от аналогичного держателя по методу А наличием калориметра.

Для проведения испытаний из исследуемого образца вырезается точечная проба с лицевой стороны размером (230 x 80) мм. Для метода А необходима одна точечная проба, для метода В – три. Для неоднородных образцов для А – три и для В – пять. Точечная проба для пакетов одежды должна соблюдать порядок слоёв.

Точечные пробы перед испытанием выдерживаются в стандартных климатических условиях не менее 24 часов при температуре окружающей среды $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 2)\%$.

С обоих концов точечной пробы с помощи степлера или металлических игл крепятся брезентовые ленты–держатели. Кулилка с длинной брезентовой лентой надевается на стойку. В кулиску с короткой брезентовой лентой вставляется скоба с тросиком и грузом 2 Н. Тросик с грузом направляется по ролику, расправляя образец в держателе образца. Также груз не должен касаться поверхности ролика. На рисунке 5 изображена заправка точечной пробы в держатель образца.

По методу А после установки точечной пробы в держатель образца, необходимо установить каретку 6 на тележку 4 и подвести каретку с держателем

образца вплотную к окну вертикальной стойки. Отодвинуть защитный экран 2 и оставить его открытым на необходимое время.

После выдерживания точечной пробы под действием теплового излучения необходимо закрыть окно защитным экраном, снять каретку с тележки, удалить испытуемый образец и осмотреть его на наличие изменения внешнего вида. К ним относят: изменение цвета, обугливание или выпадение в осадок, разрыв образца, расплавление, усадка, сублимация.

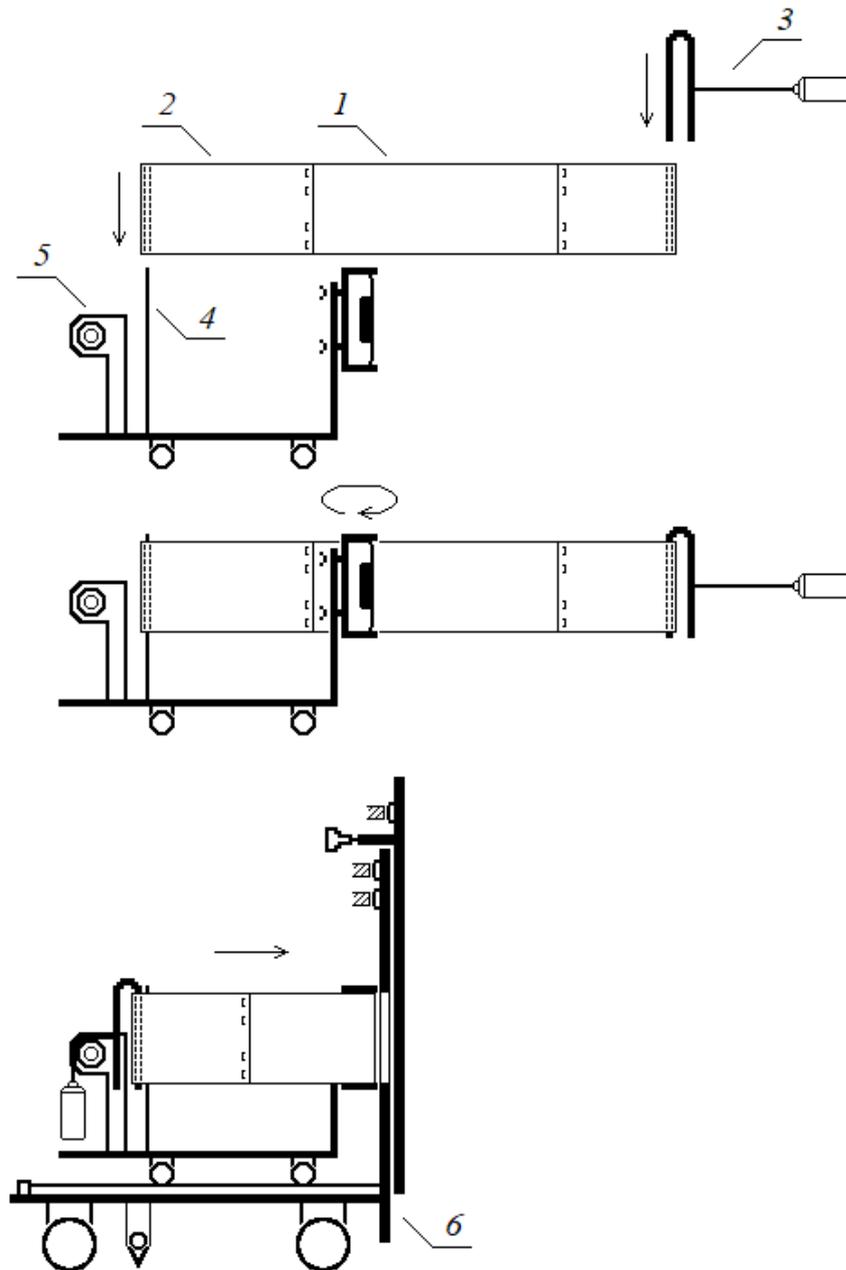


Рис. 5. Заправка точечной пробы в держатель образца (1 – точечная проба; 2 – брезентовая лента; 3 – скоба с тросиком и грузом 2 Н; 4 – стойка; 5 – ролик; 6 – тележка)

Для проведения испытаний по методу В после калибровки необходимо вернуться к начальному экрану двойным нажатием "Выход" и нажать "Старт", чтобы перейти к режиму испытаний. Точечная проба устанавливается в держатель образца с калориметром, далее каретка б с образцом устанавливается в тележку 4 и подводится к окну вертикальной стойки.

На измерительном блоке нажимается кнопка "Старт" и отодвигается защитный экран 2. На измерительном блоке 10 будет выводиться время необходимое для подъёма температуры на $12,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ (T_{12}) и на $24,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (T_{24}). После завершения отсчёта времени необходимо незамедлительно закрыть окно защитным экраном, чтобы не повредить калориметр.

Каретка снимается с тележки, точечная проба снимается с держателя и калориметр проверяется на наличие загрязнения. Если у калориметра нет необходимости производства обслуживания, то калориметр охлаждается до комнатной температуры $\pm 2^\circ\text{C}$ и испытания продолжаются.

Для индекса передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ считается среднее время T_{24} , необходимое для подъёма температуры калориметра на $(24,0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$ с точностью до одной десятой секунды.

Плотность пропущенного теплового потока Q_c рассчитывается в автоматическом режиме из полученных значений T_{12} и T_{24} и выводится на экране измерительного блока, а также может быть рассчитана по формуле 2:

$$Q_c = \frac{MC_p \cdot 12}{A(t_{24} - t_{12})}, \quad (2)$$

где M – масса медной пластины, кг;

C_p – удельная теплоёмкость меди, равная $0,385 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

$\frac{12}{(t_{24} - t_{12})}$ – средняя скорость подъёма температуры калориметра на отрезке

между значениями 12°C и 24°C , $^\circ\text{C}/\text{с}$;

A – площадь медной пластины, м^2 .

По ГОСТ Р ИСО 6942-2007, коэффициент теплопередачи (Heat Transmission Factor) рассчитывается из полученных значений Q_c и Q_0 по формуле 3:

$$TF(Q_0) = \frac{Q_c}{Q_0}, \quad (3)$$

где Q_c – плотность пропущенного теплового потока, кВт/м²;

Q_0 – плотность падающего теплового потока, кВт/м².

2.7 Усовершенствование методики проведения испытаний по определению теплофизических свойств

Усовершенствованию была подвергнута методика проведения испытания ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Метод А. Данный метод используется только для визуальной оценки изменения внешнего вида образца. Для количественной оценки изменения свойств материала после теплофизического воздействия необходимо изменить размер точечной пробы для дальнейшего испытания по ГОСТ 3813-72. Также необходимо заготавливать увеличенное количество точечных проб – десять по основе и десять по утку – по пять с каждой системы нитей для проведения испытаний по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и по пять с каждой системы нитей для определения исходной разрывной нагрузки и удлинения по ГОСТ 3813-72. Для проведения испытаний из исследуемого образца вырезается точечная проба с лицевой стороны размером (310 x 80) мм, для разрывной нагрузки – (310 x 60) мм.

Также необходимо изменять груз предварительного натяжения по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Метод А, чтобы он соответствовал требованиям ГОСТ 3813-72. Усовершенствование тросика с грузом позволяют реализовать это.

Необходимо внести в стандарт направление раскроя образцов по длине и ширине, что является важным для трикотажных полотен.

Индекс передачи теплового излучения (Radiant Heat Transfer Index) по Техническому Регламенту ТР ТС 019/2011 нормируется только для плотности теплового потока 20 кВт/м², норма составляет не менее 8 секунд. Целесообразно

внести в Технический Регламент нормативные значения для тепловых потоков плотностью 40, 60 и 80 кВт/м² и защитных уровней представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Предлагаемые нормативные показатели индекса передачи теплового излучения RHTI (Q_0) для тепловых потоков повышенной плотности

Плотность теплового потока, кВт/м ²	20	40	60	80
Время необходимое на подъём температуры калориметра на 24°C, не менее, с	8	5	4	3
Защитный уровень	I	II	III	IV

2.8 Прибор для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию открытого пламени

Для испытаний по ISO9151:2016 используется прибор от фирмы Метротекс [176]. На рисунке 6 представлена схема стенда Метротекс МТ 285.

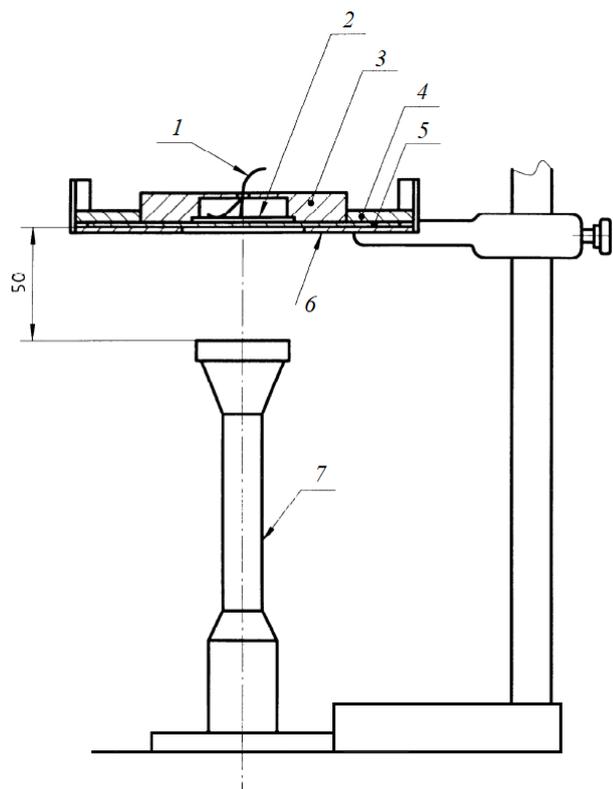


Рис. 6. Схема прибора для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию открытого пламени Метротекс МТ 285 (1 – провода термопары; 2 – калориметр; 3 – монтажный блок калориметра; 4 – установочная пластина калориметра; 5 – образец; 6 – опорная рама для образца; 7 – газовая горелка)

Для проведения испытаний, заготавливаются не менее трёх точечных проб по лицевой стороне разметом (140x 140) мм. Точечные пробы перед испытанием выдерживаются в стандартных климатических условиях по ГОСТ Р ИСО 139-2007 не менее 24 часов.

Перед испытаниями проводится калибровка для обеспечения плотности теплового потока от открытого пламени 80 кВт/м². Плотность теплового потока Q вычисляется по формуле 4:

$$Q = \frac{M c_p \cdot R}{A}, \quad (4)$$

где M – масса медного диска, кг;

c_p – удельная теплоёмкость меди, равная 0,385 кДж/(кг·°C);

R – скорость подъёма температуры диска на линейном участке, °C/с;

A – площадь диска, м².

Полученная плотность теплового потока Q должна отличаться от 80 кВт/м² не более чем на ±5% при трёх последовательных калибровках.

По ГОСТ Р ИСО 9151-2007 показатель передачи тепла при воздействии пламени (Heat Transfer Index (Flame)) – среднее значение времени T_{24} , необходимое для подъёма температуры медного диска массой (18,00±0,05) грамм при исходной температуре (25,0±5,0)°C на (24,0±0,2)°C с точностью до ближайшего целого числа.

2.9 Прибор для определения порогового времени при контактной теплопередаче материала методом нагревательного цилиндра

Для нахождения порогового времени при контактной теплопередаче используется стандартное испытательное оборудование – прибор для испытания материала методом нагревательного цилиндра НЦ-1 [177]. На рисунке 7 представлена схема прибора НЦ-1.

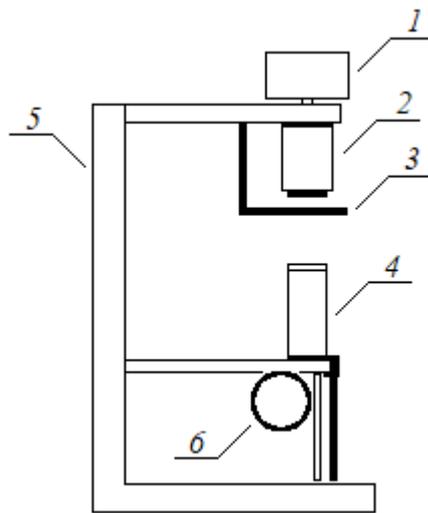


Рис. 7. Схема прибора для испытания материала методом нагревательного цилиндра НЦ-1 (1 – дополнительный груз; 2 – нагревательный цилиндр с изоляцией; 3 – защитный экран; 4 – калориметр; 5 – опорная рама; 6 – электродвигатель)

Сущность метода ISO 12127-1:2015 заключается в контакте испытуемого образца с разогретым цилиндром 2. Нагревательный цилиндр разогревается до необходимой температуры, которая остаётся на необходимом уровне всё время испытаний. Испытуемый образец располагается на калориметре 4. Испытание проходит при опускании с постоянной скоростью нагревательного цилиндра либо при подъёме калориметра к цилиндру.

Контактная поверхность нагревательного цилиндра с диаметром $(25,20 \pm 0,05)$ мм должна быть изготовлена из жаропрочного металла, температура плавления которого превышает 500°C . Цилиндр должен быть заземлён. К цилиндру прикреплён датчик температуры для контроля уровня температуры. Цилиндр помещён в негорючий теплоизоляционный материал с открытой нижней частью.

Калориметр 4 представляет собой диск, соответствующий диаметру нагревательного цилиндра $(25,20 \pm 0,05)$ мм и толщиной $(5,00 \pm 0,02)$ мм. Калориметр должен быть заземлён и установлен в опоре, состоящей из

полимерного полиамидного 66 материала. На нижней части калориметра установлен датчик температуры.

Торцы калориметра и нагревательного цилиндра находятся на одной линии и параллельны друг другу. Должна быть обеспечена постоянная скорость ($5,0 \pm 0,2$) мм/с опускания нагревательного цилиндра к калориметру или подъёма калориметра к цилиндру. Предварительная нагрузка при контакте должна составлять ($49,0 \pm 0,5$) Н.

Испытания по определению контактной теплопередачи материала проводятся в помещении с температурой (20 ± 5)°С, относительной влажностью 15 – 80% и не позднее трех минут после окончания кондиционирования точечных проб. Во время испытаний допускается отклонение температуры калориметра от комнатной температуры на ± 2 °С.

Для проведения испытаний из исследуемого образца вырезается не менее трёх точечных проб с лицевой стороны диаметром 80 мм и выдерживаются в кондиционных условиях не менее 24 ч при температуре окружающей среды (20 ± 2)°С и относительной влажности воздуха (65 ± 5)%.

На калориметр устанавливается точечная проба, отодвигается защитный экран и запускается подъём калориметра до контакта с нагревательным цилиндром. На расстоянии 10 мм друг от друга начинается отсчёт времени. Отсчёт времени останавливается после подъёма температуры калориметра на ($10 \pm 0,1$)°С.

Выводы по главе 2

1. На основании экспертного опроса определены наиболее значимые показатели качества и безопасности: раздирающая нагрузка, масло- и нефтеотталкивание, водоупорность, водоотталкивание, огнестойкость, стойкость к прожиганию, ограниченное распространение пламени, индекс передачи теплового излучения, показатель передачи тепла при воздействии пламени, пороговое время при контактной теплопередаче, воздухопроницаемость, гигроскопичность, поверхностная плотность, количество нитей, разрывная нагрузка и удлинение, стойкость к истиранию по плоскости и по методу Мартиндейла, изменение размеров после мокрой обработки, устойчивость окраски.

2. Коэффициент конкордации для защитных показателей составил 0,72, для гигиенических показателей –0,65 и для эксплуатационных показателей –0,74, что говорит о хорошей согласованности мнений экспертов.

3. Проведено усовершенствование прибора Метротекс МТ 265 для испытания материала и пакетов материала, подвергаемых воздействию источников теплового излучения.

4. Усовершенствована методика по проведению испытаний по ГОСТ Р ИСО 6942-2007.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

3.1 Структурные, функциональные, защитные и потребительские свойства тканей

Для исследуемых текстильных материалов были проведены испытания по определению фактических значений показателей качества и безопасности.

Перед испытаниями, все исследуемые точечные пробы образцов выдерживались при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 2)\%$ не менее 24 часов.

Разрывная нагрузка – физико-механический показатель качества ткани, характеризуется максимальным усилием, которое выдерживает ткань перед разрушением. Разрывным удлинением считается удлинение в момент разрыва. На рисунке 8 и 9 представлены гистограммы разрывной нагрузки и удлинения по основе и утку.

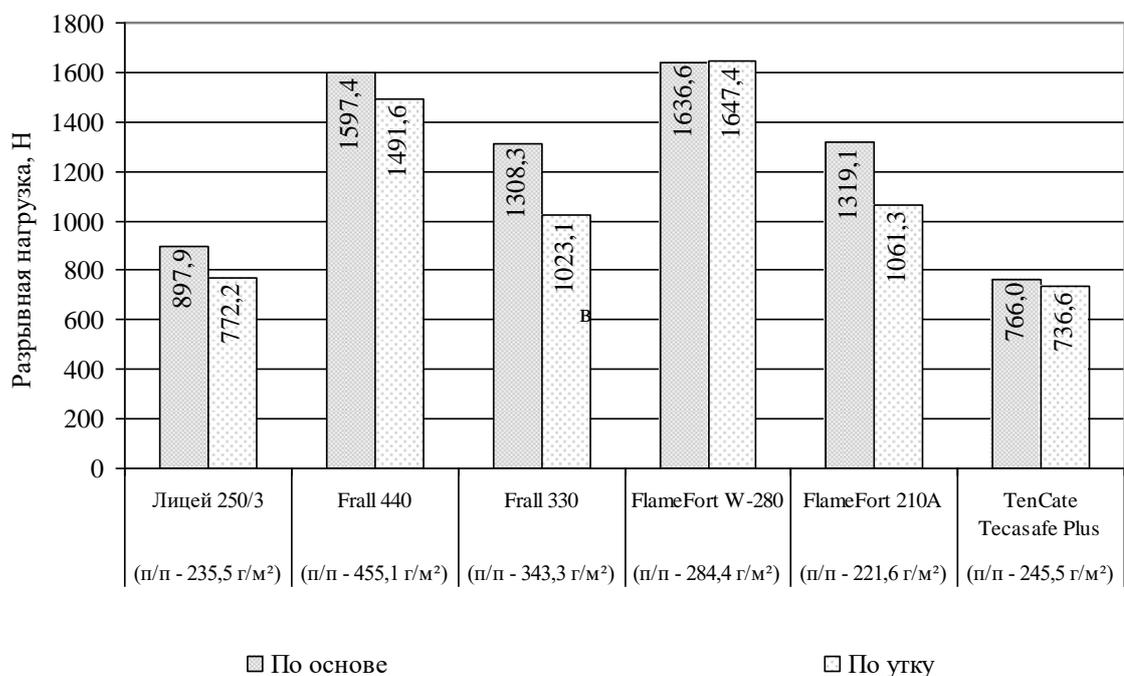


Рис. 8. Фактические значения разрывной нагрузки исследуемых тканей по основе и утку

Наибольшая разрывная нагрузка у ткани FlameFort W-280 (по основе 1636,6 Н и по утку 1647,4 Н), наименьшая – TenCate Tecasafe Plus (по основе 766,0 Н и по утку 736,6 Н).

На разрывную нагрузку оказывает влияние сырьевой состав ткани, её поверхностная плотность, а также структура нитей и тканей, и чем более ориентированная структура, тем больше прочность таких материалов. Как правило, синтетические материалы имеют повышенную прочность по сравнению с материалами, изготовленными из натуральных волокон.

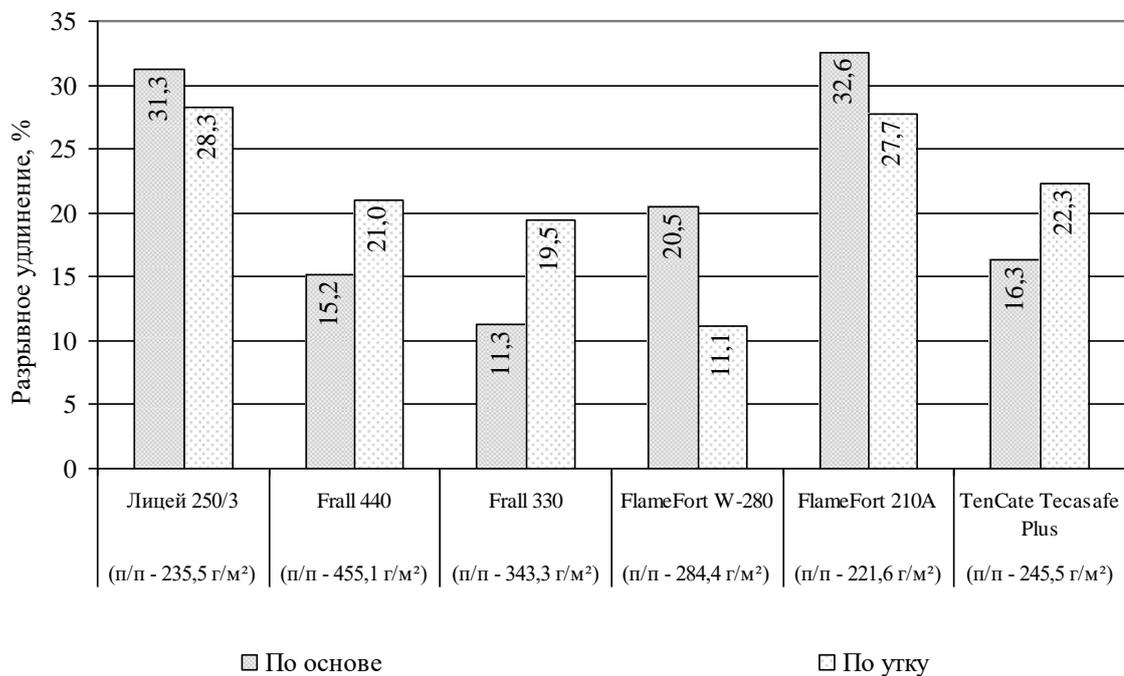


Рис. 9. Фактические значения разрывного удлинения исследуемых тканей по основе и утку

Наибольшее разрывное удлинение по основе у ткани FlameFort 210A – 32,6% и по утку у ткани Лицей 250/3 – 28,3%, наименьшее по основе у Frall 330 – 11,3% по утку – FlameFort W-280 – 11,1%. Зависит от ориентации структурных элементов (волокон и нитей) и самой структуры нитей и тканей. Чем выше ориентирована структура, тем ниже разрывное удлинение.

Раздирающая нагрузка характеризует устойчивость ткани к раздиранию. На рисунке 10 построена гистограмма раздирающей нагрузки по основе и утку.

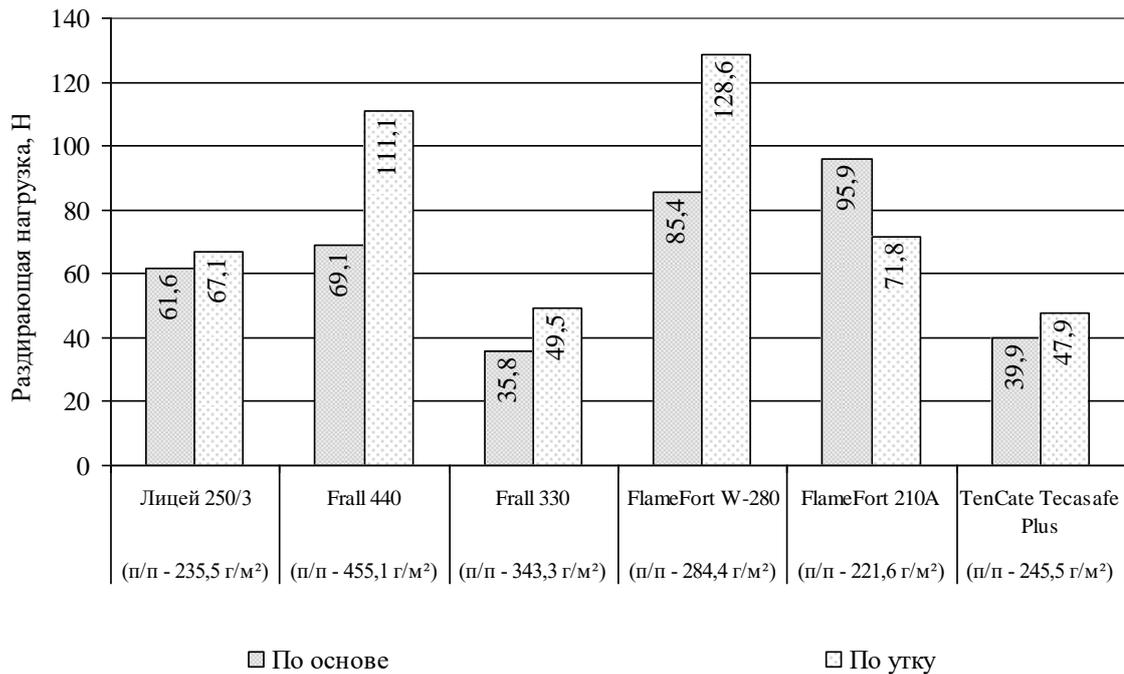


Рис. 10. Фактические значения раздирающей нагрузки исследуемых тканей по основе и утку

Наибольшая раздирающая нагрузка по основе у ткани FlameFort 210A – 95,9 Н и по утку у ткани FlameFort W-280 – 128,6 Н, наименьшая по основе у Frall 330 – 35,8 Н по утку – TenCate Tecasafe Plus – 47,9 Н. Определяет структуру и прочность нитей, которые последовательно разрушаются в процессе раздиранья одной из систем. Также на прочность при раздираньи влияет структура тканей – её прочность и толщина.

Стойкость к истиранию по плоскости – физико-механический показатель качества ткани, характеризующий износостойкость ткани под действием трения вращающейся головки прибора. Стойкость к истиранию выражается количеством циклов, необходимых для образования дыры на образце.

На рисунке 11 представлена гистограмма стойкости к истиранию по плоскости.

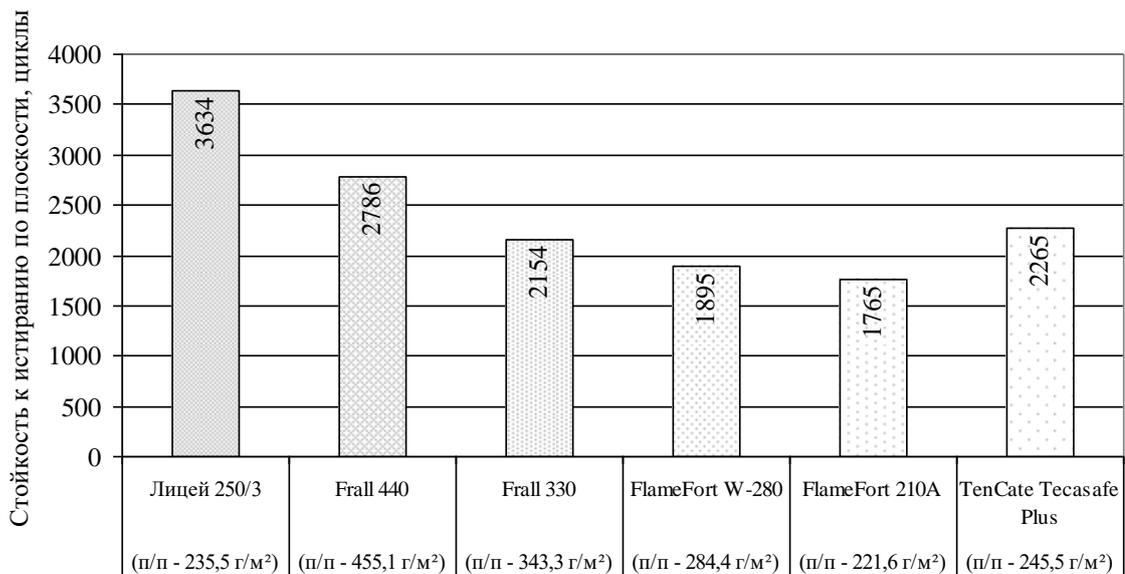


Рис. 11. Фактические значения стойкости к истиранию исследуемых тканей по плоскости

Наибольшей стойкостью к истиранию обладает ткань Лицей 250/3 (3634 цикла), наименьшей – FlameFort 210A (1765 цикла). В первую очередь на истирание оказывает влияние опорная поверхность, переплетение ткани, сырьевой состав, поверхностная плотность, толщина.

Стойкость к истиранию по методу Мартиндейла – физико-механический показатель качества ткани, выражается в количестве циклов, необходимых для образования дыры на испытуемом образце. Вращающаяся головка прибора описывает фигуру Лиссажу – 8 циклов сужающихся эллипсов и 8 циклов расширяющихся эллипсов в перпендикулярном направлении.

На рисунке 12 представлена гистограмма стойкости к истиранию по методу Мартиндейла.

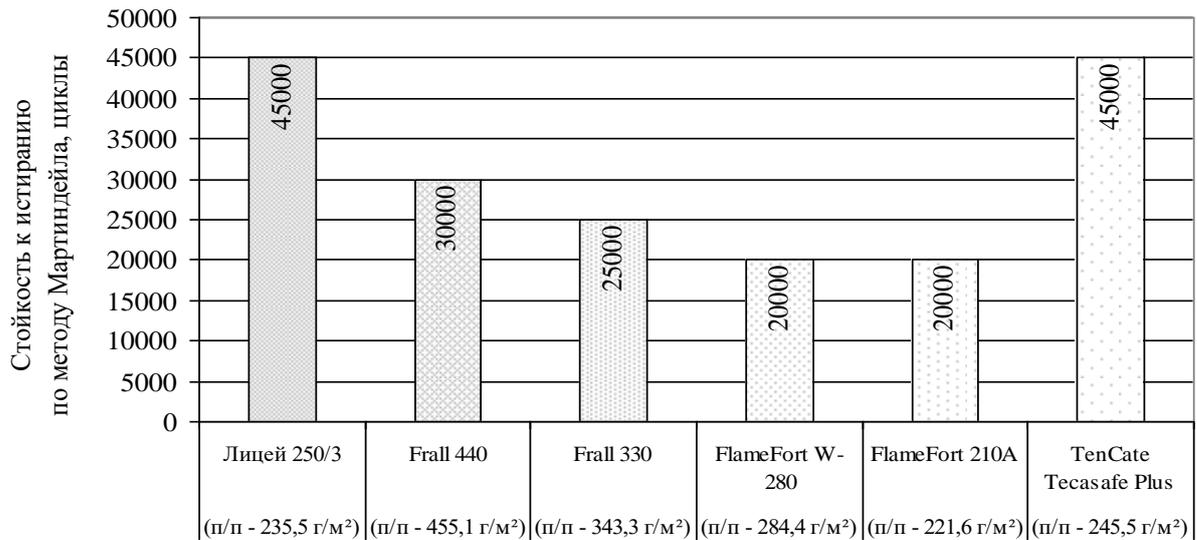


Рис. 12. Фактические значения стойкости к истиранию исследуемых тканей по методу Мартиндейла

Наибольшей стойкостью к истиранию по методу Мартиндейла обладает ткань Лицей 250/3 и TenCate Tecasafe Plus (45000 циклов), наименьшей – FlameFort W-280 и FlameFort 210A (20000 циклов).

Воздухопроницаемость ткани характеризуется возможностью ткани пропускать воздух. На рисунке 13 представлена гистограмма воздухопроницаемости.

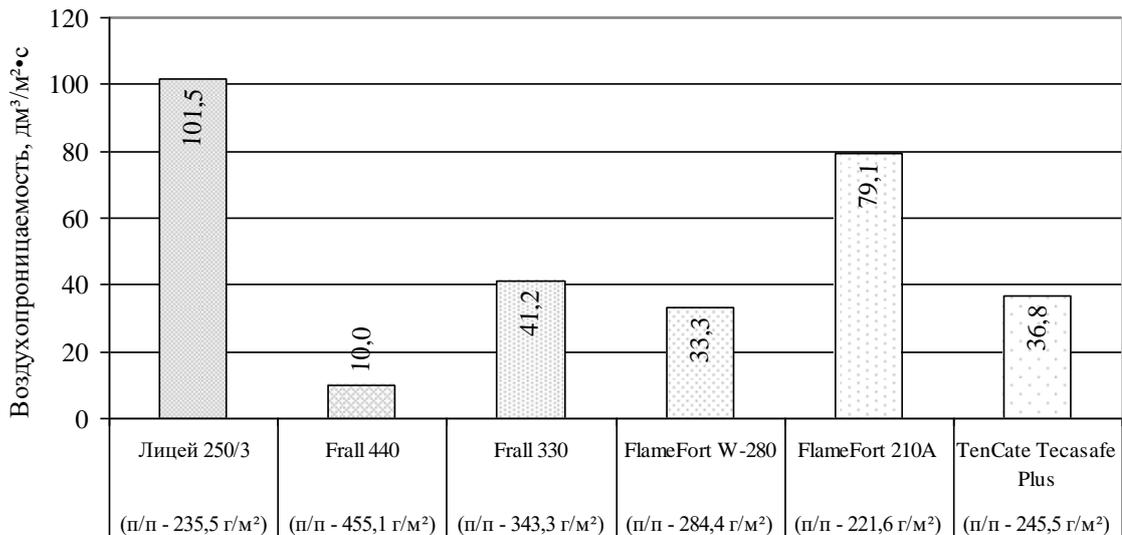


Рис. 13. Фактические значения воздухопроницаемости исследуемых тканей

Воздухопроницаемость у ткани Лицей 250/3 составляет $101,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (наибольшее из представленных тканей) и у ткани Frall 440 – $10,0 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (наименьшее). На воздухопроницаемость влияет толщина и пористость материала.

Гигроскопичность – это показатель, характеризующий способность волокна поглощать, удерживать или отдавать влагу из окружающей среды. Гигроскопичность зависит от сырьевого состава.

На рисунке 14 представлена гистограмма гигроскопичности.

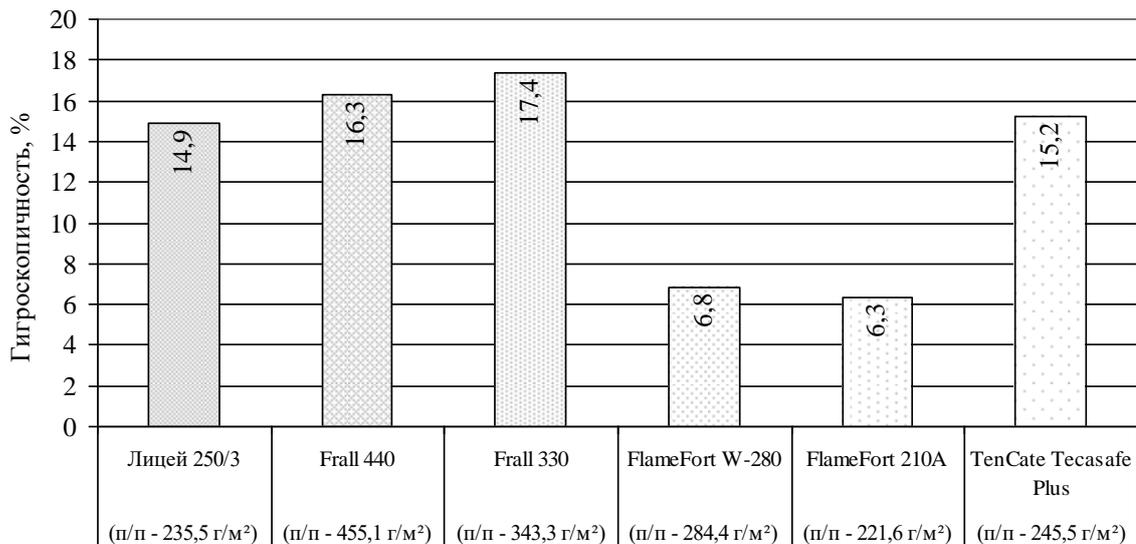


Рис. 14. Фактические значения гигроскопичности исследуемых тканей

Наибольшей гигроскопичностью из представленных тканей обладает Frall 330 (17,4%), наименьшей – FlameFort 210A (6,3%). Зависит от способности волокон нитей тканей впитывать в себя влагу. Хлопок значительно лучше поглощает влагу, чем синтетические волокна, такие как арамид.

Изменение размеров после мокрых обработок – это процентное изменение размеров образца после мокрой обработки или химической чистки. Наибольшее изменение произошло у ткани Лицей 250/3 (-2,5% по основе и -2,1% по утку) и наименьшее – у Frall 440 (-0,3% по основе и -0,2% по утку). На усадку оказывает влияние способность нитей к набуханию и их напряжённое состояние, которые снимаются при воздействии температуры и влаги.

Устойчивость окраски – это изменение насыщенности цвета под различными воздействиями, выраженное баллами. Сущность метода заключается в сравнении ткани после воздействия с эталонами. Оценка 5 означает, что цвет материала не изменился после воздействия. Зависит от связи красителей с волокном.

В таблице 6 представлены фактические значения устойчивости окраски к различным воздействиям исследуемых тканей.

Таблица 6 – Фактические значения устойчивости окраски к различным воздействиям тканей для специальной защитной одежды

Устойчивость окраски, баллы	Фактическое значение					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
К свету	5	3	2	3	3	5
К стиркам	5/4-5 / 4-5	5 / 4-5	5 /4-5	5 / 4-5	5 / 4-5	5/4-5 / 4-5
К дистиллированной воде	5/4-5 / 4-5	5 / 4-5	5 /4-5	5 / 4-5	5 / 4-5	5/4-5 / 4-5
К "поту"	5/4-5 / 4-5	5 / 4-5	5 /4-5	5 / 4-5	5 / 4-5	5/4-5 / 4-5
К глажению	5	5	5	5	5	5
К органическим растворителям	5	5	5	5	5	5
К сухому трению	- / 4-5	- /3	- / 4	- / 4-5	- / 4-5	- / 4-5
К мокрому трению	- / 4	- / 4-5	- / 3	- / 4-5	- / 4-5	- / 4

Масло- и нефте-отталкивание характеризуются способностью тканей не пропускать через свою поверхность капли жидкостей с различными показателями поверхностного натяжения или нефти, выражаются в баллах. Масло- и нефтеотталкивание зависит от пропиток.

Водоупорность – это устойчивость тканей к пропусканию через свою структуру воды. На водоупорность влияет пористость ткани и отделка.

Водоотталкивание характеризуется способностью ткани удерживать капли воды на своей поверхности. На водоотталкивание влияет переплетение, гидрофобное покрытие, пропитки.

Ткани Frall 330, FlameFort W-280 и FlameFort 210A обработаны нефтемасловодоотталкивающей пропиткой. Поэтому, показатели маслоотталкивания, нефтеотталкивания и водоотталкивания у этих тканей выше, чем у тканей без пропитки.

В таблице 7 представлены фактические значения масло- и нефте-отталкивания, водоупорности и водоотталкивания.

Таблица 7 – Фактические значения масло- и нефте-отталкивания, водоупорности и водоотталкивания тканей для специальной защитной одежды

Наименование показателей качества	Фактическое значение					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Маслоотталкивание исходное, баллы	0	0	5	5	5	0
Маслоотталкивание после 10-ти стирок, баллы	0	0	5	5	5	0
Нефтеотталкивание исходное, баллы	0	0	5	5	5	0
Нефтеотталкивание после 10-ти стирок, баллы	0	0	5	5	5	0
Водоупорность исходная, мм вод.ст.	0 (0) *	0 (0) *	246 (2413)	217 (2132)	202 (1985)	0 (0) *
Водоупорность после 10-ти стирок, мм вод.ст.	0 (0) *	0 (0) *	211 (2068)	229 (2252)	213 (2088)	0 (0) *
Водоотталкивание исходное, усл. ед.	0	0	90	90	90	0
Водоотталкивание после 10-ти стирок, усл. ед.	0	0	90	90	90	0

* Моментальное намокание образца

Огнестойкость характеризуется остаточным горением и тлением в секундах тканей после выхода из зоны действия открытого пламени. Ткани Frall 440, Frall 330, FlameFort W-280 и FlameFort 210A не поддерживали горения и тления.

Стойкость к прожиганию выражается во времени, необходимом прожигающему элементу нагретого до 800°С для разрушения образца.

Ограниченное распространение пламени – способность ткани препятствовать распространению пламени по своей поверхности.

В таблице 8 представлены фактические значения огнестойкости, стойкости к прожиганию и ограниченного распространения пламени.

Таблица 8 – Фактические значения огнестойкости, стойкости к прожиганию и ограниченного распространения пламени тканей для специальной защитной одежды

Наименование показателей безопасности	Фактическое значение					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Огнестойкость, исходная / после 10-ти стирок	Не огнестойкая	Огнестойкая	Огнестойкая	Огнестойкая	Огнестойкая	Не огнестойкая
– длительность остаточного горения, сек	– / –	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	– / –
– длительность остаточного тления, сек	– / –	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	– / –
Стойкость к прожиганию, исходная / после 5-ти стирок, сек	– / –	21,5 / 17,9	1,0 / 1,0	46,1 / 33,1	42,2 / 29,8	– / –
Ограниченное распространение пламени по методу А						
– время остаточного горения, с	–	0	0	0	0	–
– распространилось ли остаточное тление за пределы области распространения пламени	нет	нет	нет	нет	нет	нет
– время остаточного тления, с	–	0	0	0	0	–
– появление остатков	да	нет	нет	нет	нет	нет
– возникновение плавления	да	нет	нет	нет	нет	нет
Ограниченное распространение пламени по методу В						
– время остаточного горения, с	–	0	0	0	0	–
– распространилось ли остаточное тление за пределы области распространения пламени	нет	нет	нет	нет	нет	нет
– время остаточного тления, с	–	0	0	0	0	–
– появление остатков	да	нет	нет	нет	нет	нет
– возникновение плавления	да	нет	нет	нет	нет	нет

Индекс передачи теплового излучения (Radiant Heat Transfer Index) характеризуется временем необходимым для подъема температуры ткани на 24°C под действием теплового излучения. На рисунке 15 представлена гистограмма индекса передачи теплового излучения.

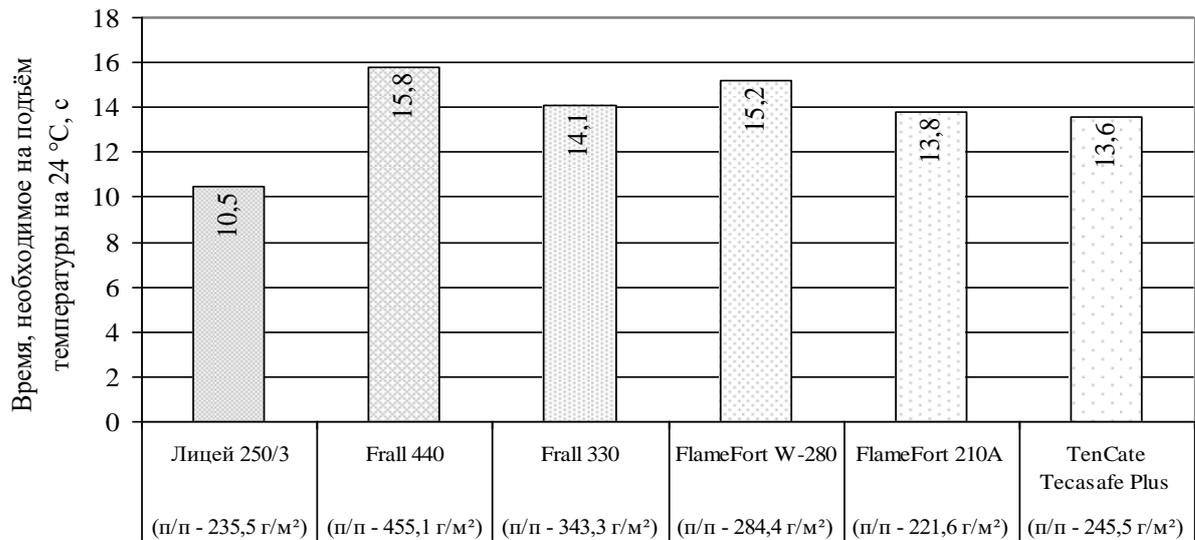


Рис. 15. Фактические значения индекса передачи теплового излучения исследуемых тканей

Наибольший индекс передачи теплового излучения $RHTI (Q_0)$ у ткани Frall 440 – 15,8 с, а наименьший – у Лицей 250/3 – 10,5 с. Зависит от огне- и термостойких пропиток и природы волокон.

Показатель передачи тепла при воздействии пламени (Heat Transfer Index (Flame)) характеризуется временем, необходимым ткани на подъём температуры на 24°C под действием открытого пламени. На рисунке 16 представлена гистограмма показателя передачи тепла при воздействии пламени.

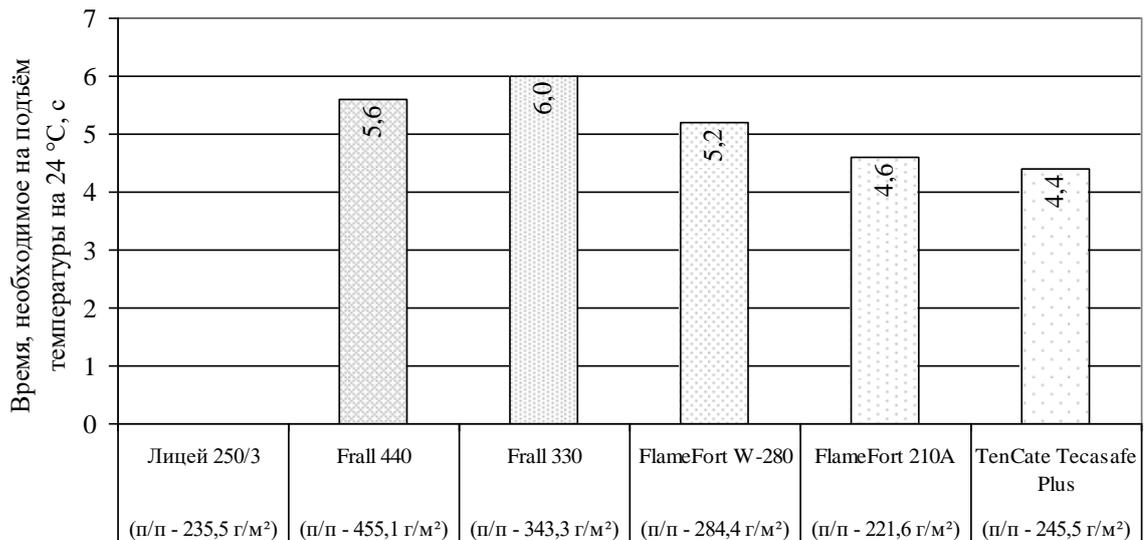


Рис. 16. Фактические значения показателя передачи тепла при воздействии пламени исследуемых тканей

Ткань Лицей 250/3 полностью разрушилась, у ткани Frall 440 показатель передачи тепла при воздействии пламени НТІ (Q_0) составляет 6,0 с (наибольший), а у ткани TenCate Tecasafe Plus – 4,4 с (наименьший).

Сущность определения порогового времени при контактной теплопередаче заключается в определении времени, необходимого образцу на подъём его температуры на 10°C при контакте ткани с нагретой поверхностью. На рисунке 17 представлена гистограмма порогового времени при контактной теплопередаче.

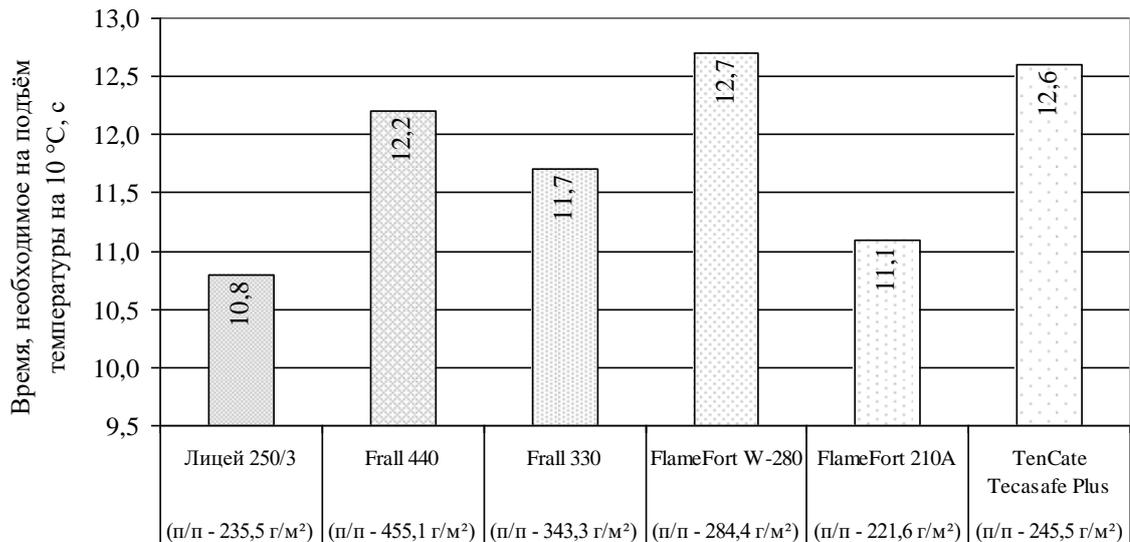


Рис. 17. Фактические значения порогового времени при контактной теплопередаче исследуемых тканей

Наименьшее пороговое время при контактной теплопередаче у Лицей 250/3 – 10,8 с, наибольшее у FlameFort W-280 – 12,7 с.

3.2 Исследование теплофизических свойств по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 (Метод А)

Исследования тканей для производства специальной защитной одежды проводилось по стандартной методике ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Метод А. Сущность метода заключается в воздействии на исследуемый образец теплового потока необходимой плотности в течение трёх минут, с последующей визуальной оценкой изменения внешнего вида образца. Исследуемые образцы выдерживались при плотности теплового потока 20 кВт/м².

У тканей FlameFort W-280 и FlameFort 210A за первые три минуты происходит изменение насыщенности цвета от первоначального, данное изменение внешнего вида можно назвать выгоранием. Такой эффект проявляется только в зоне действия теплового излучения и, предположительно,

обуславливается влиянием теплового излучения на связь: краситель – волокно ткани. На рисунках 18 и 19 представлены изменения внешнего вида у этих тканей.

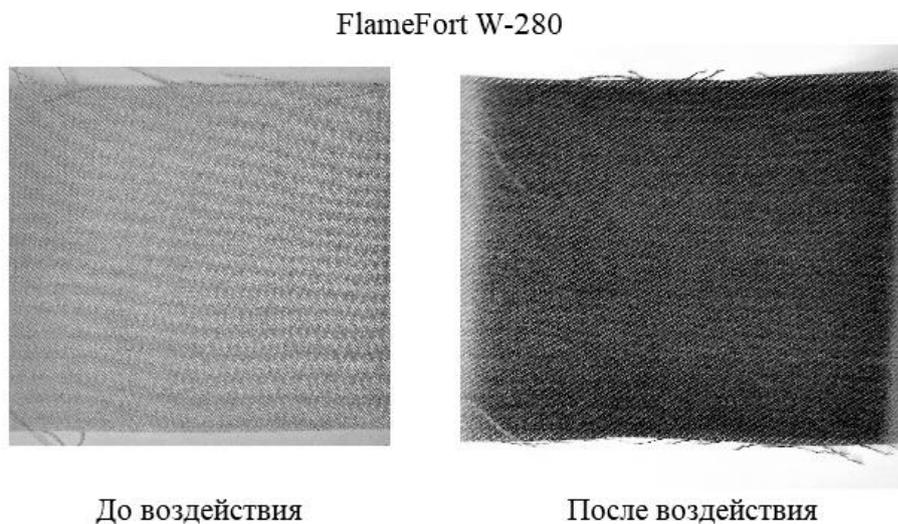


Рис. 18. Изменение внешнего вида ткани FlameFort W-280

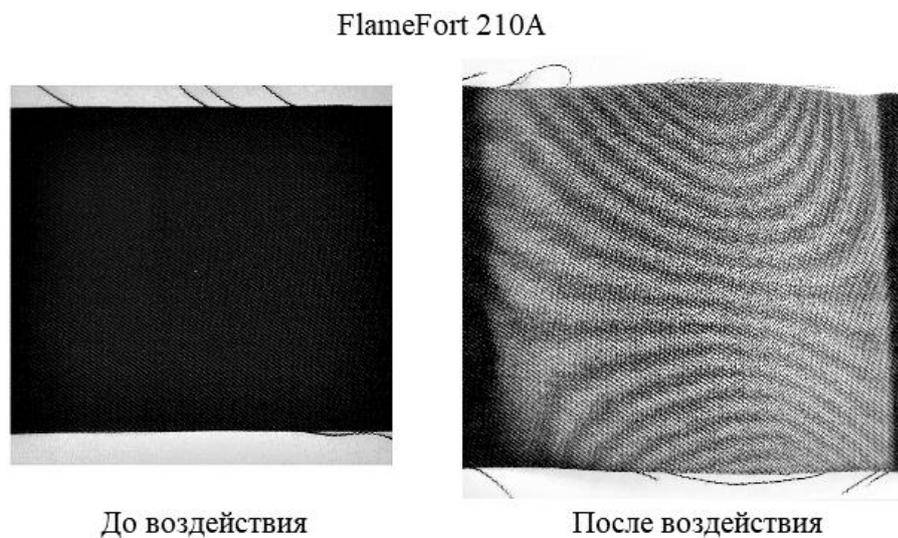


Рис. 19. Изменение внешнего вида ткани FlameFort 210A

3.3 Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины

ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Метод А используется только для визуальной оценки изменения внешнего вида образца. Для количественной оценки изменения свойств материала после теплофизического воздействия разработан стандарт

организации на метод "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины" (ПРИЛОЖЕНИЕ А).

Исследуемые образцы выдерживались при плотности теплового потока 20 кВт/м² в течение 5, 10, 15 и 20 минут. Далее на полученных образцах проведены исследования по определению разрывной нагрузки и удлинения по ГОСТ 3813-72. Из шести исследуемых тканей только две ткани (FlameFort W-280 и FlameFort 210A) смогли выдержать относительно длительное воздействие теплового излучения. У ткани Лицей 250/3 в течение первых минут происходит разрушение. Ткани Frall 440 и Frall 330 обугливаются в течение первых пяти минут. Ткань TenCate Tecasafe Plus также обугливается в течение первой минуты.

В таблице 9 представлены значения разрывной нагрузки по основе и удлинения.

Таблица 9 – Разрывная нагрузка и удлинение исследуемых тканей по основе

Время нахождения в зоне теплового потока плотностью 20 кВт/м ² , мин	FlameFort W-280		FlameFort 210A	
	Разрывная нагрузка, Н	Разрывное удлинение, %	Разрывная нагрузка, Н	Разрывное удлинение, %
0	1636,6 ±75,3	20,5 ±1,0	1319,1 ±64,6	32,6 ±1,5
5	1639,9 ±79,8	19,7 ±1,0	1396,5 ±70,2	32,5 ±1,4
10	1652,5 ±81,0	19,6 ±1,0	1357,3 ±67,7	31,5 ±1,4
15	1645,2 ±82,5	19,2 ±0,9	1350,0 ±66,6	30,5 ±1,3
20	1636,6 ±79,8	18,5 ±0,8	1342,6 ±67,0	30,0 ±1,2

Величины разрывных нагрузок тканей FlameFort W-280 и FlameFort 210A остаются статистически неизменными в течении двадцати минут воздействия теплового потока, что характерно для термостойких материалов.

На основе данных таблицы 9 построены графики зависимости разрывной нагрузки (Рисунок 20) и разрывного удлинения (Рисунок 21) от времени воздействия теплового потока.

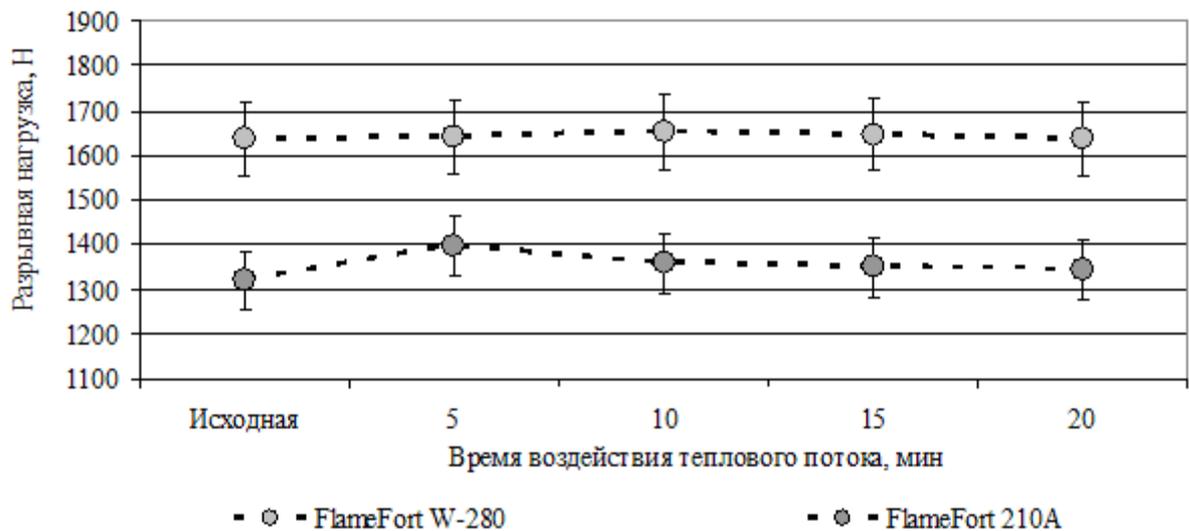


Рис. 20. Изменение разрывной нагрузки тканей по основе под действием теплового потока плотностью 20 кВт/м^2 в зависимости от времени воздействия

Аналогичная зависимость наблюдается для разрывного удлинения по основе у тканей FlameFort W-280 и FlameFort 210A. После двадцати минут нахождения в зоне воздействия тепла у ткани FlameFort W-280 разрывное удлинение уменьшается на 9,8%, у ткани FlameFort 210A – на 8,0%.

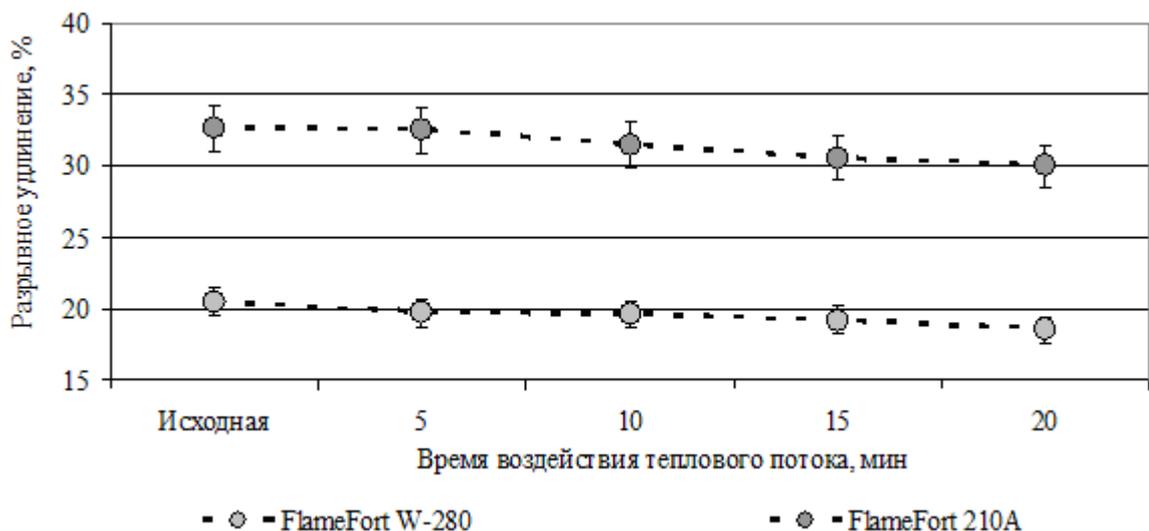


Рис. 21. Изменение разрывного удлинения тканей по основе под действием теплового потока плотностью 20 кВт/м^2 в зависимости от времени воздействия

Термостойкие ткани делятся на: изготовленные из термостойких волокон (арамидные) и смесовые ткани, содержащие специальные пропитки. По ГОСТ Р

ИСО 17493-2003 [178] образец выдерживается 5 минут при температуре 185°C или 260°C в печи с циркуляцией горячего воздуха.

Для термостойких тканей температуры (185±5)°C и (260±5)°C являются рабочими. Для целлюлозосодержащих тканей температура 185°C является границей начала термодеструкции, 260°C – выше температуры термического разложения – это температура, когда не только разрушаются макромолекулы целлюлозы, но и происходит разрушение химических связей между функциональными группами молекул целлюлозы и молекулами органических соединений, используемых для придания им специальных свойств.

Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины $CT_{o(y)}$ по основе или утку в процентах рассчитывают по формуле 8:

$$CT_{o(y)} = \frac{P_{p2}}{P_{p1}} \cdot 100, \quad (5)$$

где P_{p1} – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки полоски ткани (50 x 200) мм до воздействия теплового потока заданной величины, Н;

P_{p2} – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки полоски ткани (50 x 200) мм после воздействия теплового потока заданной величины, Н.

Разрывная нагрузка не уменьшается под действием теплового потока, а разрывное удлинение становится несколько меньше. В таблице 10 представлены рассчитанные с использованием формулы 8 значения стойкости тканей к воздействию теплового потока заданной величины по разрывному удлинению по основе.

Таблица 10 – Изменение стойкости тканей по разрывному удлинению по основе в зависимости от времени воздействия теплового потока заданной величины в процентах

Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины ST_y , %		
Время нахождения в зоне теплового излучения 20 кВт/м ² , мин	FlameFort W-280	FlameFort 210A
5	96,1	99,7
10	95,6	96,6
15	93,7	93,6
20	90,2	92,0

3.4 Определение индекса передачи теплового излучения (Метод В)

Исследования тканей для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур проводились по усовершенствованной методике ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Метод В. Сущность метода заключается в выдерживании испытуемого образца необходимое время для подъёма температуры на 12,0°С и 24,0°С в зоне действия теплового потока определённой плотности.

Технический регламент ТС ТР 019/2011 устанавливает норму для индекса передачи теплового излучения (Radiant Heat Transfer Index) не менее 8 секунд для плотности теплового потока 20 кВт/м². В дополнение к методу проводились испытания не только при нормированной плотности теплового потока, но и при повышенных плотностях – 30, 40, 50, 60, 70 и 80 кВт/м². Данные показатели не нормируются ТР ТС 019/2011. В таблице 11 представлены полученные значения.

Таблица 11 – Индекс передачи теплового излучения исследуемых тканей

Плотность теплового потока, кВт/м ²	Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q ₀), с					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
20	10,5	15,8	14,1	15,2	13,8	13,6
30	6,2	12,3	10,8	11,2	9,6	10,0
40	4,9	9,2	8,1	8,4	7,4	7,5
50	3,9	8,0	7,2	7,4	6,4	6,4
60	–	6,6	6,0	6,2	5,2	5,1
70	–	6,0	5,3	6,0	4,6	4,5
80	–	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2

Все исследуемые ткани выдерживают более 8 секунд при плотности теплового потока 20 кВт/м². При увеличении плотности индекс RHTI (Q₀) начинает уменьшаться.

При увеличении плотности теплового потока свыше 50 кВт/м², ткань Лицей 250/3 разрушается. Целлюлозосодержащие ткани Frall 440 и Frall 330 подвергаются термодеструкции при тепловых потоках 70 и 80 кВт/м². У тканей FlameFort W-280 и FlameFort 210A с увеличением плотности теплового потока происходит изменение цвета. Ткань TenCate Tecasafe Plus также разрушается при плотности теплового потока свыше 40 кВт/м². На основе данных таблицы 11 построены графики зависимости индекса передачи теплового излучения от плотности теплового потока (Рисунок 22).

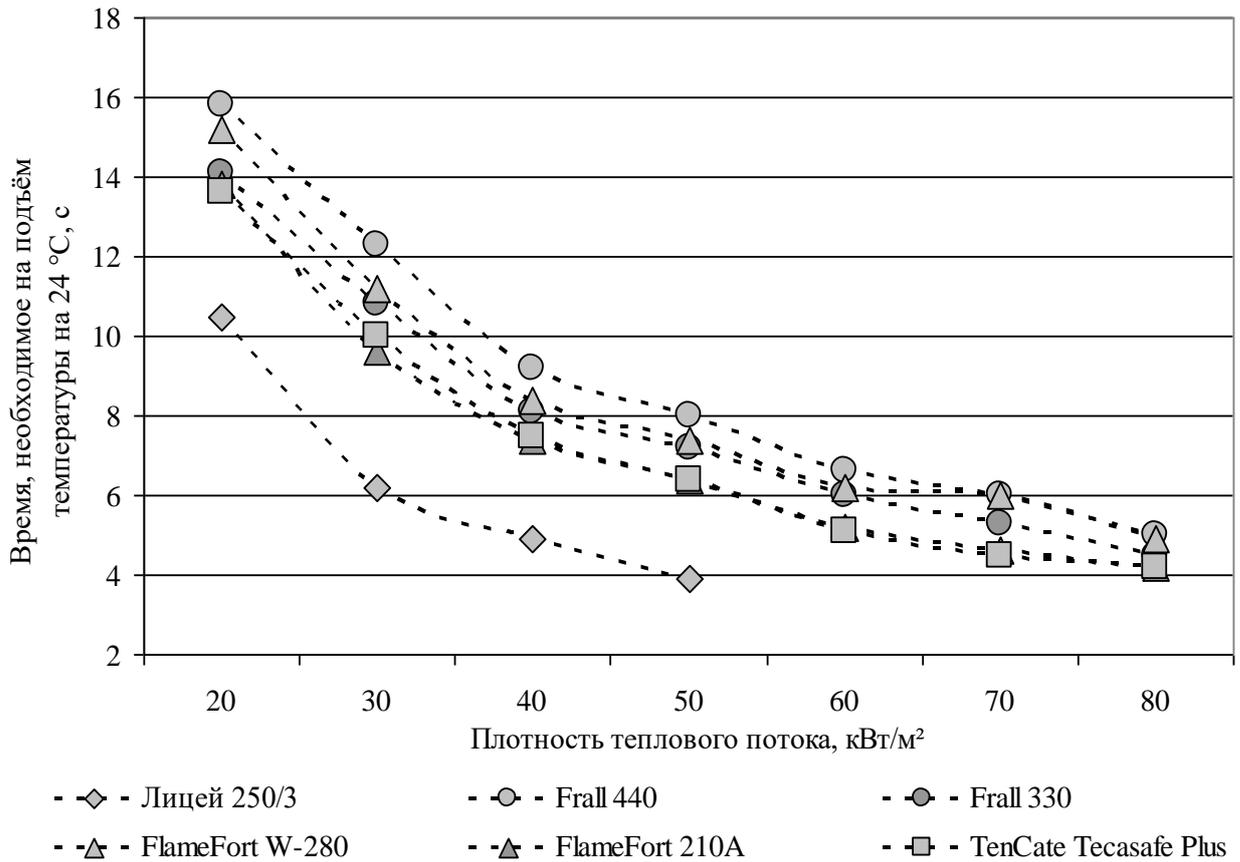


Рис. 22. Изменение индекса передачи теплового излучения в зависимости от плотности теплового потока

Поскольку уравнения второго порядка не давали требуемой точности на диапазоне 20-80 кВт/м² были использованы уравнения четвертого и пятого порядка:

$$y = (6,0417 \cdot 10^{-6})x^4 - (1,207870 \cdot 10^{-3})x^3 + (8,915972 \cdot 10^{-2})x^2 - 2,9744312x + 42,983333 \quad (\text{Лицей 250/3});$$

$$y = (1,3141 \cdot 10^{-7})x^4 + (3,71503 \cdot 10^{-6})x^4 - (4,040938 \cdot 10^{-3})x^3 + 0,21231061x^2 - 5,5643357x + 69,566667 \quad (\text{Frall 440});$$

$$y = (1,1122 \cdot 10^{-7})x^4 + (3,15909 \cdot 10^{-6})x^4 - (3,361349 \cdot 10^{-3})x^3 + 0,18368065x^2 - 4,8710221x + 61,583333 \quad (\text{Frall 330});$$

$$y = (1,11506 \cdot 10^{-7})x^4 + (3,27185 \cdot 10^{-6})x^4 - (3,592410 \cdot 10^{-3})x^3 + 0,19168969x^2 - 5,1399930x + 65,783333 \quad (\text{FlameFort W-280});$$

$$y = (1,0705 \cdot 10^{-7})x^4 + (3,02214 \cdot 10^{-6})x^4 - (3,291812 \cdot 10^{-3})x^3 + 0,17442424x^2 - 4,6652844x + 59,700000 \quad (\text{FlameFort 210A});$$

$$y = (1,1474 \cdot 10^{-7})x^4 + (3,21358 \cdot 10^{-6})x^4 - (3,461509 \cdot 10^{-3})x^3 + (\text{TenCate Tecasafe Plus}).$$

$$+ 0,11474x^2 - 4,7422413x + 59,600000$$

В полученных уравнениях кривых, x соответствует плотности теплового потока, y – индексу передачи теплового излучения. Расчётные значения RHTI (Q_0) отличаются от фактических на $\pm 8\%$.

По ГОСТ Р ИСО 6942-2007 коэффициент теплопередачи (Heat Transmission Factor) рассчитывается по формулам 2 и 3, и в таблице 12 представлены полученные значения.

Таблица 12 – Значения Heat Transmission Factor (TF (Q_0)) исследуемых тканей

Плотность теплового потока, кВт/м ²	Heat Transmission Factor (TF (Q_0))					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
20	0,630	0,419	0,469	0,435	0,479	0,486
30	0,711	0,358	0,408	0,394	0,459	0,441
40	0,675	0,359	0,408	0,394	0,447	0,441
50	0,678	0,331	0,367	0,357	0,413	0,413
60	–	0,334	0,367	0,356	0,424	0,432
70	–	0,315	0,357	0,315	0,411	0,420
80	–	0,331	0,367	0,337	0,394	0,394

На основе данных таблицы 12 построены графики зависимости TF (Q_0) от плотности теплового потока (Рисунок 23).

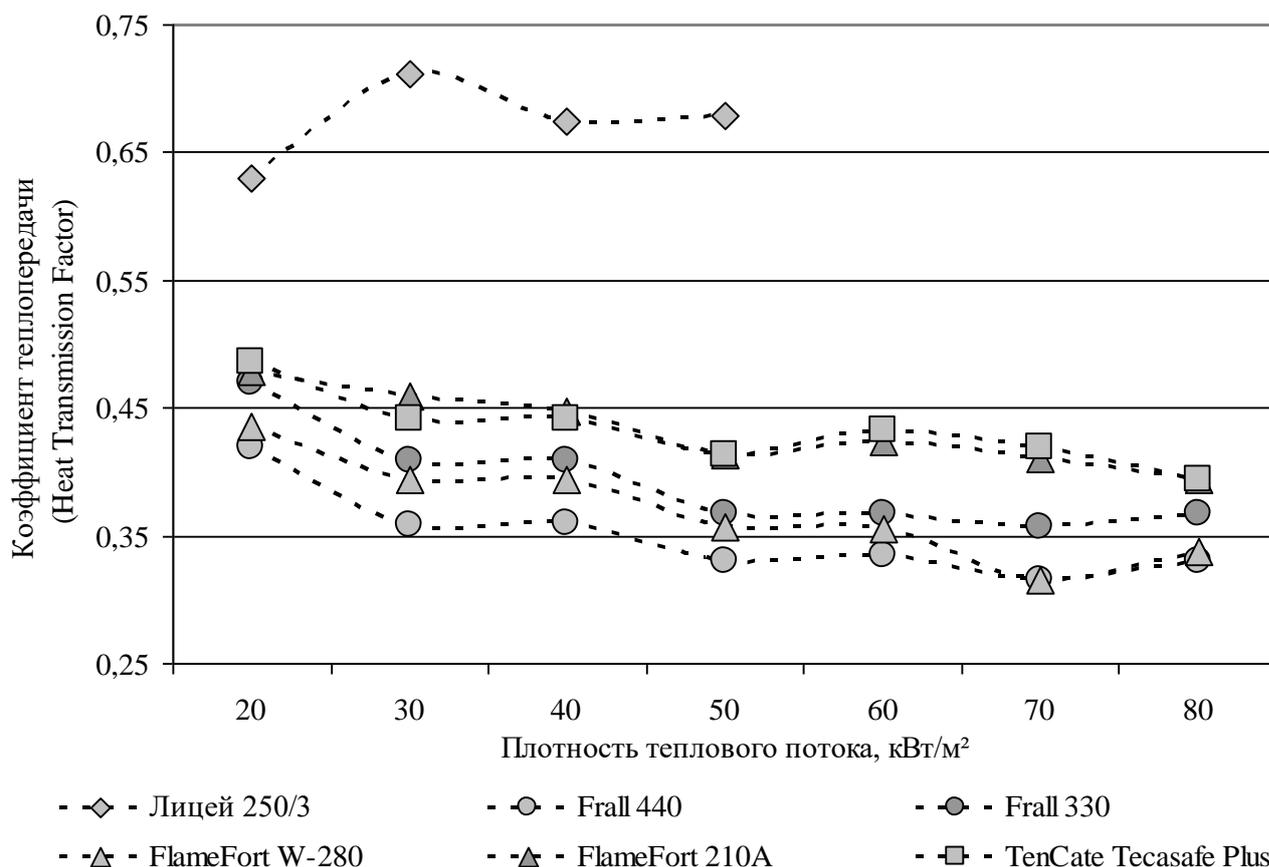


Рис. 23. Изменение коэффициента теплопередачи (Heat Transmission Factor) в зависимости от плотности теплового потока

Для всех тканей, за исключением Лицей 250/3, с увеличением плотности падающего теплового потока показатель TF (Q_0) уменьшается линейно. Ткань Лицей 250/3 не содержит в своём составе огнестойкой пропитки, поэтому не может эффективно задерживать действие теплового потока и с увеличением плотности падающего теплового потока увеличивается показатель TF (Q_0).

3.5 Определение площади ожога от площади выгорания

В процессе испытания по определению индекса передачи теплового излучения, у ткани FlameFort 210A происходит изменение внешнего вида (Рисунок 24). При использовании держателя образца для испытаний по методу А, выгорание происходит по всей зоне действия теплового излучения. Когда используется держатель с калориметром, выгорание происходит неравномерно

по всей площади. Это обуславливается тем, что площадь соприкосновения у держателя А и держателя Б различается конструктивно – у держателя А испытуемый образец свободно размещён в раме, а у держателя Б – прижимается к калориметру.

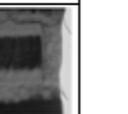
	Плотность теплового потока, кВт/м ²						
	20	30	40	50	60	70	80
Внешний вид							

Рис. 24. Выгорание ткани FlameFort 210А в зависимости от плотности теплового потока

Для расчёта площади поверхности тела (ППТ, англ. BSA) в квадратных метрах используется формула Мостеллера [179]:

$$BSA = 0,0167 \times m^{0,5} \times h^{0,5}, \quad (6)$$

где m – масса тела, кг;

h – рост человека, см.

Данная формула может быть представлена как:

$$BSA = \frac{\sqrt{m \times h}}{60}. \quad (7)$$

Средний рост мужчины составляет 178 см. Для оценки степени соответствия веса человека с его ростом используется индекс массы тела (ИМТ, англ. body mass index (BMI)).

Индекс массы тела рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{m}{h^2}, \quad (8)$$

где m – масса тела, кг;

h – рост человека, м.

В соответствии с рекомендациями Всемирной Организации Здравоохранения нормальный ИМТ находится в пределах от 18,5 до 25,0. Используя формулу 8, для мужчины ростом 178 см диапазон ИМТ находится в пределах от 58,7 кг до 79,3 кг, средний вес – 69,0 кг.

Используя формулу 6, для мужчины ростом 178 см и весом 69 кг, ППТ составляет 1,8471 м². Для оценки площади ожогов на теле человека, как отмечалось в 1.1, используется "правило девяток" и "правило ладони". Площадь ладони составляет 1% тела человека, что соответствует 0,0185 м². Изначальная площадь, на которую действует тепловой поток, составляет 0,0064 м². Коэффициент для соотношения площади выгорания и площади ладони при этом будет составлять 2,8860.

При увеличении плотности теплового потока также увеличивается общая площадь выгорания ткани FlameFort 210A. Для определения площади выгорания, изначально зона действия теплового излучения, которая составляет (80 x 80) мм, разделяется на меньшие зоны, которые проверяются на наличие изменения внешнего вида. Далее количество зон с изменением внешнего вида делится на общее количество зон, чтобы получить общую площадь выгорания. В таблице 13 представлено процентное изменение площади выгорания и её отношение к площади поверхности ожога.

Таблица 13 – Зависимость площади поверхности ожога от площади выгорания ткани FlameFort 210A

Плотность теплового потока, кВт/м ²	Площадь выгорания, %	Площадь выгорания, м ²	Площадь поверхности ожога, м ²
20	0,0	0,0000	0,0000
30	3,2	0,0002	0,0006
40	11,8	0,0008	0,0022
50	28,4	0,0018	0,0052
60	54,5	0,0035	0,0101
70	74,8	0,0048	0,0138
80	84,6	0,0054	0,0156

На основе данных таблицы 13 построена гистограмма зависимости площади выгорания от плотности теплового потока (Рисунок 25).

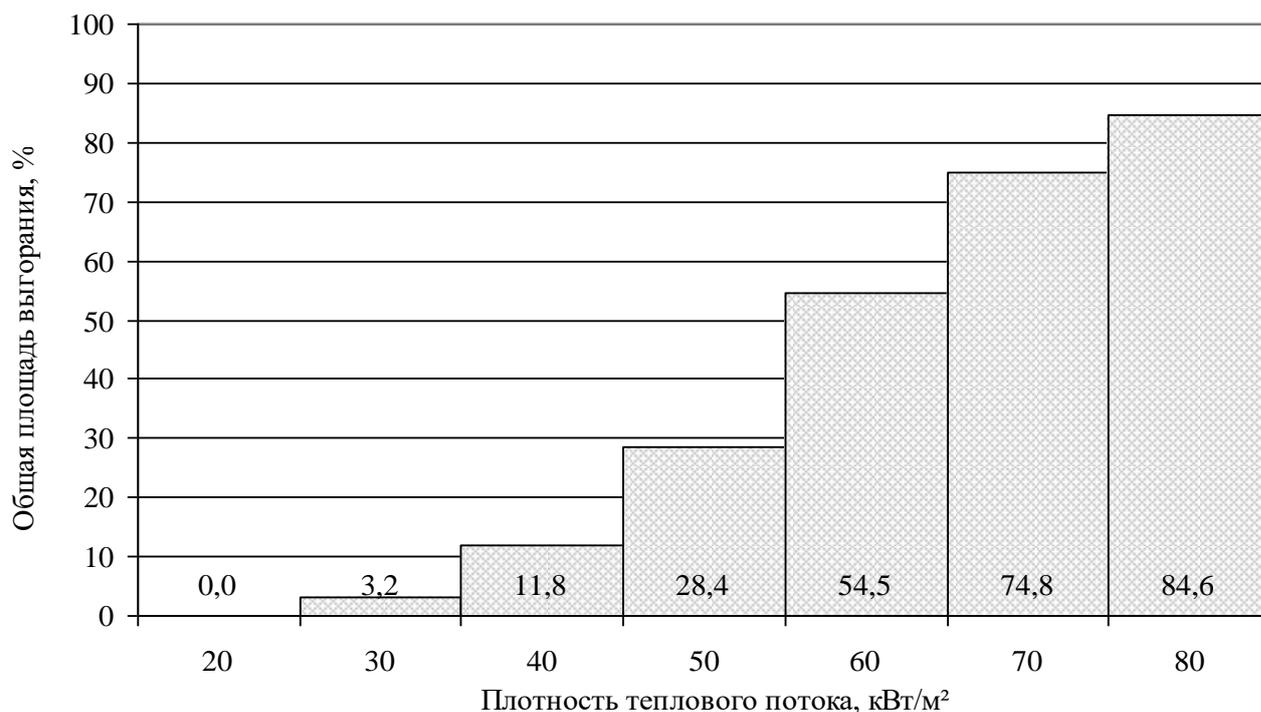


Рис. 25. Процентное изменение площади выгорания ткани FlameFort 210А в зависимости от плотности теплового потока

Оценку ожога производят по площади поверхности ожога и площади глубокого ожога [180]. Площади поверхности ожога свыше 15% считаются лёгкими, свыше 40% – тяжёлыми, а свыше 60% – крайне тяжёлыми.

Оценка площади выгорания позволяет оценить площадь поверхности ожога: действие теплового потока плотностью 50 кВт/м² в течение 6,4 с будет соответствовать лёгкому ожогу, 60 кВт/м² в течение 5,2 с – тяжёлому, а 70 кВт/м² в течение 4,6 с и 80 кВт/м² в течение 4,2 с – крайне тяжёлому.

3.6 Сравнение индекса передачи теплового излучения и показателя передачи тепла при воздействии пламени при сравнимой плотности теплового потока

Представляет интерес сравнение результатов воздействия на текстильный материал теплового потока плотностью 80 кВт/м² по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и теплового потока плотностью 80 кВт/м² по ГОСТ Р ИСО 9151-2007.

По ГОСТ Р ИСО 9151-2007, на испытуемый образец действует пламя газовой горелки, плотность теплового потока которой составляет 80 кВт/м². Как и в методе ГОСТ Р ИСО 6942-2007, испытуемый образец выдерживается в течение времени, необходимого для подъема температуры на 12,0°С и 24,0°С. Данные методы отличаются типом теплового излучения – воздействие открытого пламени и конвективное тепло. В таблице 14 представлены значения времени, необходимого на подъем температуры на 24°С для двух методов при плотности теплового потока 80 кВт/м².

Таблица 14 – Время необходимое на подъем температуры на 24°С исследуемых тканей

	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q ₀), с (ГОСТ Р ИСО 6942-2007)	–	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2
Показатель передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q ₀), с (ГОСТ Р ИСО 9151-2007)	–	5,6	6,0	5,2	4,6	4,4

Для показателя передачи тепла при воздействии пламени (Heat Transfer Index (Flame)) при плотности теплового потока 80 кВт/м^2 по методу ГОСТ Р ИСО 9151-2007 по Техническому регламенту ТР ТС 019/2011 установлен норматив, который составляет не менее 3 секунд. Все ткани, за исключением Лицей 250/3, удовлетворяют данному нормативу. Для ГОСТ Р ИСО 6942-2007 для плотности теплового потока 80 кВт/м^2 норматив не предусмотрен.

Как видно из приведённых данных, показатель передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) и индекс передачи теплового излучения РНТИ (Q_0) отличаются незначительно. По видимому, передачу тепла при воздействии пламени возможно ориентировочно оценить при выполнении испытания по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 со следующими положениями: испытание проводится по методике ГОСТ Р ИСО 6942-2007, а плотность теплового потока должна составлять 80 кВт/м^2 . При этом, положительный результат по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 гарантирует положительный результат и по ГОСТ Р ИСО 9151-2007.

Рисунок 26 построен на основе данных таблицы 14.

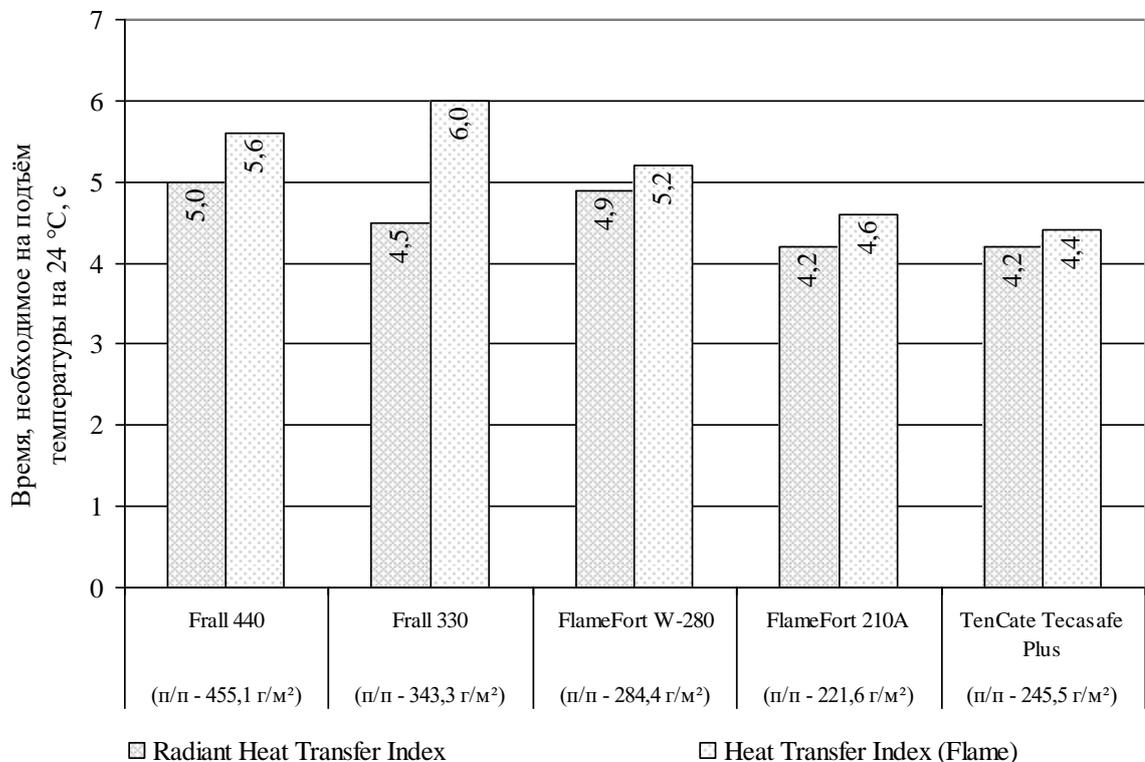


Рис. 26. Время необходимое на подъём температуры на 24°C для двух методов при плотности теплового потока 80 кВт/м^2

Проведение испытаний по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 безопаснее, чем по ГОСТ Р ИСО 9151-2007. Для определения показателя передачи тепла при воздействии пламени используется газ и открытое пламя горелки, что создаёт повышенную пожаро- и взрывоопасность. В противовес этому, по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 источник теплового излучения установлен в раму из изолирующего негорючего материала и закрыт защитным корпусом.

Целесообразно привести оба стандарта (ГОСТ Р ИСО 9151-2007 и ГОСТ Р ИСО 6942-2007) к единой терминологии – Heat Transfer Index (Flame) переводить как индекс передачи тепла (открытое пламя), Radiant Heat Transfer Index – как индекс передачи тепла (излучение) и Heat Transmission Factor – как фактор передачи тепла.

3.7 Определение индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды

Для составления пакетов специальной защитной одежды были выбраны утеплители Метарекс Арамид Air (Россия) поверхностной плотностью 100 и 150 г/м². Утеплитель изготовлен из мета- и пара-арамидного волокна. В таблице 15 приведены значения индекса передачи теплового излучения для плотности теплового потока 20 кВт/м².

Таблица 15 – Индекс передачи теплового излучения исследуемых утеплителей

Количество слоёв утеплителя в пакете	Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q ₀), с	
	Поверхностная плотность утеплителя 100 г/м ²	Поверхностная плотность утеплителя 150 г/м ²
Один	14,5	17,3
Два	21,9	23,6

Разница между одним слоем и двумя составляет: для утеплителя 100 г/м² – 33,8% и 7,4 с, для 150 г/м² – 26,7% и 6,3 с. Разница между утеплителями 100 и 150г/м² составляет: для одного слоя – 15,2% и 2,8 с, для двух слоёв – 7,2% и 1,7 с.

Пакет одежды состоит из исследуемых тканей в качестве верхнего слоя и одного или двух слоёв утеплителя. Полученные значения индексов передачи теплового излучения представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Фактическое значение индекса передачи теплового излучения исследуемых пакетов одежды

	Индекс передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ для пакетов одежды с утеплителем 100 г/м ² , с					
Количество слоёв утеплителя в пакете	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Один	21,4	26,7	25,0	27,2	25,7	25,5
Два	29,5	35,1	33,3	39,0	38,3	37,8
	Индекс передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ для пакетов одежды с утеплителем 150 г/м ² , с					
Один	25,7	31,0	29,4	28,4	26,9	26,7
Два	35,2	40,9	39,1	38,4	36,8	36,4

В таблице 17 представлены суммарные значения индекса передачи теплового излучения пакетов одежды. Суммарное значение складывается из фактических значений $R_{HTI} (Q_0)$ исследуемых тканей и $R_{HTI} (Q_0)$ утеплителя.

Таблица 17 – Суммарные значение индекса передачи теплового излучения исследуемых пакетов одежды

	Индекс передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ для пакетов одежды с утеплителем 100 г/м ² , с					
Количество слоёв утеплителя в пакете	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Один	25,0	30,3	28,6	29,7	28,3	28,1
Два	32,4	37,7	36,0	37,1	35,7	35,5
	Индекс передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ для пакетов одежды с утеплителем 150 г/м ² , с					
Один	27,8	33,1	31,4	32,5	31,1	30,9
Два	34,1	39,4	37,7	38,8	37,4	37,2

На основе данных таблиц 16 и 17 построены гистограммы 27-30 фактического и суммарного индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды.

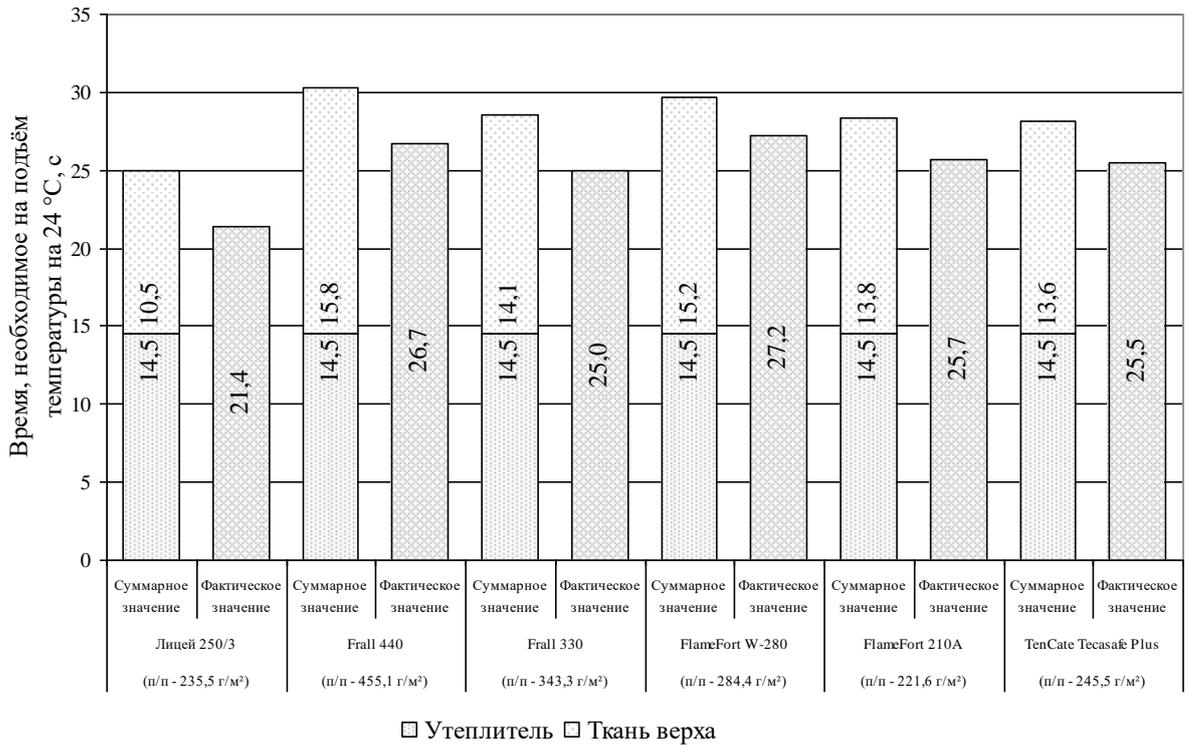


Рис. 27. Значения фактического и суммарного индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды с одним слоем утеплителя 100 г/м²

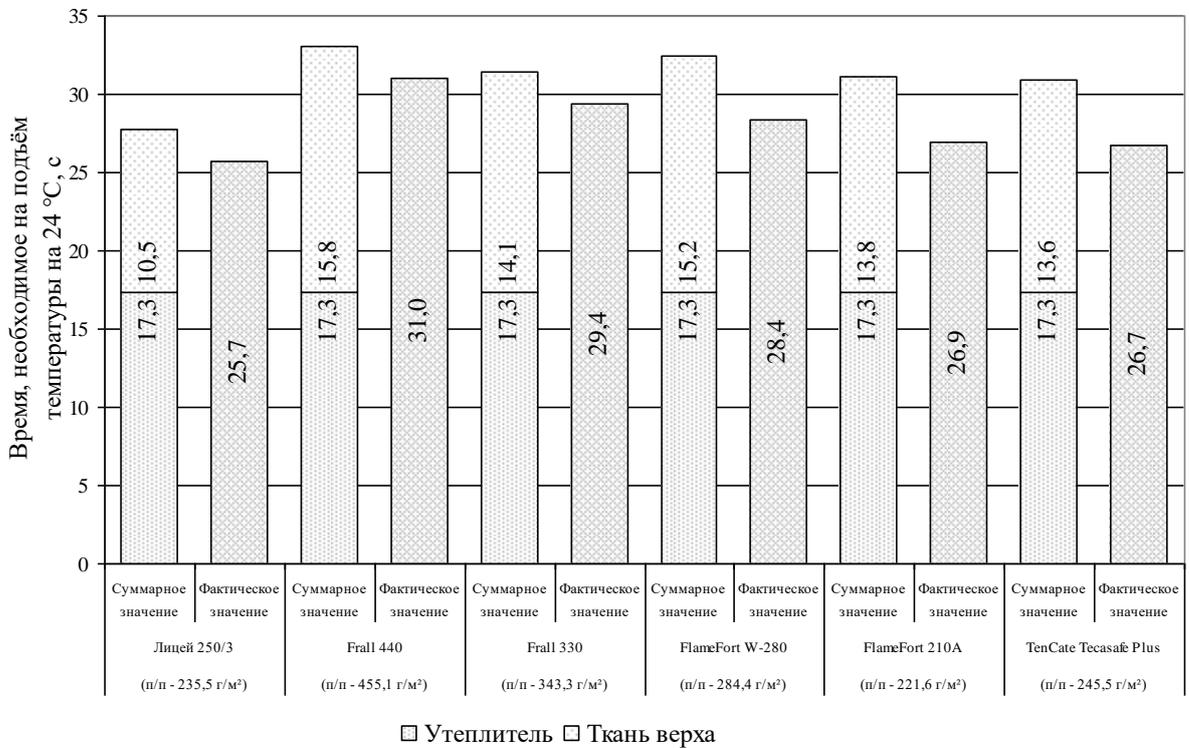


Рис. 28. Значения фактического и суммарного индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды с одним слоем утеплителя 150 г/м²

Как видно из данных таблиц 12 и 13, для утеплителя поверхностной плотностью 100 г/м² в один слой суммарное значение больше фактического. Они отличаются от 8,4% и 2,5 с (FlameFort W-280) до 14,4% и 3,6 с (Лицей 250/3).

Для одного слоя утеплителя 150 г/м², суммарное значение также больше фактического. Они отличаются от 6,3% и 2,1 с (Frall 440) до 13,6% и 4,2 с (TenCate Tecasafe Plus).

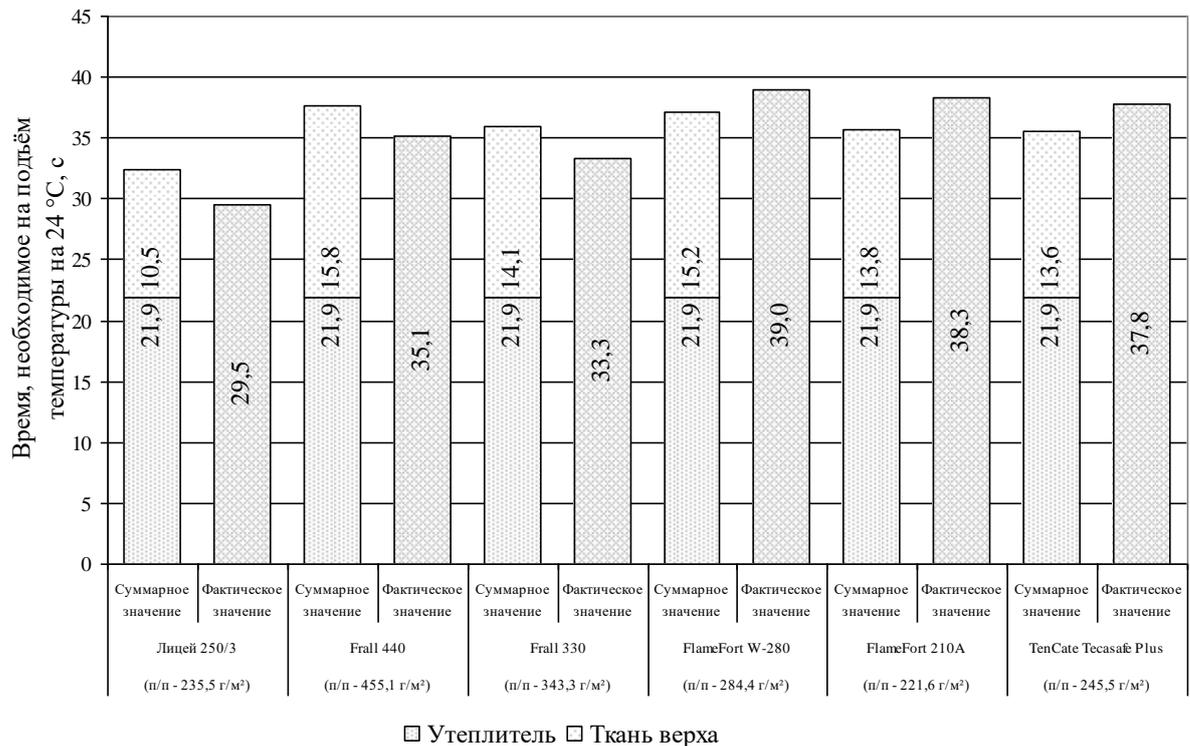


Рис. 29. Значения фактического и суммарного индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды с двумя слоями утеплителя 100 г/м²

Для двух слоёв утеплителя 100 г/м² пакетов одежды с тканями Лицей 250/3, Frall 440 и Frall 330 в качестве верхнего слоя суммарное значение также больше фактического (Лицей 250/3 – 9,0% и 2,9 с, Frall 440 – 6,9% и 2,6 с, Frall 330 – 7,5% и 2,7 с). Для пакетов одежды с тканями FlameFort W-280, FlameFort 210A и TenCate Tecasafe Plus – суммарное значение меньше фактического (FlameFort W-280 – 5,1% и 1,9 с, FlameFort 210A – 7,3% и 2,6 с, TenCate Tecasafe Plus – 6,5% и 2,3 с).

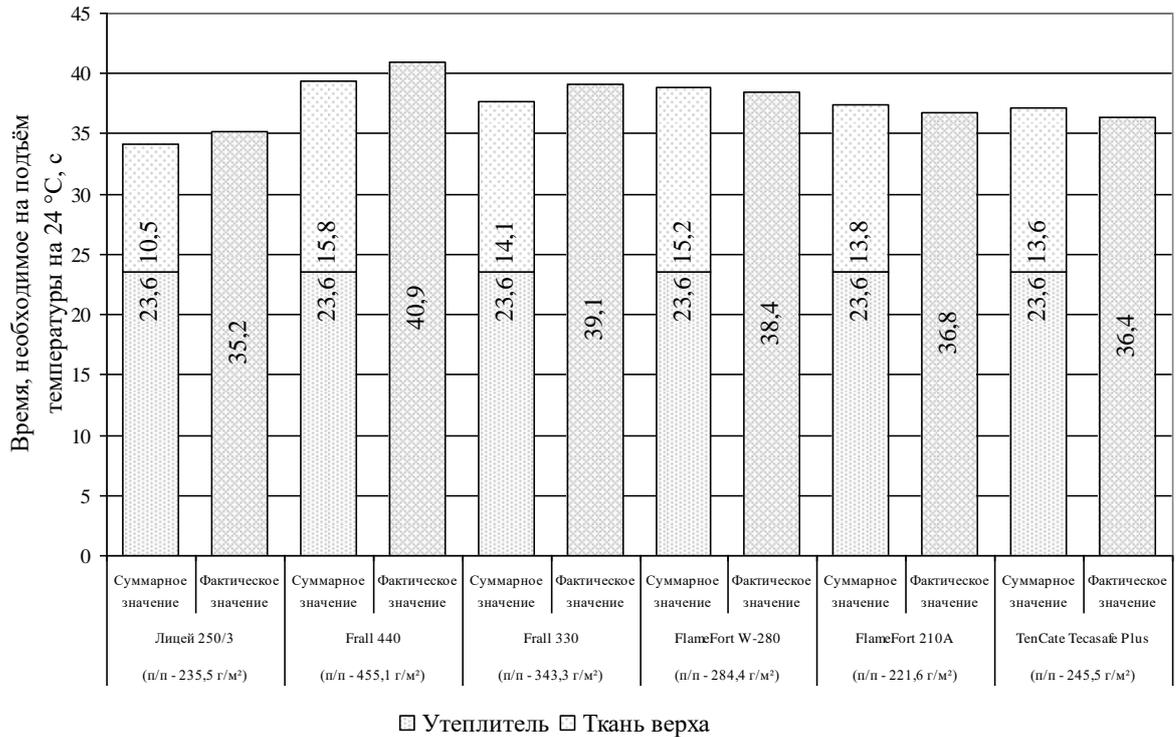


Рис. 30. Значения фактического и суммарного индекса передачи теплового излучения для пакетов одежды с двумя слоями утеплителя 150 г/м²

Для двух слоёв утеплителя поверхностной плотностью 150 г/м² пакетов одежды с тканями Лицей 250/3, Frall 440 и Frall 330 – суммарное значение меньше фактического (Лицей 250/3 – 3,2% и 1,1 с, Frall 440 – 3,8% и 1,5 с, Frall 330 – 3,7% и 1,4 с). Для пакетов одежды с тканями FlameFort W-280, FlameFort 210A и TenCate Tecasafe Plus – суммарное значение больше фактического (FlameFort W-280 – 1,0% и 0,4 с, FlameFort 210A – 1,6% и 0,6 с, TenCate Tecasafe Plus – 2,2% и 0,8 с).

Отличие суммарного индекса передачи теплового излучения от фактического обуславливается тем, что в расчёте суммарного RHTI (Q_0) не учитывалось влияние воздушной прослойки между слоями утеплителя и материалом верхнего слоя в пакетах специальной защитной одежды.

3.8 Определение порогового времени при контактной теплопередаче

Для исследования порогового времени при контактной теплопередаче тканей для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур по методу ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 использовался прибор НЦ-1, описанный в главе 2.9.

Для порогового времени при температуре нагревательного цилиндра 250°C по Техническому регламенту ТР ТС 019/2011 установлена норма, которая составляет не менее 5 секунд. В дополнение к методу ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011, проводились испытания по определению порогового времени при контактной теплопередаче для температур – 100°C, 350°C и 500°C. Данные показатели не нормируются ТР ТС 019/2011.

В таблице 18 представлены полученные значения порогового времени.

Таблица 18 – Пороговое время исследуемых тканей

Температура нагревательного цилиндра, °С	Пороговое время при контактной теплопередаче, с					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
100	21,2	24,5	22,9	28,4	27,5	22,6
250	10,8	12,2	11,7	12,7	11,1	12,6
350	8,2	9,9	9,5	10,1	10,3	9,5
500	–	8,0	7,8	8,3	8,1	6,9

Все исследуемые ткани выдерживают более 5 секунд при контактной температуре 250°C и имеют пороговое время в два раза больше, чем по требованиям ТР ТС 019/2011. Максимальный запас прочности имеет ткань FlameFort W-280 (12,7 с), минимальный – Лицей 250/3 (10,8 с).

При увеличении температуры нагревательного цилиндра до 350°C у ткани Лицей 250/3 происходит разрушение. При температуре 500°C ткани Frall 440, Frall 330 и TenCate Tecasafe Plus обугливаются и становятся хрупкими, ткани FlameFort W-280 и FlameFort 210A не теряют своей прочности. Все ткани, за исключением Лицей 250/3, выдерживают более 5 секунд. Наибольшее пороговое время у ткани FlameFort W-280 (8,3 с), наименьшее – TenCate Tecasafe Plus (6,9 с).

На основе данных таблицы 18 построены гистограммы порогового времени при контактной теплопередаче в зависимости от температуры нагревательного цилиндра (Рисунок 31).

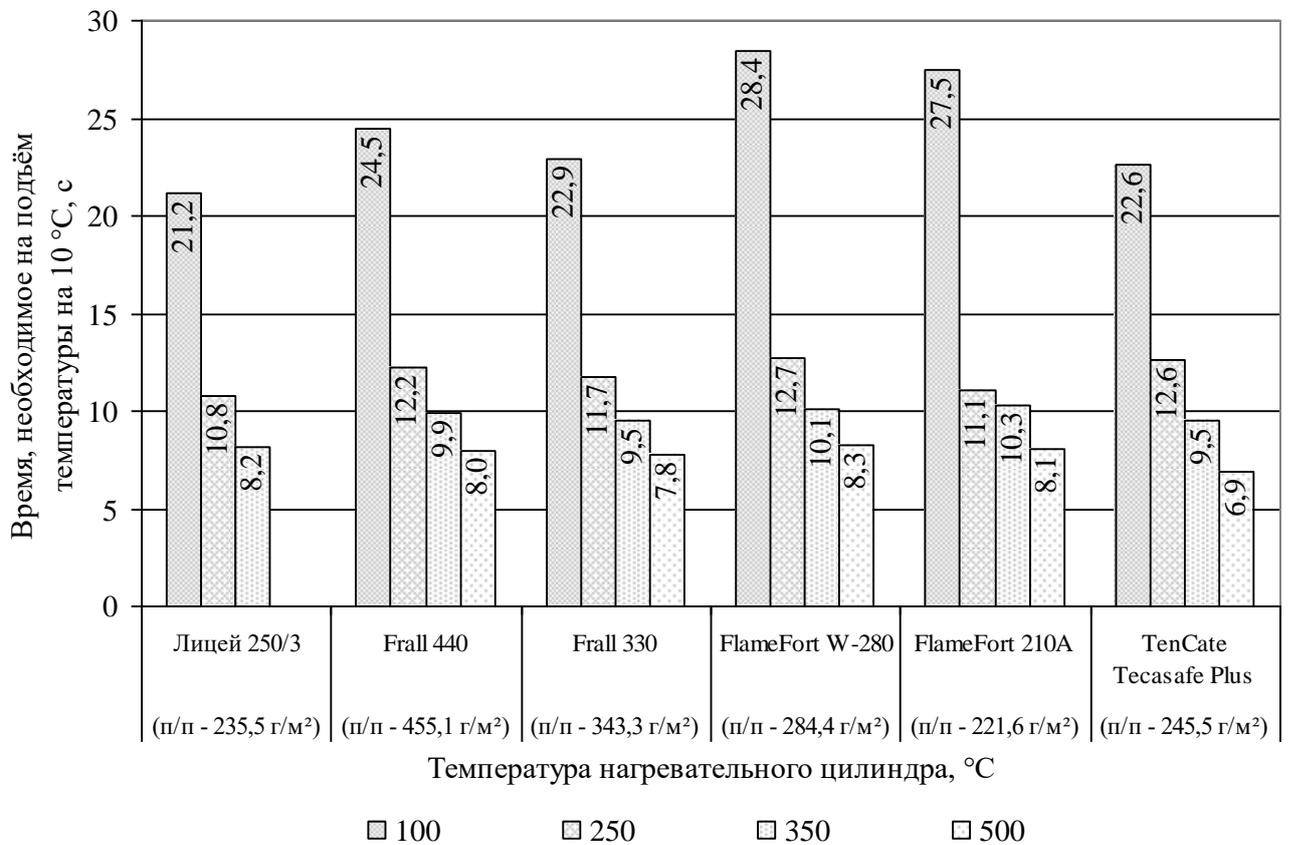


Рис. 31. Изменение порогового времени при контактной теплопередаче в зависимости от температуры нагревательного цилиндра

Получены уравнения четвертого порядка:

$$y = (3,1 \cdot 10^{-10})x^4 - (6,85 \cdot 10^{-7})x^3 + (5,415 \cdot 10^{-4})x^2 - 0,19798x + 36,25 \text{ (Лицей 250/3);}$$

$$y = (9,9 \cdot 10^{-10})x^4 - (1,736 \cdot 10^{-6})x^3 + (1,1192 \cdot 10^{-3})x^2 - 0,32891x + 47,833 \text{ (Frall 440);}$$

$$y = (7,9 \cdot 10^{-10})x^4 - (1,425 \cdot 10^{-6})x^3 + (9,421 \cdot 10^{-4})x^2 - 0,28475x + 43,3 \text{ (Frall 330);}$$

$$y = (1,46 \cdot 10^{-9})x^4 - (2,526 \cdot 10^{-6})x^3 + (1,6026 \cdot 10^{-3})x^2 - 0,45638x + 60,38 \text{ (FlameFort W-280);}$$

$$y = (2,5 \cdot 10^{-9})x^4 - (4,117 \cdot 10^{-6})x^3 + (2,44 \cdot 10^{-3})x^2 - 0,62676x + 69,6 \text{ (FlameFort 210A);}$$

$$y = (7,0 \cdot 10^{-11})x^4 - (2,47 \cdot 10^{-7})x^3 + (2,678 \cdot 10^{-4})x^2 - 0,13464x + 33,65 \text{ (TenCate Tecasafe Plus).}$$

Выводы по главе 3

1. Из исследуемых тканей для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур наилучшие показатели безопасности у ткани FlameFort W-280, так как эта ткань сделана из огнестойких материалов. Ткань Frall 440, изготовленная из пряжи натуральных волокон, обладает повышенными показателями. По эксплуатационным показателям качества наилучшие ткани Лицей 250/3 и TenCate Tecasafe Plus.

2. С увеличением времени действия теплового потока на испытуемый образец разрывная нагрузка незначительно увеличивается, а разрывное удлинение уменьшается.

3. При плотности теплового потока 20 кВт/м^2 , все исследуемые ткани удовлетворяют требованиям ТР ТС 019/2011.

4. При повышенных потоках, в Техническом Регламенте ТР ТС 019/2011 не предусмотрен норматив определения индекса передачи теплового излучения, поэтому целесообразно дополнить регламент нормативными показателями для повышенных плотностей тепловых потоков.

5. Показатели передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) и индекса передачи теплового излучения РНТИ (Q_0) отличаются в пределах ошибок. Передачу тепла при воздействии пламени ГОСТ Р ИСО 9151-2007 возможно оценить по испытаниям в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6942-2007 при плотности теплового потока 80 кВт/м^2 , что обеспечивает повышенную безопасность.

6. Сравнение суммарных показателей теплового потока пакетов защитной одежды с двумя слоями утеплителя больше фактических данных для тканей Лицей 250/3, Frall 440 и Frall 330 составляют от 1,1 сек до 2,9 сек. Для тканей FlameFort W-280, FlameFort 210А и TenCate Tecasafe Plus эти показатели меньше и составляют от 0,4 сек до 2,6 сек.

7. В ТР ТС 019/2011 для контактной теплопередачи предусмотрены нормативные показатели температуры нагревательного цилиндра 250°C , что не всегда отражает фактические риски на производстве, поэтому предлагается

исследовать защитные свойства тканей при повышенных температурах. Защитные свойства при контактной теплопередаче при температурах 350°C и 500°C следует нормировать и ввести данные в нормативные документы и Технический Регламент ТР ТС 019/2011.

8. Целесообразно привести стандарты ГОСТ Р ИСО 9151-2007 и ГОСТ Р ИСО 6942-2007 к единой терминологии – Heat Transfer Index (Flame) переводить как индекс передачи тепла (открытое пламя), Radiant Heat Transfer Index – как индекс передачи тепла (излучение) и Heat Transmission Factor – как фактор передачи тепла.

ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ТКАНЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И РАЗРАБОТКА СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ

4.1 Влияние многократных стирок на разрывную нагрузку тканей для защиты от воздействия повышенных температур

Рабочая специальная защитная одежда выдаётся работнику на один год, в соответствии с нормами выдачи. Во время эксплуатации, одежда подвергается стиркам, что сказывается на эксплуатационных свойствах, таких как разрывная нагрузка. Если специальную одежду стирать раз в неделю, то в год получится 50 циклов стирки. В таблице 19 представлено изменение разрывной нагрузки по основе в зависимости от количества стирок. Стирка проводилась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6330-99.

Таблица 19 – Значения разрывной нагрузки по основе в зависимости от количества стирок

Количество стирок	Разрывная нагрузка исследуемых тканей по основе, Н					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
– Исходная	897,9 ±44,9	1597,4 ±78,3	1308,3 ±66,7	1636,6 ±75,3	1319,1 ±64,6	766,0 ±39,8
– 1 стирка	880,0 ±43,2	1647,4 ±80,2	1322,0 ±65,6	1634,3 ±80,4	1352,0 ±66,6	793,4 ±39,0
– 5 стирок	918,4 ±47,8	1612,5 ±79,4	1338,4 ±64,3	1656,7 ±83,3	1322,2 ±65,9	800,6 ±39,8
– 25 стирок	867,2 ±42,3	1546,3 ±77,7	1276,3 ±63,6	1597,7 ±80,1	1310,4 ±65,2	754,8 ±37,3
– 50 стирок	837,5 ±41,8	1524,7 ±76,4	1257,8 ±62,9	1558,3 ±77,5	1266,1 ±65,8	724,5 ±36,2

На основе данных таблицы 19 построены графики зависимостей для разрывной нагрузки по основе (Рисунок 32).

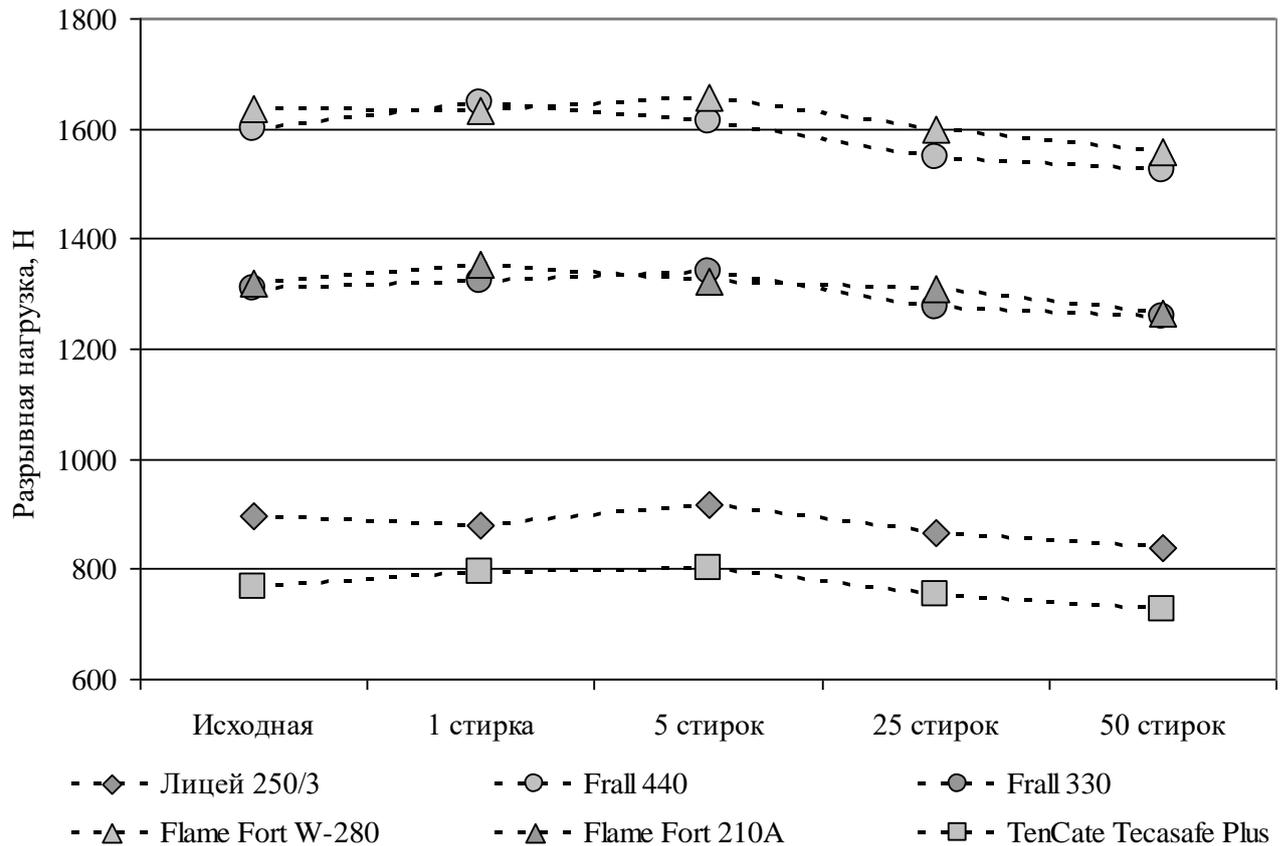


Рис. 32. Изменение фактических значений разрывной нагрузки исследуемых тканей по основе

После многократной мокрой обработки, разрывная прочность по основе тканей уменьшилась на: 6,7% для ткани Лицей 250/3; 4,6% для Frall 440; 3,9% для Frall 330; 4,8% для FlameFort W-280; 4,0% для FlameFort 210A и 5,4% для TenCate Tecasafe Plus. Среднее значение падения разрывной нагрузки по всем образцам составляет 4,9%.

В таблице 20 представлено изменение разрывной нагрузки по утку в зависимости от количества стирок.

Таблица 20 – Значения разрывной нагрузки по утку в зависимости от количества стирок

Количество стирок	Разрывная нагрузка исследуемых тканей по утку, Н					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
– Исходная	772,2 ±37,1	1491,6 ±73,1	1023,1 ±52,2	1647,4 ±77,4	1061,3 ±53,1	736,6 ±34,6
– 1 стирка	795,3 ±40,1	1537,0 ±76,3	1028,8 ±51,0	1635,4 ±80,9	1092,5 ±54,3	738,4 ±36,7
– 5 стирок	796,7 ±40,0	1505,5 ±75,8	1048,5 ±52,4	1664,2 ±83,5	1063,2 ±52,8	757,0 ±37,3
– 25 стирок	746,3 ±37,4	1483,5 ±73,6	1022,7 ±50,5	1604,4 ±80,0	1052,4 ±52,8	745,5 ±36,9
– 50 стирок	730,8 ±36,5	1390,0 ±69,8	983,5 ±48,7	1538,5 ±77,4	998,0 ±49,6	689,2 ±34,2

Также на основе данных таблицы 20 построены графики зависимостей для разрывной нагрузки по утку (Рисунок 33).

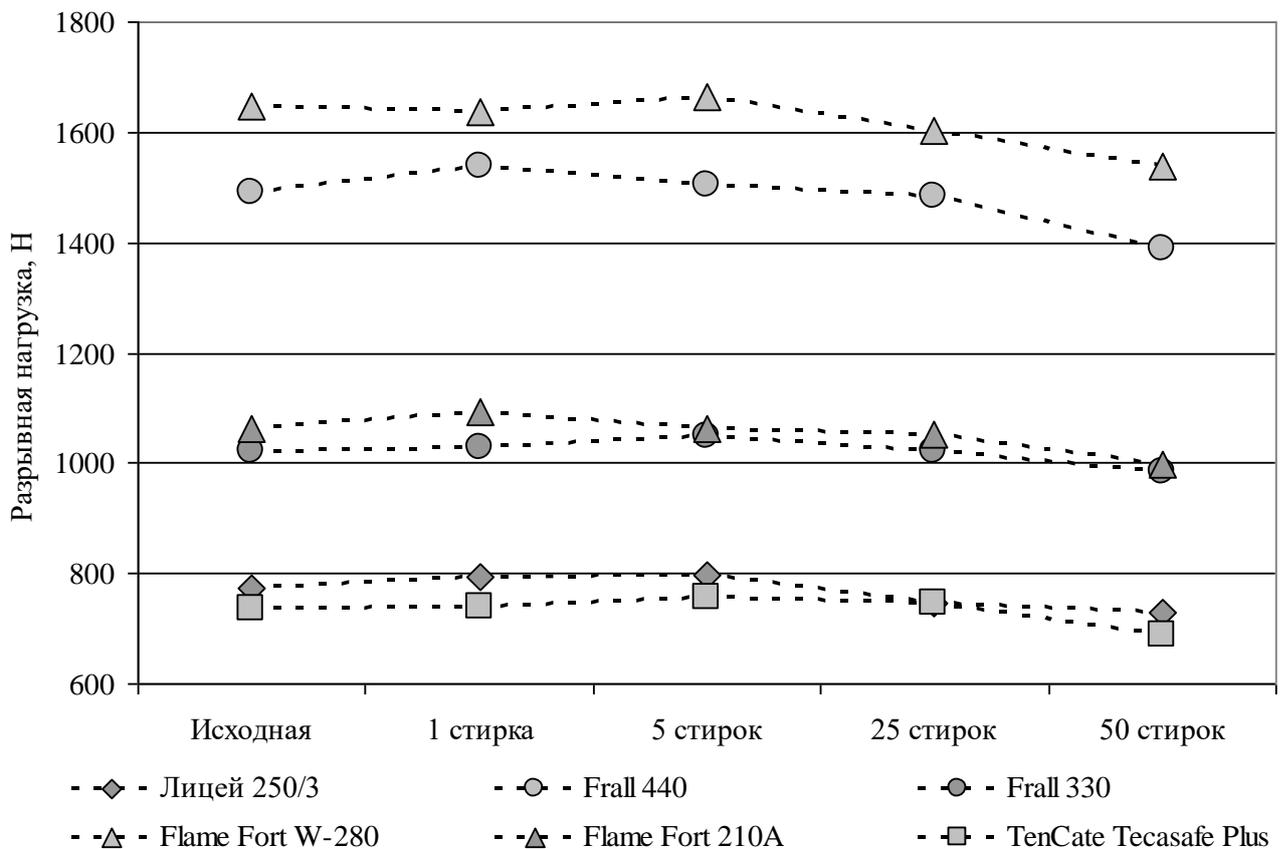


Рис. 33. Изменение фактических значений разрывной нагрузки исследуемых тканей по утку

Как и по основе, так и по утку, при стирках происходит уменьшение разрывной нагрузки: на 5,4% для ткани Лицей 250/3; на 6,8% для Frall 440; на 3,9% для Frall 330; на 6,6% для FlameFort W-280; на 6,0% для FlameFort 210A и на 6,4% для TenCate Tecasafe Plus. Среднее значение падения прочности составляет 5,8%.

4.2 Влияние многократных стирок на индекс передачи теплового излучения и показатель передачи тепла при воздействии пламени

Влажная обработка влияет не только на эксплуатационные, но и на защитные показатели качества. В таблице 21 представлено изменение индекса передачи теплового излучения в зависимости от количества стирок.

Таблица 21 – Значения индекса передачи теплового излучения в зависимости от количества стирок

Количество стирок	Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q_0), при плотности теплового потока 20 кВт/м ² , с					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
– Исходная	10,5	15,8	14,1	15,2	13,8	13,6
– 1 стирка	10,5	15,8	14,2	15,3	13,9	13,8
– 5 стирок	10,7	16,2	14,6	15,3	14,0	13,8
– 25 стирок	10,7	16,5	14,7	15,5	14,3	14,0
– 50 стирок	11,2	17,0	15,0	15,8	15,0	14,5

При стирках происходит увеличение индекса передачи теплового излучения: на 6,7% (+0,7 с) для ткани Лицей 250/3; на 7,7% (+1,2 с) для Frall 440; на 6,4% (+0,9 с) для Frall 330; на 4,0% (+0,6 с) для FlameFort W-280; на 8,7% (+1,2 с) для FlameFort 210A и на 6,6% (+0,9 с) для TenCate Tecasafe Plus. Увеличение RHTI (Q_0) обусловлено уплотнением структуры тканей после многократных стирок.

На рисунке 34, представлены графики зависимостей для индекса передачи теплового излучения в зависимости от количества стирок.

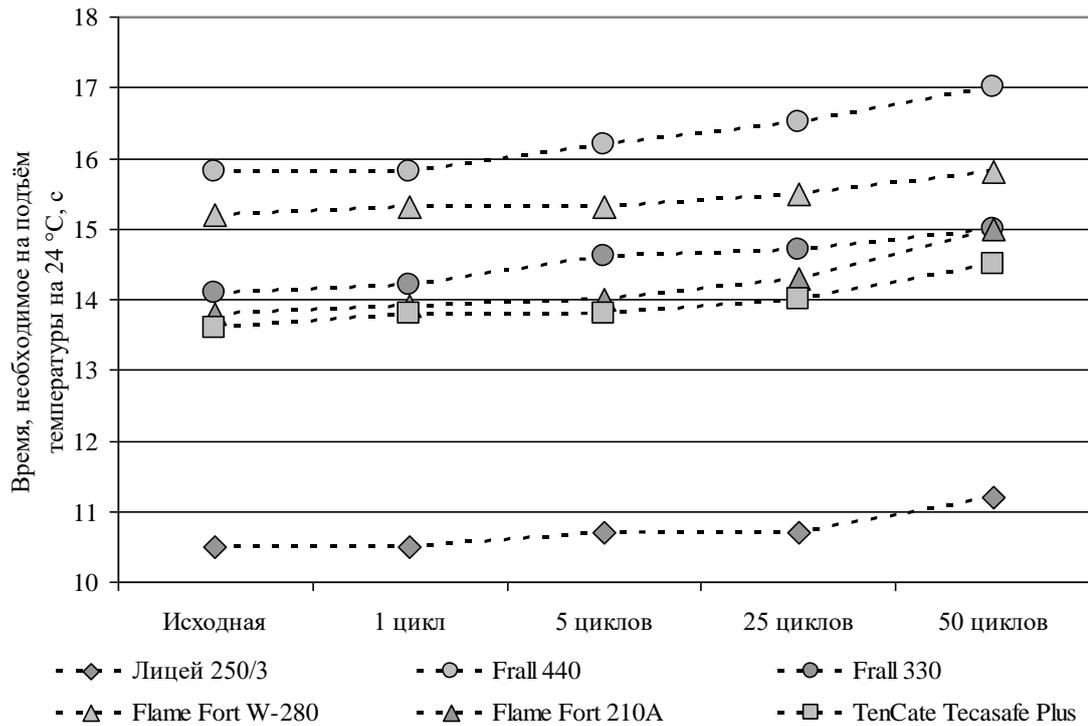


Рис. 34. Изменение индекса передачи теплового излучения при плотности теплового потока 20 кВт/м^2 в зависимости от количества циклов стирки

Для сравнения влияния многократных стирок в зависимости от вида воздействия, испытания проводились при сопоставимой плотности теплового потока 80 кВт/м^2 для двух методов. Метод ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и ГОСТ Р ИСО 9151-2007 отличаются видом воздействия – конвективной теплотой и пламенем. Оба метода подразумевают фиксирование времени, необходимого на подъём температуры на $24,0^\circ\text{C}$.

В таблице 22 представлены полученные значения индекса передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ и показателя передачи тепла при воздействии пламени $HTI (Q_0)$ после многократных стирок.

Таблица 22 – Значения индекса передачи теплового излучения и показателя передачи тепла при воздействии пламени после различного цикла стирок

Количество стирок	Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q_0), при плотности теплового потока 80 кВт/м ² , с					
	Лицей 250/3	Frall 440	Frall 330	Flame Fort W-280	Flame Fort 210A	TenCate Tecasafe Plus
– Исходная	0,0	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2
– 1 стирка	–	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2
– 5 стирок	–	5,1	4,6	5,1	4,4	4,3
– 25 стирок	–	5,3	4,8	5,6	4,7	4,6
– 50 стирок	–	5,5	5,1	5,8	5,0	4,8
	Показатель передачи тепла при воздействии пламени HTI (Q_0), при плотности теплового потока 80 кВт/м ² , с					
– Исходная	0,0	5,6	6,0	5,2	4,6	4,4
– 1 стирка	–	5,6	6,0	5,2	4,6	4,4
– 5 стирок	–	5,7	6,0	5,2	4,6	4,4
– 25 стирок	–	5,9	6,2	5,4	4,8	4,6
– 50 стирок	–	6,5	6,6	5,9	5,1	5,0

Из-за отсутствия огнестойкой пропитки, ткань Лицей 250/3 не может выдержать тепловой поток плотностью 80 кВт/м². Ткани Frall 440, Frall 330 и TenCate Tecasafe Plus имеют огнестойкую пропитку, но так как сырьевой состав состоит из хлопчатобумажной пряжи и из смеси модакрила с вискозным волокном, обугливаются при повышенной температуре. Ткани FlameFort W-280 и FlameFort 210A под действием температуры выгорают (происходит изменение цвета).

На основе данных таблицы 22, построены графики зависимостей для индекса передачи теплового излучения (Рисунок 35) и показателя передачи тепла при воздействии пламени (Рисунок 36).

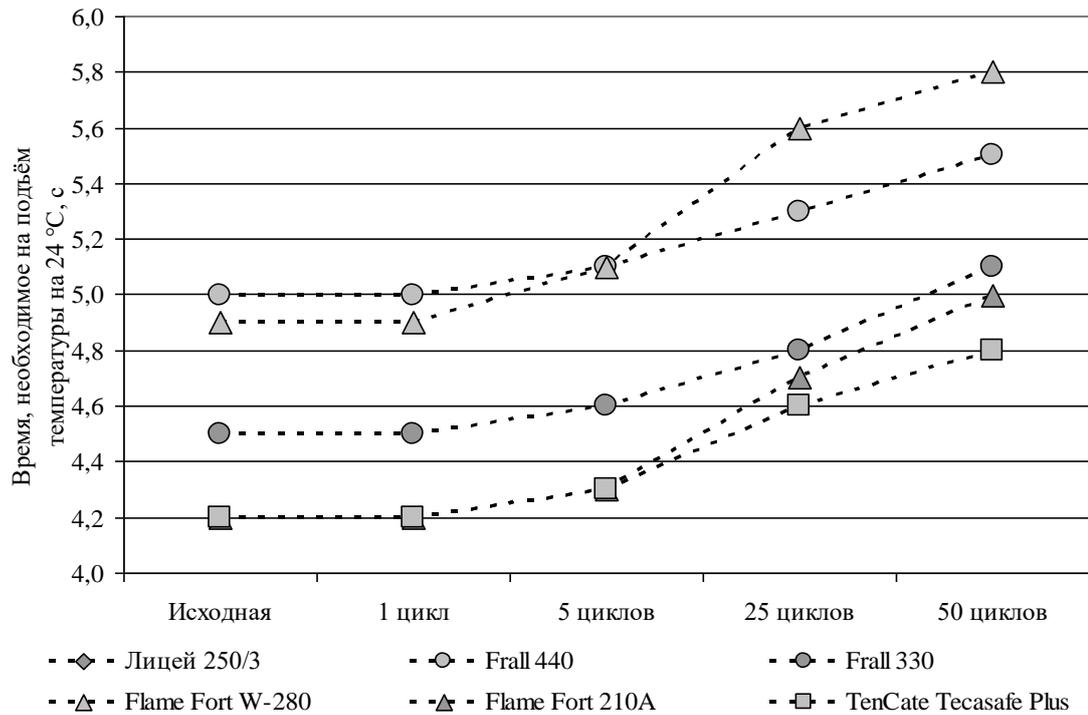


Рис. 35. Индекс передачи теплового излучения при плотности теплового потока 80 кВт/м^2 в зависимости от количества циклов стирки

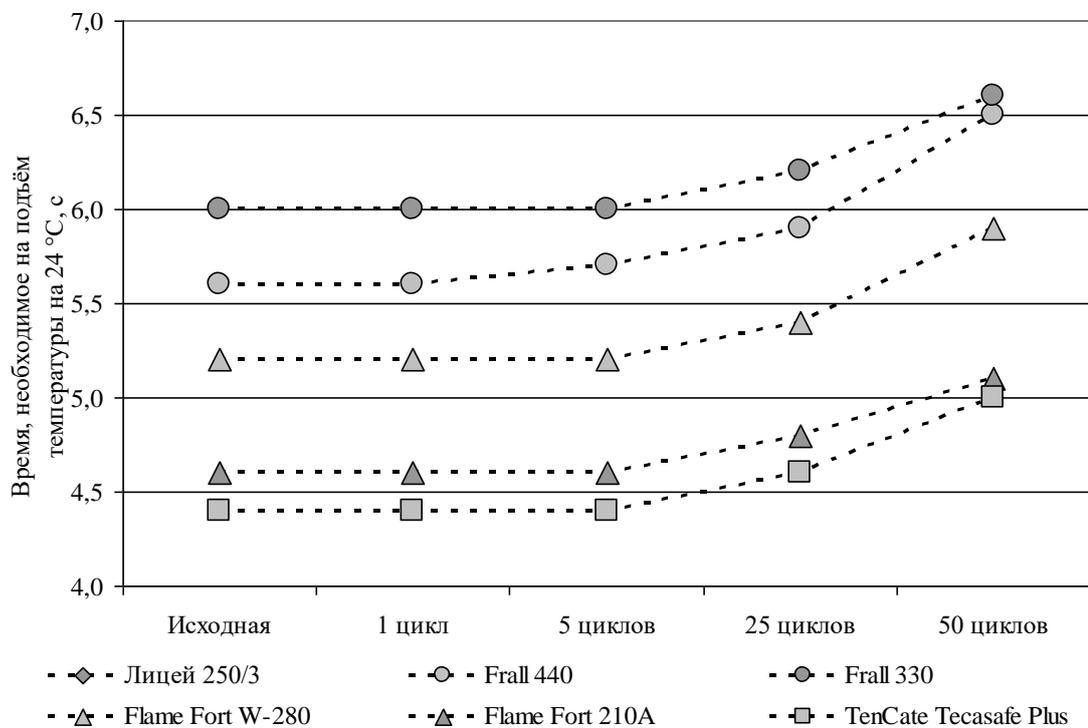


Рис. 36. Показатель передачи тепла при воздействии пламени при плотности теплового потока 80 кВт/м^2 в зависимости от количества циклов стирки

Индекс передачи теплового излучения до и после стирки изменяется от 10,0% (Frall 440) до 19,1% (FlameFort 210A) и от 0,5 с до 0,9 с. Для показателя передачи тепла при воздействии пламени – от 10,0% (Frall 330) до 16,1% (Frall 440) и от 0,5 с до 0,9 с.

Показатель передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) отличается от индекса передачи теплового излучения RНТИ (Q_0) после воздействия стирок от 1,7% (FlameFort W-280) до 29,4% (Frall 330) и от 0,1 с до 1,5 с.

Падающий тепловой поток (Рисунок 37) состоит из: пропущенного, отражённого и поглощённого.

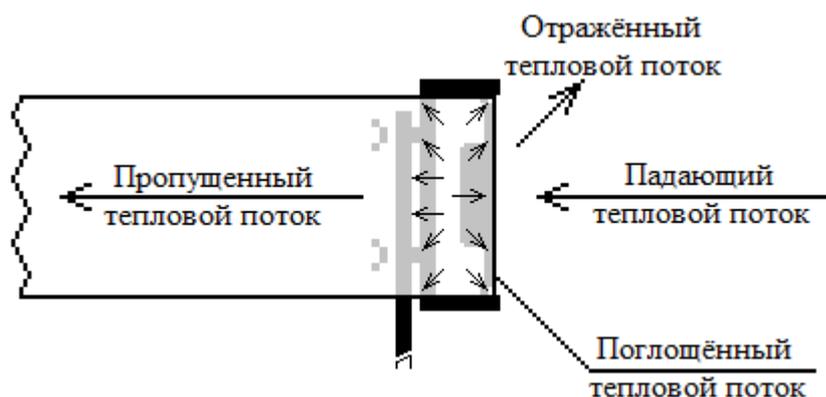


Рис. 37. Действие теплового потока на испытуемый образец

Повышение значений индекса передачи теплового излучения RНТИ (Q_0) и показателя передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) можно объяснить выцветанием образца под действием теплового потока – у образца уменьшается степень черноты, что увеличивает отражённый тепловой поток и уменьшает поглощённый.

4.3 Разработка стандарта организации на метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины

Стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины" был разработан в соответствии с ГОСТ Р 1.4-2004 [181].

В структуру стандарта должны входить следующие разделы: область применения, нормативные ссылки, термины и определения, сущность метода, испытательное оборудование, отбор образцов, условия проведения испытаний, порядок проведения испытаний, протокол испытаний.

Областью применения являются ткани из термостойких волокон (пряжи) для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур.

В разработанном стандарте организации используются нормативные ссылки на стандарты: ГОСТ Р ИСО 139-2007, ГОСТ 20566-75 [182], МЭК 60584-1:1995, ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и ГОСТ 3813-72.

Термины и определения в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и ГОСТ 3813-72.

Отбор проб проводится в соответствии с ГОСТ 20566-75. Для проведения испытаний по определению исходной разрывной нагрузки заготавливают не менее пяти по основе и пяти по утку, размером (350 x 60) мм. Для испытаний по определению разрывной нагрузки после воздействия теплового излучения – не менее пяти по основе и пяти по утку, размером (440 x 80) мм.

Для определения разрывной нагрузки используются разрывные машины в соответствии с ГОСТ 3813-72. Для определения стойкости тканей к воздействию теплового потока заданной величины используется стенд для испытания материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источников теплового излучения МТ-265, отвечающий требованиям ГОСТ Р ИСО 6942-2007.

Условия испытаний должны соответствовать ГОСТ Р ИСО 6942-2007.

Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины $ST_{o(y)}$ по основе или по утку в процентах рассчитывают по формуле 8.

В приложении 1 представлена схема раскроя элементарных проб. Варианты выбора уровней плотности теплового потока в зависимости от класса защиты специальной одежды приведены в приложении 2. В приложении 3 представлена таблица для выбора груза предварительного натяжения в зависимости от

поверхностной плотности исследуемого материала. В приложении 4 представлен протокол испытания.

Выводы по главе 4

1. Показатели качества и безопасности тканей для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур зависят от условий эксплуатации и интенсивности влияния внешних факторов. Лабораторный износ (стирка) хорошо имитирует изменение свойств тканей в процессе эксплуатации.

2. Норма выдачи одежды для защиты от воздействия повышенных температур определяется одним годом эксплуатации, что соответствует 50-ти стиркам (одна стирка в неделю).

3. Многократные стирки оказывают влияние на механические свойства материала. Разрывная нагрузка под воздействием влаги и тепла в течение первых 5-ти стирок несколько возрастает, а потом при увеличении количества стирок разрывная нагрузка уменьшается.

4. При увеличении количества стирок показатель передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) и индекс передачи теплового излучения RНТИ (Q_0) остаются неизменными и, следовательно, в процессе эксплуатации защитные свойства будут сохраняться.

5. Разработан стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины" для количественной оценки изменения теплофизических свойств материала.

6. В разработанном стандарте используется усовершенствованная методика проведения испытаний и усовершенствованная конструкция прибора

7. Стандарт организации введён в действие приказом от 01.10.2021 в качестве нормативного документа в Научно-испытательный центре "ШЕЛК" Учреждения "Центр "СКС" (СТО 40319125-003-2021).

Общие выводы по работе

1. Усовершенствованная конструкция каретки с держателем образца, груза предварительного натяжения и системы охлаждения калориметра позволяет обеспечить точные, воспроизводимые и повторяемые результаты определения теплофизических характеристик.

2. Усовершенствованная методика нормирования направления раскроя образцов и их количества, груза предварительного натяжения в зависимости от поверхностной плотности испытуемого образца позволяет осуществить гармонизацию метода определения теплофизических свойств с ГОСТ 3813-72.

3. Усовершенствованная методика охлаждения калориметра позволяет значительно увеличить количество испытаний за одну рабочую смену.

4. Предложено внести нормированные показатели индекса передачи теплового излучения для повышенных плотностей теплового потока в Технический Регламент 019/2011. Для плотности теплового потока 40 кВт/м^2 – 5 с, для 60 кВт/м^2 – 4 с, для 80 кВт/м^2 – 3 с.

5. Разработанная методика определения рисков нанесения вреда здоровью человека позволяет определять площадь поверхности ожога в зависимости от площади выгорания текстильного материала. Действие теплового потока плотностью 50 кВт/м^2 в течение 6,4 с будет соответствовать лёгкому ожогу, 60 кВт/м^2 в течение 5,2 с – тяжёлому, а 70 кВт/м^2 в течение 4,6 с и 80 кВт/м^2 в течение 4,2 с – крайне тяжёлому.

6. На основе экспертной оценки и оценки рисков выбраны наиболее важные показатели качества и безопасности тканей для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур, которые следует использовать при разработке нормативной документации.

7. Установлены высокие огнестойкие, термозащитные свойства и физико-механические показатели качества арамидной ткани FlameFort W-280 – разрывная нагрузка 1636,6 Н по основе и 1647,4 Н по утку, индекс передачи теплового излучения 15,2 с, показатель передачи тепла при воздействии пламени 5,2 с.

Повышенными показателями безопасности обладает хлопчатобумажная ткань Frall 440 – разрывная нагрузка 1597,4 Н по основе и 1491,6 Н по утку, индекс передачи теплового излучения 15,8 с, показатель передачи тепла при воздействии пламени 5,6 с. Наилучшие эксплуатационные показатели качества у смесовых тканей Лицей 250/3 и TenCate Tecasafe Plus – стойкость к истиранию по плоскости 3634 и 2265 циклов, по методу Мартирдейла – 45000 циклов, устойчивость окраски к различным воздействиям. Даны рекомендации по использованию тканей для защиты от воздействия повышенных температур в различных областях, с учётом целевого назначения.

8. Определено влияние воздействия теплового потока различных плотностей на теплофизические свойства тканей для защиты от повышенных температур. Наибольший индекс передачи теплового излучения при плотности теплового потока 20 кВт/м² у ткани Frall 440 – 15,8 с, наименьший у ткани Лицей 250/3 – 10,5 с. При увеличении плотности теплового потока свыше 50 кВт/м², ткань Лицей 250/3 разрушается. С увеличением плотности теплового потока до 80 кВт/м², индекс передачи теплового излучения уменьшается у ткани Frall 440 до 5,0 с (наибольший) и у ткани TenCate Tecasafe Plus до 4,2 с (наименьший).

9. При определении теплофизических характеристик материала целесообразно использовать источник теплового излучения по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 вместо открытого пламени по ГОСТ Р ИСО 9151-2007 для обеспечения повышенной безопасности при проведении массовых испытаний. При сравнимой плотности теплового потока 80 кВт/м², показатель передачи тепла при воздействии пламени и индекс передачи теплового излучения отличаются незначительно.

10. Предложено привести терминологию стандартов ГОСТ Р ИСО 9151-2007 и ГОСТ Р ИСО 6942-2007 к единой терминологии и внести изменения в стандарты – Heat Transfer Index (Flame) следует переводить как индекс передачи тепла (открытое пламя), Radiant Heat Transfer Index – индекс передачи тепла (излучение) и Heat Transmission Factor – фактор передачи тепла.

11. Определено влияние многократных стирок на механические свойства тканей для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур: разрывная нагрузка под воздействием влаги и тепла в течение первых 5-ти стирок несколько возрастает, а потом при увеличении количества стирок – уменьшается. Наибольшая разрывная нагрузка по основе у ткани FlameFort W-280 (1636,6 Н) после 50-ти стирок уменьшается на 4,8% (1558,3 Н), наименьшая – у ткани TenCate Tecasafe Plus (766,0 Н) уменьшается на 5,4% (724,5 Н). Наибольшая разрывная нагрузка по утку у ткани FlameFort W-280 (1647,4 Н) после 50-ти стирок уменьшается на 6,6% (1538,5 Н), наименьшая – у ткани TenCate Tecasafe Plus (736,6 Н) уменьшается на 5,4% (689,2 Н).

12. Доказано, что многократная стирка не оказывает влияния на показатели индекса передачи теплового излучения и показатель передачи тепла при воздействии пламени, следовательно, в процессе эксплуатации сохраняются защитные показатели на весь срок выдачи защитной одежды. Индекс передачи теплового излучения до и после стирки изменяется от 10,0% (Frall 440) до 19,1% (FlameFort 210A) и от 0,5 с до 0,9 с. Для показателя передачи тепла при воздействии пламени – от 10,0% (Frall 330) до 16,1% (Frall 440) и от 0,5 с до 0,9 с.

13. Разработан стандарт организации "Метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины", который позволяет проводить унифицированные испытания и повышает воспроизводимость и повторяемость результатов. Данный стандарт может широко использоваться в материаловедческой практике, испытательных лабораториях и отделом охраны труда на предприятиях связанных с повышенным риском тепловых воздействий от ряда источников.

Список литературы

1. Всемирная Организация Здравоохранения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/burns>
2. Термические ожоги. Введение. Кафедра скорой медицинской помощи и медицины катастроф [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://belkmk.narod.ru/public/burn_1.htm
3. Петров С. В. Общая хирургия: Учебник для вузов. – 2-е изд. – 2004. – 768 с.
4. Анисимова И. А. Вред, причиненный здоровью человека: понятие, виды // Вестн. Том. гос. ун-та. — 2007. — № 302. — С. 113—116.
5. Веселкин П.Н. Болезнь // Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. Б.В. Петровский. — 3 изд. — Москва : Советская энциклопедия, 1976. — Т. 3. Беклемишев - Валидол. — 584 с. — 150 000 экз.
6. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 05.04.2021, с изм. от 08.04.2021) // Собрание законодательства РФ. - 17.06.1996.
7. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 1 сентября 2020 г. № 925н "Об утверждении порядка выдачи и оформления листков нетрудоспособности, включая порядок формирования листков нетрудоспособности в форме электронного документа"
8. Технический регламент ЕАЭС "О безопасности средств индивидуальной защиты" ТР ЕАЭС 019/2011
9. ГОСТ 12.4.115-82 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация – Введ. 1990–07–01. М. : Стандартинформ, 2007. 6 с.
10. Лагунова, В. В. Нормирование показателей безопасности тканей, предназначенных для пошива специальной одежды работников газовой промышленности, на основе теоретического анализа кривых вероятности риска / В. В. Лагунова, А. Ф. Давыдов // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2013. – № 2(13). – С. 140-143.

11. Лагунова, В. В. Разработка методов оценки и определение защитных свойств специальной одежды для работников газовой промышленности : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лагунова Виктория Владимировна. – Москва, 2011. – 225 с.

12. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация – Введ. 1990–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2004. 6 с

13. ГОСТ Р 12.4.196-99 Система стандартов безопасности труда. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний– Введ. 2003–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2000. 11 с

14. ГОСТ Р 12.4.195-99 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация– Введ. 2003–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2000. 4 с

15. ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация– Введ. 1984–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 5 с

16. ГОСТ 12.4.023-84 Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля– Введ. 1985–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 12 с

17. ГОСТ Р 12.4.013-97 Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия – Введ. 1998–07–01. М. : Стандартинформ, 2005. 13 с.

18. ГОСТ 12.4.06-79 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты дерматологические. Классификация и общие требования– Введ. 1980–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 3 с

19. ГОСТ 12.4.115-82 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты работающих. Общие требования к маркировке– Введ. 1983–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 2 с

20. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска – Введ. 2020–03–01. М. : Стандартинформ, 2020. 85 с.
21. Антипирены: российский период // "The Chemical Journal/Химический журнал" : журнал. — М., 2010. — Февраль. — С. 42-45.
22. Solvay Officia IWebsite [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solvay.com/en/brands/proban>
23. Rhodia Official Website [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rhodia.com/>
24. Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов / С. А. Сырбу, В. А. Бурмистров, Д. Б. Самойлов, А. Х. Салихова // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – № 5(39). – С. 13.
25. Сырбу, С. А. Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов декоративного назначения / С. А. Сырбу, А. Х. Салихова, А. С. Федоринов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 19 сентября 2018 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 166-170.
26. Сырбу, С. А. Разработка огнезащитных составов на основе афламмит SAP для текстильных материалов / С. А. Сырбу, А. Х. Салихова, А. С. Федоринов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 5(57). – С. 8.
27. Ciba Official Website [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cibatextiles.com/en/home/>
28. Schuemer Official Website [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://schuemer.de/en/products/>
29. Придание огнестойкости текстильным материалам различного назначения / Е. Л. Владимирцева, С. В. Смирнова, О. И. Одинцова, М. В. Винокуров // Российский химический журнал. – 2014. – Т. 58. – № 2. – С. 49-58.

30. Лаврентьева, Е. П. Сравнительный анализ свойств огнезащитных тканей различных способов производства / Е. П. Лаврентьева // Швейная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 40-42.

31. Лаврентьева, Е. П. Сравнительный анализ свойств огнезащитных тканей и различных способов их производства / Е. П. Лаврентьева // Швейная промышленность. – 2014. – № 1. – С. 18-20.

32. Лаврентьева, Е. П. Разработка научных основ и технологий производства текстильных материалов новых структур для специальной одежды и средств индивидуальной защиты : специальность 05.19.02 "Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Лаврентьева Екатерина Петровна. – Москва, 2016. – 413 с.

33. Савинова, А. А. Надёжность и безопасность - основные требования, предъявляемые к спецодежде / А. А. Савинова, Т. Р. Чернышева, Ю. Я. Тюменев // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (инновации - 2014): сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 18–19 ноября 2014 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 213-214.

34. Тюменев, Ю. Я. Исследование современного состояния производства специальной одежды из огнезащитных тканей / Ю. Я. Тюменев, А. А. Савинова, Т. Р. Чернышова // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 1(48). – С. 48-57.

35. Тюменев, Ю.Я. Материалы для процессов сервиса в индустрии моды и красоты: учеб. пособие для бакалавров / Ю.Я. Тюменев, В.И. Стельмашенко, С.А. Вилкова. – М.: Дашков и Ко, 2014. – 400 с.

36. Тюменев, Ю. Я. Исследование зависимости показателей безопасности огнезащитных тканей от волокнистого состава / Ю. Я. Тюменев, А. А. Савинова, Т. Р. Чернышова // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 1(48). – С. 40-47.

37. Савинова, А. А. Влияние волокнистого состава на показатели надёжности огнезащитных тканей для спецодежды / А. А. Савинова, Ю. Я. Тюменев, Т. Р. Чернышова // Дизайн и технологии. – 2014. – № 40(82). – С. 59-63.

38. Исследование изменения показателей надёжности огнезащитных тканей для спецодежды в процессе эксплуатации / Ю. Я. Тюменев, А. А. Савинова, В. А. Сучилин, О. А. Ханчич // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – № 1(26). – С. 113. – DOI 10.15862/150TVN115.

39. Сабирзянова, Р. Н. Применение антипиренов для огнезащиты текстильных материалов / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 23. – С. 151-153.

40. Сабирзянова, Р. Н. Современные тенденции в производстве огнестойких текстильных материалов / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 8. – С. 75-79.

41. Сабирзянова, Р. Н. Ассортимент и область применения огнестойких текстильных материалов / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 22. – С. 101-105.

42. Сабирзянова, Р. Н. Оборудование и методики испытаний текстильных материалов на огнестойкость / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 19. – С. 120-123.

43. Тучкова, О. А. Поведение текстильных материалов при высокоинтенсивном нагреве / О. А. Тучкова, В. С. Гасилов, Р. Н. Сабирзянова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 22. – С. 34-36.

44. Сабирзянова, Р. Н. Процесс получения вспучивающегося антипирена для пропитки текстильных материалов / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 11. – С. 135-136.

45. Сабирзянова, Р. Н. Исследование влияния составляющих компонентов вспучивающегося антипирена на огнестойкие свойства материалов / Р. Н.

Сабирзянова, И. В. Красина // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 2. – С. 283-287.

46. Исследование влияния плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления на закрепление антипирена в поверхностном слое текстильных материалов / С. В. Илюшина, Р. Н. Сабирзянова, А. С. Парсанов, А. Т. Миндиярова // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 12. – С. 78-80.

47. Исследование влияния вспучивающего антипирена на повышение огнестойкости текстильных материалов / Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина, О. А. Тучкова, Р. Ш. Еналеев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 3. – С. 53-54.

48. Исследование теплопроводности текстильных материалов, пропитанных вспучивающимся антипиреном, методом дифференциально-термического анализа / Р. Н. Фазуллина, И. В. Красина, С. В. Илюшина, А. Н. Минязова // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 7. – С. 86-88.

49. Фазуллина, Р. Н. Влияние акриловой эмульсии на эффективное закрепление вспучивающегося антипирена на поверхности текстильных материалов / Р. Н. Фазуллина, И. В. Красина // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 12. – С. 114-116.

50. Сергеева, Е. А. Изменение термических свойств и структуры технических тканей под действием неравновесной низкотемпературной плазмы / Е. А. Сергеева, С. В. Илюшина // Швейная промышленность. – 2011. – № 6. – С. 40-42.

51. Сергеева, Е. А. Регулирование свойств синтетических волокон, нитей, тканей и композиционных материалов на их основе с помощью неравновесной низкотемпературной плазмы : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Сергеева Екатерина Александровна. – Казань, 2010. – 437 с.

52. Илюшина, С. В. Исследование влияния низкотемпературной плазмы пониженного давления на поверхностные свойства технических тканей / С. В. Илюшина, Р. Н. Сабирзянова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 5. – С. 54-55.

53. Илюшина, С. В. Регулирование адгезионной способности технических тканей к резинам неравновесной низкотемпературной плазмой : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Илюшина Светлана Викторовна. – Казань, 2012. – 170 с.

54. Сафонов, П. Е. Проектирование структур защитных тканей с применением комбинированных огне- и термостойких нитей / П. Е. Сафонов, Н. М. Левакова, С. С. Юхин // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2017. – № 1. – С. 328-333.

55. Сафонов, П. Е. Разработка структур огнетермостойких тканей для экранирования электромагнитного излучения / П. Е. Сафонов // Инновационные материалы и технологии в дизайне : Тезисы докладов IV Всероссийской научно-практической конференции с участием молодых ученых, Санкт-Петербург, 22–23 марта 2018 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, 2018. – С. 11-12.

56. Сафонов, П. Е. Проектирование огнетермостойкой ткани для защиты от электромагнитного излучения / П. Е. Сафонов, Н. М. Левакова // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2019. – № 1-1. – С. 24-26.

57. Сафонов, П. Е. Разработка огне- и термостойкой ткани с эффектом экранирования электромагнитного излучения / П. Е. Сафонов, Н. М. Левакова, Е. М. Горынина // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2019. – № 1-1. – С. 236-241.

58. Сафонов, П. Е. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления арамидных тканей технического назначения : специальность

05.19.02 "Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сафонов Павел Евгеньевич. – Москва, 2013. – 358 с.

59. Такей, Е. Разработка целлюлозных текстильных материалов с огнезащитными свойствами с применением тетроэтоксисилана и азот-фосфорсодержащих соединений / Е. Такей, Б. Р. Таусарова // Новости науки Казахстана. – 2018. – № 3(137). – С. 122-129.

60. Спиридонова, В. Г. Использование вспучивающихся составов для придания огнезащитных свойств текстильным материалам / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, А. Л. Никифоров // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 632-635.

61. Спиридонова, В. Г. Придание огнезащитных свойств текстильным материалам и изделиям из натуральных волокон / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, А. Л. Никифоров // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – № 1. – С. 386-388.

62. Таусарова, Б. Р. Получение целлюлозных материалов с огнезащитными свойствами с применением силиката натрия и азот-фосфорсодержащих соединений / Б. Р. Таусарова, С. О. Абилкасова, А. А. Жайлханова // Новости науки Казахстана. – 2020. – № 3(145). – С. 55-63.

63. Огнезащитная отделка текстильных материалов с использованием отечественных препаратов / Р. Н. Демидов, А. С. Федоринов, Е. П. Сидоренкова, Е. Л. Владимирцева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2020. – № 1. – С. 268-271. – DOI 10.47367/2413-6514_2020_1_268.

64. Демидов, Р. Н. Огнестойкая отделка целлюлозосодержащих материалов отечественными композициями / Р. Н. Демидов, В. С. Шилкина, Е. Л. Владимирцева // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – № 1. – С. 293-294.

65. Повышение термо- и огнестойкости хлопчатобумажных нитей / Н. А. Кейбал, В. Ф. Каблов, Д. С. Шиповская, Л. К. Бунеева // Известия

Волгоградского государственного технического университета. – 2020. – № 5(240). – С. 99-102. – DOI 10.35211/1990-5297-2020-5-240-99-102.

66. Огнезащита смесовых тканей системой фосфоразотсодержащих замедлителей горения / В. И. Бесшапошникова, О. Н. Микрюкова, М. В. Загоруйко, В. А. Штейнле // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 22. – С. 69-72.

67. Бесшапошникова, В. И. Развитие научных основ и разработка методов придания огнезащитных свойств материалам и изделиям легкой промышленности : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Бесшапошникова Валентина Иосифовна. – Москва, 2006. – 48 с.

68. Исследование влияния огнезащитной модификации на структуру и свойства смесовых тканей / В. И. Бесшапошникова, О. Н. Микрюкова, М. В. Загоруйко, В. А. Штейнле // Материалы и технологии. – 2018. – № 1(1). – С. 37-42. – DOI 10.24411/2617-1503-2018-11007.

69. Загоруйко, М. В. Разработка методов придания огнезащитных свойств и исследования термического воздействия на структуру и свойства материалов и пакетов одежды : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Загоруйко Марина Владимировна. – Москва, 2011. – 209 с.

70. Тучкова, О. А. Исследование огнестойкости материалов на основе натуральных и химических волокон / О. А. Тучкова, Н. В. Шильникова // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 8. – С. 83-86.

71. Микрюкова, О. Н. Анализ и систематизация способов придания огнезащитных свойств текстильным материалам / О. Н. Микрюкова, В. И. Бесшапошникова // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2014) : тезисы докладов всероссийской научной студенческой конференции, Москва, 15–16 апреля 2014 года / Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии". – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 62-63.

72. Влияние огнезащитной модификации на структуру и свойства тканей / В. И. Бесшапошникова, О. Н. Микрюкова, В. А. Штейнле [и др.] // Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах, Витебск, 25 апреля 2018 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. – С. 275-277.

73. Микрюкова, О. Н. Влияние фосфорсодержащих замедлителей горения на структуру и свойства целлюлозных тканей / О. Н. Микрюкова, Н. О. Медведева, В. И. Бесшапошникова // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2015) : сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции, Москва, 14–16 апреля 2015 года / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2015. – С. 96-98.

74. Исследование влияния фосфорсодержащих замедлителей горения на свойства текстильных материалов для спецодежды / О. Н. Микрюкова, В. И. Бесшапошникова, В. А. Штейнле [и др.] // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) : Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 14–15 ноября 2018 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2018. – С. 83-86.

74. Исследование влияния афламмита KWB на процесс пиролиза целлюлозных тканей / В. И. Бесшапошникова, О. Н. Микрюкова, Н. А. Макарова, Т. С. Лебедева // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016) : сборник материалов международной научно-технической конференции. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2016. – С. 131-136.

75. Микрюкова, О. Н. Разработка и исследование свойств огнезащитных текстильных материалов и пакетов спецодежды: специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Микрюкова Ольга Николаевна. – Москва, 2018. – 176 с.

76. Огнезащитная модификация текстильных материалов замедлителями горения EXFLAM и Antiflame / О. Микрюкова, В. И. Бесшапошникова, М. В. Загоруйко [и др.] // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 года / Витебский государственный технологический университет. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2017. – С. 68-71.

77. Бесшапошникова, В. И. Огнезащитная модификация полиакрилонитрильных волокнистых материалов / В. И. Бесшапошникова // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56. – № 1. – С. 95-99.

78. Огнезащитная модификация полиакрилонитрильных волокон обработанных ВЧЕ плазмой пониженного давления / В. И. Бесшапошникова, Н. В. Бесшапошникова, Т. С. Лебедева, М. В. Загоруйко // Theoretical & Applied Science. – 2018. – № 11(67). – С. 47-53. – DOI 10.15863/TAS.2018.11.67.9.

79. Сайт компании DuPont [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.dupont.ru/brands/kevlar.html>

80. Сайт компании Тейджин Арамид [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.teijinaramid.com/ru/products/twaron/>

81. YantaiTayhoOfficialWebsite [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://en.tayho.com.cn/>

82. Анализ свойств арамидных нитей и пряжи / С. Д. Николаев, И. М. Гаврилова, Н. А. Николаева [и др.] // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. – 2013. – № 2(2). – С. 37-41.

83. Сергеева, Е. А. Анализ ассортимента арамидных волокон и их свойств / Е. А. Сергеева, К. Д. Костина // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 14. – С. 124-125.

84. Шкурин, И. Г. Арамидная ткань и области ее применения / И. Г. Шкурин, А. Н. Козлова // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. – 2016. – Т. 4. – № 4. – С. 419-421.

85. Исследование свойства арамидных тканей для спецодежды / Т. С. Лебедева, Т. В. Мерзликина, Н. В. Бесшапошникова, И. О. Звягинцева // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 364-366.

86. Исследование структуры и свойств арамидных тканей и нитей / Т. С. Лебедева, Т. В. Мерзликина, Л. Д. Серова [и др.] // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) : Сборник материалов Международной научной студенческой конференции, Москва, 16 апреля 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 43-46.

87. Елазали, Е. И. Изменение свойств нетканых утепляющих материалов, используемых для спецодежды, защищающей от пониженных температур в процессе стирки / Е. И. Елазали, А. Ф. Давыдов // Дизайн и технологии. – 2013. – № 36(78). – С. 68-74.

88. Елазали, Е. И. Разработка методов сравнительной оценки нетканых материалов для спецодежды : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Елазали Екатерина Игоревна. – Москва, 2013. – 135 с.

89. Елазали, Е. И. Комплексная оценка изменения показателей качества и безопасности в процессах стирок / Е. И. Елазали, А. Ф. Давыдов // Дизайн и технологии. – 2013. – № 35(77). – С. 60-63.

90. Зависимость эффективности огнезащиты нетканого полиэфирного материала от химической природы азоти фосфорсодержащего антипирена / О. В. Рева, В. В. Богданова, А. С. Лукьянов [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Химия. – 2017. – № 2. – С. 85-93.

91. Молдагажиева, З. Д. Новые огнестойкие нетканые материалы / З. Д. Молдагажиева, А. А. Таласпаева, Р. О. Жилисбаева // Вестник Алматинского технологического университета. – 2015. – № 3. – С. 18-23.

92. Жилисбаева, Р. О. Методологические основы проектирования специальной одежды для работников металлургической и металлообрабатывающей промышленности : специальность 05.19.04 "Технология швейных изделий" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Жилисбаева Раушан Оразовна. – Алматы, 2007. – 319 с.

93. Мезенцева, Е. В. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон / Е. В. Мезенцева, В. В. Иванов, В. Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 5(383). – С. 54-60.

94. Парманчук, В. В. Теплофизические свойства многослойных теплоизоляционных материалов / В. В. Парманчук, В. И. Ольшанский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 2(27). – С. 87-93.

95. Соколова, А. С. Метод оценки теплозащитных свойств материалов одежды и их пакетов / А. С. Соколова, А. А. Кузнецов, Н. Л. Надежная // Вестник

Витебского государственного технологического университета. – 2016. – № 2(31). – С. 24-31.

96. Довыденкова, В. П. Технологическое обеспечение процесса изготовления специальной защитной одежды из огнестойких материалов / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитракович // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2015. – № 1(28). – С. 50-60.

97. Анализ требований и оценка значимости показателей качества огнезащитных тканей / О. Н. Микрюкова, В. А. Штейнле, С. Н. Иванова [и др.] // Дизайн и технологии. – 2018. – № 63(105). – С. 802-86.

98. Юрцев, О. О. Прогнозирование разрывной нагрузки тканей, используемых для пошива специальной одежды, с учетом вида переплетения, после действия многократных стирок / О. О. Юрцев, А. В. Курденкова, А. Ф. Давыдов // Дизайн и технологии. – 2012. – № 28(70). – С. 84-89.

99. Юрцев, О. О. Оценка изменения свойств тканей, предназначенных для специальной одежды работников нефтедобывающего комплекса, в процессах эксплуатации : специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Юрцев Олег Олегович. – Москва, 2012. – 216 с.

100. Оценка физико-механических свойств огнестойких тканей после многократных стирок / З. И. Абилова, А. Х. Мингажева, А. В. Курденкова [и др.] // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2014) : тезисы докладов всероссийской научной студенческой конференции, Москва, 15–16 апреля 2014 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии". – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 48-49.

101. Чернышев, М. В. Исследование изменения прочности тканей для пошива спецодежды работникам нефтеперерабатывающих заводов после стирок / М. В. Чернышев, А. Ф. Давыдов, Г. М. Чернышева // Сборник научных трудов. Посвящается 70-летию кафедры текстильного материаловедения и товарной экспертизы : Научное издание / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 135-137.

102. Чернышева, Г. М. Влияние стирок на свойства тканей для спецодежды работников нефтеперерабатывающих заводов / Г. М. Чернышева, А. Ф. Давыдов // Современные задачи инженерных наук : сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Москва, 11–12 октября 2017 года. – Москва: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, 2017. – С. 32-34.

103. Давыдов, А. Ф. Изменение свойств тканей для пошива спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений в процессах стирок / А. Ф. Давыдов, К. В. Гончаров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 49-52.

104. Байда, О. Н. Технологии придания текстильным материалам огнестойких свойств / О. Н. Байда, А. Ф. Давыдов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020) : Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО "РГУ им. А.Н. Косыгина", Москва, 14–16 апреля 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 28-33.

105. Давыдов, А. Ф. Анализ производственных рисков нефтегазового комплекса и метода оценки специальной защитной одежды по показателям безопасности / А. Ф. Давыдов, Г. А. Ходанов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности : Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 12–15 апреля 2021 года. – Москва, 2021. – С. 135-137.

106. Давыдов, А. Ф. Определение теплопередачи огнестойких тканей на базе микроконтроллера Atmega 2560 / А. Ф. Давыдов, С. В. Кудринский // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016) : сборник материалов международной научно-технической конференции. – Москва : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2016. – С. 35-37.

107. Давыдов, А. Ф. Оценка показателей безопасности огнестойких тканей для спецодежды работников нефтегазового комплекса / А. Ф. Давыдов, С. В. Кудринский // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015) : сборник материалов международной научно-технической конференции, Москва, 17–18 ноября 2015 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии". – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2015. – С. 29-30.

108. Давыдов, А. Ф. Определение теплопередачи при воздействии пламени на ткани для спецодежды работников нефтегазовых комплексов, на основе

разработанного экспресс-метода / А. Ф. Давыдов, С. В. Кудринский // Дизайн и технологии. – 2016. – № 52(94). – С. 88-93.

109. Кудринский, С. В. Разработка методов оценки показателей безопасности и качества тканей для специальной одежды работников нефтяных комплексов в условиях морских шельфов: специальность 05.19.01 "Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кудринский Сергей Владимирович. – Москва, 2019. – 165 с.

110. Zhu F, Li Y. Theoretical prediction and experimental characterization of radiative properties and thermal conductivities of fibrous aramid fabrics. *Journal of Industrial Textiles*. April 2021. doi:10.1177/15280837211006209

111. Li D, Wang Z, Zhu Y, et al. Synergistically improved flame retardancy of the cotton fabric finished by silica-coupling agent-zinc borate hybrid sol. *Journal of Industrial Textiles*. July 2021. doi:10.1177/15280837211028800

112. Zhao Z, Bao W, Di Y, Dai J. Preparation and characterization of solution spinning of protein/cellulose fiber: A new flame-retardant grade. *Journal of Industrial Textiles*. 2017;47(2):233-251. doi:10.1177/1528083716639064

113. Siddiqui MOR, Sun D, Butler IB. Geometrical modelling and thermal analysis of nonwoven fabrics. *Journal of Industrial Textiles*. 2018;48(2):405-431. doi:10.1177/1528083717725913

114. Gao L, Wu X, Di Y, Zhao Z, Wang W, Yin X. Preparation and characterization of flame-retarded polyamide 6 fibers with hexaphenoxycyclotriphosphazene. *Journal of Industrial Textiles*. 2021;51(4):577-593. doi:10.1177/1528083719885013

115. Enciso B, Abenojar J, Aparicio G, Martínez M. Decomposition kinetics and lifetime estimation of natural fiber reinforced composites: Influence of plasma treatment and fiber type. *Journal of Industrial Textiles*. 2021;51(4):594-610. doi:10.1177/1528083719886046

116. Maurya SK, Uttamrao Somkuwar V, Garg H, Das A, Kumar B. Thermal protective performance of single-layer rib-knitted structure and its derivatives under

radiant heat flux. *Journal of Industrial Textiles*. September 2021. doi:10.1177/15280837211042680

117. Şardağ S, Türk M. Thermo-physiological properties and burning behaviours of automotive upholstery fabrics woven with aramid and wool yarns. *Journal of Industrial Textiles*. 2021;51(3):486-510. doi:10.1177/1528083720974042

118. Rathour R, Das A, Alagirusamy R. Studies on the influence of process parameters on the protection performance of the outer layer of fire-protective clothing. *Journal of Industrial Textiles*. December 2021. doi:10.1177/15280837211054582

119. Du F, Li X. The approach of honeycomb sandwich structure for thermal protective clothing. *Journal of Industrial Textiles*. 2021;50(7):957-969. doi:10.1177/1528083719851844

120. Rafikov AS, Yuldosheva OMK, Karimov SK, Khakimova MS, Abdusamatova DO, Doschanov MR. Three in one: sizing, grafting and fire retardant treatment for producing fire-resistant textile material. *Journal of Industrial Textiles*. September 2020. doi:10.1177/1528083720957410

121. Zhao Z, Di Y, Gao L, Wang W, Wu X. Characterization of flame-retardant performance of polyester/flame-retardant viscose blended yarn. *Journal of Industrial Textiles*. 2020;49(10):1304-1316. doi:10.1177/1528083718813527

122. Atakan R, Bical A, Celebi E, Ozcan G, Soydan N, Sarac AS. Development of a flame retardant chemical for finishing of cotton, polyester, and CO/PET blends. *Journal of Industrial Textiles*. 2019;49(2):141-161. doi:10.1177/1528083718772303

123. Mandal S, Annaheim S, Camenzind M, Rossi RM. Characterization and modelling of thermal protective performance of fabrics under different levels of radiant-heat exposures. *Journal of Industrial Textiles*. 2019;48(7):1184-1205. doi:10.1177/1528083718760801

124. Zhang X, Yan X, Shi M. The flame retardancy and pyrolysis mechanism of polyimide fibers investigated by cone calorimeter and pyrolysis–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Industrial Textiles*. 2018;48(2):465-481. doi:10.1177/1528083717732077

125. Su Y, He J, Li J. A model of heat transfer in firefighting protective clothing during compression after radiant heat exposure. *Journal of Industrial Textiles*. 2018;47(8):2128-2152. doi:10.1177/1528083716644289

126. Mandal S, Song G. Characterizing thermal protective fabrics of firefighters' clothing in hot surface contact. *Journal of Industrial Textiles*. 2018;47(5):622-639. doi:10.1177/1528083716667258

127. Rajini N, Winowlin Jappes J, Siva I, Varada Rajulu A, Rajakarunakaran S. Fire and thermal resistance properties of chemically treated ligno-cellulosic coconut fabric-reinforced polymer eco-nanocomposites. *Journal of Industrial Textiles*. 2017;47(1):104-124. doi:10.1177/1528083716637869

128. Wang M, Li J. Thermal protection retention of fire protective clothing after repeated flash fire exposure. *Journal of Industrial Textiles*. 2016;46(3):737-755. doi:10.1177/1528083715594977

129. Onofrei E, Petrusic S, Bedek G, Dupont D, Soulat D, Codau T-C. Study of heat transfer through multilayer protective clothing at low-level thermal radiation. *Journal of Industrial Textiles*. 2015;45(2):222-238. doi:10.1177/1528083714529805

130. Ткань для спецодежды FRall 440 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://textile.ru/products/new/440>

131. Ткань для спецодежды FRall 330 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://textile.ru/products/new/330>

132. Ткань для спецодежды FlameFort W-280 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://textile.ru/products/speccloth/tec/280>

133. Ткань для спецодежды FlameFort 210A [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://textile.ru/products/speccloth/tec/210a>

134. Ткань для спецодежды TenCate Tecasafe Plus [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://us.tencatefabrics.com/oil-gas/tecasafe-plus/>

135. Сайт "Чайковский текстиль" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://textile.ru/company>

136. Кирюхин, С.М. Сравнительная оценка качества и надежности тканей для спецодежды/ С.М. Кирюхин, Д.В. Куроедова, О.Н. Денисова. С.Ф. Литовченко// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009г, №4

137. ГОСТ Р ИСО 139-2007. Изделия текстильные. Стандартные климатические условия для кондиционирования и проведения испытаний – Введ. 2008-01-01 М. : Стандартиформ, 2007. 6 с.

138. ГОСТ Р 56561-2015 Материалы текстильные. Определение состава. Идентификация волокон – Введ. 2016-09-01 М. : Стандартиформ, 2016. 57 с.

139. ГОСТ ИСО 1833-2001 Материалы текстильные. Методы количественного химического анализа двухкомпонентных смесей волокон – Введ. 2006-06-01 М. : Стандартиформ, 2006. 19 с.

140. ГОСТ ИСО 5088-2001 Материалы текстильные. Методы количественного анализа трехкомпонентных смесей волокон – Введ. 2006-06-01 М. : Стандартиформ, 2006. 13 с.

141. ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные. Ткани, нетканые. полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей – Введ. 1973–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 14 с

142. ГОСТ 29104.3-91 Ткани технические. Метод определения количества нитей на 10 см – Введ. 1993–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 2 с

143. ГОСТ 3813-72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении – Введ. 1973–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 20 с

144. ГОСТ 18976-73 Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию – Введ. 1974–07–01. М. : Изд-во стандартов, 1985. 5 с

145. ГОСТ Р ИСО 12947-1-2011 Материалы текстильные. Определение устойчивости к истиранию полотен по методу Мартиндейла. Часть 1. Устройство для испытания по методу истирания Мартиндейла – Введ. 2013-01-01 М. : Стандартиформ, 2013. 11 с.

146. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости– Введ. 1979–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 9 с

147. ГОСТ Р ИСО 6330-99. Материалы текстильные. Методы бытовой стирки и сушки, применяемые для испытания тканей, трикотажных полотен и готовых изделий – Введ. 2001–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 9 с.

148. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств– Введ. 1982–07–01. М. : Изд-во стандартов, 1997. 12 с

149. ГОСТ 30157.0-95 Полотна текстильные. Методы определения изменения после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения – Введ. 2002–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 6 с

150. ГОСТ 30157.1-95 Полотна текстильные. Методы определения изменения после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок – Введ. 2002–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 11 с

151. ГОСТ 9733.0-83 Материалы текстильные. Общие требования к методам испытаний устойчивости окрасок к физико-химическим воздействиям – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 9 с

152. ГОСТ 9733.3-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к свету в условиях искусственного освещения (ксеноновая лампа) – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 13 с

153. ГОСТ 9733.4-83 Материалы текстильные. Методы испытания устойчивости окраски к стиркам – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 3 с

154. ГОСТ 9733.5-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к дистиллированной воде – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 3 с

155. ГОСТ 9733.6-83 Материалы текстильные. Методы испытания устойчивости окрасок к "поту"– Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 3 с

156. ГОСТ 9733.7-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к глажению – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 4 с

157. ГОСТ 9733.13-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к органическим растворителям – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 3 с

158. ГОСТ 9733.27-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к трению – Введ. 1986–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2002. 5 с

159. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний – Введ. 2016-01-01 М. : Стандартиформ, 2015. 13 с.

160. ГОСТ 12.4.184-97 Система стандартов безопасности труда. Ткани и материалы для специальной одежды, средств защиты рук и верха специальной обуви. Методы определения стойкости к прожиганию – Введ. 1998–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2003. 5 с

161. ГОСТ ISO 15025-2019 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени– Введ. 2020-09-01М. : Стандартиформ, 2019. 19 с.

162. ISO 6942:2002 Protective clothing — Protection against heat and fire — Method of test: Evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat

163. ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения – Введ. 2007–07–01. М. :С тандартиформ, 2007. 11 с.

164. ГОСТ ISO 6942-2011 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения – Введ. 2022–10–01. М. : Российский институт стандартов, 2021. 12 с.

165. ISO 9151:2016 Protective clothing against heat and flame — Determination of heat transmission on exposure to flame

166. ГОСТ Р ИСО 9151-2007 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени – Введ. 2007–07–01. М. :Стандартинформ, 2007. 11 с.

167. ГОСТ ISO 9151-2021 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от конвективной теплоты. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени – Введ. 2022–10–01. М. : Российский институт стандартов, 2021. 16 с.

168. ISO 12127-1:2015 Clothing to protect against heat and flame - Determination of contact heat transmission through clothing or constituent materials - Part 1: Contact heat produced by heating cylinder

169. ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Определение контактной теплопередачи через защитную одежду или составляющие ее материалы. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра – Введ. 2012–07–01. М. :Стандартинформ, 2012. 6 с.

170. ГОСТ ISO 12127-1-2021 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от контакта с нагретой поверхностью. Определение контактной теплопередачи через одежду специальную или материалы для ее изготовления. Часть 1. Метод испытаний с использованием нагревательного цилиндра – Введ. 2022–10–01. М. : Российский институт стандартов, 2021. 9 с.

171. Прибор для испытания материала и пакетов материала, подвергаемых воздействию источников теплового излучения по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 МТ 265 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.metrotex.ru/products/mt-265>

172. Testing device НВР DIN EN ISO 6942 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wazau.com/en/products/materialtesting/thermometry/thermal-behavior-testing-devices/testing-device-hbp-din-en-iso-6942.html>

173. Стенд для испытаний материала и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://shop.cleverlabs.ru/catalog/ispitatelnoe_oborudovanie/sredstva-individualnoy-zashchity/770/

174. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Оборудование для испытания материалов, подвергающихся воздействию теплового излучения // Наука и образование XXI века: Материалы XIII-й Междунар. научно-практ. конф., 25 октября 2019 г., Современный технический университет, г. Рязань / под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшинковой; Авт.некомм.орг-я высш.образ-я "Совр. техн. ун-т".- Рязань, 2019. – с. 48-52

175. МЭК 60584-1:1995 Термопары. Часть 1. Спецификация и допуски для электродвижущей силы (EMF)

176. Прибор для испытания материала и пакетов материала, подвергаемых воздействию открытого пламени по ГОСТ Р ИСО 9151-2007 МТ 285 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.metrotex.ru/products/mt-285>

177. Прибор для испытания материала методом нагревательного цилиндра ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011 НЦ-1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://u-tester.ru/>

178. ГОСТ Р ИСО 17493-2003 Система стандартов безопасности труда. Одежда и средства защиты от тепла. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха– Введ. 2014–12–01. М. : Стандартинформ, 2014. 5 с.

179. Mosteller RD. Simplified calculation of body surface area. N Engl J Med 1987;317:1098

180. Сетевое издание "MedElement" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://diseases.medelement.com/disease/14750>

181. ГОСТ Р 1.4-2004Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения– Введ. 2005–07–01. М. : Стандартинформ, 2007. 6 с.

182. ГОСТ 20566-75 Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб– Введ. 1976–07–01. М. : Изд-во стандартов, 2000, 2014. 3 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ "ЦЕНТР "СКС"
(НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель Учреждения "Центр "СКС"



Чучаев В.В.

ТКАНИ СПЕЦИАЛЬНЫЕ

**Метод определения стойкости к воздействию теплового потока
заданной величины**

**Стандарт организации
СТО 40319125 – 003 – 2021
(Вводится впервые)**

Дата введения: 2021 – 10 – 01

Москва
2021

Предисловие

Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН Научно-испытательным центром "ШЕЛК" Учреждения "Центр "СКС" (некоммерческая организация).

Исполнители: Ю.Я. Севостьянова, А.Н. Петухов

2. ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Руководителя Учреждения "Центр "СКС" от " 24 " декабря 2021 года № _15_

3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт является интеллектуальной собственностью Учреждения "Центр "СКС" и не может быть передан сторонней организации, юридическому или физическому лицу без разрешения Руководителя организации.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации распространяется на ткани из термостойких волокон (пряжи), предназначенные для изготовления специальной одежды для защиты от воздействия теплового излучения, и устанавливает метод определения стойкости тканей к воздействию теплового потока заданной величины.

1.2 Стойкость специальных тканей к воздействию теплового потока оценивают потерей прочности после воздействия теплового потока заданной величины.

1.3 Требования настоящего стандарта являются обязательными для сотрудников НИЦ "ШЕЛК", аттестованных на право проведения испытаний текстильных материалов по оценке стойкости специальных тканей к воздействию теплового потока заданной величины.

1.4 Стандарт разработан с учетом требований ГОСТ ISO 6942-2011; ГОСТ 3813-72

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ ISO 139-2014. Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для проведения кондиционирования и испытаний;
- ГОСТ 20566-75 Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб;
- МЭК 60584-1:1995 Термопары. Часть 1. Спецификация и допуски для электродвижущей силы (EMF);
- ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения (ГОСТ ISO 6942-2011. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения. Вводится в действие с 01.10.2022);
- ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 (ГОСТ ISO 6942-2011) и ГОСТ 3813-72.

4 Отбор образцов (проб)

4.1 Отбор точечных и объединенных проб - по ГОСТ 20566.

4.2 Отбор и подготовка элементарных проб

Из каждой точечной пробы вырезают элементарные пробы в виде полосок:

– не менее пяти по основе и пяти по утку – для проведения испытаний на образцах, не подвергнутых воздействию теплового излучения. Размер элементарных проб составляет (350 x 60) мм;

– не менее пяти по основе и пяти по утку – для проведения испытаний на образцах, подвергнутых воздействию теплового излучения. Размер элементарных проб составляет (440 x 80) мм.

Образцы для испытаний вырезают из участков, не имеющих дефектов и расположенных на расстоянии не менее 20 мм от кромки ткани. Схема раскроя элементарных проб приведена в приложении 1.

5 Испытательное оборудование

5.1 Для определения разрывной нагрузки

Разрывные машины НИЦ "ШЕЛК" по ГОСТ 3813-72, п. 2.2.1:

- РТ-250, регистрационный номер 1449-61;
- МТ-120, регистрационный номер 57296-14;
- МТ-110, регистрационный номер 57296-14;

Линейка измерительная, цена деления 1 мм;

Иглы препаровальные;

Пинцет;

Шаблоны для раскроя проб;

Ножницы.

5.2 Для обеспечения воздействия теплового потока заданной величины

Стенд для испытания материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источников теплового излучения МТ-265, заводской номер 265.03, отвечающий требованиям ГОСТ Р ИСО 6942-2007 (ГОСТ ISO 6942-2011), раздел 5, состоящий из:

- источника излучения;
- испытательной рамы;
- держателя образца;
- калориметра;
- средства измерений и регистрации температуры.

6 Проведение испытаний

6.1 Условия кондиционирования

До начала испытаний образцы выдерживают в расплавленном состоянии не менее 24 ч при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности $(65 \pm 2)\%$. Испытания начинают не позднее трёх минут после окончания кондиционирования.

Примечание - Поскольку результаты испытаний зависят в значительной степени от влажности образца, то необходимо очень тщательно контролировать условия кондиционирования.

6.2 Воздействие на образцы теплового потока заданной величины

6.2.1 Условия испытаний – по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 (ГОСТ ISO 6942-2011):

Испытания проводят в помещении, где отсутствует перемещение воздуха при наличии защиты от любой системы, создающей блуждающие потоки теплового излучения, которые могут быть зарегистрированы калориметром.

Температура в помещении для испытаний должна быть в пределах от 15 °С до 35 °С, а калориметр перед каждым испытанием должен быть охлажден до комнатной температуры ± 2 °С.

6.2.2 Плотность теплового потока – в соответствии с требованиями НД на продукцию. Критерии выбора значений теплового потока:

низкие уровни: от 5 до 10 кВт/м²;

средние уровни: от 20 до 40 кВт/м²;

высокий уровень: 80 кВт/м² и выше

Варианты выбора уровней плотности теплового потока в зависимости от класса защиты специальной одежды приведены в приложении 2.

6.2.3 Подготовка калориметра и проведение предварительных измерений - в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 6942-2007, п. 8.1

6.2.4 Калибровка источника излучения – по ГОСТ Р ИСО 6942-2007, п. 8.2.

6.2.5 Заправка элементарной пробы на каретке с держателем образца

6.2.5.1 На узких сторонах элементарной пробы размером (440 x80) мм металлическими скрепками с помощью степлера делают петли шириной не более 10 мм.

6.2.5.2 Одну из петель элементарной пробы надевают на вертикаль-ную стойку каретки с держателем образца стенда МТ-265, используемым для испытаний по методу А (ГОСТ Р ИСО 6942-2007).

6.2.5.3 Элементарной пробой, повернутой лицевой стороной к источнику теплового излучения, оборачивают держатель образца.

6.2.5.4 Во вторую петлю элементарной пробы продевают скобу с грузом предварительного натяжения, закрепленного на металлическом тросике (высокопрочной термостойкой нити и т.п.). Величина груза предварительного натяжения зависит от поверхностной плотности ткани (приложение 3).

6.2.5.5 Металлический тросик с грузом предварительного натяжения перекидывают через направляющий ролик на каретке.

6.2.6 Проведение испытания

6.2.6.1 Каретку с элементарной пробой, закрепленной в соответствии с п. 6.2.5, устанавливают на тележку стенда МТ-265.

6.2.6.2 Тележку стенда МТ-265 с установленной кареткой закрепляют на расстоянии d , см от источника излучения. Величина расстояния d , определяется требуемым уровнем плотности падающего теплового потока Q_0 , кВт/м².

6.2.6.3 Для обеспечения воздействия на элементарную пробу теплового потока заданного уровня плотности подвижный экран стенда МТ-265 открывают на время, указанное в нормативном документе на ткань. По истечении заданного времени экран возвращают в положение "закрыто".

6.2.6.4 Каретку с держателем образца снимают с тележки, элементарную пробу снимают с держателя образца.

6.2.6.5 Внимательно осматривают элементарную пробу с целью выявления внешних изменений: обесцвечивания, обугливания, расплавления, термической усадки и т.п. Наличие изменений внешнего вида элементарной пробы и характер выявленных изменений регистрируют.

Разрушенные после воздействия теплового излучения элементарные пробы не подвергают испытаниям по показателю "разрывная нагрузка". Элементарные

пробы, сохранившие целостность после воздействия теплового излучения, готовят к проведению испытаний по ГОСТ 3813-72.

6.3 Определение разрывной нагрузки

6.3.1 Подготовка элементарных проб

6.3.1.1 Рабочие размеры элементарных проб должны быть равными: ширина – 50 мм, зажимная длина – 200 мм.

6.3.1.2 Для получения рабочей ширины элементарной пробы нити продольных направлений удаляют с обеих сторон до тех пор, пока ширина, несущая нагрузку, не станет равной 50 мм.

6.3.1.3 Участок воздействия теплового излучения элементарной пробы должен находиться в средней части ее зажимной длины.

6.3.2. Условия кондиционирования – в соответствии с п. 6.1

6.3.3 Проведение испытаний по определению разрывной нагрузки – по ГОСТ 3813-72, п. 2.4

7. Обработка результатов

7.1 За разрывную нагрузку точечной пробы принимают среднеарифметическое значение результатов измерений по основе или по утку всех элементарных проб. Вычисление производят с погрешностью до 0,0001 Н (0,01 кгс) и округляют до 0,001 Н (0,1 кгс).

7.2 Стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины $CT_{o(y)}$ по основе или утку в процентах рассчитывают по формуле:

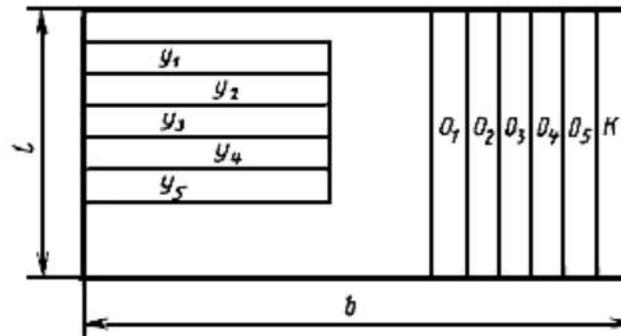
$$CT_{o(y)} = \frac{P_{p2}}{P_{p1}} \cdot 100 ,$$

где P_{p1} – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки полоски ткани 50x200 мм до воздействия теплового потока заданной величины, Н;

P_{p2} – среднее арифметическое значение разрывной нагрузки полоски ткани 50x200 мм после воздействия теплового потока заданной величины, Н.

Рекомендуемое

Схема раскроя элементарных проб



y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 - уточные элементарные пробы;

o_1, o_2, o_3, o_4, o_5 - основные элементарные пробы;

$к$ - полоски ткани с кромкой;

b - ширина ткани;

l - длина точечной пробы, зависящая от зажимной длины элементарной пробы

Рекомендуемое

Варианты выбора уровней плотности теплового потока
в зависимости от класса защиты (табл. 1).

Таблица 1

Плотность теплового потока, кВт/м ²	20	40	60	80
Время, необходимое для подъёма температуры калориметра на 24 °С, не менее, с	8	5	4	3
Класс защиты	I	II	III	IV

Обязательное

Таблица 2

Поверхностная плотность, г/м ²	Груз предварительного натяжения, Н (кг)
До 75 включительно	1,96 (0,20)
75-500	4,90 (0,50)
500-800	9,80 (1,00)
800-1000	19,60 (2,00)
1000-1500	29,40 (3,00)
1500-2000	39,20 (4,00)
Свыше 2000	49,00 (5,00)

Справочное

Протокол испытания

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

- a) ссылку на настоящий стандарт;
- b) описание испытуемого материала (включая цвет самой удаленной от центра поверхности) или отдельных слоев и их взаимного расположения, а также их торговые марки, если таковые известны;
- c) температуру и влажность окружающей среды при проведении испытаний;
- d) выбранные для испытаний уровни плотности падающего теплового потока;
- e) количество элементарных проб, испытанных при каждом уровне теплового потока;
- f) описание каждого изменения во внешнем виде элементарных проб после воздействия теплового потока заданной величины;
- g) значение разрывной нагрузки для каждой элементарной пробы и среднее значение разрывной нагрузки для каждой точечной пробы в направлении утка или основы;
- h) результаты испытаний, которые пришлось повторить, и причины, которые заставили это сделать (при наличии);
- i) время разрыва (30 ± 5) с;
- k) тип и мощность разрывной машины;
- l) дату испытаний;
- m) любые отклонения от настоящего стандарта;
- n) неопределенность измерений результатов испытаний (при необходимости)