

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**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва-2022

Работа выполнена на кафедре материаловедения и товарной экспертизы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»).

Научный руководитель: **Давыдов Александр Фёдорович**, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)» (г. Москва)

Официальные оппоненты: **Киселёв Михаил Владимирович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии машиностроения Института автоматизированных систем и технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Костромской государственный университет (КГУ)» (г.Кострома)

Шарапова Марина Владимировна, кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Медиакоммуникации», института прикладных информационных технологий и коммуникаций ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (г.Саратов)
Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет» (г.Иваново)

Защита состоится «06» июля 2022 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1, онлайн-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на сайте университета www.kosygin-rgu.ru/.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.06
доктор технических наук,



профессор Е.А. Кирсанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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, 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 является актуальной задачей.

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 раскроя 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

Первая глава работы посвящена анализу литературы по теме исследования. Актуальной задачей в области оценки качества и безопасности текстильных материалов, используемых для производства специальной защитной одежды для защиты от воздействия повышенных температур, является проведение исследований с целью определения и оценки рисков влияния факторов окружающей среды и условий эксплуатации при воздействии повышенных температур. Рассмотрены основные нормативно-технические документы относящиеся к материалам и одежде для защиты от общих производственных загрязнений (ОПЗ) и повышенных температур. Рассмотрены

основные научно-исследовательские работы в области разработки требований к материалам для пошива специальной защитной одежды.

Специальную защитную одежду от повышенных температур изготавливают из тканей различного сырьевого состава и поверхностной плотности. Используются хлопчатобумажные ткани с пропитками, смесовые ткани или ткани, содержащие в структуре синтетические термостойкие нити, например арамидные. Значительное количество работ, связанных с огнестойкостью натуральных, смесовых и синтетических тканей описывает использование различных видов замедлителей горения. Однако для придания тканям высокой прочности, огнестойкости и термозащитных свойств целесообразно вводить в структуру тканей синтетические термостойкие волокна.

Во второй главе описан выбор объектов исследования – текстильных материалов для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур (Таблица 1).

Таблица 1 – Ткани для пошива специальной защитной одежды

Название материала	1. Лицей 250/3	2. FRall 440	3. FRall 330	4. FlameFort W-280	5. FlameFort 210A	6. TenCate Tecasafe Plus
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% Антистатическая нить
Переплетение	Саржевое	Атласное	Сатиновое	Атласное	Саржевое	2/1 твил
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	Чайковски й текстиль, Россия	Чайковски й текстиль, Россия	Чайковски й текстиль, Россия	Чайковски й текстиль, Россия	Чайковски й текстиль, Россия	TenCate Corporate, Нидерланды
Отделка *	–	То	То НМВО	НМВО	НМВО	То МВО
Назначение	Защита от ОПЗ	Спецодежда а металлурга	Спецодежда а металлурга	Спецодежда а металлурга	Спецодежда а металлурга	Защита от ОПЗ

* То – огнезащитная пропитка; МВО – масло-, водоотталкивающая пропитка; НМВО – нефте-, масло-, водоотталкивающая пропитка

Выбор тканей для исследований обусловлен их широким использованием при производстве одежды для защиты от повышенных температур. Специальная

одежда для защиты от общих производственных загрязнений в металлургическом секторе промышленности должна иметь хотя бы минимальную защиту от повышенных температур так, как на производстве есть риск возникновения таких воздействий. Для защитных тканей от ОПЗ, повышенные температуры являются экстремальным воздействием.

Выбраны определяющие показатели качества тканей для производства специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур и применены стандартные метрологически обеспеченные методики определения данных показателей.

Проведен анализ возможной оптимизации отечественного прибора МТ-265 фирмы "Метротекс" (Рисунок 1) для реализации испытаний по ГОСТ Р ИСО 6942-2007 и проведения широкого спектра научных исследований.

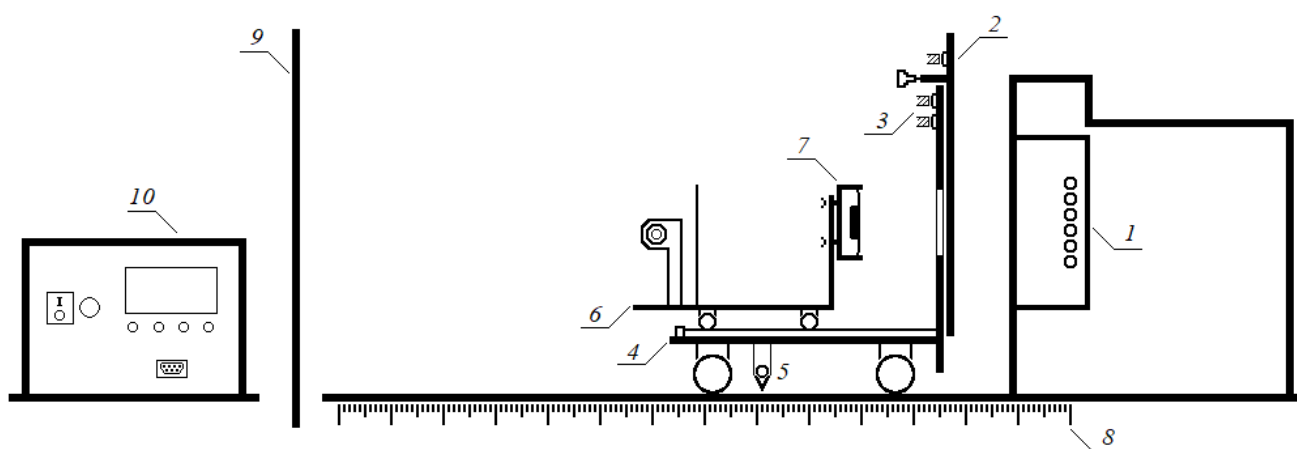


Рис. 1. Схема стенда для испытания материала и пакетов одежды, подвергаемых воздействию источника теплового излучения Метротекс МТ 265 (1 – источник теплового излучения; 2 – защитный экран; 3 – шланги водяного охлаждения защитного экрана; 4 – тележка; 5 – стопор тележки; 6 – каретка с держателем образца;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

Для устранения ряда недостатков и обеспечения повышения точности и повторяемости результатов, а так же для существенного увеличения ежедневного объема испытаний в приборе были произведены отдельные конструктивные изменения – испытательного блока, каретки с держателем образца, скобы с тросиком и грузом, системы охлаждения калориметра.

Методика проведения испытаний по стандартизованному методу определения теплофизических свойств содержит два метода – метод А – качественный (визуальное наблюдение за изменением внешнего вида образца под действием теплового излучения) и метод В – количественный (определение теплофизических свойств материала).

При испытаниях по методу В, определяется индекс передачи теплового излучения (Radiant Heat Transfer Index) – среднее время T_{24} , необходимое для подъема температуры калориметра на $(24,0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$. Стандартизованная плотность теплового потока составляет 20 кВт/м^2 , при этом индекс передачи теплового излучения текстильного материала не должен быть менее 8 секунд.

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 так же может быть рассчитана по формуле 1:

$$Q_c = \frac{MC_p \cdot 12}{A(t_{24} - t_{12})}, \quad (1)$$

где M – масса медной пластины, кг;

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

$\frac{12}{(t_{24} - t_{12})}$ – средняя скорость подъёма температуры калориметра на отрезке между значениями 12°C и 24°C, °C/с;

A – площадь медной пластины, м².

Коэффициент теплопередачи (Heat Transmission Factor) стандартно рассчитывается из полученных значений Q_c и Q_0 по формуле 2:

$$TF(Q_0) = \frac{Q_c}{Q_0}, \quad (2)$$

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

Q_0 – плотность падающего теплового потока, кВт/м².

Количественная оценка свойств текстильных материалов проведена для расширенного диапазона плотностей теплового потока – 20, 40, 60 и 80 кВт/м². На основе полученных экспериментальных данных предложены нормативные показатели индекса передачи теплового излучения RHTI (Q_0) для тепловых потоков повышенных плотностей (Таблица 2), а также классы защитного уровня материалов для специальной защитной одежды.

Таблица 2 – Нормативные показатели 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

С целью изучения стойкости текстильных материалов к воздействию теплового потока заданной величины:

– оптимизированы размер и количество точечных проб для проведения качественных испытаний текстильных материалов по методу А с последующим определением их разрывной нагрузки;

– определены направления раскроя точечных проб трикотажных полотен;

– для получения результатов стойкости текстильных материалов к воздействию теплового потока в условиях воспроизводимости предварительное натяжение точечных проб приведено в соответствие со стандартами по определению разрывной нагрузки;

– определен порядок действий при реализации методики определения стойкости текстильных материалов к воздействию теплового потока заданной величины.

В третьей главе были проведены исследования по определению фактических значений основных эксплуатационных показателей качества и безопасности объектов исследования.

На рисунке 2 представлены значения для индекса передачи теплового излучения.

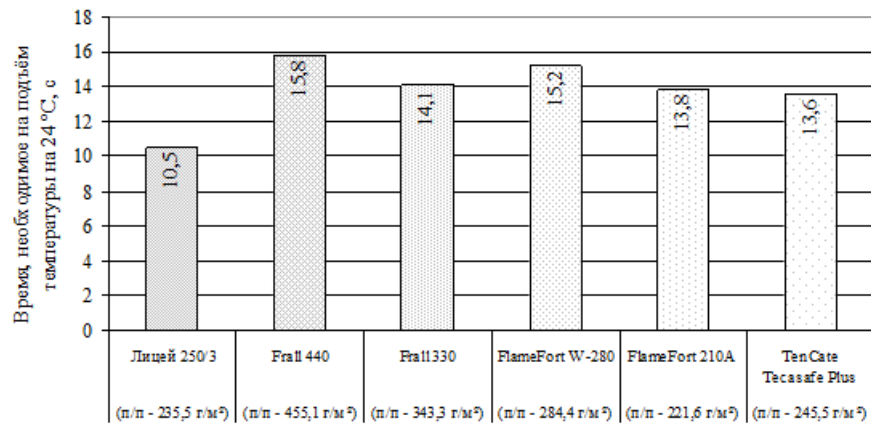


Рис. 2. Фактические значения индекса передачи теплового излучения исследуемых тканей

Индекс передачи теплового излучения зависит от наличия у текстильного материала огне- и термостойких свойств и природы волокон (наибольший RHTI (Q_0) у ткани Frall 440 – 15,8 с, а наименьший – у Лицей 250/3 – 10,5 с).

В соответствии с разработанной методикой испытаний, исследуемые образцы выдерживались при плотности теплового потока 20 кВт/м² в течение 5, 10, 15 и 20 минут. Далее на полученных образцах проведены стандартные исследования по определению разрывной нагрузки и удлинения. Из шести исследуемых тканей только две ткани (FlameFort W-280 и FlameFort 210A) смогли выдержать относительно длительное воздействие теплового излучения.

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

В соответствии с разработанной методикой, стойкость тканей к воздействию теплового потока заданной величины $CT_{o(y)}$ по основе или утку в процентах рассчитывают по формуле 3:

$$CT_{o(y)} = \frac{P_{p2}}{P_{p1}} \cdot 100, \quad (3)$$

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.

Как видно из данных, приведенных на рисунке 3 А, при увеличении плотности теплового потока индекс передачи теплового излучения начинает уменьшаться. При этом, при увеличении плотности теплового потока свыше 50 кВт/м², ткань Лицей 250/3 разрушается.

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 обладает огнестойкими свойствами, поэтому не может эффективно задерживать действие теплового потока, и с увеличением плотности падающего теплового потока увеличивается её показатель TF (Q_0) (Рисунок 3 Б).

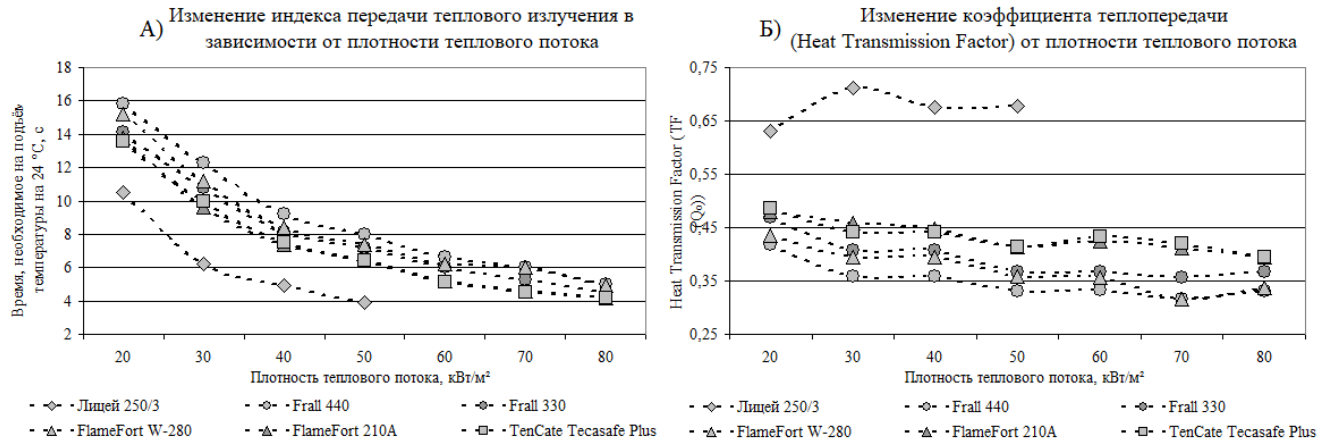


Рис. 3. Изменение индекса передачи теплового излучения (А) и коэффициента теплопередачи (Heat Transmission Factor) (Б) в зависимости от плотности теплового потока

В процессе испытания, ткань FlameFort 210А изменяет внешний вид – наблюдается выгорание (Рисунок 4). Когда используется держатель с калориметром, изменение внешнего вида происходит неравномерно по всей площади вследствие того, что поверхность соприкосновения у держателя по методу А и держателя по методу В различаются конструктивно – у держателя А испытуемый образец свободно размещён в раме, а у держателя Б – прижимается к калориметру.

	Интенсивность теплового потока, кВт/м ²						
	20	30	40	50	60	70	80
Внешний вид							
Площадь выгорания, %	0,0	3,2	11,8	28,4	54,5	74,8	84,6

Рис. 4. Выгорание ткани FlameFort 210А в зависимости от плотности теплового потока

При увеличении плотности теплового потока увеличивается общая площадь выгорания ткани FlameFort 210А. Ожог оценивается по площади поверхности ожога и площади глубокого ожога. Площадь поверхности ожога свыше 15% считается лёгкими, свыше 40% – тяжёлыми, а свыше 60% – крайне тяжёлыми.

Оценка площади выгорания ткани позволяет оценить возможную 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.

Проведено сравнение результатов воздействия на текстильный материал конвективного теплового потока плотностью 80 кВт/м², исходящего от нагретых элементов прибора МТ-265 (ГОСТ Р ИСО 6942-2007) и теплового потока

плотностью 80 кВт/м^2 , исходящего от открытого пламени горелки (ГОСТ Р ИСО 9151-2007) (Рисунок 5).

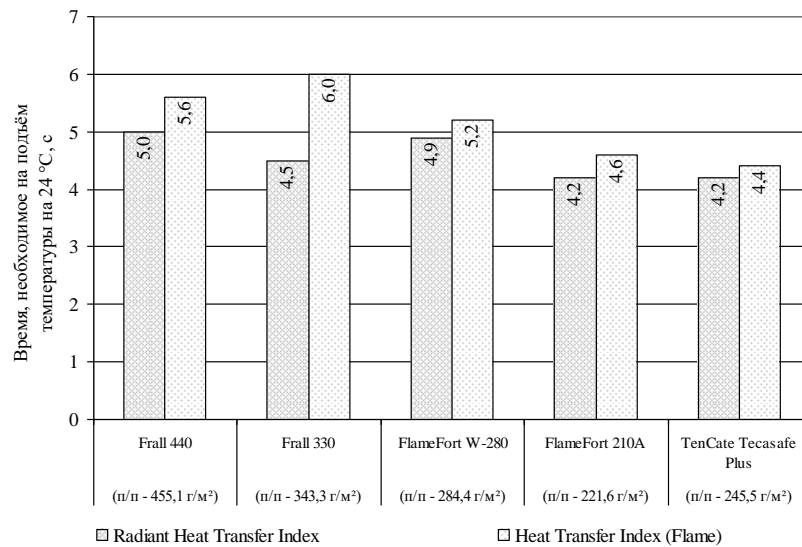


Рис. 5. Время необходимое на подъём температуры на 24°C для двух методов испытаний при плотности теплового потока 80 кВт/м^2

Для показателя передачи тепла при воздействии пламени (Heat Transfer Index (Flame)) при плотности теплового потока 80 кВт/м^2 (ГОСТ Р ИСО 9151-2007) действующий нормированный показатель в Техническом регламенте 019/2011 составляет не менее 3 секунд. Все ткани, за исключением Лицей 250/3, удовлетворяют данному нормативу.

Как видно из приведённых данных, показатели передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) и индекса передачи теплового излучения RHTI (Q_0) отличаются незначительно. Очевидно, показатель передачи тепла при воздействии пламени возможно ориентировочно оценить при выполнении испытания по ГОСТ Р ИСО 6942-2007, установив плотность теплового потока равной 80 кВт/м^2 путём соответствующей коррекции расстояния от испытуемого образца до источника конвективного тепла. При этом, положительный результат испытаний, полученный при использовании источника теплового излучения гарантирует положительный результат испытаний при использовании открытого пламени, что является менее пожаро-, взрывоопасным, так как источник конвективного 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.

Важным показателем безопасности текстильных материалов для специальной защитной одежды является пороговое время при контактной теплопередаче (Рисунок 6) при температуре нагревательного цилиндра 250°C (ГОСТ Р ИСО 12127-1-2011), нормативное значение которого составляет не менее 5 секунд (ТР ТС 019/2011). В условиях реальной эксплуатации специальной защитной одежды температура нагретых контактных поверхностей варьируется в

широком диапазоне значений. Научный и практический интерес представляло проведение испытаний по определению порогового времени при контактной теплопередачи для температур – 100°C, 350°C и 500°C.

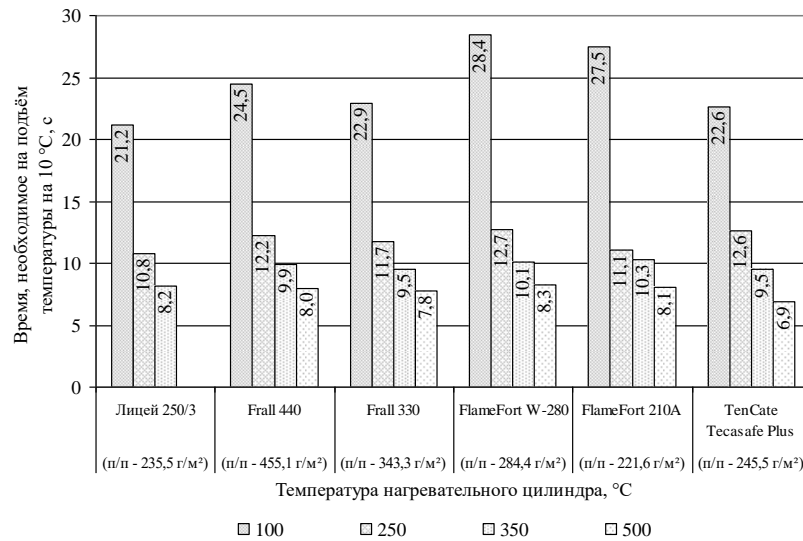


Рис. 6. Изменение порогового времени при контактной теплопередаче в зависимости от температуры нагревательного цилиндра

Все исследуемые ткани выдерживают без разрушения более 5 секунд при контактной температуре 250°C и имеют значительный запас величины порогового времени по отношению к нормативному значению. Максимальный запас прочности имеет ткань FlameFort W-280 (12,7 с), минимальный – Лицей 250/3 (10,8 с).

В четвёртой главе описаны результаты исследования влияния многократных стирок на показатели качества и безопасности тканей для защиты от воздействия повышенных температур и разработке стандарта организации на метод определения стойкости к воздействию теплового потока заданной величины. Стандарт организации разработан в соответствии с ГОСТ Р 1.4-2004.

При многократной мокрой обработке прочность по основе тканей всех образцов уменьшилась в среднем на 5,0%. Как и по основе, по утку при стирках происходит уменьшение разрывной нагрузки, в среднем на 6,0%.

Влажная обработка влияет не только на эксплуатационные, но и на защитные показатели. Для сравнения влияния многократных стирок, проводились испытания отличающиеся видом воздействия – конвективной теплотой (Рисунок 8 А) и открытым пламенем (Рисунок 8 Б) при сопоставимой плотности теплового потока 80 кВт/м².

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 огнестойкие свойства, но так как изготовлены из хлопковой пряжи у них происходит термическая деструкция при повышенной температуре. Ткани FlameFort W-280 и FlameFort 210A под действием температуры выгорают (происходит изменение цвета).

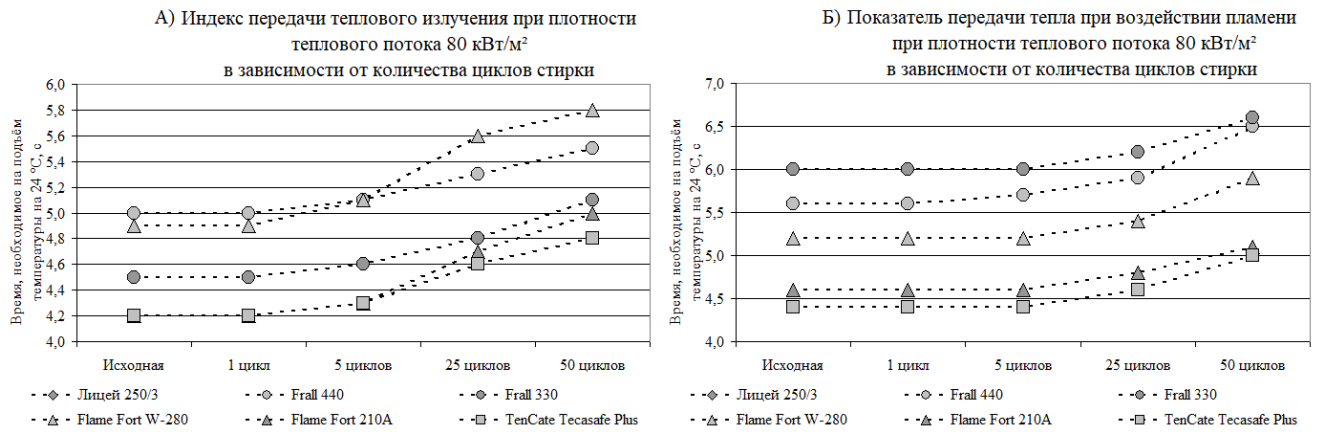


Рис. 8. Индекс передачи теплового излучения (А) и показатель передачи тепла при воздействии пламени (Б) при плотности теплового потока 80 кВт/м² в зависимости от количества циклов стирки

Повышение значений индекса передачи теплового излучения $RNTI (Q_0)$ и показателя передачи тепла при воздействии пламени $NTI (Q_0)$ можно объяснить выцветанием образца под действием теплового потока – образцы становятся светлее, что увеличивает отражённый тепловой поток и уменьшает поглощённый.

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/м² – 5 с, для 60 кВт/м² – 4 с, для 80 кВт/м² – 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/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.

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.

Публикации, отображающие основное содержание диссертации:

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень ВАК»:

1. Петухов, А. Н. Влияние стирок на теплофизические свойства текстильного материала при воздействии теплового потока открытого пламени и нагревательного элемента / А. Н. Петухов, А. Ф. Давыдов // Технологии и качество. – 2021. – № 4(54). – С. 10-15. – DOI 10.34216/2587-6147-2021-4-54-10-15.

2. Петухов, А. Н. Влияние интенсивности теплового потока на изменение структуры и свойств тканей для специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур / А. Н. Петухов, А. Ф. Давыдов // Дизайн и технологии. – 2021. – № 81(123). – С. 30-36.

3. Петухов, А. Н. Определение теплофизических свойств тканей различного сырьевого состава при воздействии конвективного тепла и теплового потока открытого пламени / А. Н. Петухов, А. Ф. Давыдов // Дизайн и технологии. – 2022. – № 87(129). – С. 69-74.

4. Изменение индекса теплопередачи при воздействии теплового излучения различной интенсивности / А. Н. Петухов, А. Ф. Давыдов, Е. Б. Демократова, Г. М. Чернышева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 1(397).

Статьи, опубликованные в других изданиях:

5. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Методы оценки материалов специальной одежды для защиты от повышенных температур // «Студенческий научный поиск – науке и образованию XXI века»: Материалы XI-й Междунар. студенч. научно-практ. конф., 26 апреля 2019 г., Современный технический университет, г. Рязань/под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшиновой; Совр. техн. универ-т. - Рязань, 2019. – с. 39-42

6. Петухов А.Н., Иванов Н.А., Шустов Ю.С. Определение порогового времени при различной контактной температуре для тканей верха различного сырьевого состава // Сборник научных трудов, посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы / под ред. проф. Шустова Ю.С., доц. Буланова Я.И., доц. Курденковой А.В. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019 – с. 61-67

7. 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

8. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Влияние количества слоёв утеплителя на индекс передачи теплового излучения // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – с. 84-88

9. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Влияние интенсивности теплового потока на пороговое время // «Студенческий научный поиск – науке и образованию XXI века»: Материалы XII-й Междунар. студенч. научно-практ. конф., 24 апреля 2020 г., Современный технический университет, г. Рязань/под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшинковой; Совр. техн. универ-т. - Рязань, 2020. – с. 21-23

10. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Влияние сырьевого состава при действии теплового потока на пороговое время для тканей специального назначения // Наука и образование XXI века: Материалы XIV-й Междунар. научно-практ. конф., 30 октября 2020 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, 2020. – с. 68-70

11. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Влияние количества полиэфира в хлопкополиэфирных тканях на пороговое время при контактной теплопередаче // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – с. 33-35

12. Петухов А.Н., Давыдов А.Ф. Определение порогового времени при различной контактной температуре для арамидных термо-огнестойких тканей // «Студенческий научный поиск – науке и образованию XXI века»: Материалы XIII-й Междунар. научно-практ. конф., 23 апреля 2021 г., Современный технический университет, г. Рязань / под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшинковой; Совр. техн. универ-т. - Рязань, 2021. – с. 68-70

13. Петухов, А. Н. Определение теплозащитных свойств материала от воздействия теплового излучения / А. Н. Петухов, А. Ф. Давыдов // Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции : Сборник научных трудов по материалам Круглого стола с международным участием, Москва, 31 мая 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 130-133.

ПЕТУХОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ОЦЕНКИ
МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ
ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ №
Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1
Отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина**