

УДК 614.841.41

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В. Г. СПИРИДОНОВА, О. Г. ЦИРКИНА, А. Х. САЛИХОВА, О. С. ЧУПРИНА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, Иваново

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, ogsirkina@mail.ru, salina_77@mail.ru

Текстиль широко используется в быту в качестве одежды, постельного и столового белья, а также элементов декора – штор, покрывал, ковров, гобеленовых изделий. Текстиль применяют и для отделки помещений общественных зданий – ресторанов, кафе, закусочных, игровых заведений, конференц-залов, кинотеатров, офисных помещений, отелей, гостиниц, детских садов, школ, объектов социальной сферы, дошкольного и дополнительного образования. Текстильная продукция используется и на различном транспорте (железнодорожные вагоны, самолеты, суда), а также для производства спецодежды, спортивной атрибутики, театральных декораций.

В данной статье рассмотрен ряд проблем, связанных с применением методов оценки пожароопасных свойств текстильных материалов различного функционального назначения. Проведен анализ как отечественных, так и зарубежных методик, закрепленных в нормативных документах. Отмечено, что в европейских странах и на территории нашей страны используются схожие методы определения пожарной опасности тканей. Одним из важных условий при выборе метода исследования является возможность получения результата в численном выражении. В данном случае могут быть использованы методы термического анализа. В результате проведенного обзора обобщены методы испытаний по определению классификационных показателей пожарной опасности текстильных материалов.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожарная опасность, методы испытаний, кислородный индекс, воспламеняемость, скорость распространения пламени, термический анализ.

ANALYSIS OF TEST METHODS FOR DETERMINING CLASSIFICATION INDICATORS OF FIRE HAZARD OF TEXTILE MATERIALS AND PROBLEMATIC ISSUES OF THEIR APPLICATION

V. G. SPIRIDONOVA, O. G. TSIRKINA, A. Kh. SALIKHOVA, O. S. CHUPRINA

Ivanovo Fire and Rescue Academy

of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,

Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, ogsirkina@mail.ru, salina_77@mail.ru

Textiles are widely used in everyday life as clothing, bedding and table linen, as well as decorative elements such as curtains, bedspreads, carpets, tapestry products. Textiles are also used to decorate the premises of public buildings – restaurants, cafes, snack bars, gaming establishments, conference halls, cinemas, office premises, hotels, inns, kindergartens, schools, social facilities, preschool and additional education. Textile products are also used in various vehicles (railway wagons, airplanes, ships), as well as for the production of workwear, sports paraphernalia, and theatrical decorations.

This article discusses a number of problems related to the use of methods for assessing the fire-hazardous properties of textile materials for various functional purposes. The analysis of both domestic and foreign methods fixed in regulatory documents is carried out. It is noted that in European countries and in our country, similar methods are used to determine the fire hazard of fabrics. One of the important conditions when choosing a research method is the possibility of obtaining a result in numerical terms. In this case, thermal analysis methods can be used. As a result of the review, the test methods for determining the classification indicators of fire hazard of textile materials are summarized.

Keywords: textile materials, fire hazard, test methods, oxygen index, flammability, flame propagation velocity, thermal analysis.

Объем мирового производства и потребления всех видов текстильных материалов (ТМ) неуклонно возрастает наряду с расширением сферы применения текстильной продукции. Результаты анализа статистических данных по вопросам безопасности жилищного фонда показали, что по объектам защиты основная доля пожаров (30 %), гибели людей при пожарах (90 %) и потерь от них (25–30 %) приходится на жилой сектор. Во многом это явление обусловлено тем, что в жилых помещениях пожарную нагрузку составляют мебель (в том числе мягкая) и элементы текстильного оформления интерьера: чехлы на мебель, покрывала и всевозможные подушки, шторы и занавесы.

Помимо этого, ассортимент выпускаемых текстильных материалов ежегодно расширяется, и на российский рынок поступает огромное количество тканей, пожароопасные свойства которых не изучены и значительно варьируются в зависимости от волокнистого состава, геометрических параметров полотна (поверхностной плотности и толщины), вида отделки и области применения.

Классификация текстильных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара. Пожарная опасность ТМ характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;
- 4) дымообразующая способность;
- 5) токсичность продуктов горения¹.

Указанные характеристики необходимо определять, в частности, для прогнозирования развития пожара на объекте защиты, при расчете пожарных рисков, при планировании размещения пожарной нагрузки, представленной в виде кип волокна, стеллажей с тканями или готовыми текстильными изделиями.

Сразу же следует отметить, что не все перечисленные в нормативных правовых актах характеристики пожарной опасности материалов имеют численное выражение. Поэтому в некоторых случаях проблематично проводить их сравнение между собой и подбирать наиболее пожаробезопасные ТМ.

Исходя из вышесказанного, исследования пожароопасных свойств текстиля и их систематизация не теряют своей актуальности. Однако в настоящее время в силу специфики использования и назначения текстильных ма-

териалов не существует единого подхода к определению показателей их пожарной опасности.

Представленная статья является обзорной и преследует цель провести анализ методов испытаний по определению классификационных показателей пожарной опасности текстильных материалов, используемых в нашей стране и за рубежом, и выявить проблемные вопросы при их применении. Следует отметить, что все текстильные материалы вырабатываются из волокнообразующих полимеров различной химической природы, поэтому, на наш взгляд, методики количественной оценки пожароопасных свойств листовых полимеров применимы и для тканей.

Начнем с обзора методик исследования пожарной опасности текстильных материалов, установленных международными и национальными стандартами. Известно, что большая часть ТМ, применяемых в быту и на производстве, являются горючими. В работах зарубежных и отечественных авторов рассмотрено большое количество методов исследования пожарной опасности текстильных материалов с возможностью получения широкого спектра показателей, характеризующих горючесть текстиля.

Одним из универсальных показателей является кислородный индекс (КИ), однако методики его определения отличаются в нашей стране и за рубежом. В зарубежных источниках [1] приводятся данные, что для определения пожароопасных свойств текстиля применяется предельный кислородный индекс (LOI, об. %). Метод испытания позволяет измерить минимальную концентрацию кислорода в кислородно-азотной смеси (O_2/N_2), которая будет поддерживать пламенное горение образца. Для расчета значения предельного кислородного индекса используется следующая формула (1):

$$LOI (\%) = \frac{100 \cdot V(O_2)}{V(O_2) + V(N_2)} \quad (1)$$

Для проведения испытания образец размещается в стеклянной вертикальной трубе и поджигается в верхней части с помощью пламени горелки. Уровень кислорода в смеси уменьшают до достижения критического уровня. Полученное значение сравнивается со стандартной концентрацией кислорода в воздухе, равной 21 %: материалы со значением $LOI < 21 \%$ считаются самовозгорающимися. Если же значение $LOI > 21 \%$, то образец считают самозатухающим в атмосферных условиях после удаления внешнего источника пламени [1].

¹ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

Для материалов толщиной до 10,5 мм и объемной плотностью 100 г/м³ или более, которые также могут иметь волокнистую основу, определяется значение кислородного индекса (OI) в соответствии со стандартом США ASTM D2863-19² и с международным стандартом ISO 4589-2:2017³, регламентирующим проведение испытаний при температуре окружающей среды 23 °C ± 2 °C. Общие требования к испытанию на кислородный индекс описаны в ISO 4589-1:2017, а стандарт ISO 4589-3 описывает методы проведения испытаний в диапазоне температур от 25 °C до 150 °C (в некоторых случаях – до 400 °C)⁴. Принятая в 2021 часть стандарта ISO 4589 устанавливает метод испытаний для определения минимальной объемной доли кислорода в смеси с азотом при температуре окружающей среды, которая поддерживает горение образца толщиной до 2 мм при заданной более высокой скорости газа (HOI)⁵.

В нашей стране используется методика определения кислородного индекса, принятая национальным и международным стандартами. При определении кислородного индекса тканей проводят 15 параллельных измерений для образцов исследуемой ткани. Кислородный индекс вычисляют по формуле (2):

$$КИ = C_k + Kd, \quad (2)$$

где C_k – конечное значение концентрации кислорода, определенное согласно п. 4.14.3.18 ГОСТ 12.1.044-89, % об.;

K – коэффициент, определяемый по таблице 13 п. 4.14.4.2 ГОСТ 12.1.044-89;

d – разница между значениями концентрации кислорода, определяемая в соответствии с п. 4.14.3.16–4.14.3.17 ГОСТ 12.1.044-89, % об.

При доверительной вероятности 95 % сходимость метода не должна превышать 0,5 %, воспроизводимость метода – 1,4 %⁶.

Проведя сравнительный анализ, можно сказать, что методика, изложенная в ГОСТ 12.1.044-89, является более трудоемкой,

поскольку первоначально подразумевает предварительный подбор подаваемого в установку кислорода и только затем проведение 15-ти параллельных измерений для последующего расчета КИ. В то время, как определение предельного кислородного индекса (LOI, %) проводится в непрерывном режиме, путем постепенного уменьшения уровня кислорода в смеси до достижения его критического уровня и сравнения со стандартной концентрацией кислорода в воздухе, равной 21 %. Но в обоих случаях методики определения КИ позволяют получать численные значения, характеризующие горючесть текстиля, что позволяет сравнивать материалы между собой и выбирать наиболее пожаробезопасные.

Важными показателями, характеризующими пожарную опасность любого материала, являются воспламеняемость и скорость распространения пламени. Выбор методики определения указанных показателей зависит от ассортимента ткани, вида текстильного изделия, области его применения и условий эксплуатации. Разработаны и используются методики:

- определения воспламеняемости материалов и скорости распространения пламени вертикально расположенного образца (вертикальный тест). Данная методика наиболее актуальна для портьер, штор, занавесей, стеновых панелей, имеющих тканевую декоративную отделку;

- определения воспламеняемости материалов и скорости распространения пламени горизонтально расположенного образца (горизонтальный тест). Методика применяется для определения указанных характеристик напольных ковровых покрытий, постельных принадлежностей.

Для некоторых видов текстильных материалов, например, обивочных мебельных тканей, материалов для отделки салонов дорожных транспортных средств, целесообразно использовать обе методики.

Вертикальный тест UL94 разработан группой Underwriters Laboratory Inc. Он позволяет оценить воспламеняемость и скорость распространения пламени вертикально ориентированного образца и охарактеризовать его огнестойкость. Методика проведения испытаний следующая: стандартный образец зажимается вертикально, под образцом размещаются хлопчатобумажные нити. Минимальное количество образцов для проведения испытаний – 5. Пламя горелки высотой 20 мм подносится к краю образца на расстоянии 10 мм на 10 с. Регистрируется время остаточного горения. После затухания пламя повторно подносят к образцу на 10 с. Регистрируется как время остаточного горения, так и время остаточ-

² ASTM D2863-19. Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index).

³ ISO 4589-2:2017. Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index. Part 2: Ambient-temperature test.

⁴ BS EN ISO 4589-1:2017. TC Plastics. Determination of burning behaviour by oxygen index – General requirements.

⁵ BS ISO 4589-4:2021. Plastics. Determination of burning behaviour by oxygen index – High gas velocity test.

⁶ ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 100 с.

ного тления. Под остаточным горением понимается время, в течение которого образец продолжает гореть после удаления источника зажигания. Время остаточного тления представляет собой промежуток времени, в течение которого материал продолжает тлеть после прекращения горения или после удаления источника зажигания. Отмечается падение горящих капель материала, а также возгорание хлопчатобумажных нитей⁷. На основании полученных данных образец может быть отнесен к категориям V_0 , V_1 , V_2 . Наиболее огнестойкими являются материалы, имеющие категорию V_0 [1]. Категория V_0 присваивается, когда время воспламенения образца не превышает 10 с. Если время горения составляет от 10 до 30 с, образцу присваивается категория V_1 . Для образцов, время горения которых составляет менее 50 с, но от капель сгоревшего образца наблюдается воспламенение индикатора в виде хлопка, присваивается категория V_2 . В случае, когда материал не подпадает ни под одну из перечисленных категорий, указывается обозначение NC, свидетельствующее о полном сгорании текстильного материала. Аналогично при проведении испытаний на горизонтальную воспламеняемость учитывается продолжительность и скорость горения ткани (по длине и по толщине). Образец может быть обозначен как HF-1, если длина обгоревшего участка составляет менее 25 мм; HF-2, если длина находится в пределах от 25 до 100 мм; HF-3, если длина превышает 100 мм, но скорость горения образца меньше 75 мм/мин по длине и 3 мм/мин по толщине; HF-4, если образец не соответствует трем предыдущим категориям [2].

В стандартных методах испытаний на воспламеняемость текстильных материалов измеряется минимальное время воспламенения (с) – продолжительность воздействия на образец открытого пламени для достижения воспламенения. Испытание подразумевает воздействие пламени горелки на лицевую сторону или нижнюю кромку вертикально ориентированного образца ткани. При этом визуально следят за ходом испытания и фиксируют время, необходимое для воспламенения⁸.

Характеристики воспламеняемости текстильных полотен при горизонтальном испытании определяют с использованием аппарата с огневой камерой UL94 в соответствии

со стандартом ISO 3795. На основании проведенных исследований фиксируется путь, пройденный огнем (мм), время горения образца (с), скорость горения образца (мм/мин)⁹.

Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации принят ГОСТ 30879-2003, устанавливающий метод определения горизонтальной скорости горения материалов толщиной до 13 мм, используемых для отделки салонов дорожных транспортных средств, при воздействии малокалорийного источника зажигания. Образец закрепляется горизонтально в U-образном держателе, на незакрепленный край в течение 15 секунд воздействует малокалорийный источник зажигания в камере сгорания. При испытании определяется время горения измеряемого участка образца, его длина и характер горения. Скорость горения вычисляется по формуле (3)¹⁰:

$$B = \frac{S}{t} \cdot 60, \quad (3)$$

где S – длина сгоревшего участка, мм;

t – время горения образца от начальной точки измерения, с.

Материал считается огнеопасным, если скорость горения превышает 100 мм/мин. Материал является неогнеопасным, если скорость горения составляет менее 100 мм/мин; образец не загорелся от пламени горелки в течение 15 секунд; погас, не догорев до начальной точки измерения.

Одним из способов измерения вертикального распространения пламени является непрерывное взвешивание горящего образца. Вертикальное распространение пламени рассчитывали по формуле (4):

$$v = \frac{r \cdot l}{w_1 - w_2}, \quad (4)$$

где v – вертикальная скорость распространения пламени, м/г;

r – константа;

l – начальная длина образца, м;

w_1 – начальный вес образца, г;

w_2 – вес угольного остатка, г.

Исследование минимальной длины образца, необходимой для измерения максимальной скорости распространения пламени, показали, что образец должен быть длиной около 127 см (50 дюймов).

⁷ UL 94-2015. UL Standard for Safety Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.

⁸ BS 5438:1989. Methods of test for flammability of textile fabrics when subjected to a small igniting flame applied to the face or bottom edge of vertically oriented specimens.

⁹ ISO 3795:1989. Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials.

¹⁰ ГОСТ 30879-2003. Транспорт дорожный, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Определение характеристик горения материалов для отделки салона. Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2003. 8 с.

Существует также альтернативный метод оценки воспламеняемости, который заключается в исследовании горения материала под разными углами к вертикали. Целью метода является определение величины угла наклона, при котором образец больше не может поддерживать пламенное горение [3].

Отдельно необходимо остановиться на методике проведения испытаний на воспламеняемость элементов мягкой мебели с использованием сигаретного теста. Данный метод описан в стандарте BS 5852:2006. Образец для проведения испытаний обычно представляет собой композитный материал, состоящий из ткани и наполнителя. Обивка мебели и наполнитель могут быть испытаны по отдельности. Воспламеняемость оценивается при помощи воздействия тлеющей сигареты или других источников зажигания, таких как горящая спичка или полноформатная газета на четыре листа. Разработка BS 5852 стала прорывом в тестировании реальных изделий, сочетающих различные ткани и наполнители¹¹.

На территории Российской Федерации воспламеняемость элементов мягкой мебели, штор, занавесей и постельных принадлежностей оценивается в соответствии с ГОСТ Р 53294-2009. По результатам проведенных испытаний текстильный материал относится к легковоспламеняемым или трудновоспламеняемым¹². Аналогичная классификация применяется для покрытий и изделий ковровых напольных (ГОСТ 32088-2013¹³) и декоративных тканей (ГОСТ Р 50810-95¹⁴).

Определение воспламеняемости текстильных изделий, ориентированных вертикально, и промышленных изделий, состоящих из одной или нескольких тканей (покрытия, подстежки, многослойные конструкции и другие комбинации), находящихся под воздействием заданного по мощности пламени, проводится в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ ISO 6940-2011, идентичном

международному стандарту ISO 6940:2004¹⁵.

Как видно из проведенного анализа методик, в зависимости от назначения, области применения и условий эксплуатации ТМ существует большое количество межгосударственных и национальных стандартов, позволяющих оценить пожарную опасность текстиля по времени его воспламенения. Если итоговый результат испытаний на воспламеняемость имеет числовую характеристику, то внутри каждой отдельной методики возможно проводить сравнение пожароопасных свойств материалов.

В качестве показателя пожарной опасности текстильных материалов используется также характеристика способности распространять пламя по поверхности ткани. Скорость распространения пламени обычно рассчитывается путем измерения расстояния и фиксации времени, необходимого наступающему фронту пламени для разрыва нитей. Распространение огня вверх происходит гораздо быстрее, чем распространение пламени вниз и горизонтально, и, следовательно, лучше описывает пожарную опасность тканей. Большинство стандартов используют этот тип стендового метода испытаний для измерения свойств вертикального распространения пламени [1].

Стандарт ISO 6941:2003 определяет метод измерения времени распространения пламени вертикально ориентированных одно- или многокомпонентных тканей¹⁶. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 6941-99 также определяет метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах, однако применяется только для текстильных материалов одно- и многокомпонентных (с покрытием, стеганых, многослойных конструкций с чередующимися слоями в различных комбинациях), предназначенных для изготовления средств индивидуальной защиты (кроме одежды для пожарных). Пламя с заданными параметрами от унифицированной горелки в течение определенного времени подают на испытываемую элементарную пробу. Измеряют время (секунды) распространения пламени на определенное расстояние между маркировочными нитями, время остаточного горения, время остаточного тления¹⁷.

¹¹ BS 5852:2006. Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources.

¹² ГОСТ Р 53294-2009. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

¹³ ГОСТ 32088-2013. Материалы текстильные. Покрытия и изделия ковровые напольные. Воспламеняемость. Метод определения и классификация. М.: Стандартинформ, 2015. 5 с.

¹⁴ ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Методы испытания на воспламеняемость и классификация. М.: Издательство стандартов, 1995. 8 с.

¹⁵ ГОСТ ISO 6940-2011. Материалы текстильные. Характеристики горения. Метод определения воспламеняемости вертикально ориентированных образцов. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.

¹⁶ ISO 6941:2003. Textile fabrics – Burning behaviour – Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens.

¹⁷ ГОСТ Р ИСО 6941-99. Система стандартов безопасности труда. Материалы текстильные для средств индивидуальной защиты. Метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах. М.: Издательство стандартов, 2000. 8 с.

Испытание на вертикальное горение Бунзена проводится в соответствии с Федеральными авиационными правилами США (FAR) 25.853 для интерьера воздушных судов. Текстильные материалы, применяемые для драпировки и обивки, подушки кресел, набивка, декоративные и недекоративные ткани с покрытием должны быть самозатухающими при испытании в вертикальном положении. Средняя длина обугливания не должна превышать 203 мм, средняя продолжительность горения после удаления источника воспламенения – не более 15 с. Отделяющиеся от испытуемого образца капли после падения должны гореть не более 5 с¹⁸.

Горизонтальная ориентация образца для определения способности к распространению пламени применяется для материалов, используемых в пассажирском салоне дорожных транспортных средств. Методика проведения испытания содержится в стандарте США FMVSS 302¹⁹ и международном стандарте ISO 3795²⁰.

Числовое выражение характеристики способности к распространению пламени, выражаемая в мм/с или мм/мин, является одной из основных, позволяющих оценивать пожарную опасность текстиля в сравниваемых величинах. При этом наиболее объективной является методика определения скорости горения для вертикально ориентированного образца при его поджигании с нижней кромки.

Для определения способности материала к сдерживанию теплового потока в нашей стране и за рубежом используется конусная калориметрия. В соответствии со стандартом ISO 5660-1:2015 образец размерами 100×100×4 мм подвергается воздействию теплового потока диапазоном от 10 до 100 кВт/м² от конического электронагревателя. Газы, выделяющиеся при сгорании образца, улавливаются вытяжным устройством и анализируются на предмет скорости потока, относительного состава, температуры, давления и плотности дыма. Чем выше интенсивность тепловыделения материала, тем более пожароопасным он является²¹.

В Российской Федерации введен национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 5660-1-2020, позволяющий оценить интенсивность тепло-

выделения и динамику дымообразования горизонтально расположенных образцов, подвергаемых воздействию внешнего источника зажигания с контролируемым уровнем излучения. Результаты испытаний позволяют определить интенсивность тепловыделения $q(t)$, тепловыделение на единицу площади поверхности образца $qA(t)$, скорость потери массы ($-m$), интенсивность дымообразования на единицу площади поверхности образца $P_{s,A}$, полное дымообразование на единицу площади поверхности образца S_A^{22} .

Измерение распространения пламени под внешним тепловым потоком необходимо там, где тепловое излучение может воздействовать на текстильные материалы, например, ковровые покрытия. Методика проведения испытаний описана в ГОСТ Р ИСО 9239-1-2014, идентичному международному стандарту ISO 9239. Образец подвергается воздействию лучистого тепла от излучающей панели, работающей на воздушном или газовом топливе, а образец текстильной ткани обычно находится под углом 30 ° к лицевой стороне панели. Образцы текстильного материала, которые не воспламенялись, или с участками горения менее 110 мм имеют критический тепловой поток выше 11 кВт/м². Образцы с участками горения, большими, чем 910 мм, имеют критический тепловой поток менее 1,1 кВт/м²²³. Величина критического теплового потока является важным показателем, на основании которого горючие строительные материалы, в том числе напольные ковровые покрытия, могут быть классифицированы по скорости распространения пламени по поверхности²⁴.

Отдельно следует остановиться на специфике определения пожароопасных свойств текстильных материалов специального назначения. Определение скорости распространения пламени, а также термостойкости и теплопередачи для боевой одежды пожарных (БОП) отдельно описаны в стандарте BS EN 469:2020. Требования, подробно изложенные в BS EN 469, охватывают структуру,

¹⁸ US Federal Aviation Regulation (FAR).

¹⁹ The Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 302 (FMVSS 302) Flammability of Interior Materials.

²⁰ ISO 3795:1989. Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials.

²¹ ISO 5660-1:2015. Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement).

²² ГОСТ Р ИСО 5660-1-2020. Испытания по определению реакции на огонь. Интенсивности тепловыделения, дымообразования и потери массы. Часть 1. Определение интенсивности тепловыделения методом конического калориметра и интенсивности дымообразования измерениями в динамическом режиме. М.: Стандартинформ, 2020. 50 с.

²³ ГОСТ Р ИСО 9239-1-2014. Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Метод определения пожарной опасности напольных покрытий путем воздействия теплового потока радиационной панели. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

²⁴ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

характеристики теплопередачи и воспламенения, механические и химические параметры, комфорт и видимость элементов одежды в условиях пожара²⁵. В данном случае приведенный стандарт позволяет оценить все возможные виды воздействий на материалы БОП, которые возникают при работе пожарного.

Распространение пламени на вертикально ориентированных пробах текстильных материалов и специальной одежды (кроме

одежды пожарных) в России оценивается с использованием ГОСТ Р 12.4.200-99 и позволяет фиксировать время остаточного горения и послесвечения в секундах²⁶. Наиболее важным аспектом испытаний защитной одежды является оценка защиты от ожогов и тепловых воздействий. В табл. 1 представлены международные стандарты, содержащие методы исследования пожароопасных свойств текстильных материалов для пошива защитной одежды [2].

Таблица 1. Стандарты для оценки пожарной опасности текстильных материалов для защитной одежды

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
ISO/TR 2801:2007	Clothing for protection against heat and flame – General recommendations for selection, care and use of protective clothing.	–	–
ISO 6942:2022 (ГОСТ ISO 6942-2011)	Protective clothing – Protection against heat and fire – Method of test: Evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat.	Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения.	защитные свойства материалов, используемых в теплозащитной одежде при воздействии теплового излучения (видимые изменения и коэффициент теплопередачи) ²⁷ .
ISO 9151:2016 (ГОСТ ISO 9151-2021)	Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от конвективной теплоты. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени.	теплопередача через материалы или пакеты материалов (показатель передачи конвективного тепла) ²⁸

²⁵ BS EN 469:2020. Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting activities.

²⁶ ГОСТ Р 12.4.200-99. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от тепла и огня. Метод испытаний при ограниченном распространении пламени. М.: Издательство стандартов, 2002. 7 с.

²⁷ 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. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 12 с.

²⁸ ГОСТ ISO 9151-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от конвективной теплоты. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 16 с.

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
ISO 11612:2015 (ГОСТ ISO 11612-2020)	Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame – Minimum performance requirements.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени, теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретой поверхностью. Технические требования и методы испытаний.	технические требования к специальной одежде из гибких материалов, средствам индивидуальной защиты головы, рук, ног, предназначенным для защиты тела пользователя от тепла и/или пламени ²⁹
ISO 12127-1:2015 (ГОСТ ISO 12127-1-2021)	Clothing for protection against heat and flame – Determination of contact heat transmission through protective clothing or constituent materials. Part 1: Contact heat produced by heating cylinder.	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.	контактная теплопередача ³⁰ .
ISO 17492:2019	Clothing for protection against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to both flame and radiant heat.	-	теплопередача
ISO 15025:2016 (ГОСТ ISO 15025-2019)	Protective clothing – Protection against flame – Method of test for limited flame spread.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени.	распространение пламени на вертикально ориентированных гибких одно- или многокомпонентных материалах (с покрытием, стеганых, многослойных, конструкций типа «сэндвич» и аналогичных) ³¹
ISO 17493:2016 (ГОСТ ISO 17493-2021)	Clothing and equipment for protection against heat – Test method for convective heat re-	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная и другие сред-	термостойкость материалов или изделий специальной одежды и других

³⁰ ГОСТ ISO 12127-1-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). 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. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.

³¹ ГОСТ ISO 15025-2019. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от пламени. Метод испытания на ограниченное распространение пламени. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

Номер стандарта	Название на английском языке	Название на русском языке	Измеряемое свойство
	sistance using a hot air circulating oven.	ства индивидуальной защиты. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха.	средств индивидуальной защиты в печи с циркуляцией горячего воздуха ³²
NFPA 2112	Standard on Flame-Resistant Clothing for Protection of Industrial Personnel Against Short-Duration Thermal Exposures from Fire.	–	–
ISO 13506-1:2024 (ГОСТ ISO 13506-1-2021)	Protective clothing against heat and flame Part 1: Test method for complete garments – Measurement of transferred energy using an instrumented manikin.	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени. Часть 1. Метод испытания специальной одежды. Измерение переданной энергии с применением манекена, оснащенного приборами.	система оценки для характеристики термической защиты, обеспечиваемой однослойной и многослойной одеждой из огнестойких материалов (теплопередача к полноразмерному манекену, подвергнутому воздействию конвективной энергии и энергии теплового излучения) ³³

Материалы для защитной одежды, применяемые, к примеру, на предприятиях металлургической промышленности, проходят испытания на стойкость к выплеску расплавленного металла в соответствии с ГОСТ ISO 9185-2021, идентичному международному стандарту ISO 9185:2007 и европейскому стандарту EN ISO 9185:2007³⁴.

Анализ методик, применяемых для испытаний тканей специального назначения, показал, что межгосударственные и национальные стандарты позволяют определять харак-

теристики не только тканого материала, но и композиционных, многослойных изделий, защищающих человека от воздействия искр, пламени или теплового потока. Методики включают в себя как визуальное наблюдение за поведением материалов при воздействии высоких температур, так и инструментальные методы исследования.

Необходимо отдельно остановиться на таких видах изделий, выполненных из текстиля, как палатки и шатры, которые предназначены для размещения большого количества людей. Ткани, используемые для таких конструкций, должны быть огнестойкими. Британский стандарт BS 7837:1996 описывает испытание тканей для строительства текстильных конструкций, таких как палатки, временные здания и навесы, в вертикальной ориентации с воспламенением нижнего края с обязательным замачиванием образца текстильного материала в воде перед проведением испытания³⁵ [3].

Стандарт BS EN 14115:2002 содержит метод испытания на горение промышленных и технических текстильных материалов, используемых для изготовления брезентов, больших

³² ГОСТ ISO 17493-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная и другие средства индивидуальной защиты. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 11 с.

³³ ГОСТ ISO 13506-1-2021. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени. Часть 1. Метод испытания специальной одежды. Измерение переданной энергии с применением манекена, оснащенного приборами. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 45 с.

³⁴ ГОСТ ISO 9185-2021. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная. Метод оценки стойкости материалов к выплеску расплавленного металла. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 13 с.

³⁵ BS 7837:1996. Specification for flammability performance for textiles used in the construction of marquees and similar textile structures.

палаток, шатров, связанных с ними конструкций, воздуховодов и т. д. и требует подвергать испытываемые образцы (600 мм×180 мм) излучению тепла. Дополнительно используются горячие газы, обдувающие поверхность образца, чтобы способствовать распространению пламени, что делает испытание еще более строгим. Измеряется влияние пламенного горения и наличия потока горячих газов на степень повреждения текстильного материала³⁶ [3].

В США агентства по строительным нормам используют стандарты, определенные ASTM и NFPA, для оценки огнестойкости конструкций тканей. В соответствии с NFPA 701, устанавливающим методы испытаний для оценки распространения пламени различных текстильных изделий и пленок в заданных условиях, ткань должна самозатухать в течение 2 секунд после прекращения воздействия источника зажигания³⁷. Воспламеняемость ткани в горизонтальном положении оценивается с помощью ASTM E84-23d. Измеряется скорость распространения пламени и способность к образованию дыма³⁸. Воздействия пожара на внешнюю сторону кровельных покрытий нормируется документом ASTM E108-20a. Данный метод испытаний измеряет распространение пламени по поверхности и способность материала или системы кровельного покрытия палатки или шатра противостоять проникновению огня снаружи на нижнюю сторону материала³⁹.

Отдельно остановимся на особенностях проведения испытаний для штор и портьер, которые представляют собой вертикально ориентированные ткани, используемые для внутренней отделки помещений. Испытание таких тканей на воспламеняемость проводят путем установки образца вертикально на испытательном стенде. Британский стандарт BS 5438:1976 определяет методы испытаний на воспламеняемость (при воздействии источника зажигания малой мощности) вертикально ориентированных тканей, причем образцы могут иметь как один слой, так и совокупность из двух или более слоев⁴⁰. Для штор и портьер, используемых в быту, время воздействия пламени обычно составляет 10 с, тогда как для

штор, используемых в общественных помещениях, требуется более длительное время воздействия пламени – 15 с. Для штор и портьер, используемых в таких зданиях, как больницы, тюрьмы и т. д., испытания на воспламеняемость являются еще более строгими. В таком случае ткань должна быть испытана четырьмя периодами воздействия пламени по 5, 15, 20 и 30 секунд [3]. Метод измерения распространения пламени вертикально ориентированных текстильных тканей с использованием мощного источника зажигания содержится в BS EN 13772:2011. Тепловой поток определенной мощности воздействует на нижнюю часть вертикального образца ткани в течение 30 с. Затем пламя горелки помещают на 10 с к небольшому куску хлопчатобумажной ткани, закрепленному вокруг нижнего края образца, и фиксируют скорость распространения пламени⁴¹.

Ворсовые ткани и материалы, имитирующие мех, имеют свою специфику и часто используются при производстве мягких игрушек с наполнителем. Испытание на воспламеняемость игрушек, созданных с использованием ворсовых тканей проводится в соответствии со стандартом BS EN 71-2:2020 – TC⁴². В Великобритании документ BS 4569:1983 описывает метод испытаний, позволяющий определить, способствует ли ворс на тканях и тканях из искусственного меха быстрому распространению пламени по поверхности⁴³.

Необходимо отметить, что некоторые виды тканей в виду особенностей их применения и особых условий эксплуатации на этапе химической отделки подвергаются обработке антипиренами, то есть приобретают огнезащитные свойства. Для исследования пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий из них с огнезащитной обработкой часто применяются те же стандарты, что и для необработанных тканей. Однако существует ряд методик, предназначенных только для текстильных образцов, прошедших огнезащитную обработку. В качестве параметра пожарной опасности льняных и полульняных тканей (ГОСТ 15898-70⁴⁴), а также хлопчатобумажных и смешанных тканей для спецодежды

³⁶ BS EN 14115:2002. Textiles. Burning behaviour of materials for marquees, large tents and related products. Ease of ignition.

³⁷ NFPA 701 Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films 2004 Edition.

³⁸ ASTM E84-23d. Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials.

³⁹ ASTM E108-20a. Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings.

⁴⁰ BS 5438:1976. Methods of test for flammability of vertically oriented textile fabrics and fabric assemblies subjected to a small igniting flame.

⁴¹ BS EN 13772:2011. Textiles and textile products. Burning behaviour. Curtains and drapes. Measurement of flame spread of vertically oriented specimens with large ignition source.

⁴² BS EN 71-2:2020. TC Safety of toys – Flammability.

⁴³ BS 4569:1983. Method of test for ignitability (surface flash) of pile fabrics and assemblies having pile on the surface.

⁴⁴ ГОСТ 15898-70. Ткани льняные и полульняные. Метод определения огнестойкости. М.: Издательство стандартов, 1999. 3 с.

(ГОСТ 11209-2014⁴⁵) определяется огнестойкость. ГОСТ 19297-2003⁴⁶ позволяет определить сохранность огнезащитных свойств хлопчатобумажных тканей с огнезащитой на основе H_3PO_4 . Таким образом, для ТМ, обработанных растворами антипиренов, дополнительно разработан ряд методик, в соответствии с которыми определяется огнестойкость материала и устойчивость огнезащитной отделки к «мокрым» обработкам и стирке.

Отдельное место в исследованиях пожарной опасности ТМ занимают термические методы испытаний.

Термические исследования проводятся для составления характеристик поведения веществ и материалов при нагреве, как в инертной среде, так и в воздушной. Для определения температурных диапазонов деструкции и процента потери массы текстильных материалов может быть применен термогравиметрический анализ (ТГА). Проведение термогравиметрических исследований в зарубежной нормативной литературе описывается стандартами ISO 11358-1:2022 и ASTM E1131-20. Термогравиметрический анализ относится к методам исследования физических эффектов и химических реакций, связанных с изменением массы образца. Стандарты применяются для определения температуры и скорости разложения полимеров, а также одновременного измерения количества содержащихся в них летучих веществ, добавок и наполнителей. На основании результатов, полученных с использованием метода термогравиметрии, можно провести сравнение образца с материалом того же типа^{47,48}.

Масса образца, оставшаяся после термического воздействия, указывает на термическую стабильность и эффективность механизма обугливания. Чем больше масса остатка, тем больше количество кокса, физически отделяющего материал от доступа окислителя. Сдвиг температуры начала потери массы образца в сторону более высоких температур указывает на термическую стабильность материала. Зависимость угла наклона термогравиметрической кривой от устойчивости образца к дальнейшему разложению имеет следующую закономерность: чем меньше угол наклона, тем выше устойчивость [4].

Общий порядок проведения термического анализа описан в ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа». Термический анализ включает в себя термогравиметрический метод (ТГ), термогравиметрический метод по производной (ДТГ), дифференциально-сканирующую калориметрию (ДСК). Указанный стандарт распространяется на текстильные материалы, а также средства огнезащиты⁴⁹.

Аналогом международного стандарта ISO 11358-1:2022 в Российской Федерации является ГОСТ 29127-91 «Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре». Стандарт устанавливает основные условия для выполнения термогравиметрических измерений полимеров как в динамическом режиме (изменение массы в зависимости от температуры или времени при заданных температурных условиях), так и изотермическом режиме (изменение массы в зависимости от времени при постоянной температуре). Исследования могут быть проведены как в инертной среде, так и в кислородно-азотной смеси⁵⁰.

Общие принципы проведения дифференциальной сканирующей калориметрии для полимеров и полимерных смесей содержатся в стандарте ISO 11357-1:2023. В документе изложен ряд общих аспектов: принцип работы и оборудование, отбор проб, калибровка, протокол испытаний⁵¹. Подробная информация о применении конкретных методов измерения свойств при физических переходах и химических реакциях, а также устойчивости к окислению и теплоемкости приведена в последующих частях серии ISO 11357.

Широкое внедрение методов термического анализа в исследования структуры материалов позволяет определить степень термического поражения текстильных материалов, которую можно охарактеризовать температурой начала и окончания термического разложения волокнообразующего полимера, температурой максимальной скорости разложения материала, величиной тепловых эффектов фазовых переходов, количеством зольного остатка. Результаты, полученные с помощью

⁴⁵ ГОСТ 11209-2014. Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 13 с.

⁴⁶ ГОСТ 19297-2003. Ткани хлопчатобумажные с огнезащитной отделкой. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2005. 7 с.

⁴⁷ ISO 11358-1:2022. Plastics – Thermogravimetry (TG) of polymers. Part 1: General principles.

⁴⁸ ASTM E1131-20. Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry.

⁴⁹ ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. М.: Стандартинформ, 2011. 18 с.

⁵⁰ ГОСТ 29127-91. Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре. М.: Издательство стандартов, 2004. 5 с.

⁵¹ ISO 11357-1:2023. Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC).

термического анализа, описаны, в частности, в работах [5, 6].

Специалистами в области пожарной безопасности неоднократно делались попытки использовать ТГА и ДТА непосредственно для определения пожароопасных характеристик веществ и материалов. Для этого необходимо выявить корреляционные связи общепринятых пожароопасных характеристик веществ, определенных стандартными методами, с информацией, получаемой методами ТГА и ДТА [7].

В качестве обобщения рассмотренных методов исследования пожарной опасности текстильных материалов различного ассортимента и области применения можно отметить следующее.

Стендовые испытания на воспламеняемость показательны тем, что можно определить некоторые пожароопасные свойства текстильных материалов и использовать данные для относительного ранжирования текстиля по

степени его пожарной опасности. Данные, полученные в результате стендовых испытаний, также можно использовать для прогнозирования поведения тканей при возникновении крупных пожаров с использованием математических моделей [3].

Существует высокая степень корреляции между различными методами исследования: если при проведении термического анализа скорость разложения текстильного материала низкая, то и при проведении испытания с вертикальным пламенем UL-94 образец будет гореть медленно [4].

Р. К. Уортон в своей работе привел возможную корреляцию между значением кислородного индекса и результатами других испытаний полимерных материалов на огнестойкость, которые показывают, что степень возможной корреляции зависит от параметра горения текстильного материала, измеряемого в конкретном тесте (табл. 2) [8].

Таблица 2. Сводная информация о степени корреляции, обнаруженной между значениями кислородного индекса и результатами испытаний на воспламеняемость

Метод проведения испытания	Основной измеряемый параметр горения	Степень корреляции со значением кислородного индекса
UL 94 (BULLETIN-2018 UL Standard for Safety Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances) (Воспламеняемость пластмассовых материалов для деталей устройств и приборов)	время горения и тления образца	приблизительная
ASTM D635-22 (Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position) (Скорость горения и/или степень и время горения пластмасс в горизонтальном положении)	скорость горения; путь, пройденный огнем; время затухания	не отчетливая, но существует некоторая корреляция
ASTM D1692 (Standard Method Of Test For Flammability Of Plastic Sheeting And Cellular Plastics)	скорость горения	отсутствует
FMVSS 302 (Flammability of Automotive Materials) (Воспламеняемость автомобильных материалов)	скорость горения	мало полученных доказательств
BS 476-7:1997 (Fire tests on building materials and structures. Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products) (Метод испытания для определения классификации поверхностного распространения пламени изделий)	скорость распространения пламени по поверхности	приемлемая
BS 476-6:1989+A1:2009 (Fire tests on building materials and structures. Method of test for fire propagation for products) (Метод испытания изделий на распространение огня)	скорость повышения температуры	нет корреляции

Метод проведения испытания	Основной измеряемый параметр горения	Степень корреляции со значением кислородного индекса
BS 2782 (Methods of testing plastics. Methods 508 flammability)	скорость горения	мало имеющих до-казательств
BS 415 (Specification for safety requirements for mains-operated electronic and related apparatus for household and similar general use)	время затухания	существует некоторая корреляция
BS EN ISO 3582:2001 (Flexible cellular polymeric materials. Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame) (Гибкие ячеистые полимерные материалы. Лабораторная оценка характеристик горизонтального горения небольших образцов, подвергнутых воздействию малокалорийного источника зажигания)	время горения и путь, пройденный огнем	приемлемая
ISO/R 1210 (Plastics – Determination of flammability of plastics in the form of bars)	время затухания	отмечается некоторая корреляция
ISO 9773:1998 (Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small flame ignition source) (Пластмассы. Определение поведения при горении тонких гибких вертикальных образцов при контакте с малокалорийным источником зажигания)	время горения	отсутствует
ASTM E84-23d (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) (Стандартный метод испытаний характеристик поверхностного горения строительных материалов)	скорость распространения пламени	приемлемая
AATCC – 213 (Test Method for Vertical Wicking Rate of Textiles: to Specified Times) (Метод испытания вертикальной скорости впитывания влаги в текстиле: до указанного времени)	степень обугливания и/или горения	грубая степень корреляции

Помимо этого, Уортон отмечает наличие хорошей корреляции между результатами термогравиметрического анализа и кислородного индекса для безгалогенсодержащих полимеров [8].

Выводы

В представленной обзорной статье рассмотрены и проанализированы различные методики определения пожароопасных свойств текстильных материалов. Анализ методик показал, что в нашей стране и за рубежом используются во многом сходные методы изучения пожароопасных свойств тканей, отличающиеся в некоторых случаях условиями проведения эксперимента и обработкой полученных данных. Основопологающим показателем пожарной опасности является кислородный индекс изучаемого материала. Широко используются методики определения воспламеняемости материалов и скорости распро-

странения пламени вертикально и горизонтально расположенных образцов, размещение которых зависит от вида и назначения текстильного материала. Разработаны и используются национальные и межгосударственные стандарты, применяемые для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий различного назначения, в том числе боевой одежды пожарных и защитной одежды.

Отмечено, что для качественной и количественной оценки газового состава продуктов разложения текстильных материалов используется конусная калориметрия. Показана возможность использования термических методов исследования при анализе пожароопасных свойств текстильных материалов и изделий из них.

Обобщены имеющиеся в научной и нормативной литературе данные по методам исследования пожароопасных свойств текстильных материалов.

Список литературы

1. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites / F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre [et al.]. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2009, vol. 63, pp. 100–125.
2. Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites – A comprehensive review / L. Rajeshkumar, P. S. Kumar, P. Boonyasopon [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2024, vol. 432, 136552, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136552>.
3. Nazaré S., Horrocks A. R. Flammability testing of fabrics. Editor(s): Jinlian Hu, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing*, Woodhead Publishing, 2008, pp. 339–388.
4. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review / O. Y. Wen, M. Z. Mohd Tohir, T. C. S. Yeaw [et al.]. *Progress in Organic Coatings*, 2023, vol. 175, 107330, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107330>.
5. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из природных целлюлозных волокон / О. Г. Циркина, Л. В. Шарнина, А. Л. Никифоров [и др.] // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2019. № 3 (32). С. 81–88.
6. Спиридонова В. Г., Циркина О. Г. Исследование пожароопасных свойств тканей из целлюлозных волокон методами термического анализа // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 2 (404). С. 123–128.
7. Беззапонная О. В. Изучение особенностей развития пожара с использованием метода синхронного термического анализа // *Безопасность веществ и материалов. Пожаровзрывобезопасность*. 2022. № 5. Том 31. С. 26–32.
8. Wharton R. K. Correlation Between the Critical Oxygen Index Test and Other Fire Tests. *Fire and Materials*, 1981, no. 5 (3), pp. 93–102.

References

1. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites / F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre [et al.]. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 2009, vol. 63, pp. 100–125.
2. Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites – A comprehensive review / L. Rajeshkumar, P. S. Kumar, P. Boonyasopon [et al.]. *Construction and Building Materials*, 2024, vol. 432, 136552, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136552>.
3. Nazaré S., Horrocks A. R. Flammability testing of fabrics. Editor(s): Jinlian Hu, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Fabric Testing*, Woodhead Publishing, 2008, pp. 339–388.
4. Fire-resistant and flame-retardant surface finishing of polymers and textiles: A state-of-the-art review / O. Y. Wen, M. Z. Mohd Tohir, T. C. S. Yeaw [et al.]. *Progress in Organic Coatings*, 2023, vol. 175, 107330, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107330>.
5. Ocenka požaropasnyh svojstv tekstil'nyh materialov iz prirodnyh cellyuloznyh volokon [Assessment of fire-hazardous properties of textile materials made from natural cellulose fibers] / O. G. Tsirkina, L. V. Sharnina, A. L. Nikiforov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2019, issue 3 (32), pp. 81–88.
6. Spiridonova V. G., Tsirkina O. G. Issledovanie požaropasnyh svojstv tkanej iz cellyuloznyh volokon metodami termicheskogo analiza [Investigation of fire-hazardous properties of cellulose fiber fabrics by thermal analysis methods]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2023, vol. 2 (404), pp. 123–128.
7. Bezzaponnaya O. V. Izuchenie osobennostej razvitiya požara s ispol'zovaniem metoda sinhronnogo termicheskogo analiza [Study of the features of fire development using the method of synchronous thermal analysis]. *Bezopasnost' veshchestv i materialov. Pozharovzryvobezopasnost'*, 2022, issue 5, vol. 31, pp. 26–32.
8. Wharton R. K. Correlation Between the Critical Oxygen Index Test and Other Fire Tests. *Fire and Materials*, 1981, no. 5 (3), pp. 93–102.

Спиридонова Вероника Гербертовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

Spiridonova Veronika Gerbertovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences
E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

Циркина Ольга Германовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, доцент
E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Ol'ga Germanovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
doctor of technical sciences, associate professor
E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Салихова Аниса Хамидовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: salina_77@mail.ru

Salikhova Anisa Khamidovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: salina_77@mail.ru

Чуприна Ольга Сергеевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
научный сотрудник

Chuprina Olga Sergeevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
research associate