

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛЯХ СУДЕБНОЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А., Калашников Д.В.

Сторонкина Ольга Евгеньевна, Мочалова Татьяна Александровна
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33
E-mail: oleg1968@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru
Калашников Дмитрий Владимирович
ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пер. Чапаева, д. 13
E-mail: ipl@37.mchs.gov.ru

Чаще всего пожары в помещениях зданий и сооружений начинаются с загорания текстильных материалов и изделий из них. Они используются для изготовления элементов мягкой мебели, постельных принадлежностей, ковровых изделий, стеновых материалов, гобеленов, штор и т.д. Текстильные материалы и изделия, в своей основе содержат легковоспламеняющиеся природные или синтетические полимерные волокна, которые быстро распространяют пламя по поверхности и являются источниками возгорания. В представленной работе проанализированы пожароопасные показатели текстильных материалов и изделий из них различного назначения на основе определения кислородного индекса, температуры самовоспламенения, исследований на воспламеняемость, распространение пламени и термогравиметрических измерений.

Ключевые слова: текстильные материалы, температура самовоспламенения, кислородный индекс, распространение пламени, термогравиметрический анализ, пожарно-техническая экспертиза.

RESEARCH OF FIRE HAZARD INDICATORS OF TEXTILE MATERIALS FOR THE PURPOSE OF FORENSIC FIRE-TECHNICAL EXPERTISE

Storonkina O.E., Mochalova T.A., Kalashnikov D.V.

Storonkina Olga Evgen'evna, Mochalova Tat'jana Aleksandrovna
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»,
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley ave., 33.
E-mail: oleg1968@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru
Kalashnikov Dmitry Vladimirovich
Federal state budgetary institution judicial-expert institution of The State Fire Service «Test Fire Laboratory of The Ivanovo Region»,
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, per. Chapaeva, 13.
E-mail: ipl@37.mchs.gov.ru

Most often, fires in the premises of buildings and structures begin with the ignition of textile materials and products from them. They are used to make upholstered furniture, bedding, carpets, wall materials, tapestries, curtains, etc. Textile materials and products, at their core, contain flammable natural or synthetic polymer fibers, which quickly spread flame over the surface and are sources of ignition. In the presented work, the fire hazard indicators of textile materials and products made from them for various purposes are analyzed based on the determination of the oxygen index, autoignition temperature, research on flammability, flame propagation and thermogravimetric measurements.

Keywords: textile materials, autoignition temperature, oxygen index, flame spread, thermogravimetric analysis, fire-technical expertise.

Практически все текстильные материалы являются горючими и большинство из них способны воспламеняться при воздействии источников зажигания малой мощности и распространять пламя по своей поверхности. Поэтому часто пожары в помещениях начинаются с воспламенения изделий из текстиля.

Все чаще, при проведении судебной пожарно-технической экспертизы у экспертов стали возникать вопросы не только о причине возникновения и расположении очага пожара, но и о параметрах развития пожара, таких как продолжительность, площадь, скорость распространения. Для определения скоростных параметров развития пожара в помещениях необходимо знать пожароопасные свойства текстильных материалов, к которым относятся: группа горючести веществ и материалов, воспламеняемость, скорость распространения горения, наличие огнезащитной обработки [1]. Пожар — это сложный процесс, который протекает в условиях неопределенности и неочевидности. Зачастую он просто не обнаруживается на ранних стадиях, а уже когда развился на большой площади. Определение показателей пожарной опасности веществ и материалов позволяет приблизиться к истинной допожарной обстановке на объекте. Данные испытания проводятся по стандартным методикам в том случае, когда необходимые для эксперта данные отсутствуют в справочниках или, когда в материалах дела необходимые данные имеются, но их достоверность по каким-либо причинам вызывает

сомнение. Кроме этого, данные по пожароопасным характеристикам могут понадобиться при анализе влияния внешних факторов на вероятность возникновения возгорания и последующего развития горения.

В связи с этим цель проведенного исследования заключалась в установлении влияния химической природы текстильных материалов различного назначения на характеристики их пожарной опасности; на поведение текстильных материалов в условиях пожара для систематизации данных по пожарной опасности текстильных материалов широкого ассортимента с целью предупреждения пожаров и прогнозирования (исследования) развития пожара на объектах, пожарная нагрузка на которых создана текстильными материалами.

В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны образцы тканей, состоящие из натуральных и синтетических волокон, применяемые при производстве постельных принадлежностей, полотенец, покрывал, отделки мягкой мебели и т.д.

Одним из наиболее универсальных показателей горючести волокнистых материалов, тканей, полимеров и изделий из них является значение кислородного индекса (КИ) [2]. Его величина определяется процентным содержанием кислорода в окружающей атмосфере, при котором материал начинает поддерживать свечеобразное устойчивое пламенное горение. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели кислородного индекса для исследованных образцов тканей
Table 1. Oxygen index values for the examined tissue samples**

Номер образца	Описание образца	КИ, % об.
1	Ткань верха микрофибра с теснением, состав 100% полиэстер; наполнитель лебяжский пласт с плотностью поверхности 300 г/м ² , состав 80% полиэфир, 20% лебяжий чесаный пух.	21,2
2	Ткань верха бязь набивная, 100% хлопок; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 150 г/м ² , 100% полиэфир.	19
3	Ткань верха тик с серебристым напылением, состав 100% полиэстер; наполнитель овечий пласт, состав 75% полиэфир, 25% овечья чесаная шерсть, плотность поверхности 300 г/м ²	20
4	Ткань верха цветная таргалет (жатка) с плотностью поверхности 280 г/м ² , состав 100% полиэстер; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 100 г/м ² , состав 100% полиэфир; подкладка низ (белый) микрофибра с плотностью поверхности 80 г/м ² , состав 100% полиэстер.	21

Продолжение табл. 1

5	Ткань готовая хлопчатобумажная гладкокрашенная саржа, плотность поверхности 250 г/м ²	17,5
6	Вафельное полотно, сорт 1, плотность поверхности 200 г/м ² , состав 100% хлопок.	17,2
7	Ткань Бязь отбеленная, сорт 1, плотность поверхности 146 г/м ² , состав 100% хлопок.	17,2
8	Ткань «Энигма», состав: 100% полиэстер; поверхностная плотность - 310 г/м ²	21,8
9	Ткань «Флок-софт», состав: полиэстер - 65%; хлопок - 35%; поверхностная плотность -300 г/м ²	23

По результатам проведенных испытаний выявлено, что пожароопасные свойства рассматриваемых тканей зависят от химического состава волокна (процентное соотношение хлопка и полимера в составе ткани) и от поверхностной плотности материалов (масса одного квадратного метра ткани в граммах на один квадратный метр). Проведенные испытания для тканей из хлопка показали величину кислородного индекса в среднем 17,2% (образцы 5–7). Для смесовых тканей показатель КИ определяется наличием в материале двух или более различных по химической природе составляющих и поэтому находится внутри диапазона величин 19–23%.

Испытания на воспламеняемость исследуемых тканей проводили на установке FlameResistance в соответствии с ГОСТ Р 50810–95, устанавливающим метод определения способности текстильных материалов сопротивляться воспламенению, устойчивому горению, а также оценки их огнезащитности.

В ходе испытаний регистрировались следующие параметры: время остаточного горения, длина выгоревшего участка поверхности образца, наличие загорания или тления хлопчатобумажной ваты от падающих частей или горящих капель испытуемого образца (таблица 2). По окончании испытаний измерялась длина обугленного участка.

Таблица 2

**Оценка результатов на воспламеняемость
Table 2. Evaluation of flammability results**

Регистрируемые параметры	Номер образца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время зажигания с поверхности, с	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Время зажигания с кромки, с	5	5	5	5	3	3	3,5	1,5	5
Время самостоятельного горения, с	25	40	30	35	20	22	21	32	40
Прогорание до кромки, с	22	20	21	20	15	16	15	30	36
Воспламенение хлопчатобумажной ваты	+	+	+	+	-	-	-	+	+
Длина обугленного участка, мм	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Поверхностная вспышка	-	-	-	-	-	-	-	-	-

По результатам проведенных испытаний выявлено, что воспламенение исследуемых образцов не вызывало затруднений, все образцы без исключения поддерживали самостоятельное горение. Образцы тканей, содержащие в составе синтетические волокна, при горении плавилась, образуя горящие капли, которые воспламеняли подстилающую хлопчатобумажную вату. В реальных условиях пожара данная особенность материалов может способствовать распространению горения и увеличению площади пожара.

Наряду с перечисленными методами

нами дополнительно были проведены термические испытания выбранных образцов тканей. Эти данные позволяют более полно оценить пожарную опасность текстильных материалов.

Температуру самовоспламенения образцов исследуемых тканей измеряли на установке ОТП в соответствии с методикой [3] на базе ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области. Сущность метода состоит в определении температуры, при которой происходит воспламенение образца при контакте продуктов термического разложения с источником зажигания [4, 5]. По-

лученные результаты представлены в таблице 3.

По результатам проведенных испытаний выявлено, что пожароопасные свойства рассматриваемых тканей зависят от химического состава волокна (процентное соотношение хлопка и полимера в составе ткани) и от поверхностной плотности материалов (масса од-

ного квадратного метра ткани в граммах на один квадратный метр). Несмотря на высокие значения температур самовоспламенения, горение образцов 8 и 9 сопровождалось выделением большого количества плотного черного дыма и резкого запаха.

Таблица 3

Значения температур самовоспламенения и времени воспламенения образцов текстильных тканей

Table 3. Autoignition temperatures and ignition times for textile samples

Наименование образца	Результаты эксперимента
Образец 1	$T_{cb}=240^{\circ}C, \tau=1$ мин 40 сек
Образец 2	$T_{cb}=120^{\circ}C, \tau=50$ сек
Образец 3	$T_{cb}=189^{\circ}C, T=1$ мин 05 сек
Образец 4	$T_{cb}=237^{\circ}C, \tau=1$ мин 15сек
Образец 5	$T_{cb}=195^{\circ}C, \tau=1$ мин 39сек
Образец 6	$T_{cb}=243^{\circ}C, \tau=2$ мин 06 сек
Образец 7	$T_{cb}=187^{\circ}C, \tau=1$ мин 17 сек
Образец 8	$T_{cb}=525^{\circ}C, \tau=1$ мин
Образец 9	$T_{cb}=535^{\circ}C, \tau=50$ сек

Термогравиметрический метод исследования и анализа, основан на регистрации изменения массы образца в зависимости от его температуры в условиях программированного изменения температуры среды. Испытания проводились на термическом анализаторе SETSYS Evolution. Общий вид термогравиметрических кривых для исследуемых образцов текстильных тканей представлен на рис. 1, 2 и 3. Полученные кривые отображают следующие параметры:

1 – термогравиметрическая зависимость (TG, мг), показывающая потерю массы образца по мере увеличения температуры;

2 – дифференциальная термогравиметрическая зависимость (DTG, мг/мин), характеризующая скорость изменения массы образца с ростом температуры [6].

Общий вид термогравиметрических кривых для хлопкового (образец 7) и синтетического материала (образец 9) представлен на рисунках 1 и 2.

Характер полученных в обоих случаях термогравиметрических зависимостей свидетельствуют о том, что до температуры $250^{\circ}C$ целлюлоза, являющаяся основой хлопка, не претерпевает каких-либо изменений. Для ткани, содержащей синтетические волокна (полиэстер), горизонтальный участок является более длинным и заканчивается при достижении температуры в $400^{\circ}C$, что можно объяснить более высокой термостойкостью синтетического во-

локна. На втором участке наблюдается резкая потеря массы образцов, что свидетельствует о протекании процесса термодеструкции. При этом в интервале температур $280 - 350^{\circ}C$ для образца 7 и $400 - 440^{\circ}C$ для образца 9 процесс идет с высокой скоростью, и завершается для хлопка при температуре $330^{\circ}C$, а для образца 9 при температуре $458^{\circ}C$.

Более наглядным являются данные, представленные в дифференциальной форме. В этом случае величиной, откладываемой по оси ординат, является скорость изменения массы. Перегибам на интегральной и дифференциальной кривой отвечают экстремумы. Характер кривых показывает, что максимальная скорость термодеструкции имеет место при температуре $330^{\circ}C$ для хлопковой ткани, для смесовой ткани – $450^{\circ}C$. В условиях пожара в данном температурном интервале можно предполагать возникновение пламенного горения исследуемых материалов [8].

Методом термогравиметрии получена информация, дающая представление о характере поведения исследуемых тканей при нагревании, а результаты полученных термограмм показывают принципиальную возможность использования термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов.

Проведение испытаний на определение кислородного индекса, температуры самовос-

пламенения, исследований на воспламеняемость, распространение пламени и термогравиметрического анализа у текстильных материала-

лов позволило более полно оценить пожарную опасность исследуемых материалов [9].

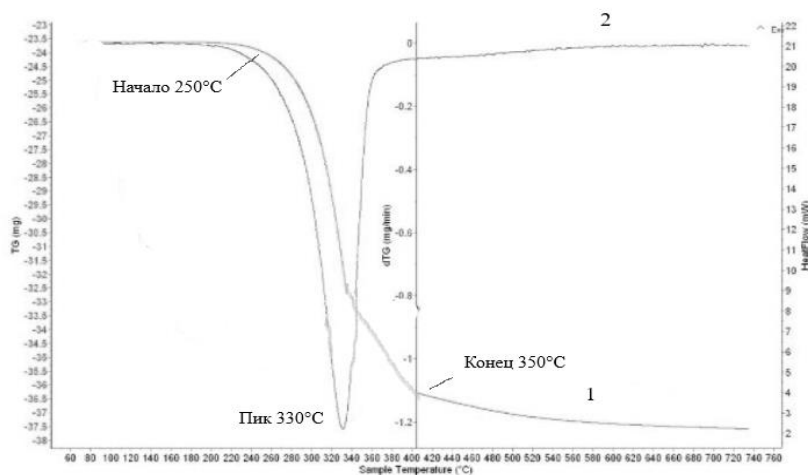


Рис. 1. Общий вид термогравиметрических кривых для образца 7 из хлопкового волокна [7]
 Fig. 1. General view of thermogravimetric curves for sample 7 made of cotton fiber [7]

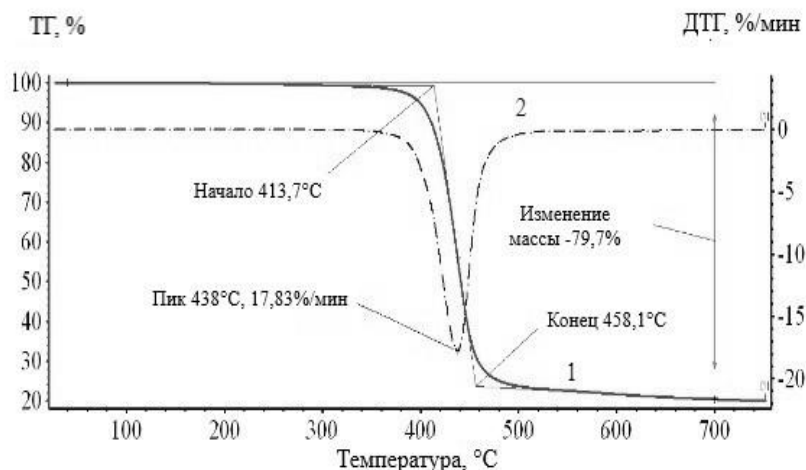


Рис. 2. Термогравиметрические кривые для образца 9 из смесовой ткани
 Fig. 2. Thermogravimetric curves for sample 9 of blended fabric

Полученные экспериментальные значения показателей пожарной опасности интерьерных тканей являются важными оценочными характеристиками, позволяющими сделать выводы об их способности к возгоранию и распространению горения при воздействии тех или иных источников тепла, что представляет практический интерес для сотрудников и работников, осуществляющих экспертную деятельность. В ходе экспертной практики не раз отмечалась значимость подобных показателей для проведения теплофизических расчетов, по ко-

торым определяются основные пути развития пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс.
2. ГОСТ 12.1.044–89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

3. Методика определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов / Ю.Р. Шебеко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2004. 67 с.

4. **Кулаков А.С., Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А.** Исследование температуры самовоспламенения образцов текстильных материалов в целях пожарно-технической экспертизы. Наука как призвание: теория и практика: материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2020. С. 165–168.

5. **Таратанов Н.А., Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А.** Формирование базы данных по температуре самовоспламенения текстильных материалов в целях СПТЭ. Молодые учёные в решении актуальных проблем безопасности: сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2020. С. 232–235.

6. **Parausani V., Barca Fr., Rizescu E.** Determinarea punctelor de aprindere ale unor combustibili solizi prin metode de analizu termodiferentiala si termogravimetrica. *Chimie Analitica*. 1971, vol 1. N. 3. P. 152-154.

7. **Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Никифоров А.Л.** Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных и полиэфирных волокон. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. Иваново, 2019. С. 210–217.

8. Применение термического анализа при исследовании и экспертизе пожаров: Методическое пособие / Е.Д. Андреева [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012. 60 с.

9. **Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А.** Оценка пожароопасных показателей интерьерных тканей. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2021. №2 (69). С. 96–101.

REFERENCES

1. Federal Law "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" of 22.07.2008 N 123-FZ (with

amendments and additions) [Electronic resource] // Consultant Plus.

2. GOST 12.1.044-89 Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. The nomenclature of indicators and methods for their determination [Electronic resource] // Electronic fund of legal and normative-technical documents.

3. Methodology for determining the conditions of thermal spontaneous combustion of substances and materials / Yu.R. Shebeko [and others]. Moscow: VNIPO, 2004. 67 p.

4. **Kulakov A.S., Storonkina O.E., Mochalova T.A.** Investigation of the self-ignition temperature of samples of textile materials for the purpose of fire-technical expertise. Science as a vocation: theory and practice: materials of an interdisciplinary scientific and practical conference with international participation. Moscow, 2020. P. 165-168.

5. **Taratanov N.A., Storonkina O.E., Mochalova T.A.** Formation of a database on the self-ignition temperature of textile materials for the purpose of SPTE. Young scientists in solving urgent safety problems: a collection of materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference. Zheleznogorsk, 2020. P. 232-235.

6. **V. Parausani, Fr. Barca, E. Rizescu** Determinarea punctelor de aprindere ale unor combustibili solizi prin metode de analizu termodiferentiala si termogravimetrica. *Chimie Analitica*. 1971, vol 1. N. 3. P. 152-154.

7. **V.G. Spiridonova, O. G. Tsirkina, A.L. Nikiforov** Assessment of fire hazard properties of textile materials made of cellulose and polyester fibers. Modern fire safety materials and technologies: a collection of materials of the III International scientific and practical conference dedicated to the 370th anniversary of the formation of the fire protection of Russia. Ivanovo, 2019. P. 210-217.

8. Application of thermal analysis in the study and examination of fires: Methodological manual / E.D. Andreeva [and others]. Moscow: VNIPO, 2012. 60 p.

9. **Storonkina O.E., Mochalova T.A.** Assessment of fire hazard indicators of interior fabrics. *Modern problems of civil protection*. 2021. N. 2 (69). P. 96-101.