

УДК 614.841.11

Г. Ш. Хасанова¹, А. Б. Сивенков², И. О. Федотов², Ю. К. Нагановский³

¹Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан

²Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России, Балашиха, Россия

ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Аннотация. Данная работа посвящена изучению особенностей термических превращений текстильных материалов из натуральных и синтетических волокон, используемых в национальном казахском интерьере помещений быстровозводимых зданий и сооружений. Испытания проводились в отношении шести образцов из трех видов волокон: хлопок, вискоза, полиэстер. Для исследования применены методы термического анализа (термогравиметрия, дифференциальная термогравиметрия, дифференциально-сканирующая калориметрия). Определены характерные участки разложения текстильных материалов, имеющих место в процессе термодеструкции исследуемых образцов. Установлено, что процесс термоокислительной деструкции протекает в интервале температур от 353 до 458 °С и сопровождается для всех образцов заметной потерей массы от 78 до 91 %, а также интенсивным тепловыделением. Отмечено, что состав волокон исследуемых тканей оказывает влияние на основные термические характеристики процесса терморазложения материала.

Ключевые слова: текстильные материалы, натуральные и синтетические волокна, термический анализ, термодеструкция, тепловой эффект плавления, тепловыделение.

Постановка проблемы. Одним из наиболее важных аспектов применения декоративно-отделочных материалов традиционных казахских национальных тканей на основе натуральных и синтетических волокон является пожароопасность. Пожарная опасность текстильных материалов является чрезвычайно важной в части оценки возможности их применения в национальном интерьере помещений традиционных быстровозводимых зданий и сооружений, таких как: современные юрты, гостиничные, выставочные и торговые комплексы. Оценка пожарной опасности текстильных материалов в Республике Казахстан осуществляется по ряду критериев, среди которых: 1) горючесть; 2) воспламеняемость; 3) способность распространения пламени по поверхности; 4) токсичность продуктов горения; 5) дымообразующая способность [1].

К основным факторам, определяющих пожарную опасность тканей можно добавить такие характеристики, как продолжительность остаточного горения, способность к тлению и термостойкость.

Способность к возгоранию большинства традиционных тканей (тонкий войлок, мягкий панбархат, парча, шелк, атлас, батист, лен и др.) при воздействии источника зажигания определяется следующими основными характеристиками: технологией их изготовления, химическим строением текстильных волокон и физической структурой волокон. Также на особенности горения этих материалов существенно оказывают

влияние пористость, толщина, характер поверхности тканевого материала. Следует отметить, что их способность к возгоранию и скорость горения различны. Как правило, в условиях пожара огонь интенсивно распространяется по поверхности целлюлозных текстильных материалов. Шерстяные нити имеют свойство сжиматься и растягиваться под воздействием температуры, т.е. обладают значительной естественной устойчивостью к возгоранию, обусловленной высоким содержанием азота и воды [2].

Многокомпонентность, различный состав химических волокон, а также их использование в сочетании с другими материалами, определяют специфику возникновения, развития и последствий пожаров. Особенности поведения текстильных материалов, проявляемые при горении и тлении волокон, препятствуют эвакуации людей и ликвидации возгорания на начальной стадии пожара [3]. Показатели воспламеняемости и горючести различных волокон и волокнистых материалов представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Показатели воспламеняемости (ориентировочные) горючести волокон и волокнистых материалов

Волокна	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Тепловой эффект сгорания, кДж/кг	Кислородный индекс, %
Полиэтиленовые, полипропиленовые	300 - 350	400 - 450	~ 40000	17 - 18
Полиамидные (шерсть, капрон, лавсан)	300 - 400	400 - 500	~ 30000	22 - 25
Целлюлозные, нитрон	250 - 350	350 - 450	~ 25000	18 - 20
Ацетатные	300 - 320	375 - 445	~ 18400	18,5 – 19
Поливинилхлоридные	~ 400	~ 550	~ 15000	40 - 45
Ароматические термостойкие	450 - 600	550 - 650	~ 15000	27 - 45

Известно, что при сгорании текстильных материалов на основе синтетических волокон образуются токсичные газообразные продукты горения, некоторые из них приведены в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Основные продукты сгорания волокон и волокнистых материалов

Волокна	При полном сгорании	При неполном сгорании
Полиэтиленовые, полипропиленовые	H ₂ O, CO ₂	CO, альдегиды, углеводороды
Полиамидные (капрон, анид), шерсть	H ₂ O, CO ₂ , N ₂	CO, NH ₃ , амины, углеводороды
Полиакрилонитрильные (нитрон)	H ₂ O, CO ₂ , N ₂	CO, NH ₃ , нитрилы, возможно выделение HCN

продолжение таблицы 2

Полиэфирные (лавсан, дакрон, тревира)	H ₂ O, CO ₂	CO, ароматические соединения, альдегиды
Целлюлозные (хлопок, вискозные)	H ₂ O, CO ₂	CO, уксусная кислота
Поливинилхлоридные	H ₂ O, CO ₂ , HCl	CO, хлорированные углеводороды, возможно образование диоксинов, COCl ₂

Методы исследования. Одним из наиболее высокочувствительных и универсальных методов является термический анализ, представляющий собой вид физико-химического анализа веществ и материалов с использованием новейших аналитических приборов, таких как термические анализаторы, которые используются для проведения термогравиметрического и дифференциального термического анализов (ТГА и ДТА).

Термические исследования проводились на термическом анализаторе STD Q 600 для определения теплоты фазовых переходов в материале при нагревании, а также использовалась совмещенная система с анализатором горючих газов (АГГ) для определения тепловыделения в газовой фазе. Термогравиметрический анализ позволяет получить результаты экспериментов о потере массы образцов в зависимости от величины температуры. В методе дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) теплота определяется через тепловой поток – производную теплоты от времени. Скорость изменения температуры нагревателя может находиться в диапазоне от 0,001 до 100 °/мин [5]. Термогравиметрические испытания проводились в неизотермических условиях при скорости нагревания – 20 °С/мин в среде азота со сменой среды на воздух при температуре 650 °С.

В качестве объектов исследования в работе использовали шесть образцов натуральных и синтетических тканей из трех видов волокон (хлопок, вискоза, полиэстер): вельвет, плюш (велюр), ткань полиэстер, ткань бархатная, атласный шелк стрейч, атлас. Указанные образцы тканей имеют различный состав нитей, толщину, плотность, стойкость к механическим воздействиям и гигроскопичность.

Результаты исследования и обсуждение.

На рисунке 1 представлены ТГ, ДТГ, ДСК кривые образцов исследуемых тканей в атмосфере - азот до 650 °С, далее воздух.

Из рисунка 1 видно, что начало термического разложения образцов тканей происходит при 353-450 °С (кривые ТГ). Процесс термоокислительной деструкции протекает в интервале температур от 353 до 450 °С и сопровождается значительной потерей массы от 78 до 91 %. Наиболее показательными являются дифференциальные термогравиметрические зависимости (ДТГ). Характер кривых ДТГ показывает, что минимальная скорость термического разложения для ткани вельвет имеет место при температуре 353 °С. Для остальных тканей температура разложения составляет около 450 °С. Полученные результаты объясняются тем, что исследуемые образцы тканей (плюш (велюр), ткань полиэстер, бархат, атласный шелк стрейч, атлас), в составе которых имеются синтетические волокна имеют одинаковую температуру плавления. На кривой теплового потока наибольший тепловой эффект плавления установлен для ткани шелка стрейч 73,7 Дж/г.

Обеспечение пожарной и промышленной безопасности

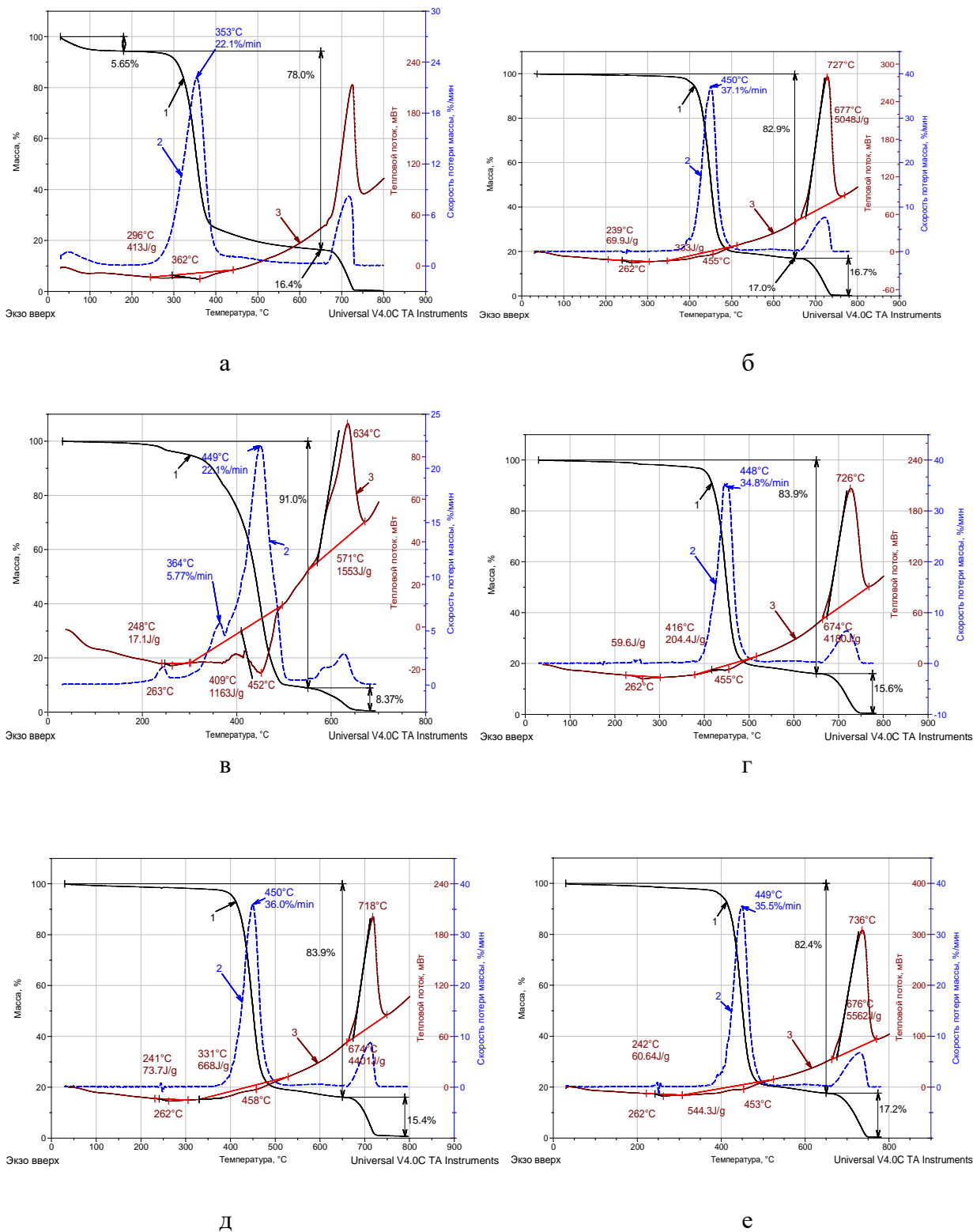


Рисунок 1 - ТГ(1), ДТГ(2) и ДСК(3) кривые образцов тканей при (20 °C/мин; атмосфера - азот до 650 °C, далее воздух):
 а – вельвет; б – плюш (велюр); в - ткань полиэстер; г – бархат;
 д - атласный шелк стрейч; е – атлас

Выводы. На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что химическая природа и морфологический состав тканей оказывают значительное влияние на температурные показатели, характеризующие процессы, протекающие при терморазложении материала.

Исследования методами термического анализа позволяют получить данные об особенностях термических превращений текстильных материалов, что во многом характеризует их пожарную опасность. Анализ процесса термодеструкции образцов тканей в среде «азот – воздух» свидетельствует о возможном влиянии поверхностной плотности и толщины материала на основные термические показатели.

Список литературы

1. Технический регламент Республики Казахстан. Общие требования к пожарной безопасности: утв. Приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 17 августа 2021 года № 405. – Астана.
2. Сивенков А.Б., Хасанова Г. Ш. Принципы обеспечения пожарной безопасности быстровозводимых объектов с массовым пребыванием людей // Вестник Кокшетауского технического института – 2020. – № 2 (38). – С. 35-39.
3. Баратов А. Н., Константинова Н. И., Молчадский И. С. Пожарная опасность текстильных материалов. – М.: Стройиздат, 2006. – 256 с.
4. Перепелкин К. Е. Химические волокна: Развитие производства, методы получения, свойства перспективы / К. Е. Перепелкин. – СПб: Изд. СГУТД, 2008. – 354 с.
5. Емелина А. Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия. – М.: Лаборатория химического факультета МГУ, 2009.

References

1. Tekhnicheskij reglament Respubliki Kazahstan. Obshchie trebovaniya k pozharnoj bezopasnosti: utv. Prikazom Ministra vnutrennih del Respubliki Kazahstan ot 17 avgusta 2021 goda № 405. – Astana, 2021.
2. Sivenkov A. B., Hasanova G. SH. Principy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti bystrovozvodimyh ob"ektov s massovym prebyvaniem lyudej // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta – 2020. – № 2 (38). – S. 35-39.
3. Baratov A. N., Konstantinova N. I., Molchadskij I. S. Pozharnaya opasnost' tekstil'nyh materialov. – M.: Strojizdat, 2006. – 256 s.
4. Perepelkin K. E. Himicheskie volokna: Razvitie proizvodstva, metody polucheniya, svojstva perspektivy / K. E. Perepelkin. – SPb: Izd. SGUTD, 2008. – 354 s.
5. Emelina A. L. Differencial'naya skaniruyushchaya kalorimetriya. – M.: Laboratoriya himicheskogo fakul'teta MGU, 2009.

Г. Ш. Хасанова¹, А. Б. Сивенков², И. О. Федотов², Ю. К. Нагановский³

¹Қазақстан Республикасы ТЖМ Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан

²Ресей ТЖМ Мемлекеттік өртке қарсы қызмет академиясы, Мәскеу, Ресей

³Ресей ТЖМ Бүкілресейлік өртке қарсы қорғаныс ғылыми-зерттеу институты, Балашиха, Ресей

ТАБИҒИ ЖӘНЕ СИНТЕТИКАЛЫҚ ТАЛШЫҚТАР НЕГІЗІНДЕГІ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыс құрастырмалы ғимараттар мен құрылыстардың ұлттық қазақ интерьерінде қолданатын табиғи және синтетикалық талшықтар негізіндегі тоқыма материалдардың термиялық өзгерістерінің ерекшеліктерін зерттеуге арналған. Зерттеу жұмыстары талшықтардың үш түрі бойынша: мақта, вискоза, полиэстердің алты нысандарында жүргізілді. Зерттеу барысында термиялық анализ әдістері пайдаланды (термогравиметрия, дифференциалды термогравиметрия, дифференциалды-сканерлеуші калориметрия). Зерттеу нысандарының термодеструкция үрдісінде орын алатын тоқыма материалдарының ерекше ыдырау аймақтары анықталды. Термототығу үрдісі 353 - 458 температура аралығында және барлық нысандар үшін 78 - 91% дейін массасының төмендеуі, сонымен қатар қарқынды жылу бөлінуімен жүретіні анықталды. Зерттелген маталардың талшықтар құрамы материалдың термоыдырау үрдісінің негізгі термиялық сипаттамаларына әсер ететіні көрсетілді.

Түйінді сөздер: тоқыма материалдары, табиғи және синтетикалық талшықтар, термиялық анализ, термодеструкция, балкудың жылулық эффекті, жылу бөліну.

G. Sh. Khasanova¹, A. B. Sivenkov², I. O. Fedotov², Yu. K. Naganovsky³

¹Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan

²Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

³All-Russian Research Institute of Fire Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Balashikha, Russia

THERMAL CONVERSIONS OF TEXTILE MATERIALS BASED ON NATURAL AND SYNTHETIC FIBERS

Abstract. This work is devoted to the study of the features of thermal transformations of textile materials from natural and synthetic fibers used in the national Kazakh interior of prefabricated buildings and structures. The tests were carried out on six samples of three types of fibers: cotton, viscose, polyester. Thermal analysis methods (thermogravimetry, differential thermogravimetry, differential scanning calorimetry) were used for the study. The characteristic areas of decomposition of textile materials, which take place in the process of thermal destruction of the studied samples, are determined. It has been established that the process of thermo-oxidative degradation proceeds in the temperature range from 353 to 458 °C and is accompanied for all samples by a noticeable weight loss from 78 to 91%, as well as intense heat release. It is noted that the composition of the fibers of the studied fabrics affects the main thermal characteristics of the process of thermal decomposition of the material.

Key words: textile materials, natural and synthetic fibers, thermal analysis, thermal destruction, thermal effect of melting, heat release.

Information about the authors / Сведения об авторах / Авторлар туралы мәлімет

Гульжан Шариповна Хасанова – қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйе және технологиялар кафедрасының профессоры. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: make_hasanov@mail.ru

Андрей Борисович Сивенков – техника ғылымдарының докторы, профессор, Ресей ТЖМ Мемлекеттік өртке қарсы қызмет академиясы. Ресей, Мәскеу, Борис Галушкин көшесі. E-mail: sivenkov01@mail.ru

Илья Олегович Федотов – Ресей ТЖМ МӨҚҚ Академиясының адъюнкты. Ресей, Мәскеу, Борис Галушкин көшесі, 4. E-mail: ilafedotov367@gmail.com.

Юрий Кузьмич Нагановский – техника ғылымдарының кандидаты, Ресей ТЖМ Жалпы ресейлік өртке қарсы қызметінің ғылыми-зерттеу институты. Ресей, Мәскеу облысы, Балашиха қ. E-mail: reut11731@mail.ru

Хасанова Гульжан Шариповна – ассоциированный профессор, профессор кафедры общетехнических дисциплин, информационных систем и технологий Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акан Серэ, 136. E-mail: make_hasanov@mail.ru

Сивенков Андрей Борисович – доктор технических наук, профессор, Академия государственной противопожарной службы МЧС России. Москва, ул. Бориса Галушкина. E-mail: sivenkov01@mail.ru

Федотов Илья Олегович – адъюнкт Академии ГПС МЧС России. Россия, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4. E-mail: ilafedotov367@gmail.com.

Нагановский Юрий Кузьмич – кандидат технических наук, вед. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Московская обл., г. Балашиха. E-mail: reut11731@mail.ru

Gulzhan Sh. Khasanova – Associate Professor, Professor of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akan Sere str. E-mail: make_hasanov@mail.ru

Andrey B. Sivenkov – Doctor of Technical Sciences, professor, Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Russia, Moscow, 4 Boris Galushkin St. E-mail: sivenkov01@mail.ru

Ilya O. Fedotov – Adjunct of the Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Russia, Moscow, st. Boris Galushkin, 4. E-mail: ilafedotov367@gmail.com.

Yury K. Naganovsky – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher All-Russian Research Institute of Fire Defense of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Russia, Moscow region, Balashikha. E-mail: reut11731@mail.ru