

## РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ОБИВОЧНЫХ МЕБЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

### DEVELOPMENT OF FIRE-RETARDANT COMPOSITION FOR UPHOLSTERY FURNITURE FABRICS

О.Г. ЦИРКИНА<sup>1</sup>, А.Х. САЛИХОВА<sup>1</sup>, С.А. СЫРБУ<sup>1</sup>, В.Г. СПИРИДОНОВА<sup>1</sup>, Н.Н. КУЗЬМИНА<sup>1,2</sup>

O.G. TSIRKINA<sup>1</sup>, A.H. SALIKHOVA<sup>1</sup>, S.A. SYRBU<sup>1</sup>, V.G. SPIRIDONOVA<sup>1</sup>, N.N. KUZMINA<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
<sup>2</sup>МИРЭА - Российский технологический университет)

(<sup>1</sup>Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry  
of the Russian Federation for Civil Defense,  
<sup>2</sup>MIREA - Russian Technological University)

E-mail: ogtsirkina@mail.ru, salina\_77@mail.ru, syrbye@yandex.ru,  
nika.spiridonowa@yandex.ru, nina.kuzmina.1992@mail.ru

*Анализ статистических данных о пожарах в помещениях различного функционального назначения свидетельствует о необходимости исследования пожарной опасности современных текстильных материалов, используемых в отделке интерьера. В связи с этим актуальной задачей является разработка огнезащитных составов для тканей декоративного назначения. В работе приведены данные исследования по созданию огнезащитных композиций на базе препарата Пекофлам НФС и кремнийсодержащих добавок для хлопкополиэфирной гобеленовой ткани, которая применяется для обивки мягкой мебели. Исследования проведены в соответствии со стандартными методиками испытания текстильных материалов на воспламеняемость и с использованием метода термогравиметрического анализа. Полученные данные показывают, что нанесенные на ткань разработанные антипирюющие составы исключают возможность загорания гобеленовой ткани от малокалорийных источников зажигания, таких как сигарета или спичка. Отмечено, что результаты исследований по стандартным методикам согласуются с данными термогравиметрического анализа, в ходе которого определены температурные интервалы протекания термоокислительной деструкции материала, изменение скорости потери массы образцов и тепловые эффекты протекающих реакций.*

*The analysis of statistical data on fires in rooms of various functional purposes indicates the need to study the fire hazard of modern textile materials used in interior decoration. In this regard, the development of flame retardants for decorative fabrics is an urgent task. The paper presents research data on the creation of fire-retardant compositions based on the drug Pecoflam HFC and silicon-containing additives for cotton-polyester tapestry fabric, which is used for tapestry fabric of upholstered furniture. The studies were carried out in accordance with standard methods for testing textile materials for flammability and using the method of thermogravimetric analysis. The data obtained show that the developed flame retardant compounds applied to the fabric eliminate the possibility of tapestry fabric catching fire from low-calorie ignition sources such as a cigarette or match. It is noted that the results of studies using standard methods are consistent with the data of thermogravimetric analysis,*

*during which the temperature intervals for the occurrence of thermal-oxidative destruction of the material, changes in the rate of mass loss of samples are determined, and the thermal effects of the ongoing reactions are determined.*

**Ключевые слова:** гобелен, антипирен, кремнийсодержащий препарат, воспламеняемость, горение, термогравиметрический анализ.

**Keywords:** tapestry, flame retardant, silicon-containing preparation, flammability, burning, thermogravimetric analysis.

### *Введение*

Результаты анализа статистических данных по пожарам на территории Российской Федерации за 2022 г. свидетельствуют о том, что доля пожаров на объектах жилого фонда составляет 31,4% от их общего числа, при этом количество жертв на указанных объектах приближается к 90% от числа всех погибших на пожарах, а доля материального ущерба от пожаров в зданиях жилого назначения – 30,6%.

Во многом это явление обусловлено тем, что в жилых помещениях пожарную нагрузку составляет мебель, в том числе мягкая, и элементы текстильного оформления интерьера: чехлы на мебель, покрывала и всевозможные подушки, шторы и занавесы. За 2021 г. в помещениях, где основную часть пожарной нагрузки составляют текстильные декоративные материалы, а именно в помещениях культурно-досуговых и религиозных объектов (выставочных, зрительных залах, сценах) произошло 16 пожаров. При пожарах на транспортных средствах распространению огня также способствует наличие текстильных обивочных материалов в кузовах и салонах автотранспорта: за 2021 год зафиксировано в кабинах водителя 508 пожаров, в салонах автомобилей – 5240 [1]. Таким образом, статистические данные подтверждают необходимость исследования пожарной опасности современного ассортимента тканей декоративного назначения с целью повышения уровня пожарной безопасности помещений, объектов, где эти материалы применяются.

Приданию огнезащитных свойств тканым материалам уделяется внимание как отечественных исследователей, так и зарубежных [2, 3], что подтверждает актуаль-

ность поиска возможных решений указанной проблемы.

Способность к возгоранию и скорость горения на воздухе большинства тканей и изделий из них отличается и зависит от трех основных параметров: химического строения волокнообразующих полимеров; физической структуры текстильного волокна и материала в целом; условий окружающей среды [4].

Основной задачей проведенного исследования является разработка состава для огнезащитной обработки декоративных интерьерных тканей из смешанных волокон (хлопок/полиэфир) жаккардового переплетения, обеспечивающего огнезащитные свойства, перманентность и сохранение грифа ткани после ее обработки.

### *Объекты и методы исследования*

В качестве объектов исследования выбраны смесовая ткань гобелен с поверхностной плотностью 278 г/м<sup>2</sup>, выработанная из хлопкового и полиэфирного волокон, и антипирен с техническим названием Пекофлам НФС, который представляет собой органическое фосфорно-азотистое соединение. По данным производителя, Пекофлам НФС имеет уникальный химический механизм фиксации на текстиле и показывает высокую эффективность по сравнению с традиционно используемыми химическими веществами на основе азота и/или фосфора в решении вопросов противопожарной защиты различных полимерных материалов [5]. Помимо этого, Пекофлам НФС отвечает критериям стандарта Эко-Текс 100, то есть является экологичным и может использоваться для интерьерных и мебельных материалов, поскольку не представляет опасности для здоровья человека.

С целью расширения спектра эксплуатационных свойств гобеленовой ткани в один из пропиточных составов вводили кремнийорганические полимеры (силиконы) – соединения, содержащие цепочку атомов  $-Si-O-Si-O-$ , модифицированную различными органическими группами. Их присутствие в текстильном материале призвано повысить его термическую устойчивость, атмосферостойкость, устойчивость к действию кислорода воздуха и влаги. Серьезным преимуществом силоксановых эластомерных компонентов является способность длительно сохранять высокие эксплуатационные свойства при длительном воздействии агрессивных сред и высоких температур. Именно этими свойствами и объясняется возможность использования смолы в качестве компонента огнезащитного состава.

Другим кремнийсодержащим соединением, которое вводили в качестве дополнительного компонента в состав пропиточного раствора антипирена, был диоксид кремния  $SiO_2$ . Соединение обладает идеальной устойчивостью к действию кислорода, различных агрессивных сред, в том числе кислот. Широкое использование диоксида кремния в производстве огнеупорных материалов позволяет предположить его эффективное действие в составе огнестойкой пропитки.

Известно [6], что нанесенные на волокнистые материалы отделочные препараты снижают прочностные показатели ткани, поэтому с целью уменьшения потерь прочности в пропиточные составы в качестве пластификаторов вводили поливинилацетатную эмульсию (ПВА).

Таким образом, для исследования были приготовлены три пропиточных состава:

- состав №1: Пекофлам – 300 мл/л, кремнийорганическая смола марки RUT 3010 (далее – КОС) – 50 мл/л,  $CH_3 COOH$  (10%-ная) – 5 мл/л, ПВА – 10 мл/л;

- состав №2: Пекофлам – 300 мл/л,  $SiO_2$  (порошок) марки «Ковелос» – 10 г/л,  $CH_3 COOH$  (10%-ная) – 5 мл/л;

- состав №3: Пекофлам – 300 мл/л (контрольный образец).

Пропитку ткани осуществляли при температуре 70-80°C, что связано с плохой рас-

творимостью кремнийсодержащих соединений при более низких температурах. Высокая температура раствора также интенсифицировала пропитку плотного и многослойного (за счет особенностей ткацкого переплетения) гобелена. Далее образцы с нанесенными антипиренирующими составами отжимались на плюсовке, высушивались при температуре 40-50°C и подвергались термообработке при температуре 150°C в течение 1,5 мин.

При проведении исследований руководствовались гостированными методиками [7, 8], а также использовали метод термогравиметрического анализа.

#### *Результаты и обсуждение*

Обработка материала огнезащитными составами не должна ухудшать другие потребительские свойства ткани – влиять на ее гриф и значительно утяжелять изделия. После обработки образцы не приобрели жесткости, а их привесы по сравнению с аналогичным необработанным образцом составили: Пекофлам + КОС – 26%; Пекофлам + Ковелос – 13%; Пекофлам – 9%.

Испытания обработанного растворами антипиренов хлопкополиэфирного гобелена проводились по методике ГОСТ Р 53294-2009 [7]. Огнестойкость мебельных тканей проверяется сигаретным тестом, который заключается в следующем: берутся два кусочка поролона и обтягиваются испытуемой тканью. Эти детали прислоняются друг к другу под углом 90 градусов, имитируя диван. Раскуренная сигарета кладется в стык деталей. Испытания проводятся трижды. Если во всех трех испытаниях сигарета дотлела до фильтра и не произошло воспламенения, то тест считается пройденным.

В соответствии с указанным ГОСТом материал или комбинация материалов классифицируются как легковоспламеняемые при проявлении одного из следующих признаков:

- горение или тление распространилось за время испытаний до верхней или нижней границы испытательного стенда или на всю толщину материала;

- образец обуглился на расстояние более 100 мм в любом из направлений от места воздействия тлеющей сигареты;

- наблюдается устойчивое горение образца после удаления газовой горелки в течение более 120 с.

Если перечисленные признаки не наблюдаются, то комбинация материалов не может быть отнесена к легковоспламеняемой.

На фотографиях приведены результаты испытания тканей на воспламеняемость в соответствии с [7].

Материал без огнезащиты относится к легковоспламеняемым, так как тление распространилось за время испытаний практически до нижней границы испытательного стенда (рис. 1).

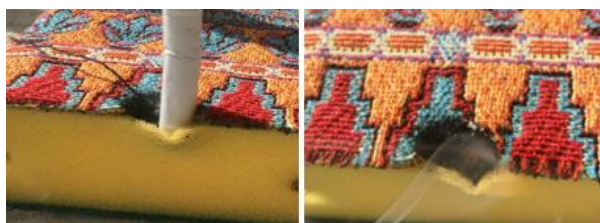


Рис. 1

Испытания образцов показали отсутствие признаков горения и тления, присутствующих легковоспламеняемому материалу, поэтому материал, обработанный составом №1, можно отнести к трудновоспламеняемым (рис. 2).

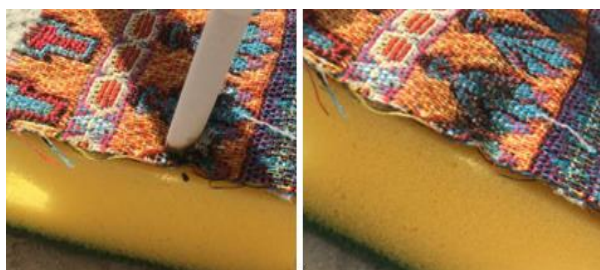


Рис. 2

Испытания образцов показали наличие горения и тления только материала в течение 6 секунд, обугливание наполнителя не происходило, горения и тления по толщине стенда не наблюдалось. Поэтому материал, обработанный составом №2, можно отнести к трудновоспламеняемым (рис. 3).



Рис. 3

Испытания образцов показали наличие горения и тления в течение 7 секунд, обугливание на расстояние 3 мм, что не превышает критического значения 100 мм, горения и тления по толщине стенда не наблюдалось. Поэтому материал, обработанный составом №3, можно также отнести к трудновоспламеняемым (рис. 4).



Рис. 4

Данный метод испытаний характеризует воспламеняемость текстильного материала от малокалорийного источника зажигания. Учитывая, что причиной 40% пожаров в жилых помещениях является неосторожность при курении, можно сделать вывод о том, что при обработке всеми тремя представленными составами обивки мебели или покрывал из гобеленовой ткани обеспечивается защита от воспламенения.

Проведены также испытания по методике ГОСТ Р 50810-95 [8]. Получены следующие результаты. Исследуемые составы обладали огнезащитным действием. Обработанные образцы ткани после удаления из пламени не горели и не тлели. Образец ткани без обработки сгорел полностью, поэтому данных по нему для сравнения не приводим. В табл. 1 приведены средние показатели результатов испытаний образцов гобелена на воспламеняемость в соответствии с [8].

Регистрируемые параметры	Испытания (средние показатели)					
	Состав №1		Состав №2		Состав №3	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток
Время зажигания с поверхности, с	4	3	4	2	2	1
Время самостоятельного горения, с	6	5	4	5	6	7
Прогорание до кромки	-	-	-	-	-	-
Воспламенение хлопчатобумажной ваты	-	-	-	-	-	-
Прожиг ткани	-	-	-	-	+	+

Полученные данные позволяют сделать вывод, что материалы, обработанные исследуемыми составами, можно классифицировать как трудновоспламеняемые. Однако образцы, обработанные составами «Пекофлам + кремнийорганическая смола» (состав №1) и «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос» (состав №2), показали более высокие результаты огнезащиты по сравнению с «Пекофламом» (состав №3). Об этом позволяют судить регистрируемые параметры – время зажигания образца с поверхности и время самостоятельного горения. По сравнению с контрольным образцом Пекофлама без добавок (состав №3), для составов №1 и №2 время зажигания с поверхности увеличивается, а для состава №2 дополнительно происходит сокращение времени самостоятельного горения. Помимо этого, образцы, обработанные водным раствором Пекофлама, подвержены прожигу,

а для образцов №1 и №2 данного явления не наблюдается.

С целью объяснения полученных результатов с точки зрения физико-химических процессов, протекающих в обработанных материалах при воздействии высоких температур, проведен термогравиметрический анализ образцов хлопкополиэфирного гобелена. Возможность успешного применения данных термогравиметрического анализа при исследованиях пожароопасных свойств текстильных материалов продемонстрирована ранее в работах [9...11].

Кривые термогравиметрии получены на дифференциальном сканирующем калориметре Q 500 фирмы INTEC. Измерения проводились в режиме нагрева в диапазоне температур от 0°C до 700°C. Обработка кривых проведена методом модуляционных стандартов.

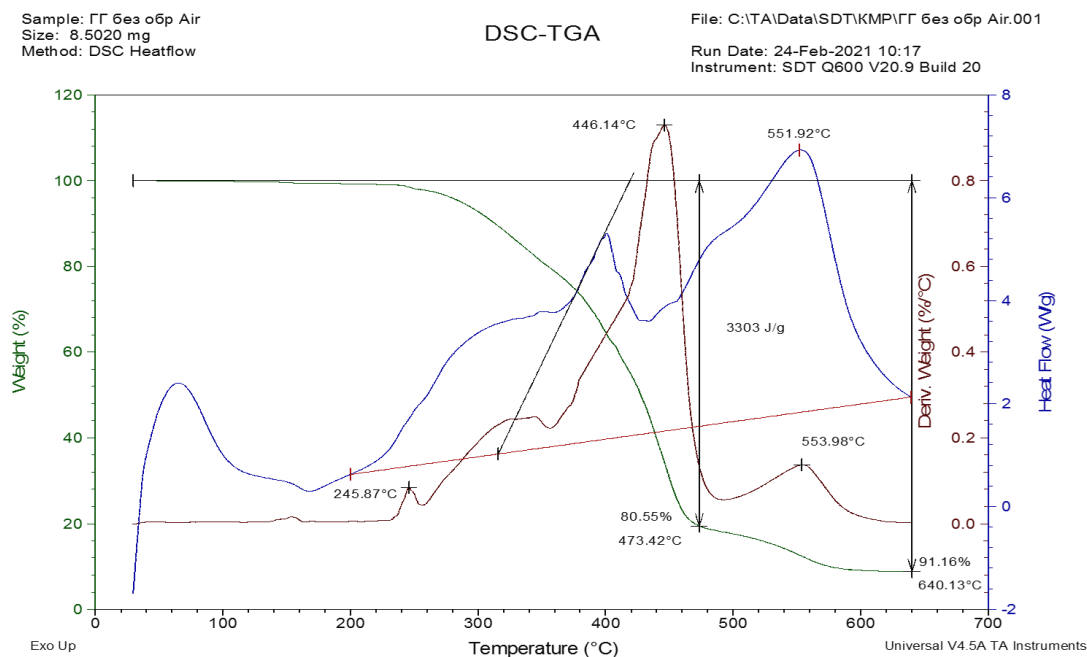


Рис. 5

Sample: ГГ №2 Air  
 Size: 7.8170 mg  
 Method: DSC Heatflow

DSC-TGA

File: C:\TA\Data\SDT\KMP\ГГ №2 Air.001

Run Date: 24-Feb-2021 11:20  
 Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

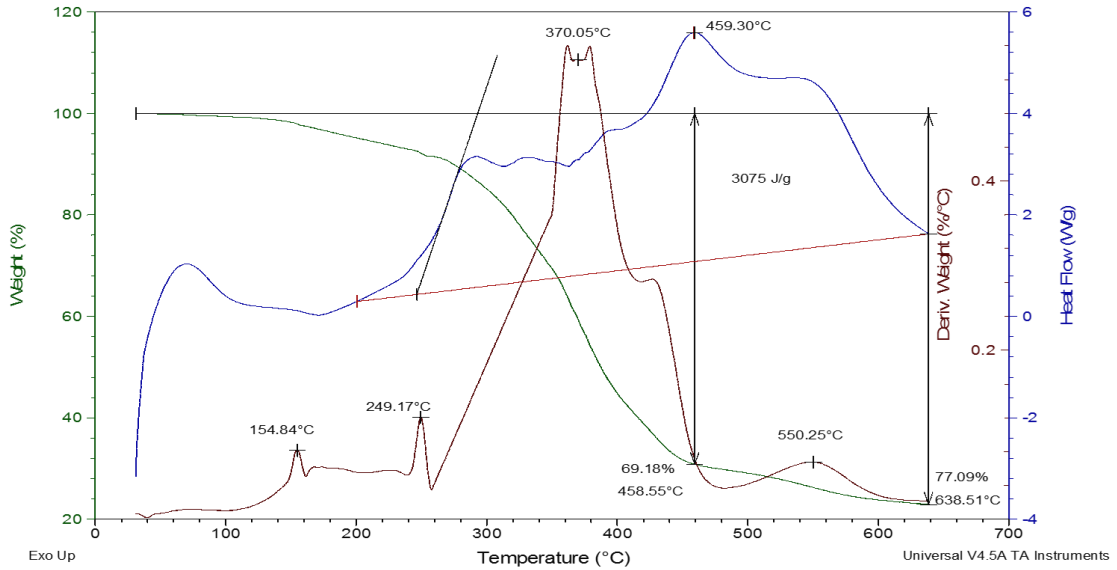


Рис. 6

Sample: ГГ №3 Air  
 Size: 7.6150 mg  
 Method: DSC Heatflow

DSC-TGA

File: C:\TA\Data\SDT\KMP\ГГ №3 Air.001

Run Date: 24-Feb-2021 12:30  
 Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

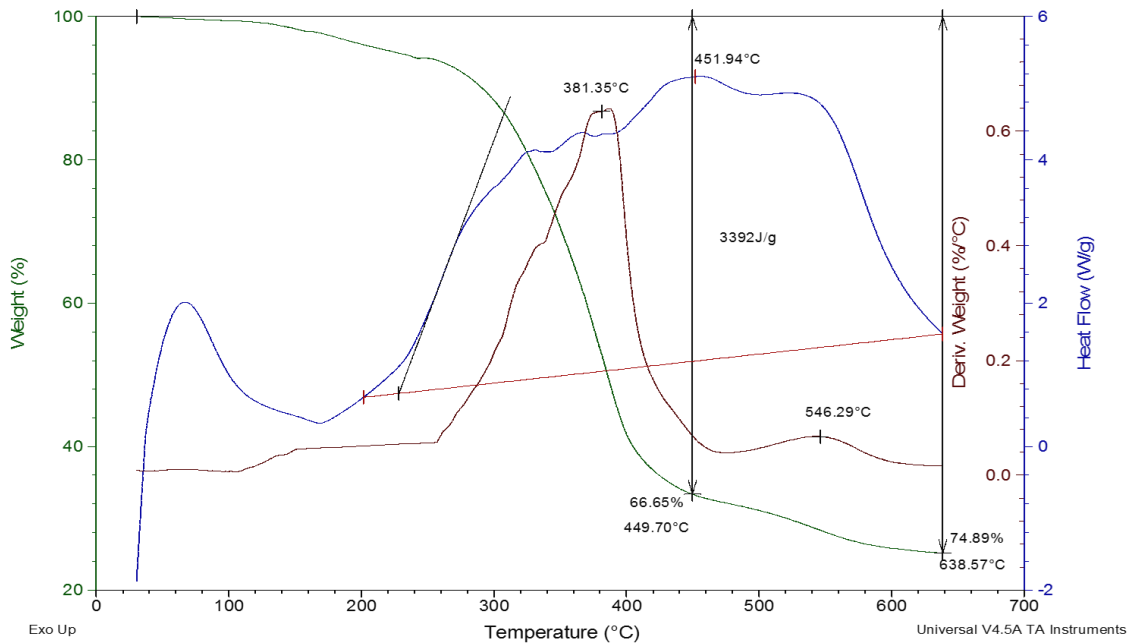


Рис. 7

Термогравиметрический анализ проводился в условиях, описанных в работе [7]. На основе данных термического анализа получена зависимость потери массы от температуры для исследуемых исходных образцов и обработанных антипиренирующими составами. На рис. 5...7 приведены термогравиметрические кривые для образцов хлопкополиэфирного гобелена: рис. 5 – без

огнезащитной обработки; рис. 6 – с огнезащитной обработкой составом №1; рис. 7 – с огнезащитной обработкой составом №2. На представленных рисунках зеленым цветом показаны кривые потери массы образцов, красным – скорость потери массы, синим – кривая изменения теплового потока.

Анализ полученных кривых потери массы показывает увеличение температуры

начала термоокисления у обработанных замедлителями горения тканых материалов. По кривой потери массы можно также довольно точно определить температурные интервалы происходящих в материале процессов. Так, деструкция тканого материала протекает в атмосфере воздуха в трех температурных диапазонах:

1-й диапазон 30-200 °С – потеря сорбционной влаги, которая составляет 4-7 % масс. в зависимости от плотности ткани и структуры волокон. Для необработанной ткани потеря массы составляет менее 1 %. Для образцов, обработанных составами «Пекофлам + кремнийорганическая смола» и «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», потеря массы составляет около 1,5 %.

2-й диапазон 200-350 °С – термоокислительная деструкция макромолекул целлюлозы (с потерей < 60 % массы) с максимумом скорости потери массы при 320-340 °С. После удаления влаги из материала идет резкое снижение массы образцов, связанное с началом термодеструкции материалов на основе целлюлозы, не обработанных замедлителями горения, в диапазоне температур от 300-350 °С. При этом значительно снижается степень полимеризации целлюлозного волокна. Для необработанной ткани потеря массы составляет – 80,55%. Для образца, обработанного составом «Пекофлам + кремнийорганическая смола», потеря массы составляет 69,18%. Для образца, обработанного составом «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», потеря массы составляет 66,65%.

3-й диапазон 400-500 °С – окончание процесса термоокисления, сопровождающегося полным разрушением целлюлозы с образованием зольного остатка, масса которого зависит в основном от нанесенных на ткань органических и неорганических препаратов.

В зависимости от состава пропиточного раствора изменяется и масса карбонизированного/зольного остатка. Для необработанной ткани карбонизированный остаток при температуре 640,13 °С составляет 8,84%. Для образца, обработанного составом «Пекофлам + кремнийорганическая смола», зольный остаток при температуре 638,51 °С составляет 22,91%. Для образца,

обработанного составом «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», зольный остаток при температуре 638,57 °С составляет 25,11%.

Термодеструкция тканых материалов, обработанных замедлителями горения, сопровождается двумя пиками ДТА максимумами ДТГ – скоростей потери массы при 470-490 °С. Процессы протекают с выделением горючих газов, при этом максимумы скорости потери массы близки или совпадают с максимумами тепловыделения и выделения горючих газов, что свидетельствует о термоокислении материала.

Анализ полученных данных показал, что для огнезащитных материалов характерна сглаженность пиков ДТГ кривых термодеструкции, что связано с более плавной потерей массы, – малый пик наблюдается в области 300-310 °С, при этом скорости окисления по сравнению с необработанными тканями выше, но сам процесс термоокисления сдвигается в область более высоких температур. После достижения температуры 300 °С скорость термоокислительной деструкции необработанного материала резко возрастает, и в интервале 300-500 °С происходит его полное разложение.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка ткани огнезащитными составами приводит к увеличению массы зольного остатка, в котором помимо кокса содержатся продукты окисления кремния, приводящие к увеличению его массы по сравнению с коксовым остатком необработанного гобелена.

Следует отметить, что обработка гобелена предлагаемыми составами не привела к ухудшению физико-механических и декоративных свойств материала. Помимо этого, при обработке составом с содержанием кремнийорганической смолы материал дополнительно приобретал гидрофобные и грязеотталкивающие свойства.

Таким образом, данные, полученные в результате испытаний образцов по ГОСТ Р 50810-95 (раздел 6), и данные термического анализа полностью согласуются между собой. Полученные в результате обработки предложенными составами мебельные ткани классифицируются как трудновоспламеняемые.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны огнезащитные составы на основе препарата Пекофлам и кремний-содержащих добавок для смесовых мебельных тканей. Показано, что в результате обработки предложенными композициями исключается возможность загорания текстильных материалов от малокалорийных источников зажигания (сигарета, спичка).

2. Данные термогравиметрического анализа показывают, что обработка ткани огнезащитными составами приводит к уменьшению величины потери массы материала в результате термоокислительной деструкции и к увеличению количества зольного остатка в случаях обработки гобелена составами с содержанием соединений кремния.

3. Ткани, обработанные предложенными композициями, являются трудновоспламеняемыми в соответствии с ГОСТ Р 53294-2009. Органолептическая оценка свойств готовых материалов (яркость и интенсивность окраски, гриф ткани) свидетельствует о том, что обработка гобелена предлагаемыми составами не приводит к ухудшению его декоративных свойств. Перспективы дальнейших исследований предусматривают использование инструментальных методов анализа для определения физико-механических показателей огнезащищенных тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: стат. сб-к / под общей ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.
2. Horrocks A. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // Polymer Degradation and Stability. 2013, vol. 98, pp. 2813...2824.
3. Horrocks A., Nazare S. Surface modification of fabrics for improved flash-fire resistance using atmospheric pressure plasma in the presence of a functionalized clay and polysiloxane / Polymers for Advanced Technologies. 2011, vol. 22 (1), pp. 9...22.
4. Болодьян Г.И. Комплексный подход к созданию пожаробезопасных текстильных материалов и изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2003. 166 с.
5. Пекофлам HFC. – <https://coatings.specialchem.com/product/a-archroma-pekoflam-hfc>. Дата обращения 16.11.2023.

6. Физико-химические основы процесса отделочного производства / Б.Н. Мельников [и др.]. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.

7. ГОСТ Р 53294-2009. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. М.: Стандартинформ, 2009. 13 с.

8. ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация. М.: Изд-во стандартов, 1995. 12 с.

9. Сырбу С.А., Салихова А.Х., Федоринов А.С. Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов декоративного назначения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 114...117.

10. Циркина О.Г., Шарнина Л.В., Никифоров А.Л., Петров А.В., Ульева С.Н., Сорокин Д.В. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из природных целлюлозных волокон // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. №3 (32). С. 81...88.

11. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Петров А.В., Никифоров А.Л., Ульева С.Н. Использование методов термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 5 (389). С. 92...97.

## REFERENCES

1. Fires and fire safety in 2020: Statistical collection / edited by D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2021. 112 p.
2. Horrocks A. Textile flammability research since 1980 – Personal challenges and partial solutions // Polymer Degradation and Stability. 2013, vol. 98, pp. 2813...2824.
3. Horrocks A., Nazare S. Surface modification of fabrics for improved flash-fire resistance using atmospheric pressure plasma in the presence of a functionalized clay and polysiloxane / Polymers for Advanced Technologies. 2011, vol. 22 (1), pp. 9...22.
4. Bolodyan G.I. An integrated approach to the creation of fireproof textile materials and products: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.26.03. M., 2003. 166 p.
5. Pecoflam HFC. – <https://coatings.specialchem.com/product/a-archroma-pekoflam-hfc>. Access date 11/16/2023.
6. Physico-chemical fundamentals of the finishing production process / B.N. Melnikov [et al.]. M.: Light and food industry, 1982. 280 p.
7. GOST R 53294-2009. Textile materials. Bedding. Soft furniture elements. Curtains. Curtains. Methods of flammability tests. Moscow: Standartinform, 2009. 13 p.
8. GOST R 50810-95. Fire safety of textile materials. Decorative fabrics. The method of testing for flammability and classification. M.: Publishing House of Standards, 1995. 12 p.



9. *Syrbu S.A., Salikhova A.H., Fedorinov A.S.* Development of flame retardants for decorative textile materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2018, vol. 3 (375), pp. 114...117.

10. *Tsirkina O.G., Sharnina L.V., Nikiforov A.L., Petrov A.V., Uleva S.N., Sorokin D.V.* Assessment of fire-hazardous properties of textile materials from natural cellulose fibers // *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2019, vol. 3 (32), pp. 81...88.

11. *Spiridonova V.G., Tsirkina O.G., Petrov A.V., Nikiforov A.L., Uleva S.N.* The use of thermal analysis

methods to assess the fire-hazardous properties of textile materials from cellulose fibers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2020, vol. 5 (389), pp. 92...97.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Поступила 23.01.24.

---