

Министерство по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь»

ОГНЕЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

*Сборник материалов
I Международной заочной научно-практической конференции*

18 мая 2018 года

Минск
УГЗ
2018

Министерство по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь»

ОГНЕЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

*Сборник материалов
I Международной заочной научно-практической конференции*

18 мая 2018 года

Минск
УГЗ
2018

УДК 614.841.41
ББК 38.96
О-38

Организационный комитет конференции:

Камлюк Андрей Николаевич - заместитель начальника Университета гражданской защиты, к.ф.-м.н., доцент – председатель;

Члены организационного комитета:

Богданова Валентина Владимировна - заведующая лабораторией огнетушащих веществ НИИ физико-химических проблем БГУ, д.х.н., профессор;

Байков Валентин Иванович - заведующий лабораторией мембранного массообмена ИТМО им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, д.т.н., доцент;

Аушев Игорь Юрьевич - начальник факультета подготовки научных кадров Университета гражданской защиты, к.т.н., доцент;

Врублевский Александр Васильевич - начальник кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты;

Котов Геннадий Викторович - доцент кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты, к.х.н.;

Рева Ольга Владимировна - доцент кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты, к.х.н.;

Лубинский Николай Николаевич – старший преподаватель кафедры процессов горения и взрыв Университета гражданской защиты, к.х.н.;

Огнезащита и тушение твердых горючих материалов
О-38 сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: –
Минск: УГЗ, 2018. – 63 с.
ISBN 978-985-590-038-3

Тезисы не рецензировались, ответственность за содержание несут авторы.

УДК 614.841.41
ББК 38.96

ISBN 978-985-590-038-3

© Государственное учреждение
образования «Университет
гражданской защиты»
Министерства по
чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Секция № 1 «Термоокислительная деструкция и пиролиз твердых горючих материалов»

<i>Назарович А.Н., Рева О.В.</i> Влияние поверхностной огнезащитной обработки полиэфирного утеплителя на механизм его термодеструкции	6
<i>Трегубов Д.Г., Иванюк А.В.</i> Исследование процессов термодеструкции в инертной и окислительной среде методом калориметрии	8

Секция № 2 «Методы и средства тушения твердых горючих материалов»

<i>Зеленов А.А., Кривенко Н.Н.</i> Новые технологии при тушении твердых горючих материалов	11
<i>Котов Г.В.</i> Устройство импульсного действия для тонкодисперсного распыления огнегасящей жидкости	14
<i>Лихоманов А.О., Камлюк А.Н., Говор Э.Г.</i> Совершенствование оросителей для получения пены низкой кратности в автоматических установках пожаротушения	16
<i>Ляхович Д.И., Кулешов В.К.</i> Безводное пожаротушение твердых веществ на основе звуковых колебаний специальной формы	18
<i>Савельев Д.И.</i> Применение гелеобразующих огнетушащих систем с отдельной подачей для тушения низового лесного пожара	20

Секция № 3 «Замедлители горения твердых горючих материалов: синтез и механизм действия»

<i>Богданова В.В., Бурая О.Н., Тихонов М.М.</i> Определение огнезащитной эффективности замедлителей горения в пенополиуретановом напыляемом композиционном материал	23
<i>Криваль Д.В., Рева О.В.</i> Влияние особенностей термических превращений фосфатов аммония на эффективность огнезащиты полиамида-6	25
<i>Марцуль И.Н., Антоненков А.И.</i> Анализ замедлителей горения твердых горючих материалов	27
<i>Рева О.В., Криваль Д.В.</i> Механизм огнезащитного действия неорганических антипиренов, привитых к поверхности полиамидных волокон	30

Секция № 4 «Разработка способов и средств огнезащиты твердых горючих материалов различной природы»

<i>Богданова В.В., Кобец О.И.</i> Направленный синтез азот-фосфорсодержащих замедлителей горения для предотвращения пожаров в природном комплексе	33
<i>Бурая О.Н., Богданова В.В., Кобец О.И.</i> Огне-термозащитные свойства вспенивающегося полимерного композита для противопожарных муфт	35
<i>Бутко Д.Ю., Сафонова Н.Л.</i> Пожаробезопасные конструкции из каменной ваты	37
<i>Дробьши А.С., Кудряшов В.А.</i> Эффективность огнезащитного лакокрасочного покрытия для композитного материала	39
<i>Кобец О.И., Богданова В.В.</i> Комплексный подход к огнезащите и тушению лесных горючих материалов и торфа	41
<i>Король А.Ф., Сарасеко Е.Г.</i> Способы огнезащиты строительных конструкций из	44

древесины	
<i>Лахвич В.В., Богданова В.В., Кобец О.И.</i> Эффективность тушения твердых горючих материалов в зависимости от природы огнетушащего средства	46
<i>Михеев Е.А., Подболотов К.Б., Бирюк В.А.</i> Разработка огнезащитного покрытия на основе огнеупорных наполнителей и неорганических связующих для металлических конструкций	48
<i>Назарович А.Н., Рева О.В.</i> Пропиточная огнезащитная обработка полиэфира неорганическими составами различной химической природы	50

**Секция № 5 «Методы испытаний и оценки пожаробезопасности
огнезащищенных твердых горючих материалов»**

<i>Вовк С.Я., Ференц Н.А.</i> Воздействие пожара на деревянные незащищенные конструкции	53
<i>Кудряшов В.А., Жамойдик С.М., Ботян С.С.</i> Оценка толщины вспучивающегося огнезащитного состава для обеспечения требуемой огнестойкости стальных ферм	55
<i>Лубинский Н.Н.</i> Материалы для газоанализаторов на основе феррита висмута, легированного лантаном, титаном и кобальтом	58
<i>Пархомик В.В., Бобрышева С.Н., Журов М.М.</i> Особенности горения полимерных композиционных материалов при определении причины и очага пожара	60

Секция 1**ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ И ПИРОЛИЗ ТВЕРДЫХ
ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЛИЭФИРНОГО УТЕПЛИТЕЛЯ НА МЕХАНИЗМ ЕГО
ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ**

Назарович А.Н., Рева О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время для утепления жилых домов все чаще используют экологически чистые и безопасные материалы из полиэфирного волокна. Область применения полиэфирного материала очень широкая – утепление стен, межкомнатных перегородок, фасадов, кровли, межэтажных перекрытий. Полиэфирный утеплитель из волокон, скрепленных между собой горячим воздухом, без добавления клеящих веществ, обладает хорошими звуко- и теплоизоляционными свойствами, нетоксичен, прочный и долговечный. Существенным недостатком данного материала является его горючесть и способность к дальнейшему распространению пламени. При поверхностной огнезащитной обработке готового полиэфирного утеплителя, характеризующегося гладкой, инертной поверхностью и воздушнонаполненной структурой, антипирены не закрепляются на изделии в достаточных количествах. Нами был разработан метод химической пришивки нетоксичной неорганической огнезащитной композиции к поверхности полиэфира в виде ступенчатой обработки: это травление с раскрытием функциональных групп, создание адгезионного интермедиативного нанослоя и пропитка огнезащитной композицией.

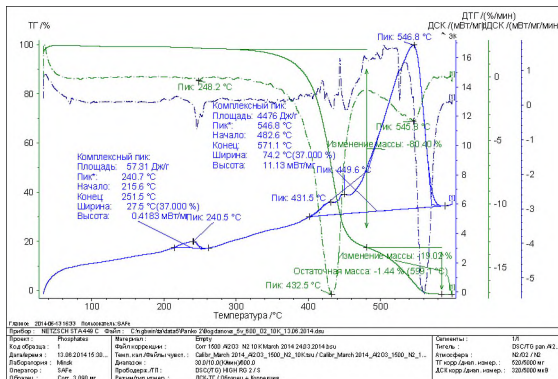
Целью данной работы было исследование влияния состава применяемых для обработки полиэфирного утеплителя аммонийно-фосфатных неорганических огнезащитных композиций на закономерности процесса термоокислительной деструкции модифицированного полиэфирного утеплителя.

Нами были исследованы композиции группы CuAHS , представляющие собой сложносочиненные мелкодисперсные системы на основе фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония различного химического и гранулометрического состава, в которых размер частиц

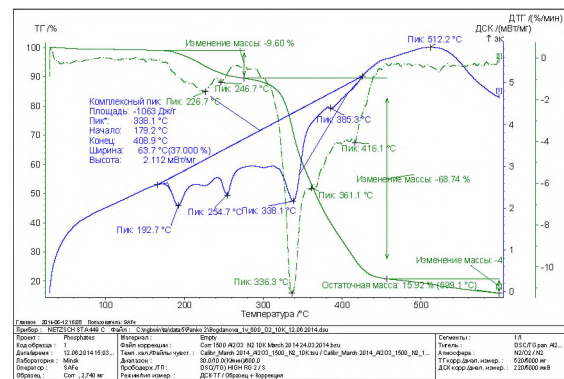
твердой фазы не превышает долей микрона, а в растворной части присутствуют ионы двух- и трехвалентных металлов и округлые коллоидные частицы с размерами 25-75 нм. Ранее доказано, что антипирены CuAHS, содержащие наночастицы, способны к ионно-обменному и/или донорно-акцепторному взаимодействию с соединениями активатора Sn(II) на полиэфирной поверхности, что обеспечивает огнезащитный эффект.

Методом дифференциально-сканирующей калориметрии установлено, что в результате многостадийной огнезащитной обработки композициями, содержащими наноразмерную коллоидную составляющую, наблюдается принципиальное изменение механизма термодеструкции модифицированного полиэфирного материала.

В процессе нагрева необработанного образца утеплителя потеря массы начинается при температуре $\sim 320^\circ\text{C}$, Рис. 1а, за счет отщепления мономеров, дефектных концевых групп. При достижении температуры $\sim 420^\circ\text{C}$ наблюдается значительная потеря массы $\sim 80\%$ за счет выделения газообразных продуктов термодеструкции макромолекул полиэфира. Активное пламенное горение, со значительным выделением тепла – 4476 Дж/г, наблюдается при температуре $546,8^\circ\text{C}$. После сгорания полиэфирного войлока остаточная коксовая масса составляет всего $1,44\%$ от исходной, Рис. 1а.



а



б

Рисунок 1 – Термогравиметрические кривые полиэфирного утеплителя:
а - исходного, б - огнезащитного

В случае обработки полиэфирного утеплителя огнезащитной композицией CuAHS наблюдается принципиальное изменение закономерностей термодеструкции материала. Потеря массы образцом начинается при более низкой температуре 180°C , однако этот эффект соответствует скорее началу разложения огнезащитной композиции, чем полиэфира, поскольку к 360°C потеря массы образца составляет всего

9,6 %, Рис. 1б. В области температур 190-385 °С, наблюдается несколько отчетливых минимумов при 192, 254.7, 338.1 °С, вне сомнения, отражает процессы расплавления и разложения компонентов огнезащитной композиции с поглощением значительного количества тепла (-1063 Дж/г), которые блокируют процесс деструкции полиэфира. Активное разложение полиэфира на мономеры и их разрушение с потерей массы 68,74 % начинается только после достижения 385 °С; причем пламенное горение продуктов деструкции отсутствует – выделения соответствующего количества теплоты не зафиксировано вплоть до 600 °С. Остаточная коксовая масса – 15,92 % – практически в 10 раз превышает таковую для исходного полиэфирного утеплителя Рис. 1б.

Таким образом, в результате многостадийной огнезащитной обработки полиэфирного нетканого волокнистого материала, происходит не только замедление деструкции полиэфира и затруднение выхода продуктов в газовую фазу, но и формирование остеклованного слоя на границе раздела фаз, и, как следствие, исчезновение пламенного горения материала.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ В ИНЕРТНОЙ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ КАЛОРИМЕТРИИ

Трегубов Д.Г., Иванюк А.В.

Национальный университет гражданской защиты Украины

Термодеструкция является главным этапом химических превращений многих веществ и материалов под воздействием внешнего тепла. Эффект пиролиза некоторых твердых материалов используют в ряде технологических процессов переработки: например, при газификации угля, карбонизации угля или древесины, утилизации шин и других. С точки зрения пожарной опасности следует отметить, что значительную долю пожарной нагрузки составляют углеводороды и их производные, термодеструкция которых протекает с образованием летучих продуктов разложения и твердого углеродистого остатка. Направление термодеструкции углеводородов определяет возможность дальнейшего пламенного или беспламенного горения. Не все материалы, поведение которых нас интересует на пожаре, будут проходить стадию термодеструкции – состоящие из одного элемента, например металлургический кокс, древесный уголь, металлы, сера, фосфор и др. Но для всех твердых горючих материалов следующей стадией будет

протекание термоокислительных экзотермических процессов. Исследуемые превращения материалов являются важной стадией большинства случаев самовозгорания, в особенности его теплового механизма.

Самовозгорание складированных веществ представляет значительную проблему в разных областях народного хозяйства, например в угледобывающей, углеперерабатывающей промышленности, теплоэнергетике, сельском хозяйстве и дугое. Эта проблема требует непрерывного контроля температур в объеме хранящегося вещества или наличия индикаторных газов для предотвращения возникновения пожаров, т.е. путем регистрации очагов самонагревания. Т.е. исследование процессов пиролиза и термоокислительных превращений в материале представляет собой важную задачу пожарной безопасности.

Простым, но не точным индикатором степени термодеструкции материала является степень его газификации или же потеря массы в процессе нагрева, поскольку в этом параметре учитывается влага, потерянная при сушке материала.

Полную информативность о процессах пиролиза и термоокислительной деструкции с регистрацией теплот химических и фазовых превращений, изменений массы, можно получить путем дифференциально-термического анализа [1]. Для оценки поведения материалов в условиях теплового воздействия пожара можно отметить следующие недостатки данного метода: использование малых навесок, мелкодисперсных образцов, внешний нагрев, что создает инерционность измерения, достаточно сложная процедура калибровки и анализа измерения.

Упрощение измерения поведения веществ при нагреве можно добиться с использованием принципа регистрации тепловых эффектов методом компенсации мощности электроконтактного нагрева смеси измеряемого и эталонного материала относительно базового графика для этого же эталонного материала [2] с определением температур, при которых возникает и интенсифицируется тепловыделение. Методика предполагает проведение испытаний зернистых, а не мелкоизмельченных материалов, как в случае современных методик дифференциально-термического анализа, поэтому измерению подлежат непосредственно свойства исходного материала без предварительного изменения его структуры, а энергия вводится практически в измеряемый образец. Испытания проводят в инертной или окислительной среде, в статическом или динамическом режиме.

При анализе термограмм вторая графическая производная (рис. 1) – показывает наличие в исследуемом объеме экзо- (спад зависимости) и эндотермических (возрастание зависимости) эффектов и соответствующие

им температуры.

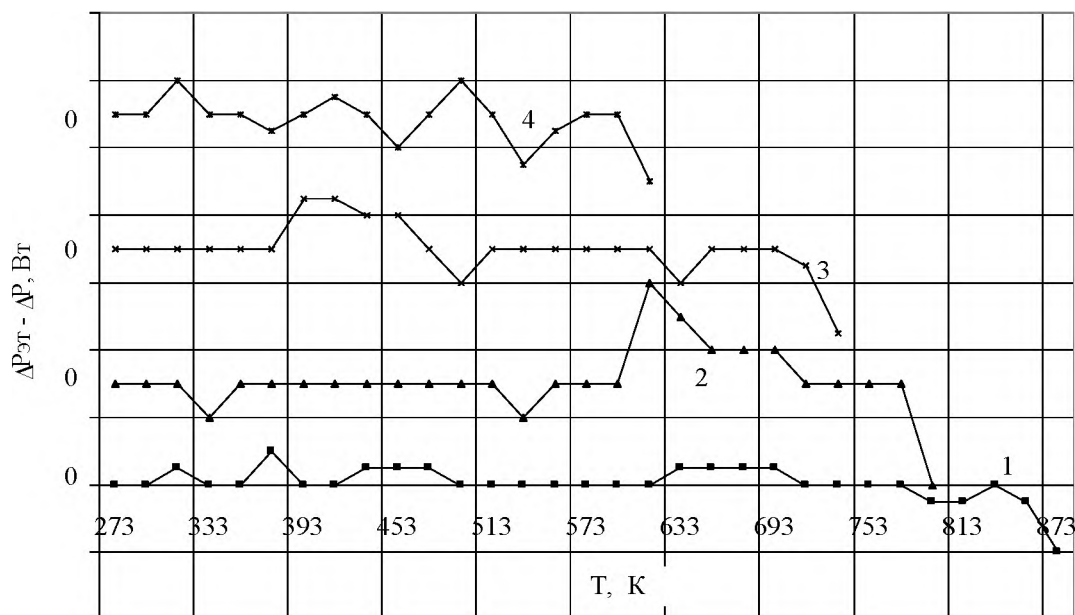


Рисунок 1 – Динамика энергетических эффектов в окислительной среде
 1 - металлургический кокс; 2 – уголь марки А; 3 - лабораторный кокс;
 4 - полукокс.

По данным анализа можно выделить на разных температурах адсорбционные процессы, эндотермические пики структурной перестройки или термодеструкции, начало окисления летучих продуктов разложения, начало самонагрева вследствие термоокислительных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папко Л.Ф. Физико-химические методы исследования неорганических веществ. Практикум / Л.Ф. Папко, А.П. Кравчук. – Минск: БГТУ, 2013. – 95 с.
2. Трегубов Д.Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у обертовій камері / Д.Г. Трегубов // Проблеми пожежної безоп. – Х.: 2013. - №34. - С. 161-166. Режим доступа: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3167>.

Секция 2**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ТУШЕНИИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Зеленов А.А., Кривенко Н.Н.

Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

В настоящее время достаточно часто возникают пожары на предприятиях, работающих с твердыми горючими материалами: склады лесоматериалов, мебельные и пластиковые производства, угольные хранилища и т.п. В таких местах пожарным очень тяжело и опасно бороться с огнем, так как температура достигает критических значений, происходит периодическое изменение направления пламени, что провоцирует появление огненных смерчей. Для работы в подобных условиях с минимальными потерями эффективно использование мобильной роботизированной установки пожаротушения (МРУП).

Мобильная роботизированная установка пожаротушения предназначена для тушения пожаров в автодорожных, железнодорожных, пешеходных туннелях, на промышленных предприятиях, атомных электростанциях при угрозе радиоактивного облучения, т.е. в экстремальных условиях, когда обычные методы пожаротушения представляют угрозу для жизни и здоровья гражданского населения и пожарных.

Общий вид МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 представлен на рис. 1.

Общий вид МРУП-СП-Г-ТВ-У-40: 1 – корпус; 2 – гусеничный движитель; 3 – раструб с вентилятором и лафетным стволом; 4 – гидроцилиндр подъема-опускания раструба; 5 – упор гидроцилиндра вильчатого подъемника; 6 – резьбовые отверстия для крепления лебедки или вильчатого подъемника; 7 – грузовые петли для подъема МРУП; 8 – сменный спрыск ЛС МРУП.

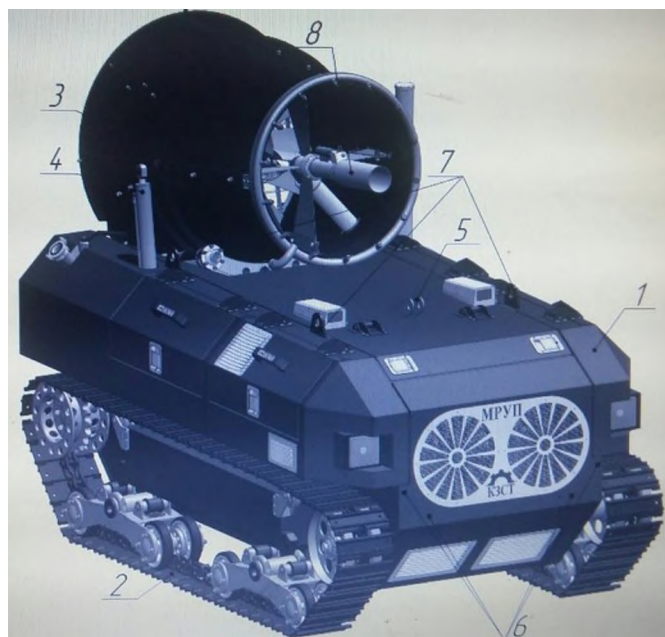


Рисунок 1 – Общий вид МРУП-СП-Г-ТВ-У-40

Основные технические характеристики МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 модель 17КС представлены в табл. 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 модель 17КС

Основные технические характеристики	Значения
Полная масса, кг	2500
Дорожный просвет, м	0,160
Габаритные размеры, м	
– длина	2,5
– ширина	1,5
– высота в транспортном положении	2,0
Максимальная скорость, км/ч	8
Максимальная дальность подачи сплошной водяной струи, м	80
Максимальная дальность подачи тонкораспыленной воздушно-водяной смеси, м	60
Грузоподъемность подъемника, кг	600

Надёжное управление комплексом осуществляется по радиоканалу на расстоянии до 300 м (рис. 2). Высокая проходимость обеспечивается гусеничным дизельным двигателем, мощностью 104 кВт, позволяющим преодолевать подъёмы и уклоны до 30°. Предусмотрены два режима тушения (контактная и распыленная струя), которые позволяют эффективно

справляются с трудными пожарами. Агрегат обеспечивает высокую скорость распыления воды в виде водяного тумана, на расстояние до 60 м.



Рисунок 2 – Размещение элементов управления: 1 – пульт пуска и контроля за работой двигателя; выключатель «массы»; 3 – рычаг ручного управления подаче топлива

Параллельно с тушением установка может везти небольшой запас продовольствия, лекарств, кислорода и предметов первой необходимости. Конструкторы приспособили его для той среды, в которой ему предстоит работать. Его электроника помещена в прочные боксы, способные выдержать взрыв метана и других газов.

Развитие пожарно-спасательной робототехники позволит в наше время реагировать на вызовы стихии и решать проблемы пожарной безопасности с наибольшей эффективностью, без риска для жизней спасателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения. Режим доступа: [https://secandsafe.ru/stati/pojarnaya bezopasnost/pojarnyveroboty v sovremennyh tehnologiyah avtomaticheskogo pojarotusheniya](https://secandsafe.ru/stati/pojarnaya_bezopasnost/pojarnyveroboty_v_sovremennyh_tehnologiyah_avtomaticheskogo_pojarotusheniya)

2. Установки для ЧС Режим доступа: http://roboticslib.ru/news/c0011_1.shtml

УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ОГНЕГАСЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Котов Г.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В условиях возникновения пожара на объектах деревообработки его тушение на начальных стадиях может быть достаточно эффективным с использованием системы спринклерного орошения. В спринклерные распылители подается вода, которая, распыляясь, снижает температуру поверхности горения и ликвидирует очаг возгорания.

Несмотря на очевидные достоинства такого метода пожаротушения, следует отметить и его недостатки, в числе которых – достаточно большое количество воды, подаваемой в объем помещения. Вода попадает на поверхность не только зоны горения, но и на все предметы, находящиеся в помещении. Как следствие, это приводит к материальному ущербу за счет изменения первичных свойств материальных ценностей, имевшихся в данном помещении.

Снижение материального ущерба может быть достигнуто при уменьшении объема воды, подаваемой на пожаротушение. Уменьшение количества требуемого огнетушащего средства может быть достигнуто за счет улучшения его огнегасящих свойств. Вместо воды могут использоваться растворы химически активных веществ, ингибирующих горение. Расход раствора ингибирующего вещества может быть значительно ниже, по сравнению с требуемой интенсивностью спринклерного орошения, вместе с тем, стандартные спринклерные системы не обеспечивают требуемой степени диспергирования раствора.

Для использования химически активного огнегасящего раствора, потребуется замена спринклерных распылителей на более эффективные, обеспечивающие меньший расход огнетушащего раствора. Оптимальным в данном случае представляется использование распылителей импульсного действия.

Схема тарельчатого распылителя импульсного действия представлена на рис. 1 [1]. Цилиндрический корпус тарельчатого распылителя состоит из верхней 1 и нижней части 2 диаметром 60 мм с регулируемым зазором между ними 0–2 мм. Нижняя часть корпуса распылителя имеет выступающую горизонтальную юбку шириной 10 мм.

Верхняя и нижняя части корпуса распылителя соединяются через шток 3 с помощью резьбовых соединений. Изменение величины щелевого

зазора 4 осуществляется при вращении верхней и нижней частей корпуса распылителя относительно друг друга по штоку.

Шток одновременно служит и для подачи сжатого воздуха. Воздух через шток поступает рассеивающую металлическую сетку 5, установленную в нижней части корпуса распылителя. Вместо металлической сетки могут использоваться перфорированные металлические цилиндры с диаметром отверстий менее 2 мм.

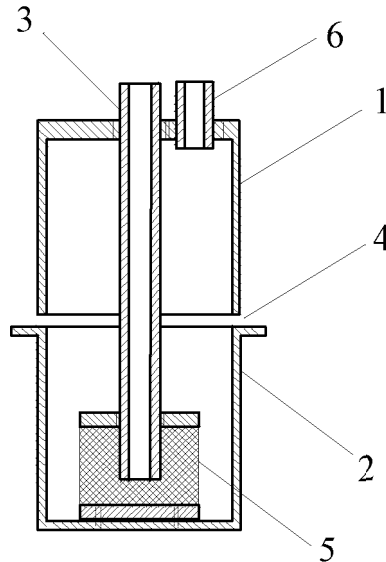


Рисунок 1 – Схема тарельчатого распылителя (в разрезе)
 1 – верхняя часть корпуса; 2 – нижняя часть корпуса; 3 – шток;
 4 – металлическая сетка; 5 – патрубок для подачи жидкости;
 6 – распылительная щель.

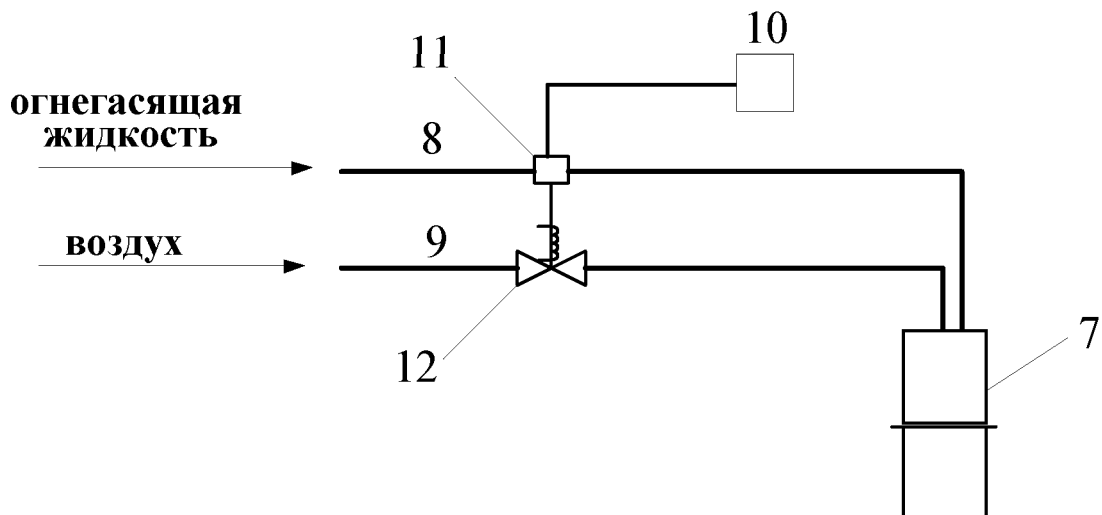


Рисунок 2 – Схема подключения тарельчатого распылителя
 7 – тарельчатый распылитель; 8 – магистраль подачи огнегасящей жидкости; 9 – воздушная магистраль; 10 – пожарный датчик;
 11 – управляющий клапан; 12 – электромагнитный клапан.

Раствор огнегасящей жидкости в распылитель поступает через патрубок 6, находящийся в верхней части корпуса распылителя.

Схема подключения тарельчатого распылителя представлена на рис. 2. Распылитель 7 подключается к магистралям подачи огнегасящей жидкости 8 и сжатого воздуха 9. При срабатывании пожарного датчика 10 открывается управляющий клапан 11, установленный на магистрали подачи огнегасящей жидкости. Клапан 11 соединен с электромагнитным клапаном 12, установленном на воздушной магистрали.

Воздух и огнегасящая жидкость, перемешиваясь друг с другом в свободном объеме распылителя, при неравномерном (импульсном) истечении через распылительную щель 4 обеспечивают формирование тонкодисперсной плоской струи. При установке распылителя под потолком тонкодисперсные капли раствора, оседают на поверхности горящего материала и обеспечивают ликвидацию очага возгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарельчатый распылитель импульсного действия: пат. № 11525 Респ. Беларусь: МПК А62С2/00 (2006.01), В05В3/00 (2006.01) / Г.В. Котов, А.В. Боярин; дата публ.: 30.10.2017.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ В АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Лихоманов А.О., Камлюк А.Н., Говор Э.Г.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Автоматические установки пожаротушения (далее – УП) являются эффективными средствами противопожарной защиты зданий и сооружений. По данным крупных зарубежных организаций [1, 2], занимающихся вопросами обеспечения пожарной безопасности, УП срабатывают, локализуют либо ликвидируют пожар в 93 % случаев. В настоящее время объем производства оросителей растет с большой интенсивностью как на территории Беларуси, так и за рубежом. Общемировой рост потребления оросителей для УП связан как с их высокой эффективностью, так и с предоставлением льгот при страховании.

Наиболее применяемыми огнетушащими веществами в УП являются вода и пена [3]. По данным МЧС Беларуси доля пенных УП составляет более 18% от всех эксплуатируемых на территории страны систем, при этом область их применения достаточно широка: химические,

нефтехимические, металлургические предприятия, складские помещения, общественные и образовательные учреждения, учреждения здравоохранения и общественного питания.

Для получения пены низкой кратности наибольшей популярностью (до 90 % от общего числа пенных оросителей) пользуются оросители универсальные [4]. Перечень производителей таких оросителей очень широк и в него входят такие мировые лидеры по производству противопожарного оборудования, как «ГУСО», «Viking», «Minimax», ЗАО «ПО «Спецавтоматика» и др. При этом оросители универсальные всех марок имеют схожую конструкцию, характеристики для гидравлического расчета и аналогичный принцип действия. Популярность данного типа оросителей можно объяснить относительной простотой конструкции, что значительно удешевляет их производство и эксплуатацию. Однако получаемая при их применении пена имеет кратность не более 7, что недостаточно для получения максимального эффекта от тушения пожара.

Рядом ученых и специалистов, занимавшихся исследованием поведения огнетушащих пен, было выявлено, что наиболее важными их характеристиками, влияющими на скорость разрушения пены на поверхности горючего, являются кратность, стойкость и дисперсность. Так, Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. утверждают [5], что дисперсность пены, определяемая типом пеногенерирующей аппаратуры, в наибольшей мере влияет на скорость разрушения пены на поверхности горючего при нормальных условиях. Однако при тепловом воздействии факела пламени и горячих газов скорость разрушения пены находится в зависимости от ее дисперсности и кратности, определяемой соотношением величины теплового потока и толщины пленок поверхностного слоя пузырьков пены. При большой плотности теплового потока (начало тушения) скорость разрушения прямо пропорциональна кратности и не зависит от дисперсности, а при малой, наоборот, прямо пропорциональна размеру пузырьков пены и практически не зависит от кратности пены. Казаков М.В., Петров И.И., Реутт В.Ч. в работе [6] акцентируют внимание на изолирующей способности пены, как решающем факторе огнетушащего действия пены. При этом изолирующая способность определяется стойкостью пены, которая зависит от степени ее дисперсности и кратности – чем мельче пузырьки пены и больше поверхностное натяжение раствора пенообразователя, тем выше изолирующая способность пены. Следовательно, увеличение эффективности тушения пенными УП можно достичь путем повышения основных характеристик пены: кратности, дисперсности и стойкости.

Качественные характеристики пены, главным образом, зависят от: 1) рецептуры пенообразователя, 2) конструкции пенного насадка. Совершенствуя данные составляющие, можно добиться улучшения

основных характеристик пены, влияющих на ее огнетушащую эффективность [7].

Таким образом можно сделать вывод, что путем совершенствования конструкции современных оросителей, предназначенных для генерирования пены низкой кратности, можно повысить ее качественные характеристики (кратность, дисперсность, стойкость), что в свою очередь способствует более эффективному тушению пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sprinkler Reliability // BAFSA [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.bafsa.org.uk/pdfs/publications/9/00000109.pdf> – Дата доступа: 07.03.2017.

2. John R. Hall. JR. NFPA USA. U.S. Experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment [Text]. - January 2009. – P. 87.

3. Собурь С.В., Установки пожаротушения автоматические: Учебно-справочное пособие. – 9-е изд., перераб [Текст] / С.В.Собурь. – М.: ПожКнига, 2014 – 320 с.

4. Перечень средств противопожарной защиты, разрешенных для применения на территории Республики Беларусь. – Минск: Республ. центр сертиф. и экспертизы лицензир. видов деят. МЧС. [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://mchs.gov.by/rcse/perechen_sootvt.pdf. Дата доступа : 12.02.2017.

5. Безродный, И.Ф. Тушение нефти и нефтепродуктов [Текст] / И.Ф. Безродный, А.Н. Гилетич, В.А. Меркулов, В.П. Молчанов, А.Н. Швырков. – М. : ВНИИПО, 1996 – 214 с.

6. Казаков М.В. и др. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей. М., Стройиздат, 1977. – 112 с.

Кирюхина, Т. Г. Установки пожаротушения. Основные понятия, проектирование, монтаж, техническая эксплуатация [Текст] : учебное пособие / Т.Г. Кирюхина, Н.В. Смирнов ; ред. Т. Г. Кирюхина. – М. : НОУ «ТАКИР», 2006. – 302 с.

БЕЗВОДНОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Ляхович Д.И., Кулешов В.К.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Горение твердых веществ отличается от горения газов наличием стадии разложения и газификации. Горение в среде газообразного

окислителя чаще всего происходит в результате воспламенения летучих продуктов пиролиза. Превращение твердого горючего вещества в продукты горения сосредоточено не только в зоне пламени.

Горение твердых веществ имеет многостадийный характер. Под воздействием внешнего тепла происходит нагрев твердой фазы, сопровождающийся разложением и выделением газообразных продуктов. Затем эти продукты воспламеняются и сгорают. Тепло от образовавшегося факела воздействует на поверхность твердого вещества, вызывая поступление в зону горения новых порций горючих газов.

Интенсивность реакций, протекающих в поверхностном слое твердого вещества, и условия теплообмена газообразных продуктов разложения с окружающей средой определяют режимы возникновения процессов горения – самовоспламенение или зажигание.

Движение фронта пламени приводит к частичному рассеиванию свежей смеси вблизи ведущих точек пламени. При этом газовая фаза (окислитель) рассеивается в большей степени, чем конденсированная (горючее), в результате чего фазы приобретают относительную скорость и, соответственно, изменяется соотношение горючее – окислитель во фронте пламени [1].

Все перечисленные выше процессы или некоторые из них необходимо нарушить для достижения эффекта пожаротушения. Одним из современных подходов к безводному пожаротушению является воздействие на зону горения низкочастотными акустическими колебаниями, приводящими к нарушению тепловых потоков, подогревающих твердые вещества и увеличивающих рассеяние тепла в окружающей среде.

Акустический метод борьбы с пожарами основан на том, что акустические волны могут влиять на процесс горения за счёт влияния на температуру в области зарождения пламени. Хотя волны и не способны повлиять на химический процесс горения, однако его интенсивность они изменить могут, изменяя температуру.

Как показали экспериментальные исследования, снижение частоты звуковых колебаний до 25-30 Гц уменьшают мощность звука, необходимого для тушения пламени. Специальная форма акустических колебаний – эффективнее влияет на процесс теплообмена так как в исследованиях использовались резкие перепады давления, между которыми воздух покоится, промежуток времени сравним с периодом исходного звукового сигнала. Для формирования этих колебаний использовался проходной резонатор цилиндрической формы с двумя соосными отверстиями.

Экспериментально зарегистрировано не возгорание твердого спирта при его розжиге накаливаемой до 390 °С проволокой в поле звуковой волны

специальной формы. Сразу после выключения источника звука возгорание происходило.

На практике была достигнута способность акустических волн, излучаемых динамиками, потушить пламя твёрдых веществ. Как показали проведенные научные исследования, этот эффект объясняется двумя основными причинами:

1. увеличение скорости потоков воздуха за счет акустических колебаний приводит к уменьшению толщины поверхностного слоя, в котором проходит горение;

2. воздействие акустических волн непосредственно на поверхность вещества, в результате которого увеличивается скорость испарения, что, с одной стороны, расширяет площадь огня, но при этом температура пламени значительно понижается. Благодаря этому при воздействии определенных акустических частот соответствующей мощности можно погасить пламя.

Также за счет акустического поля наблюдается изменение в поведении пламени. Во-первых, стоит отметить отсоединение пламени. Во-вторых, наблюдается бифуркация пламени, т.е. разделение факела вдоль распространения звуковой волны. Это явление становится более заметным в частотном диапазоне 1,5 - 4,5 кГц. При уровне звукового давления меньше 70 дБ это явление незаметно, а возрастание звукового давления приводит к увеличению угла между ветвями раздвоенного факела, что в дальнейшем приводит к его тушению [2,3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кумагаи, С. Горение / С. Кумагаи. – М.: Наука, 1979. – 356 с.
2. Голуб, В.В. Влияние акустических волн на зону воспламенения и переход горения в детонацию: эксперимент и расчет. / В.В. Голуб, М.Ф. Иванов, В.В. Володин, Д.В. Благодатских, С.В. Головастов. / Теплофизика высоких температур, 2009. – Т. 47. – № 2. – С. 315–317.
3. Tanabe, M. Numerical simulation on the flame propagation in acoustic fields. / M Tanabe, T. Yano, T. Kuwahara / Proceeding of the Combustion Institute, 2002. – V. 29. – P. 1817–1824.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ ОГNETУШАЩИХ СИСТЕМ С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ НИЗОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА

Д.И.Савельев

Национальный университет гражданской защиты Украины

Постоянный интерес к проблеме тушения лесных пожаров определяется значительным экономическим и экологическим ущербом, наносимым регионам, где возникает пожар, а также угрозой, которую несут лесные пожары здоровью и жизни людей.

В современной практике тушения лесного пожара применяются активные и пассивные способы борьбы с ними, среди которых захлестывание или забрасывание почвой кромки пожара; устройство заградительных и минерализованных каналов и полос, тушение пожара водой или растворами огнетушащих химикатов, отжиг (пуск встречного огня) и др [1].

Для тушения лесных пожаров мы предлагаем использовать гелеобразующую огнетушащую систему (ГОС), которая представляет собой два отдельно хранимых и подаваемых водных раствора. В ходе лабораторных исследований по изучению огнезащитных свойств гелеобразующих систем, мы пришли к выводу, что ГОС ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{CaCl}_2$) будет более эффективной в борьбе с лесными пожарами в случае заблаговременного ее нанесения раздельно-поочередным способом подачи компонентов [2].

На основании экспериментальных исследований огнезащитного действия ГОС по отношению к хвойной лесной подстилке установлена взаимосвязь между её временем воспламенения и концентрациями компонентов, массой ГОС и временем сушки покрытия и определены численные значения каждого из факторов.

Было установлено, что максимальное значение времени воспламенения (максимальная огнезащитная эффективность) ГОС ($\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$) достигается при минимальных значениях концентрации $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и времени сушки обработанного участка, а также при максимальных значениях концентрации CaCl_2 и массы нанесенного огнезащитного покрытия. При этом нужно иметь в виду, что концентрацию $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ нельзя уменьшить ниже 5% во избежание потери способности к гелеобразованию [3].

Для верификации полученных данных нами был проведен ряд экспериментов по использованию ГОС для тушения ЛГМ в условиях, приближенных к реальным, а именно с учетом влияния ветра и рельефа местности на огнезащитные свойства ГОС на установке для создания ветровых потоков различной скорости для моделирования ландшафтного пожара [4].

Было установлено, что с увеличением скорости ветра и угла наклона рельефа возрастает удельный расход огнетушащего вещества (ОВ), необходимого для создания химической огнезащитной полосы. С увеличением скорости ветра и угла наклона рельефа также необходимо обращать внимание на ширину защищаемой полосы, которая должна быть

не менее двойной высоты пламени. С целью экономии ОБ, а также сокращения времени, необходимого для создания огнезащитной полосы, достаточно обеспечить пропитку небольшого участка ЛГМ со стороны фронта пожара, а остальную часть обработать только на поверхности [5].

Таким образом, мы пришли к выводу, что ГОС ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{CaCl}_2$) может быть эффективным средством для тушения лесных пожаров. При применении данной ГОС следует учитывать влияние концентрации ее компонентов, массы состава и время сушки (показатели) на ее огнезащитные свойства. В случае использования ГОС ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 + \text{CaCl}_2$) необходимо также принимать во внимание особенности рельефа поверхности и скорость ветра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е. С. Арцыбашев. – Л.: ЛенНИИЛХ, – 1986. – 152 с.
2. Киреев А. А. Выбор эффективных огнетушащих средств для тушения лесных пожаров / А.А. Киреев, Д.И. Савельев, К.В. Жерноклев // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2015. – Вып. 38. – С. 77 – 82.
3. Савельев Д.И. Экспериментальное исследование огнепреграждающих свойств лесной подстилки, обработанной пенообразующими составами / Д.И. Савельев, А.А. Киреев, К.В. Жерноклев // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2017. – Вып. 42. – С. 169 – 173.
4. Винарский В.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / В.С. Винарский, М.В. Лурье. – Киев: Техника.
5. Савельев Д.И. Бинарные огнетушащие системы с отдельной подачей, как наиболее актуальные системы для ликвидации лесных пожаров / Д.И. Савельев, Е.В. Христинич, А.А. Киреев, М.А. Чиркина // The European Journal of Technical and Natural Sciences, Premier Publishing s.r.o. Vienna. 1. 2018, – С. 31 – 36.

Секция 3**ЗАМЕДЛИТЕЛИ ГОРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ: СИНТЕЗ И
МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ В ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОМ
НАПЫЛЯЕМОМ КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ**

¹Богданова В.В., ¹Бурая О.Н., ²Тихонов М.М.

¹Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

²Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Применение напыляемого пенополиуретана – наиболее перспективный метод создания тепло- и гидроизоляционных материалов. Способность пенополиуретана покрывать поверхность сложной формы с хорошей адгезией позволяет проектировать и осуществлять теплоизоляцию различных элементов зданий, имеющих сложные формы. Технология напыления пенополиуретана является весьма перспективной в сфере строительства из-за дешевизны, простоты, оперативности и скорости проведения теплоизоляционных и гидроизоляционных работ. Поэтому объем потребления напыляемых пенополиуретанов в строительстве неуклонно растет из года в год.

Требования безопасности во многих сферах диктуют необходимость использования негорючих или, по крайней мере, трудногорючих материалов, которые не поддерживают самостоятельного горения и не образуют горящих капель. Одновременно значительно ужесточились требования к трудногорючим материалам в отношении количества и токсичности выделяемых дымовых газов, скорости распространения пламени.

Направленный выбор замедлителей горения для множества различных полимерных материалов затруднен, так как разработать типовой рецепт состава, повышающего огнестойкость полимеров различных классов, не представляется возможным вследствие различия свойств полимеров и отсутствия информации о механизме ингибирующего действия замедлителей горения. В настоящее время подбор замедлителей

горения для каждого материала и даже для одного материала другой марки проводится эмпирически.

В рамках исследований проведены эксперименты с жестким пенополиуретановым материалом напыляемого типа. Изучена возможность совмещения азот-, фосфор- и галогенсодержащих органических соединений, неорганических продуктов – замедлителей горения с компонентами напыляемого пенополиуретана (компонент А - смесь простых полиэфиров и специальных добавок; компонент В - полимерный дифенилметандиизоцианат).

Для придания огнезащитных свойств пенополиуретановому материалу замедлители горения предварительно вводили в реакционный компонент А перед стадией получения полимера. Возможность совмещения компонентов пенополиуретановой композиции с ингибиторами горения оценивали по степени их влияния на объемные параметры полученного материала.

Для определения степени защиты пенополиуретана от воздействия высоких температур и огня использовали ГОСТ 12.1.044 (п.4.3), где пожароопасность материалов определяется с использованием образцов сравнительно небольшого размера с определением параметров потери массы (Δm) % и прироста температуры отходящих газов (Δt_{max}°) °С после 5 минутного воздействия пламени.

В рамках проведенных исследований определена огнезащитная эффективность ряда органических и неорганических замедлителей горения и наполнителей (трихлорэтилфосфат, трихлорпропилфосфат, дигидрофосфат аммония, полифосфат аммония, оксид алюминия, оксид сурьмы, гидроксид магния, декабромдифенилоксид, аммоний борфтористый, хлорид аммония, хлорид олова и др.), а также их смесей (бинарных, тройных и т.д.) в пенополиуретановой напыляемой композиции.

Вклад ингибиторов горения в каркасо- и карбонизирующую способность, являющуюся одним из критериев отнесения материала к определенной группе горючести, оценен по величине потери массы и прироста температуры отходящих газов после огневых испытаний огнезащищенных образцов по сравнению с исходными. Согласно полученным результатам испытаний максимальная потеря массы характерна для органических соединений (трихлорэтилфосфат, трихлорпропилфосфат, меламин и др.), что является отрицательным фактором для их дальнейшего применения.

Увеличения каркасо- и карбонизирующей способности в системе удалось достигнуть (потеря массы 55 % ÷ 65 %) за счет введения дигидрофосфата аммония, борной кислоты, оксида титана и ряда других компонентов.

Измерены температуры отходящих газов во время огневых испытаний

и оценены эффекты их снижения в присутствии огнезащитных составов по сравнению с исходным материалом в зависимости от природы исследуемых добавок. Минимального увеличения температуры во время испытаний ($\Delta t = 49^{\circ}\text{C}$) удалось достигнуть при введении декабромдифенилоксида. Увеличение температуры в испытательной камере при отжиге исходного пенополиуретана составляло 305°C .

Одновременное достижение минимальных потерь массы и приращения температуры отходящих газов стало возможным в результате применения смесей, в которых каждый компонент вносит вклад как в снижение приращения температуры сгорания, так и в потерю массы материала. На основании проведенных исследований отобран ряд наиболее эффективных вариантов смесей, включающих замедлители горения (дигидрофосфат аммония, гидроксид магния, декабромдифенилоксид), позволяющих получить образцы с наименьшими потерями массы и приращениями температур при огневых испытаниях.

Разработанные варианты рецептур ингибиторов горения позволили создать пенополиуретановую композицию напыляемого типа, относящуюся к трудногорючим материалам согласно ГОСТ 12.1.044 (п.4.3).

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ФОСФАТОВ АММОНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕЗАЩИТЫ ПОЛИАМИДА-6

Криваль Д.В., Рева О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Одним из серьезных недостатков широко используемых полиамидных материалов является их высокая горючесть. Несмотря на обилие предлагаемых для модификации полиамидов замедлителей горения, проблема до настоящего момента не решена, т.к. одни из них выделяют при разложении токсичные соединения, другие не совмещаются с полимерной матрицей или существенно снижают физико-механические характеристики модифицированного материала; большинство из них достаточно дорогостоящие. В качестве замедлителей горения для полиамида-6 нами были использованы неорганические синтетические аморфные аммонийные фосфаты двух- и трёхвалентных металлов и полифосфаты различного химического и фазового состава с разными температурами плавления и разложения. Композиции АН-1, АН-2 и АН-3, производимые в Республике Беларусь, представляют собой смеси плохо закристаллизованных аммонийных фосфатов различного строения и

способа синтеза; такие как $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{HPO}_4)_2$. Прочие исследованные композиции являются импортными продуктами для огнезащиты полимерных материалов.

Ранее нами установлено, что изученные фосфаты и полифосфаты существенно различаются количеством выделенных при термодеструкции газообразных продуктов и температурой разложения. Вопреки ожиданиям, далеко не во всех случаях температура плавления эффективной композиции совпадает с температурой плавления полиамида. В связи с этим было проведено детальное исследование особенностей их термолиза, и найдено, что исследуемые замедлители горения по мере нагревания изменяются весьма различным образом. После подплавления одни вспениваются с выделением значительного количества летучих компонентов, другие спекаются либо превращаются в вязкие жидкости и почти не изменяются в объеме. Быстро вспенившиеся огнезащитные составы (АН-1 АН-2, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D) по мере дальнейшего прокаливания либо усыхают до карбонизированных рыхлых хлопьев, либо преобразуются в кораллоподобные минеральные каркасы или упругие твердые пены; и именно они проявляют огнезащитную эффективность по отношению к полиамиду-6. Тогда как все прочие исследованные замедлители горения (АН-3, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 203, JLS APP 101), которые при нагреве практически не изменяются в объеме или усыхают, не демонстрируют огнезащитной эффективности по отношению к полиамиду-6.

Исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, протекающих при термолизе огнезащитных композиций, показало, что для наиболее эффективного состава АН-1 наблюдается ярко выраженный эндотермический пик при $200\text{ }^\circ\text{C}$, для несколько менее эффективного состава АН-2 он смещен к $350\text{ }^\circ\text{C}$, и в ~ 2 раза меньше по теплопоглощению, Рис. 1, однако дальнейшая ДТА кривая характеризуется экзотермическим пиком, соответствующим формированию минерального скелета и постепенной кристаллизации остаточной массы композиции. Огнезащитные составы Exflam APP 201 и Pekoflam TC 303, эндотермическая деструкция которых смещена к $400\text{ }^\circ\text{C}$, Рис. 1, характеризуются существенно меньшим теплопоглощением и газовыделением, чем композиция АН-1, что, в сочетании с их полной карбонизацией и отсутствием кристаллизации минерального скелета очевидно, и является причиной их низкой огнезащитной эффективности по отношению к полиамиду.

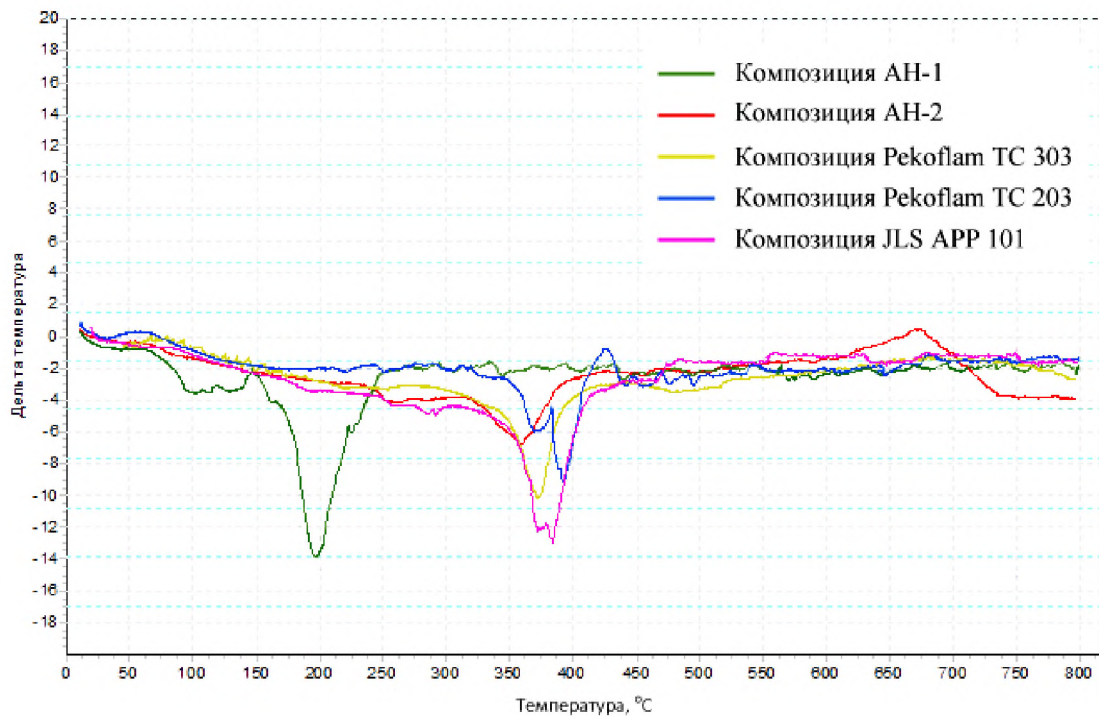


Рисунок 1 – Термограммы огнезащитных композиций на основе аммонийных фосфатов и полифосфатов

Таким образом, хотя термодеструкция замедлителей горения АН-1, АН-2, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D проходит в различных диапазонах температур, для них всех наблюдается одновременное выделение значительного количества ингибиторов горения в газовую фазу и формирование минеральных вспененных структур типа пемзы или карбонизированной упругой твердой пены. Они и проявляют наивысшую эффективность по отношению к огнезащите полиамида-6 и обеспечивают для модифицированного композиционного материала устойчивость к горению категории ПВ-0. Композиции АН-3, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 203, JLS APP 101, преимущественно твердофазного действия, для которых характерно только формирование минеральных образований без существенного выделения газов, огнезащитной эффективностью по отношению к полиамиду-6 не обладают.

АНАЛИЗ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Марцуль И.Н., Антоненков А.И.

Белорусский государственный экономический университет

Большинство замедлителей горения оценивают по таким показателям как продолжительность поджигания, скорости распространения пламени, выделении тепла при горении, дымообразование, токсичность продуктов горения, время самостоятельного горения [1].

Горючесть древесины существенно снижается при ее пропитке антипиренами. Под действием пламени компоненты антипирена преобразуются в твердые продукты и газообразные вещества, которые, испаряясь, охлаждают деревянную поверхность. В свою очередь, обуглившиеся твердые компоненты образуют сплошную пленку, которая блокирует поступление кислорода. Таким образом осуществляется как внутренняя, так и наружная огнезащита пропитанной антипиренами древесины. Наиболее распространенными антипиренами являются фосфорнокислый аммоний, двузамещенный, сернокислый аммоний, бура и борная кислота (в смеси 1:1).

В закрытых помещениях к термоизолирующим материалам относят асбоцементные листы, гипсоволокнистые, асбовермикулитные, перлитовые плиты и асбестокартон, различные штукатурки.

Нагревание древесины приводит к разложению антипиренов с образованием сильных кислот и выделению негорючих газов, которые препятствуют горению древесины.

Для защиты изделий из пластмасс обычно используются комбинации антипиренов разного типа действия, обладающие синергическим эффектом. Подбор замедлителей горения и антипиреирующих составов для множества различных применяемых полимерных материалов затруднен, так как очень сложно разработать типовой рецепт состава, снижающего горючесть и повышающего огнестойкость. В настоящее время выбирают замедлители горения конкретно для каждого материала. Все разнообразие антипиренов для пластмасс делят на три группы:

- добавки первого типа применяются, в основном, для реактопластов. Для полиэфирных смол используется дибромнеопентил гликоль, а для смол – органические соединения фосфора.

- добавки второго типа останавливают горение полимера, т.е. на стадии его термического распада. Образующийся вспененный коксовый слой предохраняет материал от воздействия пламени.

- добавки третьего типа применяются для термопластов, реактопластов и эластомеров.

Замедлению горения способствует введение веществ, содержащих элементы пятой и седьмой групп периодической системы Менделеева, наиболее важными из которых являются азот и фосфор, галогены фтор, хлор, бром и иод а так же бор.

Эффективными нетоксичными замедлителями горения являются неорганические соли азота и фосфора. Доказано [2], что аммонийно-металлофосфорный антипирен приводит не только к затруднению выхода продуктов расщепления молекул полиэфира в газовую среду, но и к исчезновению пламенного горения.

Среди галогенов наибольшего внимания заслуживают хлор и бром. Антипирены, содержащие бром, более эффективны, чем хлор содержащие, так как их продукты горения менее летучие и являются более эффективными ингибиторами горения. Фтор обладает высокой реакционной способностью, а фторсодержащие соединения являются весьма устойчивыми, что препятствует образованию радикалов фтора. Основным недостатком соединений иода является их низкая свето- и цветостойкость, ограничивающая их практическое использование.

Хлорсодержащие антипирены содержат большое количество хлора и действуют в газовой фазе. Они относительно дешевы, не разлагаются под действием света, но для достижения желаемого класса пожаробезопасности требуется большой процент ввода в полимер. Они менее термостабильны по сравнению с бором, но могут вызывать коррозию оборудования.

Механизм действия фосфорсодержащих соединений заключается в изменении характера процессов деструкции, в результате чего происходит образование углерода вместо его окиси или двуокиси. Это приводит к образованию карбонизованного поверхностного слоя, способного при определенных условиях вспениваться, который препятствует доступу кислорода и тепла к поверхности полимера. В некоторых случаях может образовываться слой паров фосфорной кислоты, который также способен экранировать поверхность. При окислении многих соединений фосфора происходит незначительное выделение тепла, а в отдельных случаях окисление сопровождается эндотермическим эффектом. Фосфорсодержащие антипирены действуют на начальных стадиях процесса горения, предотвращая разогрев и вызывая дегидратацию полимера, ускоряя его коксование, поэтому они больше подходят для зоны пиролиза. Борсодержащие соединения выполняют свою функцию вследствие образования стеклообразных флюсов и повышения выхода кокса, что обеспечивает надежную защиту поверхности.

Кроме вышеперечисленных в настоящее время используют также и гидроксида металлов, таких как гидроокись магния, гидроксид алюминия, а также меламин и его производные, наноккомпозиты, вспенивающийся графит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – Москва: Химия, 1980, – 274 с.

2. Рева О.В, Богданова В.В, Назарович А.Н., Шукело З.В. Влияние состава неорганических замедлителей горения, хемосорбированных на полиэфирном волокнистом материале, на закономерности его термодеструкции. Вестник Командно-инженерного института МЧС РБ №1 (23) – 2016г. – с. 4 – 12.

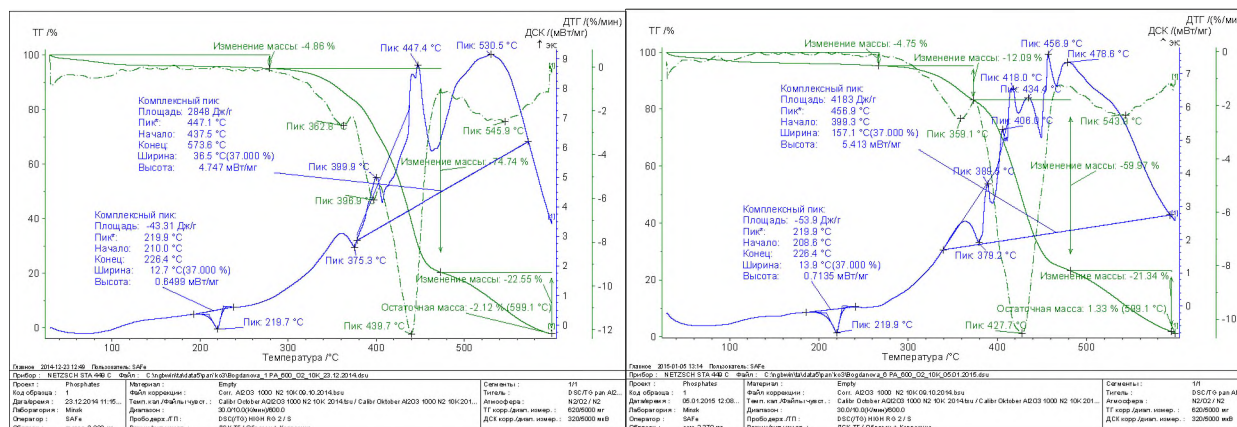
МЕХАНИЗМ ОГНЕЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ АНТИПИРЕНОВ, ПРИВЫТЫХ К ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИАМИДНЫХ ВОЛОКОН

Рева О.В., Криваль Д.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Текстильные изделия, производимые из полиамидов очень разнообразны: от кордовых технических тканей и лесок до ковровых и чулочных изделий, искусственной кожи и меха. Огнезащитная обработка волокон, ковров и тканей обычно совмещается с процессами финишной отделки готовых полотен. Составов для огнезащиты полиамидных изделий описано достаточно много, однако до настоящего времени не разработан метод получения негорючего неплавкого волокна с высокими физико-механическими характеристиками [1]. Весьма эффективными и нетоксичными замедлителями горения являются синтетические аморфные аммонийные фосфаты двух- и трёхвалентных металлов, однако при поверхностных обработках готовых волокон они плохо закрепляются и быстро вымываются в результате стирки. Ранее нами был разработан метод иммобилизации неорганических антипиренов путем создания структурных функциональных групп на поверхности полиамидных волокон, способных к химическому связыванию с прививаемым модификатором [2]. Несмотря на то, что количество закрепленного таким образом модификатора невелико (до $8,427 \cdot 10^{-3}$ мг/мм²), обработанное полиамидное волокно характеризуется перманентной огнестойкостью. Вопрос о том, как такая поверхностная огнезащитная обработка влияет на закономерности термодеструкции полиамида, совершенно не изучен.

В данной работе методом дифференциальной сканирующей калориметрии, Рис. 1а, было установлено, что расплавление исходного полиамидного волокна начинается при 219,7° С; процесс термоокисления и выделение газообразных продуктов термодеструкции – при температуре ~280°С, причем наблюдается несколько последовательных выбросов продуктов термодеструкции явно различного состава при 375,3 и 399,9 °С, сопровождающихся ~78 %-ной потерей массы твердого образца.



а

б

Рисунок 1 – Термогравиметрические кривые для: а - необработанного, б - огнезащищенного полиамидного волокна

Методом дифференциально-сканирующей калориметрии нами установлено, что потеря массы полиамидным волокном с выделением газообразных продуктов его термодеструкции начинается при температуре $\sim 280^\circ\text{C}$, причем наблюдается несколько последовательных выбросов продуктов деструкции явно различного состава при $375,3$ и $399,9^\circ\text{C}$, сопровождающихся 78% -ной потерей массы твердого образца, Рис.1а. При дальнейшем повышении температуры при 437°C начинается активное пламенное горение газообразных продуктов разложения полиамида. Следует отметить сложный механизм пламенного горения газообразных продуктов термодеструкции полиамида с несколькими пиками: вначале явно происходит сгорание более мелких «осколков» мономера капрона при $447,7^\circ\text{C}$ с относительно небольшим выделением тепла $\sim 4,74$ мВт/мг, и только при $530,5^\circ\text{C}$ происходит сгорание более крупных (возможно аминоксодержащих продуктов деструкции, например, аминокaproновой кислоты) с более значительным выделением тепла – до $8,46$ мВт/мг. Остаточная коксовая масса составляет всего $2,12\%$ от исходной.

Для огнезащищенного полиамидного волокна термодеструкция протекает явно более сложно и пролонгировано, Рис. 1б, наблюдается несколько последовательных пиков и ступенчатое уменьшение массы: вначале на $3-4\%$ при $\sim 360^\circ\text{C}$, затем на $9-12\%$ в области температур от 418 до 430°C . Вероятно, проведенная огнезащитная обработка приводит к затруднению отщепления дефектных участков макромолекул и концевых групп и к выделению из расплава более крупных «осколков», деструкция которых продолжается в газовой фазе. Завершение многоступенчатой термодеструкции смещается к более высоким температурам – $456,9-464,1^\circ\text{C}$. Потеря массы твердым полиамидом к этому моменту составляет $56-60\%$ против 78% в необработанном материале. Пламенное горение

газообразных продуктов деструкции также начинается при большей температуре, чем в случае необработанного волокна и характеризуется несколькими пиками. Пик сгорания более крупных осколков расширяется, максимум его смещается к более высоким температурам ~ 540 °С, количество выделенного при этом тепла на единицу массы не превышает 5,5 мВт/мг. Можно предположить, что при горении огнезащитного полиамида из тонкой пленки расплавленной приповерхностной зоны полимера по сравнению с обычным материалом не только поступает меньше тепла в твердую зону, что замедляет его плавление, но и затруднен выход газообразных продуктов деструкции.

Таким образом, в результате многостадийной поверхностной огнезащитной обработки полиамидного волокна неорганическим антипиреном происходит существенное изменение механизма термодеструкции и сгорания полимера со сдвигом в более высокотемпературную область и увеличением количества стадий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник химика 21 // Рекламный портал [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/946413/> – Дата доступа: 22.02.2018.
2. Рева, О. В., Криваль, Д. В. Химическая привязка неорганических огнезащитных композиций к полиамидным волокнам // Вестник Ком.-инж. инст-та МЧС Респ. Беларусь. Вып. 1(21): Минск. – 2015. – С. 68-74.

Секция 4**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ**

НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ АЗОТ-ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ В ПРИРОДНОМ КОМПЛЕКСЕ

Богданова В.В., Кобец О.И.

Учреждение Белорусского государственного университета
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

В связи с растущей опасностью возникновения и распространения лесных и торфяных пожаров актуальна разработка экологически безопасных и недефицитных антипиренов для природных горючих материалов. Перспективными ингибиторами горения полимеров являются азот- и фосфорсодержащие соединения, причем наиболее существенный эффект достигается при их совместном применении. Как правило, для огнезащиты и тушения лесных горючих материалов и торфа используют разнообразные смеси неорганических солей и органических соединений. Для тушения торфа химические огнетушащие средства, кроме растворов ПАВ или загустителей, до настоящего времени, как правило, не применялись. Исходя из требований, предъявляемых к эффективным огнегасящим составам для лесных горючих материалов (ЛГМ) и торфа, в качестве антипиреновой составляющей огнетушащих средств (ОС) для этих природных тлеющих материалов может рассматриваться большая группа соединений, принадлежащих к классу двойных фосфатов металлов-аммония (ФМА). Они интересны в качестве антипиренов для целлюлозосодержащих тлеющих природных полимеров прежде всего потому, что в их составе содержатся азот и фосфор, которые при совместном присутствии проявляют синергический эффект, а также из-за возможности регулирования их свойств, изменяя состав исходных компонентов и условия проведения синтеза.

При направленной разработке эффективных и экономичных средств для прекращения горения таких разных по своему химическому составу и свойствам материалов как древесина и торф были выявлены процессы, вносящие определяющий вклад в прекращение их горения и затем адресно

на стадии синтеза замедлителей горения осуществлено воздействие на эти процессы.

Разработанный огнезащитно-огнетушащий состав комплексного действия для предупреждения и ликвидации лесных и торфяных пожаров представляет собой суспензию на основе аммонийных металлофосфатов, полученную синтетическим путем с применением одного из недефицитных местных природных минералов (бентонита, трепела или доломита). Для установления взаимосвязи огнезамедлительных свойств состава комплексного действия (ОЗТС) на основе доломита и известных специализированных составов для огнезащиты ЛГМ и древесины – Метафосил (ОС) и тушения торфа – Тофасил (ОТС) с их физико-химическими и термическими свойствами в сопоставительном плане исследованы (таблица) комплексная огнезащитно-огнетушащая эффективность (по суммарной потере массы на торфе и древесине), температура начала образования изолирующих расплавов, коэффициент их растекаемости, высота теплоизолирующего вспененного слоя, теплопоглощающие, карбонизирующие свойства (по данным термогравиметрии (ТГ) и ДСК), а также поступление летучих ингибиторов горения в газовую фазу в интервале температур (200–500 °С), реализующемся в предпламенной зоне конденсированной фазы древесины и торфа.

Таблица 1 – Физико-химические и термические свойства исследуемых огнезащитно-огнетушащих составов, суммарные потери азота и фосфора в прогретых огнезащищенных образцах древесины и торфа

Состав	ОС	ОТС	ОЗТС
Комплексная огнезащитно-огнетушащая эффективность, Δm , %	15,0	14,0	8,2
Интервал плавления порошка состава, °С	200–210	180–190	190–205
Средняя высота вспененного слоя (300–350 °С), мм	2,5	1,3	5,4
Показатель растекаемости расплавов (350–380 °С)	1	1,25	1,01
Теплопоглощающая способность состава по данным ДСК, $\Sigma Q_{\text{эндо}}$, Дж/г	262,9	378,8	789,2
Общая потеря массы по данным ТГ для огнезащищенных древесины (торфа), %	66	(88,1)	66,8 (85)
Суммарное тепловыделение по данным ДСК, для огнезащищенных древесины (торфа), $\Sigma Q_{\text{экс}}$, Дж/г	2655	(8945)	1417 (8675)
Суммарные потери азота для огнезащищенных древесины (торфа), $\Sigma \Delta N$, г/100 г	8,21	(8,2)	8,02 (7,3)
Суммарные потери фосфора для огнезащищенных древесины (торфа), $\Sigma \Delta P$, г/100 г	1,48	1,5	1,83 (2,55)

Примесчанье. В скобках представлены данные для огнезащищенных образцов торфа

Полученные данные свидетельствуют, что огнезащитно-огнетушащая эффективность ОЗТС на древесине и торфе также как и специализированных ОС и ОТС обеспечивается ингибирующим действием поступающих в газовую фазу летучих азотсодержащих продуктов термоллиза составов. Обращает на себя внимание незначительное поступление летучих соединений фосфора в газовую фазу по сравнению с азотсодержащими продуктами. Установлено, что при термическом разложении и горении природных полимеров фосфор преимущественно остается в конденсированной фазе и принимает участие в образовании теплоизолирующих органоминеральных структур. В то же время следует отметить комплексный механизм огнезамедлительного действия ОЗТС: кроме высокой концентрации ингибиторов горения в газовой фазе ему дополнительно присущи максимальная изолирующая (вспенивание) и теплопоглощающая способности, удовлетворительные экранирующие и карбонизирующие свойства, благодаря чему в поверхностной зоне к-фазы создаются условия для изменения тепло- и массообмена с предпламенной зоной газовой фазы, способствующие прекращению горения древесины и торфа

ОГНЕ-ТЕРМОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ВСПЕНИВАЮЩЕГОСЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МУФТ

Богданова В.В., Кобец О.И., Бурая О.Н.

Учреждение Белорусского Государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

В настоящее время для предотвращения распространения огня внутри зданий и сооружений по полимерным трубопроводам используется пассивная огнезащита (противопожарные муфты, проходки, шторы, занавесы). Тепло-огнезащитные устройства (противопожарные муфты) содержат термовспенивающийся полимерный композиционный материал (ТПКМ), который за счет многократного увеличения в объеме при нагревании способен перекрывать полимерные трубопроводы в местах их сопряжения с пересекаемыми строительными конструкциями.

С целью разработки эффективного недорогого термовспенивающегося композиционного полимерного материала с заданными свойствами исследовали физико-механические свойства, вспенивающую, огне-термозащитную способности разрабатываемой

композиции и продуктов ее прогрева в зависимости от природы связующего и содержания наполнителей.

Образцы ТПКМ готовили как на основе полиолефиновых связующих, так и с применением пленкообразующих полимерных дисперсий. Минеральные наполнители, антипирены, вспенивающие, сшивающие, карбонизирующие агенты вводили в связующее в суммарном количестве от 20 до 60 %. В качестве связующих на водной основе использовали дисперсии акрилатов, полиуретанов, сополимеров винилацетата с этиленом. Для дальнейших исследований согласно полученным данным по эластичности исходных материалов и термоизолирующей способности продуктов их термоллиза отобраны суспензии на основе винилацетата и сополимера винилацетата с этиленом. Для полимерных термовспенивающихся композиций предъявляемым требованиям более всего отвечали эластомеры на основе винилацетата и смеси латекса с полимерами, содержащими сэвилен. Найдено, что для обеспечения удовлетворительных физико-механических характеристик вспенивающихся композиций как на водной основе, так и полимерной содержание связующего в композиции должно быть не ниже 40 %.

Проведен выбор минеральных наполнителей, способных в композиции с терморасширяющимся графитом (ТРГ) к образованию закрытопористой плотной структуры. В экспериментах с водными дисперсиями в качестве наполнителей исследовали природные минералы различного химического состава доломит (карбонаты кальция и магния), гранит (силикаты алюминия и железа), тальк (силикаты магния). В композиции на основе термопластичных полимеров совместно с ТРГ вводили различные комбинации следующих мелкодисперсных наполнителей и вспенивающих агентов: силикаты или алюмо-, магнийсиликатные природные минералы, соединения титана или хрома, карбонат-содержащие соединения, орто- или полифосфаты. ТРГ вводили в композит от 2,5 % до 30 % за счет снижения содержания минеральных наполнителей.

Для исследования влияния содержания и природы минерального наполнителя на огне-термозащитную эффективность ТПКМ определяли кратность вспенивания, плотность, механическую прочность карбонизованных продуктов прогрева. При определении вспенивающей способности и плотности прогретых при 20–500 °С образцов ТПКМ с различным содержанием ТРГ (2,5–30 %) обнаружено, что одновременно с увеличением кратности вспенивания в объеме от 2 до 60 раз плотность карбонизованных продуктов снижается более, чем в 20 раз. Для ТПКМ на основе полиолефинов выявлено уменьшение остаточного сжатия их продуктов прогрева более, чем на порядок при снижении содержания ТРГ (42–2,5 %). Установлено, что введение помимо ТРГ в композицию

совместно с природным алюмосиликатом или фосфорсодержащей солью соединений поливалентных металлов, минералов волокнистой или игольчатой структуры также способствует усилению механической прочности карбонизованного продукта.

Испытания огне-термозащитной способности ТПКМ проводили по разработанной нами лабораторной методике, моделирующей условия испытаний по ГОСТ Р 53306 и СТБ 2224. В лабораторной установке создавали температурный режим стандартного пожара, масштабируя количество горючей нагрузки с учетом меньшего размера испытательной камеры (17×22×32 см). Конечная температура внутри печи по лабораторной методике также отличалась от стандартных условий (850 °С вместо 1000 °С). В ходе испытаний фиксировали время (мин) достижения предельного состояния (температура не выше 120 °С) на необогреваемой поверхности фрагмента полимерной трубы, на которую внутри печи закреплена противопожарная муфта с испытуемым ТПКМ. Огневым испытаниям, приближенным к стандартным условиям, подвергали по одной из наиболее эффективных композиций, полученных по каждому из технологических способов: ТПКМ на основе полиолефина и на основе пленкообразующей полимерной дисперсии. Для сравнения в сопоставительных условиях испытывали термозащитные свойства зарубежного аналога. По результатам испытаний установлено, что отобранные лучшие образцы термовспенивающегося материала обеспечивали для полимерной конструкции предел огнестойкости в 1,5 раза более высокий (108 и 100 мин, соответственно), чем зарубежный аналог (67 мин).

Таким образом, получены образцы термовспенивающегося композиционного полимерного материала, применимого в устройствах для предотвращения распространения пламени по внутренним строительным коммуникациям, в том числе в противопожарных муфтах. Установлено, что получение требуемых характеристик по эластичным свойствам, кратности вспенивания, механической прочности вспененного слоя, термозащитной способности существенно зависит от природы минерального наполнителя и содержания в композиции термовспенивающегося графита.

ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ КАМЕННОЙ ВАТЫ

Бутко Д.Ю., Сафонова Н.Л.

Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

Главной задачей при строительстве и эксплуатации современных торгово-развлекательных комплексов, деловых центров, многоэтажных домов является обеспечение пожарной безопасности. Особенность подобных сооружений – значительная протяженность путей эвакуации – устанавливает повышенные требования к пожарной безопасности используемых строительных конструкций и материалов.

В соответствии Техническому регламенту, подбор строительных материалов напрямую зависит от многофункционального предназначения строения либо помещения [1].

Систематизацию стройматериалов зачастую выполняют, основываясь на сфере внедрения продукции. Согласно этой систематизации материалы можно разделить на конструктивные, изоляционные и отделочные, также конструктивно-изоляционные и конструктивно-отделочные.

По Техническому регламенту стройматериалы классифицируют на два типа: горючие и негорючие. В свою очередь, горючие материалы делятся на 4 группы – слабогорючие (Г1), равномерно горючие (Г2), нормально горючие (Г3) и, в конце концов, очень горючие (Г4) [1].

Совокупность таких характеристик, как воспламеняемость, способность распространять пламя по поверхности, дымообразующая способность и токсичность позволяет присвоить определенному материалу класс пожарной угрозы: от КМ0 — для негорючих материалов до КМ1-КМ5 — для горючих.

В список теплоизоляционных материалов входит каменная вата, которая состоит из волокон, получаемых из каменной породы базальтовой группы. Каменная вата обладает высочайшими тепло- и звукоизоляционными чертами, стойкостью к нагрузкам и разным видам воздействия и долговечностью. Материалы данной группы не выделяют вредных веществ и не оказывают негативного воздействия на окружающую среду. Каменная вата – более надёжный материал исходя из убеждений пожарной безопасности: она является негорючей и имеет класс пожарной угрозы КМ0. Высокая огнестойкость утеплителей из каменной ваты обусловлена тем, что это негорючий материал, который изготавливают из базальтовых волокон, выдерживающих температура до 1500°C. Термоизоляция из каменной ваты может применяться без ограничения в этажности строения.

Конструкции из каменной ваты оказались самыми безопасными среди 40 образцов комбинированных материалов, которые были отобраны для тестирования специалистами Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС. Лабораторную проверку на пожаробезопасность прошли только три

образца из представленных сорока. Самыми надежными оказались два варианта покрытия, оба с каменной ватой:

- XPS (50 мм) плюс каменная вата в два слоя;
- каменная вата плюс битумная изоляция.

ВНИИПО продолжает тестирование изоляционных материалов в этом году. Так, на базе института планируется провести испытания, по результатам которых могут появиться изменения в действующих нормативно-технических документах.

Ведомство отмечает положительную динамику производства пожаробезопасной теплоизоляции: за год объемы выпуска продукции выросли на 7 %. Ожидается, что в 2018 году рынок каменной ваты вырастет на еще 5 %. Определенные успехи российских товаропроизводителей отмечаются на международных рынках: такие материалы, как каменная и базальтовая вата, а также иные волокнистые теплоизоляционные материалы, уже вполне могут успешно конкурировать как по цене, так и по качеству с продукцией предприятий Евросоюза, согласно реализации политики импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г № 123-ФЗ [Электронный ресурс] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (Дата обращения: 12.02.2018 г.).
2. BASKEY. Научно-производственное объединение. [Электронный ресурс] <http://www.baskey.ru/> (Дата обращения: 12.02.2018 г.).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕЗАЩИТНОГО ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

Дробыш А.С., Кудряшов В.А.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Композитные материалы при непродолжительном огневом воздействии разлагаются практически полностью с остатками негорючего стекловолокна, требуемая минимальная огнестойкость в диапазоне 15...30 минут может быть обеспечена только с дополнительной огнезащитой. При этом огнезащитная эффективность должна быть достаточной для поддержания температуры внутри материала в пределах критической температуры, принятой на уровне 150 °С. В качестве предполагаемой огнезащиты принято огнезащитное лакокрасочное покрытие.

В опыте по оценке огнезащитной эффективности покрытий по ГОСТ 16363 [1] ввиду особенностей исходной методики и малой мощности стандартной газовой горелки испытывали только огнезащитное лакокрасочное вспучивающееся покрытие типа «Силотерм». Указанное покрытие основано на органических растворителях, что обеспечивало достаточную адгезию при максимальном количестве слоев. Всего на образец наносили 7 слоев огнезащитного лакокрасочного покрытия суммарной толщиной 2,0...3,0 мм. На рисунке 1 представлен общий вид экспериментальных исследований.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальных исследований по ГОСТ 16363

На рисунке 2 представлена зависимость прогрева образцов композитных материалов с использованием огнезащитного лакокрасочного покрытия (1) и без него (2). Материалы с огнезащитным покрытием подвергались воздействию открытого пламени как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

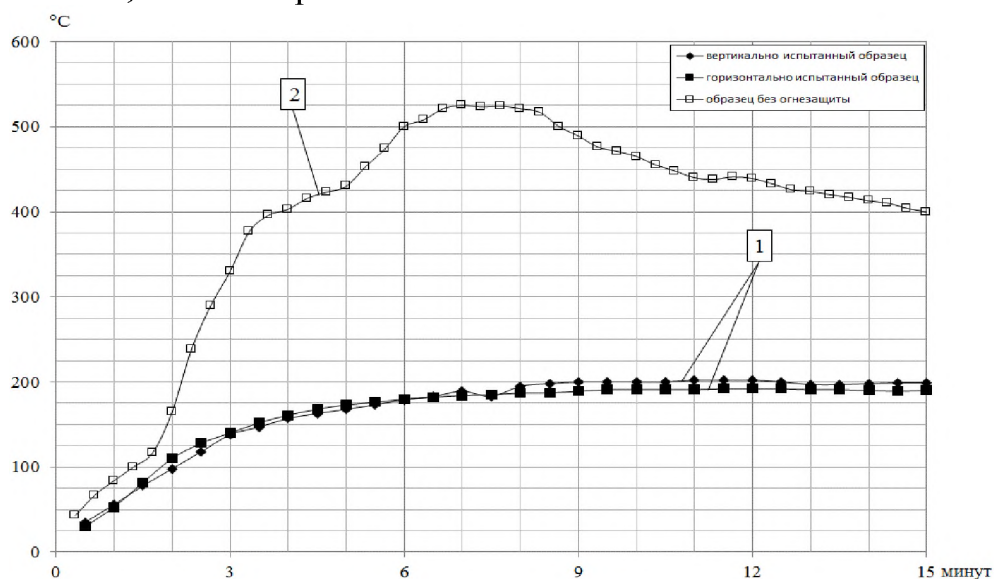


Рисунок 2 – График зависимости прогрева образца во время испытаний по ГОСТ 16363 (1 – с огнезащитой, 2 – без огнезащиты)

В соответствии с собственными характеристиками покрытия «Силотерм», начало образования вспученного угольного остатка происходит при температуре около 300 °С. При резком тепловом ударе открытого пламени с температурой 800 °С этот процесс начинается практически от начала огневого воздействия на образец. При этом скорость образования вспученного угольного остатка в соответствии с рисунком 2 оказалась достаточной для перехода процесса нагрева композитного материала в стационарный режим на уровне 200 °С.

В соответствии с данными по оценке критической температуры композитного материала на уровне 150 °С, огнезащитной эффективности вспучивающегося лакокрасочного покрытия явно недостаточно.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16363-98. Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств. – Введ. 01.07.1999 г. – Взамен ГОСТ 16363-76. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 11 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОГНЕЗАЩИТЕ И ТУШЕНИЮ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ И ТОРФА

Кобец О.И., Богданова В.В.

Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

Применяемые на практике многочисленные способы тушения лесных и торфяных пожаров (захлестывание огня или сбивание пламени на кромке пожара, засыпание кромки пожара грунтом, отжиг горючих материалов перед фронтом пожара, тушение водой на земле или с воздуха с привлечением авиации), как правило, либо неэффективны, либо трудоемки и дороги. В настоящее время наиболее перспективная мера предупреждения и тушения пожаров в природном комплексе – применение огнетушащих химических составов (ОС). Известные зарубежные современные огнезащитные средства для ЛГМ и древесины имеют низкую атмосферостойкость из-за высокой растворимости составляющих их неорганических и органических соединений. Известные отечественные специализированные химические средства для борьбы с лесными или торфяными пожарами «Метафосил» и «Тофасил», соответственно, представляют собой высокодисперсные металлофосфатные суспензии и

имеют относительно высокую стоимость из-за использования при их синтезе дефицитных реагентов.

Так как часто природный пожар представляет собой одновременное горение ЛГМ, древесины и подземное беспламенное горение торфа, актуально создание огнезащитно-огнетушащего средства (ОЗТС) комплексного действия.

Сложность создания такого ОЗТС для разных по своей химической природе твердых горючих материалов заключалась в необходимости придания ОЗТС широкого диапазона таких физико-химических свойств, как смачивающая, карбонизирующая способности, образование изолирующих расплавов, атмосферостойкость (способностью сохранять огнезащитные свойства в течение всего пожароопасного периода).

Лабораторные огневые испытания разработанного ОЗТС («Комплексил») показали, что он обладает высокими огнезащитными свойствами по отношению как к древесине, так и к торфу (таблица). Так, по сравнению с Метафосилом потеря массы после огневых испытаний огнезащищенных комплексным составом образцов снижается в 2-2,3 раза, а температура отходящих газов (T_r) – на 100-110 °С. Смачивающая способность и склонность к образованию изолирующих расплавов «Комплексила» также выше, чем у составов сравнения.

В условиях экспериментальной базы НПЦ ГОУ МЧС (г. Гомель) проведены испытания огнетушащей эффективности «Комплексила» при тушении очагов пожара класса А, а также полигонные испытания его огнезащитной и огнетушащей эффективности в лесном массиве и в очаге горения торфа. При тушении очагов пожара ранга 2А показана высокая надежность применения ОЗТС комплексного действия, сравнимая с «Метафосилом», причем, в обоих случаях отсутствовало повторное воспламенение.

Натурными испытаниями «Комплексила» в лесном массиве установлено, что огнезащитные свойства состава на лесном горючем материале при пожарной опасности в сосняке мшистом по условиям погоды соответствующей 3 классу при плотности вылива 1,5-1,8 л/м² сохраняются не менее 30 суток при количестве выпавших осадков за этот период до 34 мм.

Полученные данные по огнезащитным свойствам и атмосферостойкости для «Комплексила» и «Метафосила» почти одинаковы. При применении «Комплексила» для локализации и тушения очага торфяного пожара показано, что при плотности вылива его 8 % рабочего раствора до 40 л/м² горение и тление торфа прекращается.

Таблица 1 – Химический состав, огнезащитная и огнетушащая эффективность на древесине и торфе огнезадерживающих составов, воды и раствора ПАВ

ОС	Молярные соотношения основных компонентов ОС Al ₂ O ₃ :ZnO:CaO: :MgO:HCl:NH ₃ : :P ₂ O ₅ :SiO ₂	Огнезащитная эффективность на древесине			Огнетушащая эффективность на древесине, удельный расход на очаг, дм ³ /м ²	Огнетушащая эффективность на торфе	
		Δm, %	Температура отходящих газов, Т _г , °С	Группа огнезащитной эффективности		Δm, %	Смачивающая способность, %/г
Метафосил	0,25:0,75:0:0:0: :5,9:3,1:0,43	8,6	267	1	0,19	5,7	9,6
Тофасил	0,25:0,75:0:0:0: :13,2:5,31:0,43	10,0	254	2	0,18	5,1	15,7
Комплексил	0:0:0,33:0,33: :1,47:6,93:1,9:0	4,2	157	1	0,178	4,3	15,0
Вода	-	39,1	627	-	0,50	46,6	7,6
1 % р-р ПАВ	-	39,1	627	-	0,25*	46,6	11,5

* – Наблюдалось повторное воспламенение (через 3 мин).

Полученные данные по огнезащитным свойствам и атмосферостойкости для «Комплексила» и «Метафосила» почти одинаковы. При применении «Комплексила» для локализации и тушения очага торфяного пожара показано, что при плотности вылива его 8 % рабочего раствора до 40 л/м² горение и тление торфа прекращается. Благодаря высокой смачивающей способности состава влажность торфа в очаге пожара после его подачи по сравнению с исходным торфом увеличилась в 2–3 раза и составила: 58,4; 67,3 и 75,0 % на глубине соответственно 0-10, 11-20 и 21-30 см. При этом через сутки повторного возгорания торфяной залежи не наблюдалось, тогда как после тушения водой аналогичного торфяного очага процесс горения и тления торфа возобновился.

Таким образом, разработан и используется на практике предприятиями Минлесхоза новый эффективный огнезащитно-огнетушащий состав для борьбы с лесными и торфяными пожарами – «Комплексил».

СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Король А.Ф., Сарасеко Е.Г.

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

По горючести строительные материалы подразделяются на горючие (Г) и негорючие (НГ). Горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

– слабогорючие (Г1), имеющие температуру дымовых газов не более 135⁰С, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 65%, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 20%, продолжительность самостоятельного горения 0 секунд;

– умеренногорючие (Г2), имеющие температуру дымовых газов не более 235⁰С, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85%, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50%, продолжительность самостоятельного горения не более 30 секунд;

– нормальногорючие (Г3), имеющие температуру дымовых газов не более 450⁰С, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85%, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50%, продолжительность самостоятельного горения не более 300 секунд;

– сильногорючие (Г4), имеющие температуру дымовых газов более 450⁰С, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85%, степень повреждения по массе испытываемого образца более 50%, продолжительность самостоятельного горения более 300 секунд [1,2].

Глубокий анализ и изучение пожароопасных свойств строительных материалов, оценка «поведения» конструкций при пожаре, проведение расчета прочности и устойчивости зданий при огневом воздействии – все это позволяет разработать и предложить потребителям высокоэффективные способы огнезащиты конструктивных элементов. Огнезащита предназначена для повышения фактического предела огнестойкости конструкций до требуемых значений и ограничения предела распространения огня по конструкциям и кабельным линиям, а также для снижения горючести материалов; при этом обращается внимание на сокращение так называемых побочных эффектов (дымообразования, выделения газообразных токсичных веществ).

Строительные конструкции из древесины считаются в отечественной строительной отрасли традиционным материалом в связи с большим запасом его на территории нашей страны.

Теплофизические и механические свойства древесины в значительной мере зависят от породы дерева, объемной массы, влажности, возраста древесины, а также направления действия нагрузки – вдоль или поперек волокон.

Причиной обрушения деревянных элементов сооружений во время пожара является обугливание части сечения. Всю действующую нагрузку принимает на себя не обугленная часть сечения; постепенное сокращение площади сечения ведет к снижению его несущей способности. Предел огнестойкости конструкций из древесины определяется временем, за которое несущая способность сечения уменьшается в результате обугливания и прогрева до величины действующей нагрузки. На скорость обугливания древесины оказывают влияние ее плотность, влажность, условия притока воздуха и температурный режим огневого воздействия. Для элементов с минимальным размером сечения более 120 мм², изготовленных из воздушно-сухой цельной древесины хвойных пород с влажностью не более 9%, скорость обугливания принимается равной 0,8 мм/мин, а для элементов из клеёной древесины – 0,6 мм/мин. Для конструкций сечением менее 120 мм² скорость обугливания для цельной древесины равна – 1 мм/мин, а для клеёной – 0,7 мм/мин.

Снижения пожарной опасности рассматриваемых конструкций можно достичь путем пропитки их антипиренами в автоклавах, огнезащитной обработки пропиточными и окрасочными составами, а также путем применения конструктивной огнезащиты. Глубокая пропитка древесины антипиренами в автоклавах переводит ее в группу трудногорючих материалов. Антипирены – смеси или вещества, которые добавляются в материалы исключительно органического происхождения с целью снизить их горючесть. В их состав входят: 1) хлористый аммоний, фосфаты аммония и другие компоненты, являющиеся основными замедлителями горения; 2) усилители действия базового замедлителя; 3) стабилизаторы, максимально сокращающие его расход, благодаря чему защита от огня становится ещё более эффективной и длится дольше. Однако применять подобную защиту можно только в отношении элементов конструкций, выполненных из цельной древесины. При изготовлении клееной конструкции доски, подверженные глубокой пропитке в автоклавах, трудно склеиваются, поэтому клеёные элементы целесообразно обрабатывать окрасочными составами или составами для поверхностной пропитки. Поведение клеевых соединений в условиях пожара определяется термостойкостью клеев. В деревоклееных конструкциях наиболее пожароопасными считаются узлы крепления элементов, разрушение которых снижает устойчивость и огнестойкость всей конструкции. Открытые стальные узлы крепления (башмаки, накладки) должны быть обработаны огнезащитной краской,

эффективность которой определяет несущую способность конструкций в условиях пожара. Для квалифицированного прогнозирования и регулирования поведения древесины при возникновении возгорания необходимо изучить негативные процессы, которые в ней при этом происходят, а также последствия, к которым они приводят.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-2.02-142-2011 Здания, строительные конструкции, материалы и изделия.
2. Пожарная терминология [Электронный ресурс]: <http://mpdecor.ru/materials/ognezashita.html>. – Дата доступа: от 01.06.2016.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ ОГNETУШАЩЕГО СРЕДСТВА

¹Лахвич В.В., ²Богданова В.В., ²Кобец О.И.

¹Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

²Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»,

Тушение твердых горючих материалов (ТГМ), к которым относятся древесина и торф, заключается не только в прекращении пламенного, но и беспламенного горения. беспламенное горение – тление протекает скрытно и, как правило, является источником повторного возгорания ТГМ.

Применение воды, воды с добавлением поверхностно-активных веществ и смачивателей для тушения природных пожаров неэффективно и неэкономично из-за ее низкой способности к подавлению тления и специфических физических свойств торфа (низкая смачиваемость в зоне, прилегающей к очагу горения), что требует применения больших объемов этого огнетушащего средства и неспособности к ликвидации повторного воспламенения [1]. Использование порошковых огнетушащих средств также неэффективно по причине их высокого расхода на тушение тлеющих ТГМ – 5-6 кг/м² [2]. Огнезащитные вспучивающиеся краски, используемые для огнезащиты деревянных строительных конструкций, для предупреждения и тушения пожаров из-за высокой стоимости и сложной технологии применения в природном комплексе не используются. В работах [3, 4] предлагается использовать быстротвердеющую пену как для тушения лесных горючих материалов, так и для прокладки заградительных полос. Основным недостатком этих огнезащитно-

огнетушащих средств является высокая стоимость из-за использования в качестве замедлителей горения дорогостоящих реагентов. Кроме того, получение такой пены осуществляется непосредственно перед применением путем смешивания и вспенивания компонентов, находящихся в различных емкостях, что требует дополнительных трудозатрат и специального оборудования. Быстротвердеющие пены не пригодны для локализации и тушения торфяных пожаров, которые протекают под землей.

Одним из наиболее перспективных способов огнезащиты и тушения лесных горючих материалов является применение растворов неорганических и органических веществ [5]. Однако из-за конечных свойств соединений, входящих в эти составы проблематично создать средство, направленно воздействующее на параллельно-последовательные процессы, протекающие в конденсированной и газовой фазах при горении ТГМ. Тушение торфа с применением химических огнетушащих средств до наших работ не проводилось. Перечисленных выше недостатков лишены синтетические азот-фосфорсодержащие средства для локализации, предотвращения, тушения лесных и торфяных пожаров [6]. Этим соединениям уже на стадии синтеза изменением природы исходных реагентов, их соотношения и режима взаимодействия придается необходимый комплекс свойств. Для сравнения: при тушении древесины быстротвердеющей пеной требуется по данным [7] 1,2 л/м², а по данным [3] – 0,85 л/м², тогда как синтетического азот-фосфорсодержащего состава комплексного действия – 0,4 л/м² [8]. На тушение горящего торфяного очага расход состава комплексного действия в зависимости от глубины прогорания торфа – 40-80 л/м². Установлено также, что синтетические огнезащитно-огнетушащие средства имеют высокую устойчивость к воздействию атмосферных осадков (34 мм) за счет прочного удерживания в структуре древесины [9].

Таким образом, предупреждение, локализацию и тушение лесных и торфяных пожаров наиболее целесообразно проводить синтетическими азот-фосфорсодержащими экономичными замедлителями горения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними / В.В. Усеня. – Гомель: ИЛ НАН Б, 2002. – 206 с.
2. Абдурагимов И.М. Лесные пожары нельзя разбомбить // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – № 2. – С. 64–68.
3. Абрамов Ю.А., Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих средств // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Мат. н/п конф. – М.: ВНИИПО, 2008. – Ч. 1 – С. 185–188.

4. Москвилин Е.А., Радионов Е.С., Ерохин С.П., Волков И.В. Борьба с лесными пожарами путем создания заградительных полос методом нанесения быстротвердеющей пены // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 62–64.

5. Арцыбашев Е.С. Огнетушащий состав ОС А-1 для борьбы с лесными пожарами с воздуха // Лесное хозяйство. – 1991. – № 12. – С. 43 – 44.

6. Богданова, В.В. Исследование путей регулирования огнезадерживающей эффективности синтетических азот-фосфорсодержащих замедлителей горения древесины и торфа // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. Сер. «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов». – Волгоград, 2015. – 165–170.

7. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н., Куприн Д.С. Быстротвердеющие пены – новая эра в борьбе с лесными пожарами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 7–13.

8. Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов при тушении пожаров класса А распылительными устройствами пожаротушения / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Команд.-инж. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – № 1. – 2008. – С. 35 – 41.

9. Богданова В.В., Кобец О.И. Атмосферостойкий огнезащитно-огнетушащий состав для предотвращения и тушения пожаров в природном комплексе // Свиридовские чтения: сб. ст. – Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – Вып.13. – С. 31 – 40.

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОГНЕУПОРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Михеев Е.А., Подболотов К.Б., Бирюк В.А.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время наблюдается значительное расширение методов огнезащиты металлоконструкций. Успешно разрабатываются новые отечественные средства огнезащиты, внедряются зарубежные. Существует множество патентов с различными составами и способами, однако каждый из них обладает как рядом преимуществ, так и недостатков.

Способы огнезащиты делятся на две основные группы - пассивные и активные. Пассивные способы заключаются в применении покрытий

облицовочного и теплоизоляционного типа, огнезащитное действие которых заключается в теплофизических свойствах используемого материала защиты, а также покрытий реактивного типа, которые при тепловом воздействии вспучиваются, образуя на защищаемой поверхности теплоизолирующий слой [1]. Активная огнезащита достигается в основном применением современных систем противопожарной защиты - пожарные сигнализации, автоматические системы пожаротушения, системы автоматического дымоудаления, опускаемые завесы и экраны.

В современном строительстве широко применяются металлические конструкции, которые обладают рядом преимуществ: высокой прочностью и долговечностью, быстротой возведения, легкостью придания любой конфигурации и др. Однако при нагревании металлических конструкций в здании свыше 400 °С происходит резкое падение предела текучести, прочности и твердости, а при дальнейшем повышении температуры до 500°С сталь теряет свою несущую способность [2]. Вследствие чего в условиях пожара, здания, в строительстве которых применялся металл, подвержены полному разрушению в короткий период времени. Все эти факторы представляют значительную угрозу для жизни и здоровья людей, находящихся в зданиях. Поэтому проблема создания современных эффективных экологически безопасных средств огнезащиты металлических конструкций до сих пор сохраняет свою актуальность.

Современные огнезащитные покрытия должны обладать высокой адгезией к наносимой поверхности, большим сроком службы в нормальных условиях эксплуатации, малой коррозионной активностью и доступными способами нанесения на защищаемую конструкцию.

В связи с этим возникает необходимость в разработке огнезащитного покрытия на основе огнеупорных наполнителей и неорганических связующих для металлических конструкций.

В основе составов для таких покрытий в качестве огнеупорных наполнителей возможно использование: алюмосиликатного шамота, огнеупорной глины, вермикулита, муллитсодержащих отходов (бой тиглей и др.). В качестве связующих компонентов используются два неорганических химических соединения: жидкое стекло и алюмофосфатная связка [3].

Жидкое стекло – водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ и (или) калия $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, наиболее широко применяется в облегченных огнезащитных покрытиях. Жидкое стекло обладает способностью реагировать при высоких температурах с окислами наполнителей с образованием жаростойких соединений. Является пожаробезопасным, устойчивым при высоких температурах и полностью сохраняет свои свойства при размораживании (замерзает при температуре ниже 0°С). Алюмофосфатная связка (АФС). Её готовят, растворяя $\text{Al}(\text{OH})_3$

в 65 % растворе H_3PO_4 и нагревая массу до 100 °С в реакционном сосуде с обратным холодильником. Образующиеся растворы являются пересыщенными. При нагреве выше 1300 °С наблюдается интенсивное разложение фосфата и потеря P_2O_5 . Связка обладает высокой водостойкостью и адгезией к металлу [4]. Все это делает их весьма перспективными для использования в огнезащитных составах.

Покрyтия наносились из предварительно подготовленной суспензии огнеупорного наполнителя в связующем на очищенную поверхность металлических образцов. Показано, что все составы покрытий характеризуются хорошей адгезией к поверхности металла, однако применение чистой огнеупорной глины приводит к появлению трещин ввиду большой усадки. Поэтому огнеупорная глина эффективна при использовании как добавка для стабилизации суспензии.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.uscc.ua/ru/tehnicheskaya-podderzhka/konsalting-po-ognezashhite/devatelnost> – Дата доступа 28.01.2018.
2. Вахитова Л.Н., Калафат К.В. Огнезащита стальных конструкций / Киев: УЦСС, НПП Интерсервис, 2013. – 154 с.
3. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/249/2499809.html> – Дата доступа: 26.11.2017.
4. Сычев М. М. Неорганические клеи. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 152 с, ил. [Электронный ресурс], режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкое_стекло – Дата доступа: 05.02.2018.

ПРОПИТОЧНАЯ ОГНЕЗАЩИТНАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИЭФИРА НЕОРГАНИЧЕСКИМИ СОСТАВАМИ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Назарович А.Н., Рева О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Согласно мировой статистике более 80% пожаров происходит с участием полимерных и композиционных материалов. Большинство пожаров возникает от малокалорийных источников тепла и огня – непотушенных сигарет, спичек, свечей, короткого замыкания. Поскольку невозможно добиться того, чтобы органический полимер стал абсолютно негорючим материалом и не сгорал в интенсивном огне (пожаре), очень важно понизить горючесть полимера, чтобы он медленнее загорался,

медленнее распространялось пламя, а для его загорания требовались бы более жесткие условия (более высокие значения температур, потока энергии и т.д.).

Нами была проведена ступенчатая пропиточная обработка полиэфирного материала методом «химической микросборки» с применением нескольких разновидностей огнезащитных композиций, отличающихся по химическому и гранулометрическому составу и способу синтеза. Данный метод включает: травление в 10% смеси кислот, (раскрытие функциональных групп на поверхности полимера), создание адгезионного интермедиативного нанослоя частицами соединений Sn (II) (в этанольных коллоидных растворах), пропитка огнезащитной композицией и термофиксация.

Для огнезащиты полиэфирных материалов были синтезированы и исследованы группы неорганических нетоксичных антипиренов на основе аммонийных металлофосфатов различного химического и гранулометрического состава:

- огнезащитные композиции группы ФАН представляет собой истинные растворы, в которых отсутствуют ионы двух- и трехвалентных металлов. Коллоидные частицы в этих растворах не обнаружены.

- неорганические огнезащитные композиции группы CuАНС представляют собой сложносочиненные системы, в которых размер частиц твердой фазы не более долей микрона, а в растворной части присутствуют ионы металлов и коллоидные частицы.

Эффективность огнезащиты оценивали по количеству антипирена, закрепившегося на поверхности полиэфира в результате проведенной обработки. В результате проведенных исследований установлено, что количество неорганического антипирена CuАНС на поверхности полиэфира после огнезащитной обработки составляет 4,87 – 6,22 мг/см² (56,8 – 82,2%); а после стирки остается – 0,07 – 0,43 мг/см² (0,9 – 4,6%). Огнезащитная композиция ФАН, закрепляется в количестве 0,69 – 0,77 мг/см² (7,7 – 9,5%), после стирки ее количество уменьшилось 0,09 – 0,01 мг/см² (0,1 – 0,9%).

Огневые испытания проводились согласно СТБ 11.03.02-2010 «Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний» на лабораторной установке, соответствующей требованиям ГОСТ. При проведении испытаний фиксировали: время остаточного горения, наличие пробежки пламени по поверхности образца, и возгорание или тление хлопчатобумажной ваты от падающих частей или горящих капель испытываемого образца.

Полиэфирная ткань без огнезащитной обработки полностью сгорает за 10-15 секунд.

В результате огневых испытаний полиэфирных гардинно-тюлевых изделий, пропитанных огнезащитной композицией ФАН установлено, что самостоятельного горения не наблюдается, после воздействия в течении 15 секунд пламени горелки. Прогар наблюдается только там, где воздействовало пламя горелки. Образования капель практически нет. Наличие пробежки пламени по поверхности полиэфирной ткани отсутствует. Дым темный, низкой концентрации Рис. 1а, б.

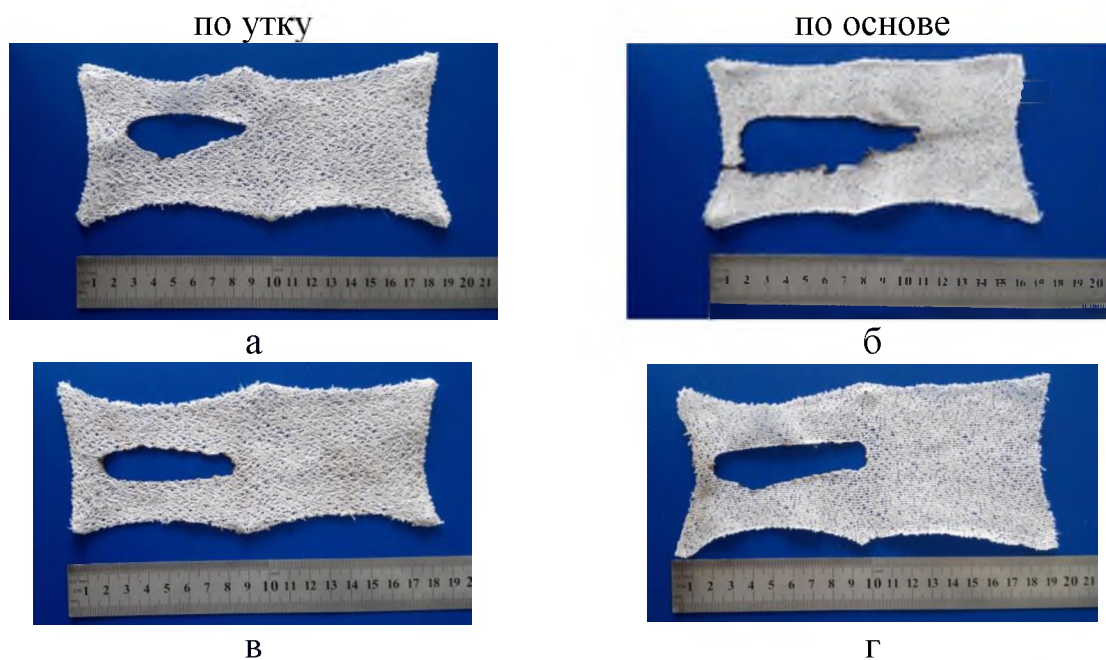


Рисунок 1 – Образцы полиэфирной ткани, обработанные огнезащитными композициями после огневых испытаний. а, б – ФАН; в, г – CuАНС

При использовании для огнезащитной обработки антипиренов группы CuАНС, имеющих в своем составе коллоидные частицы, наблюдаются схожие показатели. Образцы прогорают только там, где воздействовало пламя горелки. Пламенное горение образца после отнятия горелки отсутствует. Растекание материала с последующим возгоранием хлопчатобумажной ваты практически отсутствует Рис. 1в, г.

Таким образом установлено, что при соблюдении оптимальных условий всех стадий огнезащитной обработки: травления, создания интермедиативного подслоя, обработки огнезащитной композицией, а также обязательном наличии стадии термофиксации, огнезащищенный полиэфирный материал соответствует категории «трудногорючий» вне зависимости от химического и гранулометрического состава замедлителя горения.

Секция 5**МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОЦЕНКИ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ
ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРА НА ДЕРЕВЯННЫЕ
НЕЗАЩИЩЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

Вовк С.Я., Ференц Н.А.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

Древесина – один из самых популярных строительных материалов. Она экологична, красива и долговечна. Древесина используется не только для строительства домов, но и для создания его отдельных элементов, а также предметов интерьера. Однако древесина это горючий материал, потому одной из основных опасностей во время пожара в здании является снижение прочности и обрушение несущих конструкций под воздействием открытого пламени и высоких температур, а определение предела огнестойкости таких конструкций является актуальной задачей.

В общем случае для определения времени потери несущей способности деревянных конструкций необходимо [1] провести их теплотехнический расчет и выполнить расчет по несущей способности деревянных конструкций [1].

Момент времени воздействия пожара, при котором несущая способность конструкции сравнится с величиной действующего нормативного запаса будет фактической пределом огнестойкости конструкции по потере ее несущей способности R .

Расчет состоит:

а) в определении времени от начала теплового воздействия пожара к возгоранию древесины конструкции;

б) определении изменения рабочего сечения деревянных конструкций после возгорания древесины при пожаре в результате процесса ее горения (обугливание).

Цель работы заключается в определении времени потери несущей способности центрально-сжатых деревянных колонн расчетным методом с учетом изменения их размеров при горении.

Расчет изменения напряжения в поперечном сечении деревянного центрально-сжатого стояка [3] производится по формуле:

$$\sigma_{fc}(\tau) = \frac{N_H}{\varphi(\tau) \cdot A_d(\tau)} \leq R_c,$$

где N_H – продольная сжимающая сила от нормативных нагрузок, кН; $A_d(\tau)$ – расчетная площадь поперечного сечения с учетом его обугливания, см²; R_c – расчетное сопротивление древесины на сжатие, кН/см²; $\varphi(\tau)$ – коэффициент продольного изгиба, который зависит от гибкости стояка, определяется с учетом изменения рабочей площади поперечного сечения элемента в соответствующие моменты времени его горения по эмпирическим формулам [4]:

$$\text{при гибкости } \lambda(\tau) \leq 70 \quad \varphi(\tau) = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda(\tau)}{100} \right)^2,$$

$$\text{при гибкости } \lambda(\tau) \geq 70 \quad \varphi(\tau) = \frac{3000}{\lambda(\tau)^2}.$$

Гибкость стояка (колонны) определяется по формуле: $\lambda(\tau) = \frac{\mu \cdot l}{i(\tau)}$.

Несущая способность колонны в любой момент времени равна $D(\tau) = \varphi(\tau) \cdot A(\tau) \cdot R_c$,

где $D(\tau)$ – несущая нагрузка на конструкцию, кН, l – конструктивная длина колонны (стояка), м, μ – расчетный коэффициент приведения длины стойки, $i(\tau)$ – радиус инерции поперечного сечения стояка, м.

Установлено, что при трехстороннем горении несущая способность колонн меняется по практически линейному закону прямо пропорционально коэффициенту приведения длины и за 40 мин их горения уменьшается: – в 3,55 раза при $\mu = 1$; – в 2,34 раза при $\mu = 0,8$ и в 2,05 раза при $\mu = 0,65$. Время, за которое теряется несущая способность колонн: при $\mu = 1$ $\tau_{f,r} = 19,35$ мин; при $\mu = 0,8$ $\tau_{f,r} = 31,5$ мин, а при $\mu = 0,65$ – $\tau_r = 42,42$ мин.

При четырехстороннем горении гибкость колонн по сравнению с трехсторонним влиянием не меняется, так как уменьшение размера не влияет на значение минимального радиуса инерции.

Несущая способность колонн меняется практически по линейному закону прямо пропорционально коэффициенту приведения длины μ . Так за 40 мин их горения уменьшается – в 4,46 раза при $\mu = 1$; – в 2,89 раза при $\mu = 0,8$; и в 2,54 раза при $\mu = 0,65$. Потеря несущей способности составляет: при $\mu = 1$, $\tau_r = 15,8$ мин; при $\mu = 0,8$, $\tau_r = 26,03$ мин, а при $\mu = 0,65$, $\tau_r = 30,42$ мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тацій Р. Двопараметрична модель стійкості стрижня з урахуванням власної ваги / Р. Тацій, О. Пазен, Т. Дячун. // Збірник "Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології". – 2014. – №19. – С. 198–207.
2. Бучок Ю.Ф. Будівельні конструкції: Основи розрахунку. – К.: Вища шк., 1994. – 447с.
3. Гурняк Л.І., Гуцуляк Ю.В., Юзьків Т.Б. Опір матеріалів: Посібник для вивчення курсу при кредитно-модульній системі навчання. – Львів: "Новий світ – 2000", 2005. – 364с.
4. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции.

ОЦЕНКА ТОЛЩИНЫ ВСПУЧИВАЮЩЕГОСЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ

Кудряшов В.А., Жамойдик С.М., Ботян С.С.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время для оценки огнестойкости стальных конструкций, покрытых огнезащитными составами, используют упрощенную экспериментальную методику в соответствии со стандартом СТБ 11.03.02. Суть экспериментальной методики заключается в том, что огнестойкость заменяется близким по содержанию понятием «огнезащитная эффективность средства по металлу – показателем эффективности средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого испытания до достижения критической температуры (500 °С) стандартным образцом стальной конструкции с огнезащитным покрытием».

В качестве стандартных образцов по СТБ 11.03.02 используют стальные консольные колонны двутаврового сечения профиля № 20 по ГОСТ 8239. После нанесения огнезащитного состава на две идентичные колонны, образцы кондиционируются до достижения составом необходимых свойств и устанавливаются в огневую печь для последующих испытаний в соответствии со стандартным огневым режимом согласно ГОСТ 30247.0. В ходе испытаний контролируют среднеарифметическое значение показаний трех термоэлектрических преобразователей, предварительно закрепленных в середине высоты колонны.

Классическое понятие огнестойкость предусматривает стандартные огневые испытания в соответствии с ГОСТ 30247.0. Так как стальные стержневые элементы являются несущими элементами здания, к ним

предъявляется требование по несущей способности в виде предельного состояния R, которое в свою очередь предполагает проведение огневых испытаний под нагрузкой. В некоторых случаях огневые испытания под нагрузкой могут быть заменены расчетом, в котором определяется критическая температура сечения. Таким образом, огнезащитная эффективность по СТБ 11.03.02 соответствует пределу огнестойкости по ГОСТ 30247.0 только в том случае, если критическая температура стального сечения соответствует 500 °С. Как показывают расчеты, критическая температура стального сечения, равная 500 °С, является в большинстве случаев наихудшим вариантом, рассчитанным на стержневые элементы из горячекатаной стали, нагруженные до 80 % от исходной несущей способности.

Ввиду того, что на реальных объектах стальные стержневые элементы могут эксплуатироваться с различными сочетаниями нагрузок, их нагружение в расчетной ситуации пожара может составлять до 30 % от исходной несущей способности, что соответственно предполагает более высокие критические температуры.

В настоящее время в Университете гражданской защиты МЧС Беларуси проводятся экспериментально-теоретические исследования, предусматривающие определение оптимальной толщины огнезащитного состава для защиты стальных стержневых элементов конструкций исходя из расчетного сочетания нагрузок при пожаре и критической температуры, отличной от 500 °С.

Экспериментально-теоретические исследования включают в себя:

- испытания стальных образцов-пластин толщиной 2,0...6,0 мм с нанесенным огнезащитным составом различной толщины в камерной электропечи при температурном режиме, близком к стандартному по ГОСТ 30247.0;

- определение эффективных теплофизических характеристик огнезащитного состава;

- определение зависимости температуры огнезащищенного стального сечения от времени стандартного огневого воздействия на основе данных конечно-элементного моделирования;

- расчет критической температуры сечения по утвержденным методикам и выбор оптимальной толщины огнезащиты.

На рисунке 1 приведены результаты экспериментальных исследований стальных образцов-пластин толщиной 2,0 мм с нанесенным огнезащитным составом толщиной 0,45 и 0,80 мм в камерной электропечи при температурном режиме, близком к стандартному по ГОСТ 30247.0.

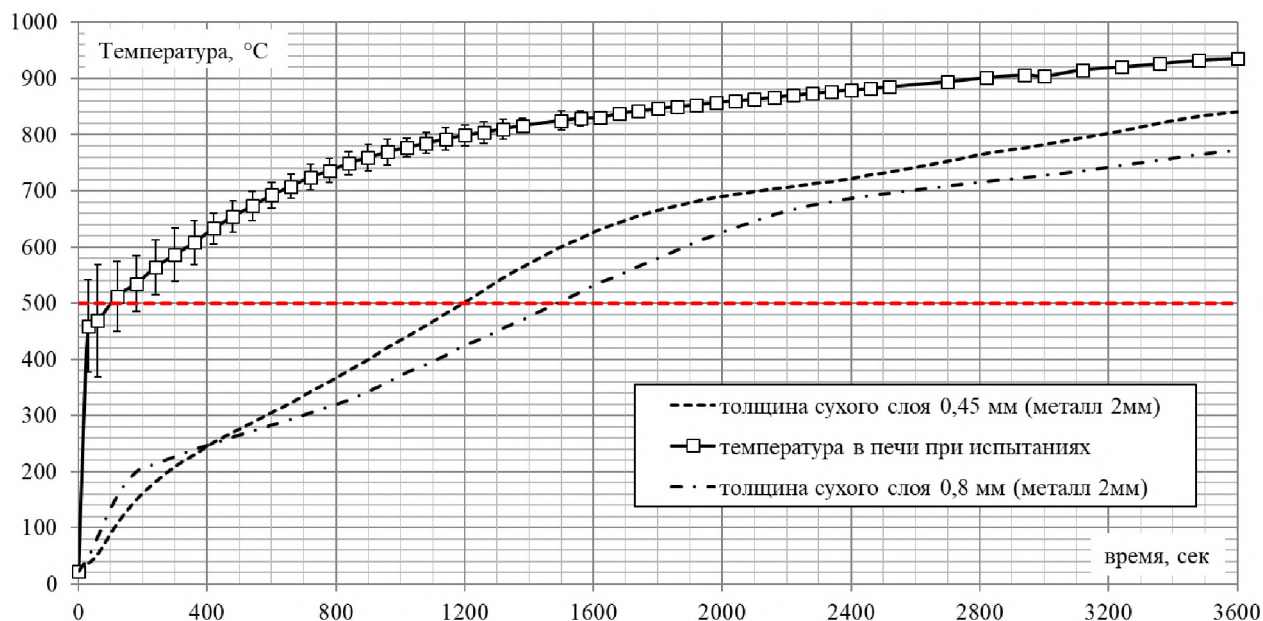


Рисунок 1. – Зависимость температуры стальных образцов-пластин толщиной 2,0 мм от толщины нанесенного огнезащитного состава

На рисунке 2 представлена расчетная конечно-элементная модель для определения зависимости температуры огнезащищенного стального сечения от времени стандартного огневого воздействия (с учетом отсутствия огнезащитного покрытия в пределах гофр профилированного настила).

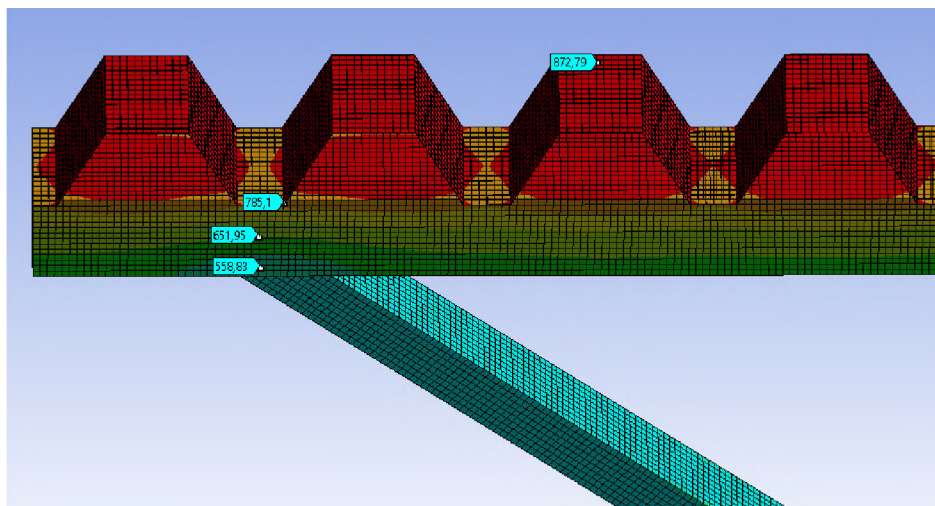


Рисунок 2. – Результат моделирования температуры стальных огнезащищенных элементов на 30 минуте стандартного огневого воздействия (слой огнезащиты условно не показан)

Результаты статического расчета сечений элементов ферм для расчетной ситуации пожара в соответствии с положениями ТКП EN 1993-1-2 показали, что критическая температура принимает наименьшие значения

для сжатых элементов фермы и находится в диапазоне 650...1000 °С, а для растянутых – в диапазоне 750...1000 °С. Таким образом, для обеспечения предела огнестойкости R30 рассматриваемой конструкции допустим более тонкий слой огнезащитного состава со стандартной огнезащитной эффективностью VII группы по СТБ 11.03.02 (15 минут).

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ВИСМУТА, ЛЕГИРОВАННОГО ЛАНТАНОМ, ТИТАНОМ И КОБАЛЬТОМ

Лубинский Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время во всех сферах производственной деятельности человека используется разнообразное количество опасных жидкостей, которые при неправильном и халатном обращении могут нанести вред здоровью человека, окружающей среде и материальный ущерб в случае производственной аварии. Исходя из этого, большой интерес представляет изучение материалов, которые могут применяться как газочувствительные слои химических сенсоров, для дальнейшего использования их в составе газоанализаторов, которые могут обнаруживать в воздухе содержание пожаровзрывоопасных паров при незначительных концентрациях.

Одним из самых интересных соединений, на основе которого создают новые магнитоэлектрические материалы, является феррит висмута $Bi_2Fe_4O_9$.

Целью данной работы являлось установление закономерностей влияния замещения ионов висмута Bi^{3+} ионами лантана La^{3+} , а также ионов железа Fe^{3+} ионами титана Ti^{4+} и кобальта Co^{2+} на электрические и сенсорные свойства твердых растворов на основе феррита висмута $Bi_2Fe_4O_9$ как перспективных материалов для создания химических сенсоров газов.

Исследование сенсорных свойств на присутствие в воздухе паров жидкостей бензина АИ-92, бутанола, этанола, бензола, четырёххлористого углерода проводили на толстоплёночных образцах ферритов висмута следующего состава $Bi_2Fe_{4-2x}Ti_xCo_xO_9$ ($x = 0,05; 0,1; 0,2; 0,3$) и $Bi_{2-x}La_xFe_4O_9$ ($x = 0,05; 0,1; 0,2; 0,3$). Из синтезированных порошков ферритов висмута получали толстые плёнки соответствующего состава, нанесённые на подложки из титаната – цирконата лантана – кальция.

Температурные зависимости величины отклика имели четко выраженный максимум в областях температур, соответствующим 650 –

750 K для системы $Bi_2Fe_{4-2x}Ti_xCo_xO_9$, а для системы $Bi_{2-x}La_xFe_4O_9$ (650 – 750 K). Установлено, что максимальные значения величины отклика толстых пленок на основе ферритов висмута, на присутствие различных паров в воздухе, находятся в том же интервале температур, которые соответствуют переходу с полупроводникового на электронный тип электропроводности [1].

Все толстые пленки обладали заметной чувствительностью даже при концентрациях заметно ниже нижнего концентрационного предела воспламенения, взятых для сравнения из справочника [2]. Однако большей чувствительностью обладали толстые пленки на основе составов системы $Bi_2Fe_{4-2x}Ti_xCo_xO_9$.

Установлено, что для двух систем максимальной чувствительностью обладают толстые пленки на основе составов, в которых степень замещения составляет $x = 0,1$. Для состава $Bi_2Fe_{3,8}Ti_{0,1}Co_{0,1}O_9$ чувствительность составляла $\approx 300\%$, а для состава $Bi_{1,9}La_{0,1}Fe_4O_9 \approx 200\%$. Следовательно, состав феррита $Bi_2Fe_{3,8}Ti_{0,1}Co_{0,1}O_9$ является более перспективным для использования в качестве чувствительного слоя в газоанализаторах.

Для системы $Bi_2Fe_{4-2x}Ti_xCo_xO_9$ ($x = 0,1; 0,05; 0,2; 0,3$) были проведены исследования влияния концентрации паров на величину отклика (S) при температурах соответствующих максимумам на зависимостях $S = f(T)$. Зависимости были построены в координатах $\log(R_{\text{газа}}/R_{\text{возд}}) = f(\log(C))$. Эти зависимости носили почти линейный характер и их можно описать линейными уравнениями, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Линейные уравнения зависимости величины отклика от концентрации паров в координатах $\log(R_{\text{газа}}/R_{\text{возд}}) = f(\log(C))$ при различных степенях замещения x для системы $Bi_2Fe_{4-2x}Ti_xCo_xO_9$

Степень замещения	Газ	Уравнение	Степень замещения	Газ	Уравнение
$x=0,05$	Бутанол	$y = 0,256x+0,390$	$x=0,2$	Бутанол	$y = 0,085x+0,165$
$x=0,05$	Бензин	$y = 0,282x+1,784$	$x=0,2$	Бензин	$y = 0,210x-0,045$
$x=0,05$	Этанол	$y = 0,107x+0,123$	$x=0,2$	Этанол	$y = 0,134x-0,212$
$x=0,05$	Ацетон	$y = 0,254x-0,038$	$x=0,2$	Ацетон	$y = 0,425x-0,825$
$x=0,1$	Бутанол	$y = 0,362x-0,960$	$x=0,3$	Бутанол	$y = 0,068x+0,308$
$x=0,1$	Бензин	$y = 0,285x+0,123$	$x=0,3$	Бензин	$y = 0,154x-0,265$
$x=0,1$	Этанол	$y = 0,175x+0,153$	$x=0,3$	Этанол	$y = 0,325x-0,625$
$x=0,1$	Ацетон	$y = 0,223x+0,184$	$x=0,3$	Ацетон	$y = 0,058x+0,152$

Полученные уравнения можно использовать как калибровочные кривые, для нахождения концентрации паров в воздухе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкиров, Л.А. Кристаллическая структура и магнитные свойства мультиферроиков в системах $BiFeO_3 - LaCoO_3$ / Л.А. Башкиров, А.А.Затюпо // Молодежь в науке. Пр. к журн. Вести НАН РБ сер. Химия наук. – 2012. Часть 1.– С. 22-26.

2. Баратов А.Н. Справочное издание «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения»./ А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук – Москва: издательство «Химия», 1990.– 384с.

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЧИНЫ И ОЧАГА ПОЖАРА

Пархомик В.В., Бобрышева С.Н., Журов М.М.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время более 80% пожарной нагрузки офисных и жилых помещений составляют полимеры и композиционные материалы с использованием полимеров. Наиболее распространенные полимерные и композиционные материалы – это емкости, трубы для водопроводов, световые купола, жалюзи, лаки, клеи, мастики, шпатлевки, облицовочные плитки, листы, древесностружечные и древесноволокнистые плиты и т. п. Статистика пожаров свидетельствует, что полимерные материалы из-за своей способности к воспламенению, распространению пламени по поверхности и образованию большого количества высокотоксичного дыма часто становятся причиной большого материального ущерба и гибели людей [1].

К сожалению, место и причины возникновения пожаров удается установить не во всех случаях. Данный факт обусловлен тем, что при осмотре места пожара не всегда уделяется должное внимание характерным проявлениям пожара, таким как выгорание, разрушение полимерных материалов, и т.д. Зачастую сотрудники, занимающиеся расследованием пожаров, не располагают знаниями, методиками исследований, не владеют навыками изъятия вещественных подобных доказательств с мест пожаров, которые в дальнейшем смогли бы оказать неоценимую помощь в установлении истинной причины возникновения пожара. При осмотре места пожара должное внимание уделяется только таким характерным

проявлениям пожара, как выгорание древесины, деформация металлических и железобетонных конструкций.

Существующих методики расследования пожара, в которых рассматривались вопросы, касающиеся термических изменений полимерных материалов, были разработаны в 90-х годах, однако индустрия производства новых материалов, особенно строительного назначения, развивается настолько стремительно, меняется как ассортимент, так и свойства полученных материалов[2]. Обеспечение такой информацией может состоять в проведении специальных исследований с использованием как сложного аналитического оборудования (ИК-спектроскопия, дифференциально-термический анализ), так и более простого оборудования, уже используемого в экспертизе пожаров.

ИК-спектроскопия позволяет по наличию в спектрах тех или иных полос отдельных функциональных групп определить состав продуктов горения, примерно оценить степень его термического поражения и ориентировочную температуру нагрева в ходе пожара. Более точно это можно сделать, если рассчитать по спектрам так называемые спектральные критерии – отношения оптических плотностей характеристических полос спектра. При проведении дифференциально-термического анализа по кривым DTG и DTA может быть получена информация о температуре пожара, о динамике ее изменения, о динамике выгорания материала. Такие данные могут быть оформлены в виде атласов, справочников, методических указаний.

Определение электросопротивления коксовых остатков, продуктов недожога является наиболее быстрым, простым и доступным методом. Определение электросопротивления проводится по той же методике и на том же оборудовании, что и исследование обугленных остатков древесины. Метод применяется только для материалов, образующих, как древесина, твердый углистый остаток при пиролизе. Карбонизация указанных полимерных материалов происходит по тем же законам, что и у древесины. Электросопротивление также является функцией температуры и длительности пиролиза (как и у древесины, влияние температуры при этом преимущественно), и это обстоятельство позволяет использовать электросопротивление как очень чувствительный и удобный критерий для оценки степени термических поражений полимерных материалов на месте пожара. Кроме того, величину электросопротивления пробы можно использовать для определения температуры, при которой происходила карбонизация материала.

Применимость метода апробирована при исследовании композиционных материалов: МДФ панели толщиной 7 мм, покрытые ПВХ пленкой «Дуб Молочный»; ПВХ; ламинированный ДСП толщиной 16

мм. В качестве контрольных были получены коксовые остатки материалов путем пиролиза образцов в лабораторной печи при определенных температурах (100, 200, 300, 400 °С и т.д.). Определено их электросопротивление и построены калибровочные зависимости ($\lg R = F(t)$). Для получения образцов с пожара, материалы подвергались воздействию пламени газовой горелки в течение 1, 3, 5 и 7 мин соответственно. Отмечались визуальные результаты и измерялось электросопротивление. Пользуясь калибровочными зависимостями, определялись температуры горения данных материалов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение очага пожара // Блог о пожарной безопасности: расчет пожарного риска, моделирование пожаров, расчет эвакуации, экспертиза пожара [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://firesafetyblog.ru/ekspertiza-pozhara/opredelenie-ochaga-pozhara.html>. – Дата доступа: 10.01.2016.
2. Методические рекомендации по определению очага пожара и использованию инструментальных методов исследования пожаров // Главное управление МЧС России по Вологодской области [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://35.mchs.gov.ru/document/1324549>. – Дата доступа: 10.01.2016.
3. Бобрышева С.Н., Воробьев А.А О возможности определения причины пожара по повреждениям полимерных материалов. Тезисы докладов 2-ой заочной Междунар. научн. практической конференции «Тактика тушения пожаров и ликвидация ЧС. Гомель, 24 марта 2016, – С.7 – 8.

Научное издание

ОГНЕЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Сборник материалов
I Международной заочной научно-практической
конференции

(18 мая 2018 года)

Ответственный за выпуск *О.В. Рева*
Компьютерный набор и верстка *А.Н. Назарович*

Издатель:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты»
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь
ЛИ № 02330/0552551 от 15.09.2009.
ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск.



ДЗЯРЖАУНЫ КАМІТЭТ ПА НАВУЦЫ І ТЭХНАЛОГІЯХ
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

ДЗЯРЖАУНАЯ УСТАНОВА
«БЕЛАРУСКИ ІНСТЫТУТ СІСТЭМНАГА АНАЛІЗУ
І ІНФАРМАЦЫЙНАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ
НАВУКОВА-ТЭХНІЧНАЙ СФЕРЫ» (ДУ «БелІСА»)

Пр. Пераможцаў, 7, 220004, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь
Тэл.: +375 (17) 203 14 87, факс: +375 (17) 226 63 25
E-mail: isa@belisa.org.by www.belisa.org.by

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«БЕЛОРУССКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ» (ГУ «БелИСА»)

Пр. Победителей, 7, 220004, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 (17) 203 14 87, факс: +375 (17) 226 63 25
E-mail: isa@belisa.org.by www.belisa.org.by

12.07.2018 № 08-15/1957/1725

На № _____ ад _____

Государственное учреждение
образования «Университет
гражданской защиты»

СПРАВКА
о депонировании рукописи

ул.Машиностроителей, 25, 220118,
г.Минск

Выдана Камлюку А.Н., Богдановой В.В., Врублевскому А.В., Рева О.В., Назаровичу А.Н. в том, что государственное учреждение «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы» депонировало (№ Д201825 от 12.07.2018) в справочно-информационном фонде сборник материалов I международной заочной научно-практической конференции «Огнезащита и тушение твердых горючих материалов».

Реферат и библиографическое описание рукописи размещены в сети Интернет по адресам www.belisa.org.by и depository.bas-net.by, а также публикуются в научном издании «Реферативный сборник непубликуемых работ. Отчёты НИР, ОКР, ОТР».

Заместитель директора по научной работе

Н.Ф.Зеньчук

