

УДК 614.84:661.174

Ю.К. НАГАНОВСКИЙ, вед. науч. сотр., канд. техн. наук (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОРАСШИРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА

Представлено описание макета установки и предложена краткая методика по определению параметров терморасширения огнезащитных покрытия и герметиков. Апробация работы в виде поисковых исследований образцов интумесцентного типа, отобранных с реальных объектов и объектов сертификации, проводилась на ячейке дифференциально-термического анализа ДТА-850 фирмы Du Pont. По результатам проведенных исследований многочисленных объектов определены возможности разработанной установки, такие как коэффициенты линейного и объемного терморасширения, предельное давление вспучивания; выбраны режимы нагревания. В рамках НИОКР разработана методика пробоподготовки, методика измерений и поверки установки. Возможности установки позволяют использовать ее в виде мобильного (экспрессного) контроля как органами ГПН непосредственно на объектах, так и лабораториями контроля средств огнезащиты на объектах и при их производстве.

Ключевые слова: термический анализ, огнезащита, контроль качества огнезащиты, терморасширение, вспучивание, экспресс-анализатор

Введение

Анализ литературных данных за последние 5–10 лет показывает, что нет единого мнения по целому ряду вопросов, касающихся производства и контроля качества, сертификации огнезащитных составов и материалов интумесцентного типа [1–3]. Показано, что огнезащита различных конструкций остается весьма актуальной задачей с целым комплексом нерешенных проблем, одной из которых является мониторинг качества огнезащиты на объектах в зависимости от времени эксплуатации и сохранности своих огнезащитных свойств [4, 5]. В то же время надежных, правильных, точных и качественных методов и установок в этом направлении не наблюдается. Проверка огнезащитной обработки исходных составов и покрытий на объектах при постоянно растущем количестве производителей, увеличении объемов их применения требует разработки надежных, современных, объективных и мобильных методов их контроля качества и оценки огнезащитной эффективности. Отметим, что качество огнезащиты при сертификации продукции и огнезащита на объектах иногда расходятся между собой и не всегда соответствуют требованиям действующих технических нормативных правовых актов, что влечет за собой снижение огнестойкости конструкций, повышение пожарной опасности материалов и изделий, и, как следствие, приводит к снижению пожарной безопасности объектов.

Отчетливой проявляется тенденция использования для повышения пожарной безопасности объектов так называемой пассивной защиты с помощью материалов и составов интумесцентного типа. Такие объекты, благодаря своим свойствам нашли широкое применение в мировой практике. Достаточно глу-

бокие проработки по исследованию процессов и механизма терморасширения, влияния состава, темпов нагрева и других параметров на эффективность огнезащиты проводятся целым рядом организаций и лабораторий. Отмечаются пути «работы» недобросовестных производителей подобной продукции [1–4].

В связи с расширением применения на практике материалов интумесцентного типа, а к ним относятся не только покрытия, но и герметики, существует необходимость исследования сохранения их свойств как со временем, так и в различных эксплуатационных условиях, т. е. необходимо знать, как изменяться свойства покрытий со временем и как проверить изменившиеся характеристики. В то же время, по нашему мнению, отсутствуют надежные методы оперативного получения характеристик терморасширения, с помощью которых возможно оценить параметры процесса при контроле такого рода продукции непосредственно на объекте, где возможно на месте определить не только толщину покрытия в различных точках, но и проблемные места в огнезащите по визуальным признакам.

В литературе отмечены следующие основные недостатки проводимых огнезащитных работ [4–7]:

низкое качество подготовки поверхностей конструкций (изделий), подвергаемых огнезащитной обработке;

несоблюдение необходимых норм расхода материала или толщины покрытия на обрабатываемой поверхности конструкций (изделий);

нарушение рецептуры огнезащитного состава, что автоматически может привести к снижению огнезащитной эффективности и адгезионных свойств;

несоблюдение требований нормативно-технической документации при производстве огнезащитных работ.

Все это привело к необходимости разработки и создания методик и экспресс-установок для контроля некоторых характеристик материалов интумесцентного типа на объектах при приемке их после нанесения, при решении различных оценочных вопросов (экспертная оценка качества выполненных работ и качества примененного состава, рекламации, жалобы и т. д., продлении срока эксплуатации, проведении инспекционного контроля и т. д.), а также в исследовательских целях.

Ниже представлена схема установки и краткое описание разработанной методики.

Описание установки. Методика испытаний

Установка состоит (рис. 1) из цилиндрического нагревателя с расположенной внутри электроспиралью, термодпары, блока управления (с сенсорным экраном) для контроля и терморегулирования, блока питания, тиристорного блока, защитного кожуха, теплоизоляции. Работа установки предусматривает как автономный режим, так и в составе персонального компьютера, планшета или мобильного телефона.

Примечание: питание установки осуществляется от сети 220 В, в связи с чем автономное питание для нагрузки порядка 100 Вт не предусматривалось.

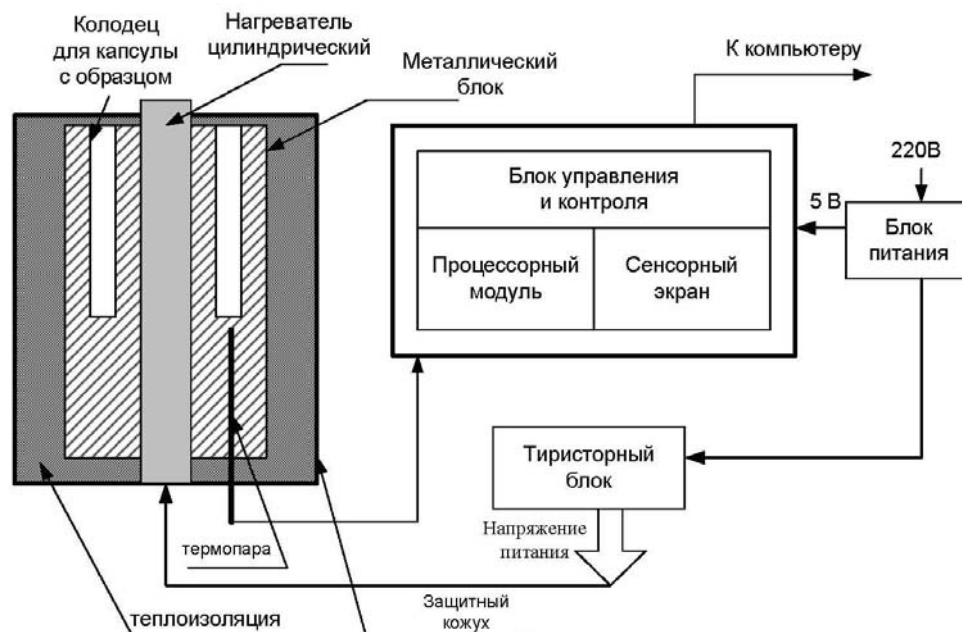


Рис. 1. Схема установки экспресс-анализатора для определения характеристик терморасширения

Для проведения исследовательских работ в стационарных условиях блок управления и контроля имеет возможность подключения к компьютеру, для которого в этом случае разработано программное обеспечение с визуальным контролем воспроизведения процесса нагревания. Режимы нагревания в установке реализуются как по линейному закону (от 0,1 до 50 °С/мин), так и по режимам стандартного пожара (логарифмическая кривая) и теплового удара. В последнем случае образец с капсулой помещается в предварительно разогретую печь.

В металлическом теплопроводящем блоке (серебро, медь) расположены несколько отверстий (колодцев) до 8 штук, что позволяет проводить работу с многочисленным набором проб (примерно 50 подготовленных проб в час). В отверстия помещаются предварительно подготовленные образцы в стеклянных цилиндрических капсулах одноразового применения диаметром 3,2 мм и высотой 28 мм. По форме образцы готовятся в виде дисков диаметром 2,8 мм или порошка массой около 2 мг. Схема изменения размеров образца во время нагревания и измерения линейного коэффициента терморасширения показана на рис. 2.

Толщина образца доводится до первоначальной (δ_0 , примерно 0,20 мм) и измеряется микрометром с ценой деления 0,01 мм, толщина образца после терморасширения (δ_1) измеряется через прозрачную капсулу с использованием лупы с предельной шкалой не менее 30 мм и ценой деления от 0,01 до 0,1 мм. Такая схема расположения образца в капсуле с системой измерений позволяет вычислить как коэффициент линейного, так и объемного расширения (внутренний диаметр капсулы достаточно точно измеряется соответствующим инструментом). Коэффициент линейного вспучивания при нагревании (K) вычисляется как отношение толщины вспененного образца материала в миллиметрах δ_1 , полученного в результате нагрева и выдержки в течение не более 5 мин, к первоначальной толщине δ_0 ($K = \delta_1 / \delta_0$). Температура печи в разработанной установке нормируется на основании термоаналитического эксперимента конкретного объекта испытаний (состав или материал).

Вид кривых термического анализа некоторого конкретного (гипотетического) материала представлена на рис. 3.

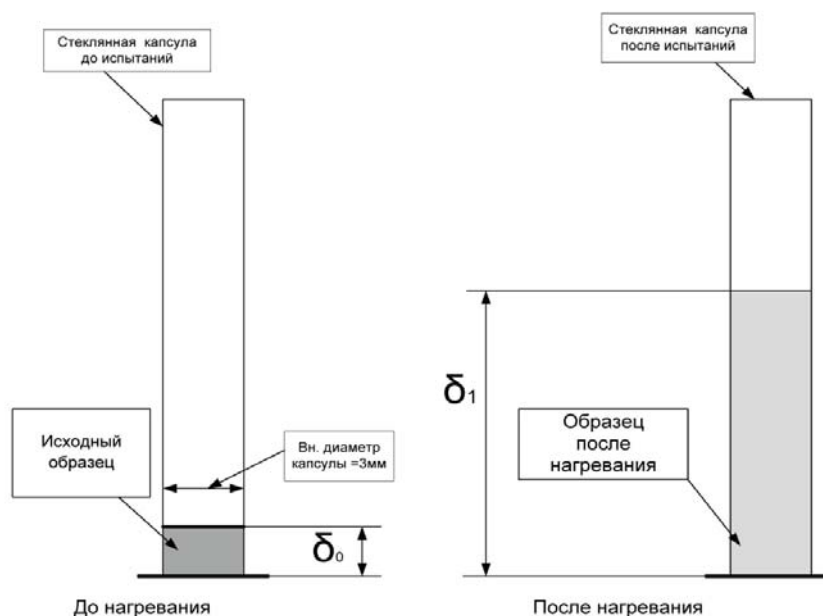


Рис. 2. Схема измерения степени расширения без нагрузки

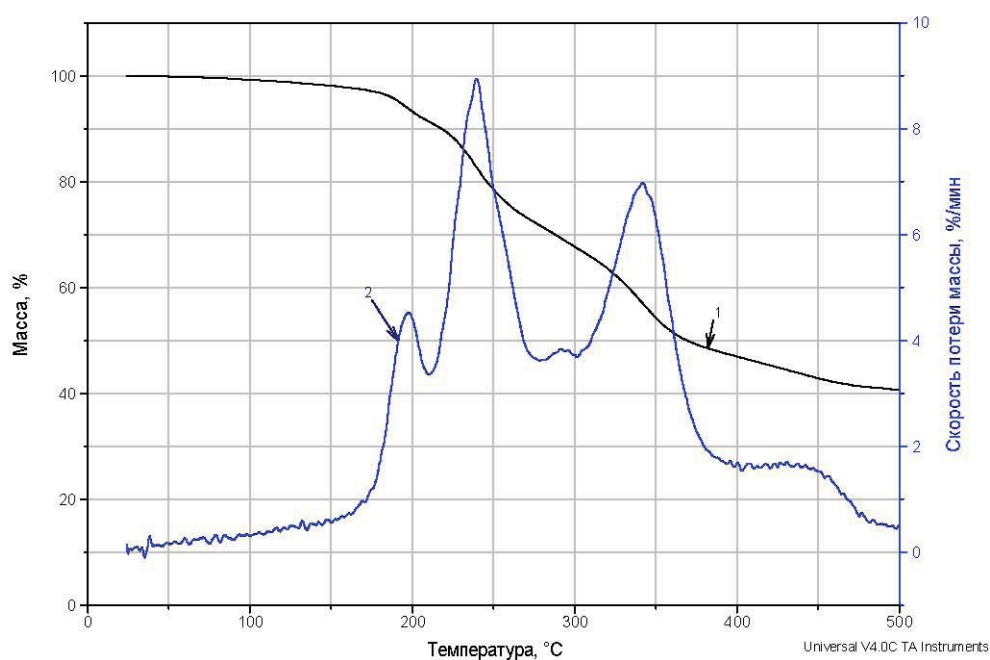


Рис. 3. ТГ (1) и ДТГ (2) кривые образца терморасширяющегося материала при скорости нагрева 20 °С/мин

Разработанная методология позволила определить предельное давление вспучивания (см. схема рис. 4), что отражает прочностные свойства образовавшегося при нагревании пенококса, является также характеристикой противопожарных герметиков, для которых эта величина проверяется при сертификации продукции.

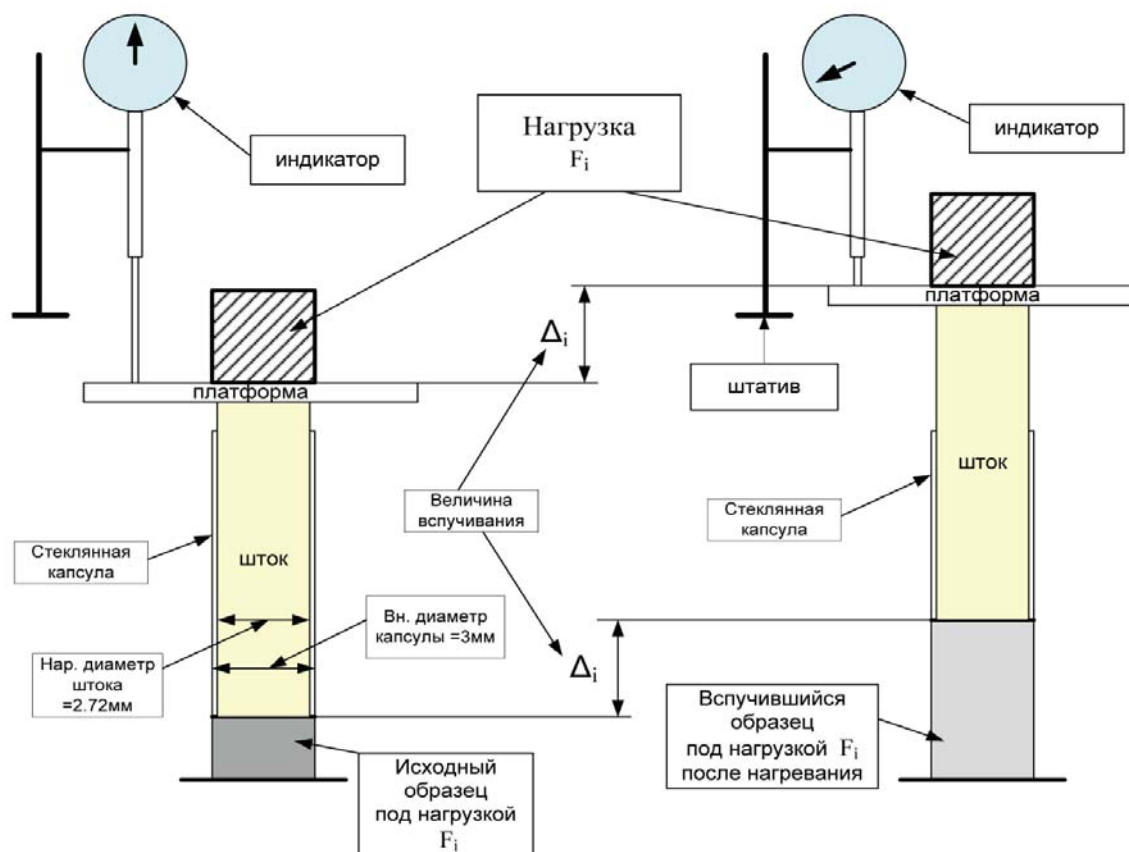


Рис. 4. Схема измерения величины предельного давления вспучивания при нагрузке F_i

Сущность метода определения давления вспучивания (P_0 , Н/мм²) заключается в определении функции (зависимости) величины вспучивания образца материала (Δ_i , мм) при нагревании от величины последовательно задаваемой нагрузки (F_i , г), нахождения уравнения регрессии в виде линейной функции $\Delta = a + bF$ (a и b определяются с использованием программ графических редакторов) и определения нагрузки (F_0 , г), при которой величина вспучивания $\Delta_0 = 0$ мм (т. е. имеет место отсутствие вспучивания).

Из рис. 3 видно, что процесс термодеструкции носит многостадийный характер. Основной этап разложения образца материала происходит в интервале 100...500 °С. Видны три явных ДТГ максимума, начало и окончание процесса (500 °С). В дальнейшем эта температура окончания процесса терморасширения и разложения становится реперной точкой для испытаний на установке (рис. 1).

Проведенные исследования позволили разработать основные технические требования к выбору параметров основных блоков и комплектации составляющих экспресс-анализатора. Общие размеры экспресс-анализатора были выбраны таким образом, чтобы вписаться в габариты переносного кейса для удобства применения в условиях выезда на проверяемый объект. Установка комплектуется системой пробоподготовки для отбора и подготовки проб для анализа в установке.

Работа установки в виде методик апробирована и внедрена в некоторых ведомственных нормативных документах [8, 9].

Выводы

Разработанный экспресс-анализатор позволил создать объективный метод качественной оценки терморасширения (вспучивания) огнезащитных покрытий, терморасширяющихся герметиков непосредственно на строящихся и эксплуатируемых объектах.

Благодаря небольшим размерам и применению современных электронных компонентов экспресс-анализатор может быть выполнен в переносном варианте, он рентабелен и технологичен в изготовлении. Относится к инновационным разработкам.

Для удобства пользования прибором предусмотрено подключение к нему персонального компьютера (ноутбука) или планшетного компьютера. При разработке программного обеспечения реализована функция видеofиксации наряду с измерительной информацией в виде графиков и таблиц, что решает такую функцию контроля, как проверяемость результатов.

Для отбора проб исследуемого покрытия требуется небольшое количество вещества, которое можно отобрать и исследовать пробы непосредственно на объекте.

В настоящее время готовятся документы для патентования разработки в качестве полезной модели.

Список литературы

1. На пути к легальному рынку. Реестр огнезащитных веществ и материалов, прошедших идентификацию. Стандарты и сертификация. Статьи. URL: <http://www.ogneportal.ru/articles/2630>.

2. *Ненахов С.А., Пименова В.П., Пименов А.Л.* Проблемы оценки ресурса работоспособности вспенивающихся огнезащитных покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2009. № 8.

3. *Ненахов С.А., Пименова В.П.* Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 8.

4. *Ненахов С.А., Пименова В.П., Пименов А.Л.* Проблемы огнезащитной отрасли // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 12.

5. *Зыбина О.А.* Теоретические принципы и технология огнезащитных вспучивающихся материалов: 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов: дис. ... д-ра техн. наук.

6. *Вахитова Л.Н., Калафат К.В.* Огнезащита стальных конструкций: метод. рекомендации. К.: ООО «НПП «Интерсервис», 2013. 149 с.

7. *Андронов В.А., Данченко Ю.М., Бухман О.М.* Подходы к определению сроков службы полимерных покрытий. Проблемы пожарной безопасности. Вып. 31. Харьков: НУГЗУ, 2012. 242 с.

8. СТО 017 НОСТРОЙ 2.12.118–2014. Нанесение огнезащитных покрытий. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ.

9. РД ЭО 1.1.2.09.0772–2012. Методика оценки технического состояния и ресурсных систем и средств противопожарной защиты энергоблоков атомных станций.

Материал поступил в редакцию 23.07.2019 г.

Нагановский Юрий Кузьмич – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук. Тел. (495) 524-82-40. E-mail: reut11731@mail.ru (Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Yu.K. Naganovsky

DETERMINATION OF THERMAL EXPANSION CHARACTERISTICS OF INTUMESCENT MATERIALS

The description of installation model is presented as well as the brief methodology for estimation of parameters of heat expansion of fire-retardant coatings and sealants is proposed. The testing of work in form of research of intumescent samples selected from real facilities and objects of certification was carried out at the differential thermal analysis cell DTA-850 of the company Du Pont. The resources of developed installation such as coefficients of linear and three-dimensional thermal expansion, maximum swelling pressure are defined with the help of investigation results of different samples. The modes of heating were chosen. The method for sample preparation as well as the method for installation measurement and testing were developed in the scope of R&D. The capabilities of installation allow using it as mobile (express) control by authorities of GPN directly at facilities as well as by laboratories for control of fire-retardance means at facilities during usage.

Keywords: *thermal analysis, fire protection, fire protection quality control, thermal expansion, swelling, express analyzer*

Yury K. Naganovsky – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher. Phone: (495) 524-82-40. E-mail: reut11731@mail.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.