

# ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

---

## О НОРМИРОВАНИИ, КОНТРОЛЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ СРОКОВ СЛУЖБЫ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В. А. Андронов, проректор по научной работе, д. т. н., профессор  
Национальный университет гражданской защиты Украины,  
г. Харьков*

*Ю. М. Данченко, зав. кафедрой общей химии, к. т. н., доцент  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,  
г. Харьков*

Одной из составных частей общей системы мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций техногенного характера в технологических процессах, зданиях и сооружениях различного назначения, является огнезащита строительных конструкций с помощью огнезащитных полимерных покрытий и материалов. Гарантийный срок службы огнезащитного покрытия в условиях эксплуатации напрямую связан со сроком эксплуатации самих зданий и сооружений. В связи с тем, что сроки эксплуатации строительных конструкций исчисляются десятками лет, возникает вопрос сохранения эффекта огнезащиты покрытий в процессе длительной эксплуатации. Важность и необходимость решения этого вопроса становится очевидной, если учесть, что эффект огнезащиты покрытия может быть утрачен со временем частично или полностью.

На сегодняшний день в Украине отсутствует нормативный документ по определению сроков службы огнезащитных покрытий для строительных конструкций. В 2008 году в рамках совещания представителей департамента пожарной безопасности МЧС Украины, УкрНИИПБ и Государственного центра сертификации было решено адаптировать нормативные европейские документы по вопросу определения срока службы огнезащитных покрытий.

В Украине нашёл применение ГОСТ [1], в соответствии с которым гарантийный срок службы огнезащитного покрытия, нанесенного на конструкцию должен быть равен расчётному сроку эксплуатации оборудования (до капитального ремонта), но не менее 10 лет и должен подтверждаться методом ускоренных климатических испытаний по [2]. Однако, в редакции [1] речь идет об огнезащитных покрытиях интумисцентного типа, а [2] имеет отношение только к лакокрасочным системам. Этими стандартами не учитывается механизм огнезащитного действия и природа подложки, не говоря уже об учете всего спектра разнообразных условий эксплуатации огнезащитных покрытий.

Разработчики и производители отечественных покрытий при оценке долговечности покрытия пользуются существующими нормативными документами для ускоренных испытаний лакокрасочных покрытий [2] (в случае металлической подложки) и пропиточных составов [3] (в случае огнезащиты древесин-

ны). Как правило, они используются в сочетании с трудоёмкими и требующими длительного времени натурными испытаниями с последующим сравнительным анализом.

Несмотря на актуальность проблемы определения сроков службы или долговечности огнезащитных полимерных покрытий, исследований в данной области явно недостаточно. Представленные в литературе исследования часто не согласуются, направлены на изучение сроков службы конкретного материала в определенных условиях эксплуатации и не имеют общих подходов. Поэтому актуальной является задача создания обобщенного подхода для определения сроков службы полимерных огнезащитных покрытий. Для ее решения необходимо рассмотреть основные закономерности и процессы, протекающие в огнезащитном полимерном покрытии от момента его создания до момента утраты им основных эксплуатационных характеристик.

Механизм огнезащитного действия полимерного покрытия зависит, прежде всего, от компонентного состава и физико-химического взаимодействия между компонентами до и после воздействия высоких температур и пламени. Физико-химическими методами снижения горючести полимерных материалов при введении различных химических соединений (замедлителей горения или антипиренов) достигается целенаправленное изменение структуры полимерной матрицы, состава и соотношения компонентов, что приводит к изменению кинетики и механизма химических реакций термического разложения покрытий, воспламенения и горения горючих продуктов, к ингибированию этих реакций. Вследствие этого получают покрытия с различными механизмами огнезащитного действия (трудногорючие, трудновоспламеняемые, самозатухающие, теплостойкие, интумисцентные или вспучивающиеся и др.).

Классификация физико-химических методов, представленных в литературе, основана на механизме огнезащитной эффективности антипиренов в полимерном покрытии. Если за основу для классификации методов снижения горючести взять химическую природу антипиренов, то их можно разделить на 4 группы:

1. Галоген (хлор-, бром-) содержащие органические и неорганические соединения. Эффективны как ингибиторы горения в поверхностной и предпламенной зонах, кроме того, они выделяют негорючие продукты горения. Обычно разлагаются при сравнительно низких температурах с образованием галогенводородов (HCl, HBr) и/или галогенов (Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>). Органические соединения, содержащие хлор, широко применяются в качестве антипиренов в сочетании с соединениями переходных металлов, в первую очередь с оксидом сурьмы Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Хлорсодержащие антипирены можно условно разделить на несколько групп:

- хлорированные линейные углеводороды – хлорпарафины;
- хлорированные циклоалифатические соединения, в первую очередь
- производные гексахлорпентациклодиена;
- хлорированные ароматические соединения;
- хлорированные полимеры, представляющие собой трудногорючие и негорючие соединения и применяемые в качестве антипиренов-добавок для других полимеров.

Бромсодержащие антипирены представляют собой бромированные ароматические соединения и их производные, бромированные алкены и циклоалифатические соединения. Наиболее известными и широко применяемыми являются гексабромбензол и декабромдифенилоксид.

2. Фосфорсодержащие органические и неорганические соединения облегчают пиролитические реакции элиминирования водорода, воды, галогенводородов, являясь катализаторами этих реакций, а также процессов циклизации, что способствует образованию углеродного каркаса. В большинстве случаев применяется фосфорная кислота, её эфиры и соли, меламинофосфат, полифосфат аммония и др. Фосфорсодержащие добавки при термическом воздействии превращаются в фосфорную кислоту, образующую сплошную стеклообразную плёнку полифосфорной кислоты на поверхности горящего полимера, которая действует как барьер, препятствующий передаче теплоты и кислорода. Соединения этой группы, кроме фосфора часто содержат (в разных сочетаниях) галогены, азот, металлы, что иногда приводит к синергическому эффекту. В частности, интумисцентные свойства системы зависят от соотношения количества атомов углерода, азота и фосфора.

3. Азотсодержащие органические и неорганические соединения действуют по принципу поглощения тепла и образования негорючих газов в зоне огня. В качестве таких добавок используются органические и неорганические соли аммония, амиды, выделяющие в условиях высоких температур негорючие газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и др.). Меламин, меламинцианурат, гуанидин, глицин, мочевины используют в качестве пенообразователей во вспучиваемых покрытиях.

4. Металлсодержащие неорганические наполнители – оксиды, гидроксиды, карбонаты алюминия, цинка, сурьмы, кальция, магния, а также дисперсные минеральные наполнители – цеолит, каолин, пемза, гипс, перлит и др. При их введении снижается доля органической горючей части в покрытии, а при температурах 400–500 °С они разлагаются с выделением углекислого газа и паров воды, которые снижают температуру в зоне горения. Во вспучиваемых покрытиях применяют нейтрализованный термически вспучиваемый графит, карбонаты металлов и гидратированные неорганические соли металлов.

В большинстве случаев в огнезащитных полимерных покрытиях химические соединения, обеспечивающие их огнезащитное действие, находятся в определённых соотношениях. Синергизм их совместного действия обеспечивает огнезащитную эффективность покрытия при повышенных температурах во время пожара. Однако до возникновения вышеуказанных условий покрытие долгое время может контактировать с атмосферным воздухом или воздухом рабочей зоны помещений, влагой, солнечным излучением, подвергаться неустойчивому температурному воздействию, а также воздействию различных жидких и газообразных веществ, подвергаясь газовой, химической, электрохимической, биологической и биохимической коррозии.

Под действием этих факторов может существенно измениться как качественный, так и количественный состав композиции и полностью утрачивается огнезащитное действие покрытия.

Экспериментальные результаты позволяют выделить следующие основные процессы, приводящие к уменьшению сроков службы покрытий в процессе эксплуатации:

- химические процессы в покрытии, в том числе на поверхности наполнителей, являющиеся результатом диффузии внешних реагентов (кислорода, активных газов, воды, растворов кислот, щелочей и др.) и активизирующих факторов (солнечное излучение, температура и др.); примером таких процессов в огнезащитных покрытиях могут быть реакции гидролиза солей, образованных слабыми кислотами (фосфаты, карбонаты) и слабыми основаниями (соли аммония); растворение с последующим вымыванием растворимых в воде неорганических (сульфаты, фосфаты) и органических (амиды, амины, мочевины и др.) соединений; реакции окисления с участием кислых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  и др.), а также кислорода; реакции замещения и обмена в случае контакта с растворами солей, кислот, щелочей; под воздействием температуры могут протекать реакции термического разложения неустойчивых органических соединений, например гуанидина ( $t_{\text{дестр}} \approx 160^\circ\text{C}$ ), мочевины ( $t_{\text{дестр}} \approx 130^\circ\text{C}$ ), хлорпарафинов ( $t_{\text{дестр}} \approx 160^\circ\text{C}$ ) с образованием газообразных продуктов разложения аммиака, хлороводорода, углекислого газа, паров воды и др.

- фотохимические процессы, протекающие под воздействием тепла и солнечного излучения; имеют место в покрытиях, содержащих галогенсодержащие антипирены, которые разлагаются по радикальному механизму с образованием газообразных галогенводородов и галогенов;

- физико-химические процессы, приводящие к структурным изменениям в покрытии за счёт активации сегментальной подвижности макроцепей солнечным излучением и температурой;

- электрохимические процессы, протекающие в зоне адгезионного контакта (в случае металлической или железобетонной подложки);

- биохимические процессы (биохимкоррозия), являющаяся результатом биологического повреждения (грибами, бактериями или продуктами их жизнедеятельности) компонентов покрытия, чаще всего полимерного связующего и антипиренов.

Однако в большинстве случаев к уменьшению огнезащитной эффективности покрытий приводит одновременное протекание нескольких видов процессов. Это в значительной степени осложняет задачу оценки долговечности огнезащитного полимерного покрытия. Таким образом, можно утверждать, что долговечность и сроки службы огнезащитных полимерных покрытий в процессе эксплуатации будет определяться несколькими факторами:

- физико-химическими и биохимическими процессами в полимерной матрице с потерей технологических, прочностных и др. эксплуатационных характеристик;

- химическими, биохимическими фотохимическими и физико-химическими процессами с потерей огнезащитных характеристик;

- физико-химическими и электрохимическими процессами на границе покрытие-подложка с потерей адгезионных характеристик.

Конечный срок службы покрытия будет определяться теми процессами, скорость и интенсивность которых будет преобладать.

Вышеизложенные подходы могут быть основой для разработки единой оценки продолжительности сохранения покрытием огнезащитной эффективности, что напрямую связано с предупреждением возникновения чрезвычайных ситуаций во время пожара. Впоследствии возможно создание национального нормативного документа, регламентирующего определение сроков службы покрытий в условиях эксплуатации, учитывающего все особенности процессов потери ими огнезащитной эффективности.

### Список использованной литературы

1. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: ГОСТ Р 12.3.047-98. – [Дата введения 2000-01-01]. – М.: Госстандарт России, 1998. – 88с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).

2. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов: ГОСТ 9.401-91. – [Дата введения 01.07.92]. – М.: Госстандарт Союза ССР, 1991. – 61с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

3. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств: ГОСТ 16363 – 98. – [Дата введения 01.07.1999]. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 11с. – (Межгосударственный стандарт).

### К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*С. Н. Тростянский, д. т. н., профессор кафедры физики  
Ю. Н. Зенин, начальник института  
Г. А. Бакаева, к. т. н., доцент кафедры пожарной безопасности  
технологических процессов  
Воронежский институт ГПС МЧС России, г. Воронеж*

Общее количество пожаров, возникающих на хозяйственных объектах за единицу времени на определенной территории можно представить в виде суммы количества пожаров, возникающих по причинам, обусловленным нарушениями требований пожарной безопасности, т. е. профилируемыми Государственной противопожарной службой (ГПС)  $K_p$  и количеством пожаров, происходящих по причинам, не профилируемым ГПС факторами  $K_n$ , т. е.

$$K = K_n + K_p. (1)$$