

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Зыбина О.А., зав. кафедрой «Пожарная безопасность» ИСИ
ФБГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого», д.т.н., доцент**

В настоящее время в области огнезащитных технологий сохраняется методологическая проблема — отсутствие общепринятой классификации интумесцентных материалов. Это обстоятельство приводит к тому, что разработчики, проектировщики, производители, специалисты испытательных лабораторий и судебные эксперты вынуждены действовать в условиях терминологической и технологической неопределённости. Материалы, отличающиеся по химической природе, механизму вспучивания и структуре формируемого пенококса, нередко попадают в одну категорию, что искажает результаты испытаний, осложняет экспертизу, а иногда — приводит к ошибочным решениям при выборе материалов на этапе проектирования и ошибочным заключениям при расследовании пожаров и разрушений покрытий. Ситуация усугубляется тем, что существующие методологические подходы опираются на устаревшие представления о химической природе интумесцентного процесса. Так на протяжении почти ста лет считалось, что при термолизе покрытий на основе интумесцентной триады (полифосфата аммония, меламина и пентаэритрита) формируется пенококс на основе фосфоэфирных смол. Эта модель легла в основу большинства теоретических и прикладных разработок, определяла подходы к выбору компонентов и методы аналитической идентификации. Однако современные исследования, проведённые с использованием спектроскопических и термохимических методов, позволили установить, что при нагреве указанной триады образуется пенококс совершенно иной природы. Его структурная матрица представляет собой меламинальдегидный полимер, а не фосфоэфирные соединения, как считалось ранее. Этот факт имеет принципиальное значение, так как он меняет само понимание механизма вспучивания, роли каждого из компонентов и всей логики построения рецептур интумесцентных композиций. Следовательно, как разработку, так и идентификацию подобных материалов необходимо осуществлять на новом научном основании. Продолжение использования старых концепций неизбежно ведёт к ошибкам и при интерпретации инструментальных данных - эксперты, подгоняя результаты под опровергнутые, но привычные модели, делают ложные выводы о природе защитного слоя и механизме его работы.

Серьёзные трудности наблюдаются и в области натурных испытаний, в том числе в процессе сертификации. Опыт показал, что при «отжиге» одной и

той же композиции в разных аккредитованных лабораториях расхождение результатов может достигать тридцати и более процентов. Причина этого не только в различиях конструкции огневых печей, используемого топлива и методах установки испытуемых образцов, но и в отсутствии подтверждения воспроизводимости, сходимости результатов различных испытаний, а также контроля технологических факторов нанесения и сушки покрытия. Часто испытательные центры получают готовые образцы, не имея информации о реальных условиях их подготовки, что само по себе противоречит духу нормативных требований и подрывает достоверность результатов. Проведённые авторами исследования показали, что время сушки покрытия и режим его формирования могут оказать критическое влияние на огнезащитную эффективность.

Для повышения воспроизводимости огневых испытаний целесообразно учесть зарубежный опыт. Вместо одного крупного образца, как это предусмотрено в ГОСТ 53295–2009, логично проводить одновременное испытание нескольких образцов стержневых конструкций, а по контрольному методу - четырёх малогабаритных пластин размерами 300×300 мм вместо одной 300×300 мм. Это позволяет получить статистически достоверные данные. Проведенные авторами подобные опыты показали высокую сходимость результатов и более полное понимание поведения интумесцентных систем при тепловом воздействии.

Не менее остро стоит вопрос идентификации и аналитической диагностики интумесцентных материалов. Сегодня применяемые методики, основанные преимущественно на термическом анализе, не обеспечивают достаточной информативности и интерпретируются некорректно. Показатели зольного остатка и термостабильности, традиционно используемые в качестве косвенных признаков огнезащитной эффективности, на практике не коррелируют с фактическими значениями огнезащитной эффективности. Материалы, демонстрирующие высокий зольный остаток, нередко показывают низкую эффективность в условиях стандартного температурного режима. Это свидетельствует о том, что подход к аналитической идентификации необходимо пересматривать. Наиболее перспективным направлением является дополнение традиционного термического анализа контрольным методом по ГОСТ 53295–2009 для установления наличия огнезащитной эффективности, а также методами инфракрасной спектроскопии и кислородной микрокалориметрии. Первая позволяет фиксировать химические превращения и идентифицировать формирование меламинальдегидных фрагментов, вторая — определять тепловыделение при окислении продуктов термоллиза и тем самым уточнять реальную теплофизическую картину процесса. Применение

этих методов в комплексе обеспечивает объективность при сравнении различных марок интумесцентных материалов и позволяет выявлять контрафактную продукцию, что особенно важно в условиях растущего рынка и снижения доверия к формальной сертификации. При этом проблема воспроизводимости затрагивает и инструментальные методы, так даже небольшие различия в стабильности приборов, особенно в характеристиках нагрева при дифференциальном термическом анализе, приводят к искажению данных, смещению в область более высоких температур с последующей ложной интерпретацией в пользу того, что образцы не идентичны. Поэтому протоколы идентификационных испытаний должны дополняться сведениями о метрологических характеристиках приборов, о повторяемости измерений и термостабильности систем нагрева. Только при этом условии можно говорить о воспроизводимости и достоверности получаемых результатов.

Таким образом, современная ситуация требует системных мер. Прежде всего необходимо разработать единую классификацию интумесцентных материалов, основанную не на внешнем эффекте вспучивания, а на механизме коксообразования (термолитический синтез, терморасширение, каталитическая дегидратация) и типе интумесцентной системы, формирующей пенококсы.

Важным шагом должно стать обновление нормативной базы испытаний с включением дополнительных методов — инфракрасной спектроскопии и кислородной микрокалориметрии, испытаний по контрольному методу образцов свидетелей (четырёх малогабаритных пластин размерами 300×300 мм) — в состав обязательных идентификационных процедур. Следовательно, необходимо предусмотреть в системе сертификации обязательное формирование эталонных образцов-свидетелей, которые могли бы использоваться при инспекционном контроле интумесцентных покрытий и судебной экспертизе. Эти образцы, в отличие от смонтированных на объекте, должны храниться в защищённых условиях и обеспечивать возможность сопоставления состояния эксплуатирующегося покрытия с исходным сертифицированным вариантом из той же самой производственной серии, а не серии, произведённой спустя несколько лет и отличающейся иным марочным составом сырья (при том, что изменений в рецептуре не было).

Важным направлением представляется создание межлабораторных референтных центров, оснащённых унифицированным оборудованием для проверки воспроизводимости результатов. Особое внимание должно быть уделено подготовке технологов, проектировщиков, экспертов и иных профильных специалистов, так как применение старых моделей интерпретации данных в новых условиях становится источником

технологических, методологических, экспертных ошибок и непосредственно влияет на безопасность объектов.

Таким образом, развитие огнезащитных технологий вступило в этап, когда накопленный эмпирический опыт требует переосмысления на уровне научных оснований. Новые данные о природе пенококса и уточнённые механизмы термолиза интумесцентных систем позволяют сформировать современную теорию, основанную на достоверных химических и физико-технических представлениях. Её реализация в практике проектирования, испытаний и контроля качества обеспечит не только повышение эффективности огнезащиты конструкций, но и достоверность экспертных заключений, снижение доли контрафактной продукции и, как следствие, рост уровня пожарной безопасности зданий и сооружений в стране.

1. Разработка лабораторных методов оценки эксплуатационных показателей интумесцентных покрытий/ И.А. Виролайнен, А.В. Мартынов, А.А. Устинов, О.А. Зыбина// Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2019. – № 48(74). – С. 130-133.
2. V. Bogdanova, O. Kobets, O. Buraya, A. Ustinov, O. Zybina Intumescent compounds for fireproofing of polymer pipelines // Magazine of Civil Engineering. – 2022. – No. 8(116). – P. 11607. – DOI 10.34910/MCE.116.7. (Q2)
3. A. Ustinov, O. Zybina, L. Tanklevsky, V. Lebedev, A. Andreev, Intumescent coatings with improved properties for high-rise construction, E3S Web of Conferences 33, 02039 (2018) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302039>
4. Nikitina M., Ustinov A., Kiseleva V., Babikov I., New fire retardant compositions for fire-resistant automatic curtains, International scientific conference on energy, environmental and construction engineering (EECE-2018), «MATEC Web of Conferences» 245:11004 (2018) 10.1051/matecconf/201824511004
5. Ustinov A., Zybina O., Tomakhova A., Pavlov S., The enhancement of operating properties of intumescent fire-protective compositions, International scientific conference on energy, environmental and construction engineering (EECE-2018), «MATEC Web of Conferences» 245:11004 (2018) 10.1051/matecconf/201824511008