

**Fire protection of materials, products and structures made of wood: tests and economy**  
**Tychino N.**  
**Огнезащита материалов, изделий и конструкций из древесины:**  
**испытания и экономика**  
**Тычино Н. А.**

*Тычино Николай Александрович / Tychino Nikolai - доктор технических наук, научный руководитель, общество с дополнительной ответственностью «Огнезащита», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация:** проведена оценка разных подходов к испытаниям горючести древесных материалов и пожарной опасности строительных изделий и конструкций из древесины, обработанной огнезащитными средствами разного качества. На основе существующих методологий испытаний выработаны предложения, направленные на оптимизацию показателей качества при практической реализации огнезащитных технологий, а также показаны возможности экономии материальных затрат по номенклатуре испытаний.

**Abstract:** was made the evaluation of different approaches to testing the flammability of wood materials and fire hazard of building products and components made of wood, which were treated with flame retardants of different quality. On the basis of existing test methodologies were worked out proposals aimed at optimizing the quality indicators in the practice of fire retardant technology, as well as the ability to save material costs for test nomenclature.

**Ключевые слова:** огнезащита, древесина, эффективность, горючесть, пожарная опасность, испытания, показатели качества, экономика.

**Keywords:** fire protection, wood, efficiency, flammability, fire danger, testing, quality indicators, the economy.

Пожар, если его рассматривать как опыт, является самым надежным, хотя и нежелательным событием для оценки работоспособности внедренных противопожарных мероприятий, поэтому анализ реальных пожаров помогает определить несовершенство отдельных норм и правил, методов испытаний и оценить эффект огнезащиты объектов деревянного строительства. Экспериментальные исследования, моделирующие пожар, являются основным видом доказательства теоретических вероятностных расчетов, прогнозов и гипотез огнезащитного действия новых средств. Поэтому каждое новое огнезащитное средство должно проходить всестороннюю проверку и оцениваться, прежде всего, с позиции заданных требований к огнезащитной эффективности, экологической и санитарно-гигиенической безопасности, а также эксплуатационных показателей качества согласно области предполагаемого использования. На основе полученных показателей качества устанавливаются технические требования к новому огнезащитному средству, осуществляется разработка технической и технологической документации на производство и применение новых антипиренов, которые будут учитывать современную нормативную базу.

В последнее время в научных изданиях появляется все меньше печатных работ, посвящаемых исследованию реальных пожаров, с оценкой роли огнезащитных технологий в снижении ущерба на объектах строительства, использующих изделия и материалы из древесины с огнезащитной обработкой, а ведь экономическая целесообразность должна исходить из работоспособности профилактических мероприятий, их обоснованной необходимости. Доказательная база в этом вопросе не всегда убедительна или не всегда достоверна. Вместо этого все чаще появляются предложения расширить номенклатуру показателей качества и соответственно новых методов испытаний, в том числе и уже известных характеристик качества огнезащитных технологий, и все это количество предполагается вводить в процессы сертификации продукции и лицензирование услуг. Проблема не в том, что появляются новые методы испытаний, а в том, что методы, как правило, не имеют достаточной научной проработки и соответствующего обоснования для внедрения. Сегодня нередко бывает так: только появившись, новый стандарт уже требует внесения изменений, что достаточно накладно и трудоемко, а с точки зрения экономики получается обратный эффект.

Пожарная безопасность строительных конструкций и отделочных материалов из древесины с огнезащитной обработкой, как и любого другого строительного материала, оценивается ее реагированием на проявление внешнего огневого воздействия путем сопротивления возгоранию или снижением скорости распространения пламени в условиях реального пожара, что должно помочь на практике определению ее места эксплуатации. Поэтому и испытания должны объективно оценивать способность древесины с огнезащитной обработкой не допустить развитие пожара при его возникновении до конкретного предела или сдерживать возможность возникновения пожароопасной ситуации при появлении внешних источников зажигания. При практическом применении древесины с огнезащитной обработкой в качестве строительного материала, изделия или конструкции нет доказательных оснований для расширения номенклатуры показателей качества по оценке огнезащитного действия, и, в первую очередь, нет оснований для применения оценочных показателей косвенного

характера, которые, как правило, служат экспериментальной базой для решения исследовательских задач. Для практики достаточно оценить огнезащитную эффективность древесины, находящейся в эксплуатации, стандартными (устоявшимися), относительно простыми и, как показывает практика, надежными методами испытаний. Вопросы испытаний и классификации строительных материалов по пожарной опасности рассмотрены в работе [1], где показаны основные классификационные характеристики качества, а также проведено сравнение с подходами оценки пожарной опасности, принятыми европейскими нормами (ЕН). Отличия от наших методов испытаний есть, но есть и общие, применяемые в ЕН и ГОСТ показатели качества, на которых основывается классификация материалов и изделий по пожарной опасности, например, при классификации по горючести и огнезащитной эффективности по ГОСТ и пожарной опасности материалов по ЕН [1]. К ним относятся такие показатели качества как прирост температуры дымовых газов, потеря массы образцом и время самостоятельного горения.

Испытания пожароопасных свойств строительных материалов отличаются от огневых испытаний строительных конструкций в методах, технической и технологической специфичности, по сложности, стоимости и длительности испытаний. Строительные материалы классифицируются по свойствам их горючести, а строительные конструкции по пожарной опасности, что имеет отличительные особенности, например, для конструкций требуется дополнительно оценить распространение пламени по поверхности материала. Конструкции испытываются как горизонтальные, так и вертикальные, что связано с разными условиями эксплуатации и возможными путями и скоростью распространения пламени. Горючие свойства материала оценивают в лабораторных условиях на малых образцах. Конструкции испытывают в натуральную величину или с размерами, близкими к натуральным размерам конструкций. Подготовка к испытаниям материалов условно проста и не занимает много времени, не требует значительных затрат, а подготовка к испытаниям строительных конструкций требует создания специальных условий и оборудования, большого объема уничтожаемых материалов в виде топлива, древесины и антипиренов, а также испытания требуют длительного времени для проведения подготовительных, наладочных и испытательных работ. Поэтому и стоимость в первом случае реалистична, т.к. присутствуют незначительные затраты на подготовку и проведение испытаний, во втором случае стоимость основательно отличается, т.к. требуются значительные средства на наладку оборудования и на проведение самих испытаний. Существующие подходы к испытаниям в значительной степени сдерживают разработку и внедрение новых современных строительных изделий, материалов и конструкций, изготавливаемых из древесины с огнезащитной обработкой.

Рассматривая проблему измерения огнезащитной эффективности материалов и строительных конструкций, изготовленных из древесины, обработанных эффективными средствами, можно с высокой степенью доверительной вероятности утверждать, что уровни (классы) пожарной опасности допустимо оценивать путем сопоставления величин основополагающих параметров, полученных при огневых испытаниях лабораторных образцов древесины. Для отдельных деревянных строительных изделий и конструкций такое сопоставление позволит отказаться от проведения дорогостоящих крупномасштабных полигонных огневых испытаний.

В практической деятельности используются несколько подходов для стандартной классификации огнезащитных средств, по результатам которых древесине присваивается определенный уровень огнезащитной эффективности. Первый подход описан в СТБ 11.03.02 (п. 5.3.2, 5.3.3) [2] - основополагающим в Республике Беларусь стандарте для обязательной сертификации продукции на соответствие требованиям пожарной безопасности. Методикой для испытаний по СТБ 11.03.02 [2] является ГОСТ 16363 (п. 6.1) [3]. Согласно данному подходу, древесину подразделяют на две группы огнезащитной эффективности: I группа - когда потеря массы при огневых испытаниях не превышает 9 %, II группа - когда потеря массы при огневых испытаниях не превышает 25 %. В данном стандарте за основной показатель качества огнезащиты принимается процент потери массы образцом при двухминутном огневом воздействии. Данный метод позволяет также фиксировать температуру дымовых газов в процессе огневого воздействия на образец и время его самостоятельного горения, визуально возможно также оценивать интенсивность выделения дыма при проведении опыта. Эти характеристики для классификации по СТБ 11.03.02 и ГОСТ 16363 [2, 3] не подлежат контролю, но они уже более 10 лет фиксируются при проведении испытаний в лаборатории технического контроля ОДО «Огнезащита», и эти показатели позволяют определить более эффективное огнезащитное средство при равных показателях потери массы. В результате многолетнего опыта лабораторией технического контроля проведено более двух тысяч огневых испытаний с фиксацией максимальной температуры дымовых газов в течение двухминутного огневого воздействия на образец и времени самостоятельного горения образца после удаления источника зажигания, также оценивались эффекты вспенивания антипиренов, входящих в средства огнезащиты. Исходя из опыта, полученного на основании проведенных испытаний, можно утверждать, что поверхностными способами пропитки древесины обеспечивать I группу огнезащитной эффективности [3] возможно при условии, когда при термическом разложении антипиренов

присутствует эффект их вспенивания, т. е. эффект образования теплоизолирующего слоя, аддитивно усиливающий общий огнезащитный эффект пропиточного средства. Кроме того, опытным путем установлено, что удержание  $0,5 \text{ кг/м}^2$  средства в поверхностных слоях древесины сосны и тем более ели при пропитке способами нанесения на поверхность кистью или распылением, в условиях смонтированных изделий и конструкций проблематично. Оптимальный эффект удержания огнезащитного средства в древесине наблюдается при 2-х, максимум 3-х кратной обработке ее поверхности, причем плотность раствора антипиренов  $1,20\text{-}1,28 \text{ г/см}^3$  является оптимальной для получения высокого огнезащитного эффекта и удержания достаточного количества сухих веществ без их последующей кристаллизации на поверхности обработанной древесины.

Второй подход описан в ГОСТ 12.1.044 (п. 4.3) [4], где основным показателем качества является температура дымовых газов, проявляемая при огневом воздействии на испытываемый материал. В соответствии с методом экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов [4] древесина относится к трудногорючей (ТГ), если температура дымовых газов в течение 5 мин. огневого воздействия не превышает  $260^\circ\text{C}$ . Но, в отличие от ГОСТ 16363, где по условиям испытаний плотность теплового потока примерно равна  $65 \text{ кВт/м}^2$  ( $750^\circ\text{C}$ ), условия испытаний по ГОСТ 12.1.044 осуществляют при тепловом потоке, примерно равном  $40 \text{ кВт/м}^2$ , что адекватно температуре  $630^\circ\text{C}$ .

Третий подход описан в ГОСТ 30219 (п. 3.4) [5]. Согласно требованиям данного стандарта древесина по эффективности огнезащитной обработки подразделяется на две группы, как и по стандарту [2], только I группа дополнительно подразделена на три подгруппы – IA, IB, IB (IA – средняя потеря массы до 5 %, время самостоятельного горения отсутствует, а температура дымовых газов до  $220^\circ\text{C}$ ; IB – средняя потеря массы до 7 %, время самостоятельного горения до 1 мин., а температура дымовых газов до  $250^\circ\text{C}$ ; IB – средняя потеря массы до 9 %, время самостоятельного горения до 1 мин., а температура дымовых газов до  $350^\circ\text{C}$ ).

Четвертый подход описан в ГОСТ 30244 [6] (метод II, п. 7). По ГОСТ 30244 (п. 5.3) горючие строительные материалы подразделяют на четыре группы горючести Г1 (слабо горючие), Г2 (умеренно горючие), Г3 (нормально горючие), Г4 (сильно горючие). Данное подразделение на четыре группы горючести зависит от следующих параметров горючести, полученных в результате испытаний: температура дымовых газов; степень повреждения образцов по длине и по массе; продолжительность самостоятельного горения образцов [6] (п. 5.3). При испытаниях по ГОСТ 30244 время действия источника зажигания составляет 10 мин., а температура в зоне горения от нижней кромки образца на расстоянии 300 мм составляет  $350^\circ\text{C}$ . Этот стандарт применяется и для древесины, обработанной огнезащитными средствами при классификации ее по группам горючести.

Уровень огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363 [3], ГОСТ 30219 [5] и ГОСТ Р 53292 [7] оценивают идентично, только по ГОСТ 30219 [5] результат испытаний для первой группы огнезащитной эффективности разделен на три подгруппы. Такое разделение было актуально в период адаптации нового метода испытаний по ГОСТ 30244 [6], когда новая методика только внедрялась в Республике Беларусь, Казахстане и Украине, аппаратурное обеспечение отсутствовало, и поэтому потребовалось вести сравнение результатов по уже известным методам испытаний. Проведенный анализ наработанных результатов испытаний показал, что группа горючести Г1, полученная при испытаниях по ГОСТ 30244 [6], сравнима с первой группой огнезащитной эффективности, подгруппой ТГ-IA, полученной при испытаниях по ГОСТ 30219 [5]. Например, если потеря массы образцов при огневом воздействии по ГОСТ 30219 [5] не превышает 5 %, то данное огнезащитное средство может претендовать на получение группы горючести Г1 по ГОСТ 30244 [6]. И наоборот, если огнезащитное средство обеспечивает получение группы горючести Г1 по ГОСТ 30244, то оно однозначно обеспечивает получение первой группы огнезащитной эффективности, подгруппы ТГ-IA по ГОСТ 30219. Такая трактовка верна и может применяться на практике, когда испытания проведены по ГОСТ 30244, а требуется проводить классификацию по ГОСТ 30219 (группа горючести Г1 равноценна группе горючести ТГ-IA). Замена Г1 на ТГ-IA определена из-за того, что в девяностых годах при переходе с классификации по ГОСТ 30219 к классификации по ГОСТ 30244 в отдельных технических нормативных правовых актах (ТНПА) оставили старую классификацию по ГОСТ 30219 [5], а в других перешли на новую классификацию оценки качества огнезащиты древесины по ГОСТ 30244 [6].

Современная методология пожарно-технической классификации строительных материалов и конструкций основывается на совокупности международного опыта исследования пожаров и испытаний, в основу которых был положен температурно-временной режим развития процессов горения древесины. На этой основе были разработаны методы испытаний строительных материалов, изделий и строительных конструкций, которые сегодня используются также и в качестве квалификационных испытаний древесины, обработанной огнезащитными средствами разного качества. Как уже было показано, пожарно-техническая классификация древесины с огнезащитной обработкой как строительного материала осуществляется по ГОСТ 30219 [5], если требуется определить подгруппу трудногорючих

материалов (ТГ-1А, ТГ-1Б, ТГ-1В) или по ГОСТ 30244 (метод II) [6], если требуется установить: относится древесина к группе слабо горючих (Г1) или умеренно горючих (Г2) строительных материалов.

Для испытаний строительной древесины с огнезащитной обработкой по ГОСТ 30244 [6] применяется огневая установка и метод определения трудногораемых (трудногорючих) материалов в соответствии с ранее действующим стандартом СТ СЭВ 2437-80 [8]. По терминологии восьмидесятых годов прошлого века понятие трудногораемость (трудногорючесть) понималось как высокий уровень огнезащиты древесины, что по оценочным параметрам действующего сегодня ГОСТ 30244 соответствует группе горючести Г2. В восьмидесятые годы 20-го века считали, что трудногораемая древесина обеспечивает параметры распространения пламени по поверхности строительных конструкций менее 40 см по вертикали и менее 25 см по горизонтали. Сегодня ранее принятые характеристики повреждения конструкций при горении по массе и длине применяют для определения пожарной опасности конструкций при испытаниях по ГОСТ 30403 [9]

Согласно ГОСТ 30403 [9] (п. 10.1, табл. 1), класс пожарной опасности конструкций К1 при времени теплового воздействия 15 или 30 минут достигается, если выполнены следующие показатели качества: размер повреждения конструкции по вертикали должен быть ниже 40 см., а по горизонтали менее 25 см.; если отсутствует тепловой эффект от горения древесины (превышение температуры в камерах над температурным режимом испытаний), обработанной огнезащитным средством; не должно быть пламенного горения выделяющихся газов; группа горючести по ГОСТ 30244 [5] принимается не ниже Г2; когда воспламеняемость по ГОСТ 30402 [10] не выше В2; группа дымообразующей способности соответствует материалам с умеренной дымообразующей способностью (Д2) по ГОСТ 12.1.044 [3]. Отметим, что согласно строительным нормам ТКП 45- 2.02.142 (табл. А1, п. 15) [11], характеристика воспламеняемости учитывается только если группа горючести по ГОСТ 30244 [6] оценивается как Г3 или Г4, что не характерно для материалов и изделий с огнезащитной обработкой.

Средства огнезащиты ОК-ГФМ, ОК-ДСМ, СПАД-0 были разработаны в Республике Беларусь с целью придания древесине высоких огнезащитных свойств, соответствующих группе горючести материалов Г1 по ГОСТ 30244 [6]. Средство огнезащитное ОК-ГФМ получено путем гидролиза полисахаридов в ортофосфорной кислоте с последующим соединением с карбамидом и образованием кристаллогидрата общей химической формулы  $C_9H_{25}O_{12}PN_6 \cdot 4H_2O$  (6-монодициандиамидокарбамидофосфат глюкозы). Антипирен СПАД – поли(ди)метиленидициандиамидофосфат, продукт поликонденсации моносоединений с образованием фосфорсодержащей дициандиамидоформальдегидной водной вязко-текучей системы. Огнебиозащитное средство ОК-ДСМ – комплексная синтезированная водная система фосфорилированного гидролизата полисахарида с дициандиамидоформальдегидом, которая в условиях высыхания образует полимеркристаллогидрат с высокими огнезащитными и биозащитными свойствами [12].

Экспериментальные исследования горючести образцов древесины размером 150x60x30 мм, обработанных огнезащитными средствами ОК-ГФМ, СПАД-0 и ОК-ДСМ с расходом 402 кг/м<sup>2</sup> (сухих веществ 0,17 кг/м<sup>2</sup>), 350 кг/м<sup>2</sup> (сухих веществ 0,15 кг/м<sup>2</sup>) и 356 кг/м<sup>2</sup> (сухих веществ 0,14 кг/м<sup>2</sup>), соответственно, проводили при плотности теплового потока 65 кВт/м<sup>2</sup> (750<sup>0</sup>С) в течение 5 минут, вместо 2-х минут как установлено ГОСТ 16363, показали, что потеря массы образцами после испытаний составила 25 % для средства ОК-ГФМ и 17 % для средства СПАД-0. Испытания в таких же условиях средства ОК-ДСМ показали, что температура дымовых газов в течение всех 5 минут испытаний колебалась в пределах 150-170<sup>0</sup>С, т. е. не достигала температуры 200<sup>0</sup>С, которая должна устанавливаться до начала испытаний согласно ГОСТ 16363 [3]. Это может означать, что при термическом воздействии в результате разложения антипиренов происходит выделение негорючих газов, вытесняющих из зоны горения кислород воздуха. Выделение дыма в процессе первых 4-х минут не наблюдалось, только на пятой минуте появились слабые, едва заметные проблески дыма белого цвета, потеря массы составила 7,7 %.

Приведенные ранее экспериментальные исследования огнезащитных средств ОК-ГФМ, ОК-ДСМ и СПАД-0 [13] показывают, что эти средства огнезащиты способны придать древесине свойства, выдерживающие все характеристики, присущие классу малой пожарной опасности (К1) при испытаниях обработанных ими деревянных конструкций по ГОСТ 30403 [9]. Как показывает опыт, тепловой эффект при испытаниях древесины с огнезащитной обработкой не проявляется, горючий расплав не образуется, выделяются только инертные газы, ведущие к нехватке кислорода воздуха в зоне горения. Распространение пламени по поверхности строительных конструкций по причине образования теплоизолирующего слоя при тепловом воздействии отсутствует или будет незначительным. Очевидным является и то, что достижение данными средствами группы горючести Г1 обеспечивает более значительный огнезащитный эффект, чем установлено ГОСТ 30403 (табл. 1) [9]. Поэтому показатели огнезащитной эффективности, установленные для средств ОК-ГФМ и СПАД-0, смогут достигать показателей пожарной опасности для деревянных конструкций, обработанных ими, соответствующих классу К1 (15) для времени теплового воздействия 15 минут или классу К1 (30) для времени теплового

воздействия, равным 30 минут, второе наиболее вероятно для деревянных конструкций, обработанных средством ОК-ДСМ.

В работе [13] рассмотрены вопросы вредного влияния защитных средств на человека и окружающую среду, где показано, что средства огнезащиты типа ОК-ГФМ, ОК-ДСМ, СПАД снижают показатели токсичности и дымообразующей способности примерно в два раза, соответственно снижаются классы опасности. Это гарантирует то, что при обработке древесины высокоэффективными огнезащитными средствами типа ОК-ГФМ, ОК-ДСМ и СПАД-О с расходом, соответственно равным 0,4; 0,35 и 0,35 кг/м<sup>2</sup>, в случае возникновения пожара будет обеспечена умеренная опасность по токсичности продуктов горения (Т2) и умеренная дымообразующая способность (Д2).

Приведенные в работе [14] результаты испытаний состава КСД-А (марка 1) [14] по ГОСТ Р 53292-2009 (п. 6.1) [7] показали, что в зависимости от привеса сухих солей от 20 до 40 кг/м<sup>3</sup> потеря массы изменялась от 9 до 7 %, а дальнейшее повышение содержания сухих солей в древесине от 60 до 100 кг/м<sup>3</sup> привело к изменению потери массы образцами с 5,5 % до 4 %. По ГОСТ 12.1.044 (п. 4.3) [4], расход сухих солей, равный 40кг/м<sup>3</sup> (прирост температуры до 60<sup>0</sup>С), обеспечивал получение трудногорючего материала (с. 34) [14]. Устойчивая трудногорючесть древесины, исходя из результатов двух испытаний, обеспечивается при сухом расходе средства КСД-А, равным 40кг/м<sup>3</sup>. Поэтому можно предполагать, что для достижения группы горючести Г1 по ГОСТ 30244 (метод 2) [6] потребуется расход сухих солей КСД-А, примерно равный 60-70 кг/м<sup>3</sup>.

В работе [14] (с. 35) показано, что древесина, пропитанная средством КСД-А с расходом сухих солей 40кг/м<sup>3</sup>, при испытаниях по ГОСТ Р 51032-97 [15] показывает результаты, соответствующие материалам, не распространяющим пламя по поверхности (группа РП1). Результаты испытаний на воспламеняемость по ГОСТ30402-96 [10] показали, что расход сухих солей 35кг/м<sup>3</sup> обеспечивает трудновоспламеняемые свойства древесине, пропитанной КСД-А (группа материала В1) [14].

Принимая во внимание то, что поверхность образцов после огневых испытаний представляла собой гладкий углистый слой с поперечными трещинами (с. 36, рис. 6) [14], можно сделать вывод, что средство КСД-А не обладает свойствами вспенивания, а работает по механизмам каталитической дегидратации, что и отражено в работе [14] (с. 37). Снижение температуры и скорости обугливания характерны для многих огнезащитных средств [16].

В работе [14] показано, что применение огнезащитного средства КСД-А ведет к снижению дымообразующей способности древесины при ее глубокой пропитке данным антипиреном с Д3 (высокая дымообразующая способность, характерная для чистой древесины) до Д2 (умеренная дымообразующая способность), что вписывается в концепцию снижения дыма при использовании фосфор-азотсодержащих антипиренов. В то же время, токсичность продуктов горения при испытаниях по ГОСТ 12.1.044 [4] (п. 4.20) не изменили, класс опасности остался на уровне высокоопасных материалов (Т3), что, на взгляд автора, не является характерным для фосфорных и азотсодержащих антипиренов, которые, как правило, снижают токсичность продуктов горения как минимум до малоопасных материалов Т2.

Способность высокоэффективных огнезащитных средств аддитивно усиливать общий огнезащитный эффект за счет механизмов вспенивания при пропитке древесины способами нанесения на поверхность позволяет достигать эффектов, соизмеримых с эффектами, получаемыми при пропитке древесины в автоклавах под давлением. Механизмы вспенивания широко раскрыты в работе [17] (раздел 5.4). Процесс обугливания, ведущий к образованию плотного карбонизированного слоя на поверхности древесины, как показано в работе [14, 16], является определяющим механизмом огнезащитного действия при глубокой пропитке антипиренами. Образование поперечных трещин до глубины, равной или меньше глубины проникновения антипиренов, не ведет к выделению горючих газов при термическом разложении древесины и не является началом ее горения. Поэтому при измерениях пожарной опасности конструкций из древесины, обработанных огнезащитными средствами, должны учитываться показатели обугливания слоя толщиной, равной глубине пропитки древесины не как недостаток, а как эффект огнезащитного действия.

При поверхностной пропитке высокоэффективными огнезащитными средствами [13, с. 69] большой вклад в механизмы огнезащитного действия вносят химические процессы, приводящие к образованию теплоизолирующего слоя на поверхности древесины в результате вспенивания активных углеродистых остатков. Процесс термического разложения древесины, обработанной огнезащитными средствами типа ОК-ГФМ, СПАД и ОК-ДСМ, можно описать следующим образом [13, с. 42]. При воздействии на древесину теплового потока, примерно равного температуре горения древесины, происходит ее прогрев на глубину пропитки. Поверхностный слой древесины обугливается, и одновременно на поверхность выступает расплав продуктов разложения пропиточного средства. Расплав просачивается на поверхность посредством газификации синергистов, содержащихся в расплаве, происходит вспенивание и последующее отверждение углеродсодержащих компонентов. Теплопроводность снижается, процесс прогрева тормозится, образуются негорючие газы в объеме вспененного слоя, происходят элементарные реакции образования воды и азота в пламени, снижается конвективный и лучистый теплообмен. В

последующем вспененный слой спекается, происходит его усадка, теплоизоляция превращается в тонкую пленку, тепло проходит к угольному слою. По достижении температуры воспламенения древесины (примерно, 250<sup>0</sup>С) на глубине, равной глубине пропитки, процесс огнезащиты заканчивается, и древесина, через образуемые на ее поверхности трещины выделяет горючие газы, которые возгораются от внешнего источника тепла.

Из результатов, приведенных в работах [13, 14], следует, что в отдельных случаях результаты испытаний горючих свойств древесины, обработанной огнезащитными средствами, могут распространяться и на пожарную опасность конструкций, изготовленных из такой древесины. Если древесина пропитана огнезащитными средствами, обеспечивается получение группы горючести Г1 по ГОСТ 30244 [6], что равноценно испытаниям по ГОСТ 16363 или ГОСТ 30219 при потере массы образцами не более 5 % и максимальной температурой не более 220<sup>0</sup>С, такая древесина, используемая в качестве строительной конструкции, будет обеспечивать малую пожарную опасность, соответствующую классу К1 при времени теплового воздействия, равного как минимум 15 минутам.

При оценке пределов огнестойкости деревянных строительных конструкций также вопрос экономики существует. Стойкость испытаний огнестойкости огнезащитных средств в муфельной печи и испытаний на полигонной установке строительных конструкций из древесины с огнезащитной обработкой в натуральную величину имеет значительную разницу. Существует также расчетный метод оценки огнестойкости, который хорошо коррелирует с испытаниями. Согласно техническому кодексу установившейся практики ТКП 45-2.02-110-2008 (п. 11) [18], предел огнестойкости деревянных строительных конструкций по предельному состоянию (R) определяется как сумма времени прогрева древесины до начала ее обугливания и времени от начала обугливания древесины до наступления предельного состояния конструкции при пожаре. Учитывая, что антипирен СПАД-0 увеличивает время прогрева древесины до начала ее обугливания на 10-12 минут (материалы докторской диссертации автора, с.142), и, зная сечение конструкции, можно определить параметры ее огнестойкости. Для сравнения, время прогрева древесины до начала ее обугливания при обработке деревянных конструкций средством огнезащитным ОК-ГФМ составляет только 4 минуты.

Мы рассмотрели как эффективность обработанной огнезащитными средствами древесины оценивают стандартными методами огневых испытаний, результаты таких испытаний являются критериями их оценки, но эти методы не приспособлены для проверки качества выполненных огнезащитных работ при их приемке или в процессе эксплуатации объектов деревянного строительства, а это важно для установления истинного положения дел с качеством огнезащиты. На практике первоначально по состоянию сопроводительной документации оценивают уровень проведенных работ и параметры качества, достигнутые в результате огнезащитной обработки конкретного объекта деревянного строительства. В процессе эксплуатации объекта с течением времени огнезащитный эффект снижается, и поэтому периодически необходимо определять степень сохранения первоначальных огнезащитных свойств и по полученным показателям качества принимать соответствующие меры пожарной профилактики. Для этого проводится периодический контроль качества огнезащиты эксплуатируемых объектов, как правило, экспресс-методами. Согласно ГОСТ Р 53292 (п. 6.4.) [7], результаты оценивают по качественным характеристикам, таким как наличие самостоятельного горения, сквозной прогар подложки, и по степени обугливания образцов древесной стружки, подверженных воздействию пламени бытовой газовой зажигалки в течении 40 с. Данный метод контроля качества огнезащитной обработки не устанавливает конкретных уровней огнезащитной эффективности, что и является основным недостатком. Экспресс-метод контроля качества в процессе эксплуатации древесины, обработанной огнезащитным средством, по ГОСТ 30219 [5] (п. 5.7), устанавливает соответствие огнезащиты только применительно для II группы огнезащитной эффективности, которая считается достигнутой при условии отсутствия самостоятельного горения и тления древесной стружки после воздействия пламени спички в течение 15 секунд. Для установления I группы огнезащитной эффективности испытания проводят в лабораторных условиях по ГОСТ 16363 [3]. Но для таких испытаний потребуется испытывать стандартные образцы, которые при проведении работ по огнезащите древесины могли бы храниться в местах, имитирующих условия эксплуатации данного объекта деревянного строительства, что является проблемой и на практике применяется не часто.

Изучение процессов горения и механизмов действия антипиренов различного уровня показывает, что в зависимости от качества огнезащитной обработки древесины после принудительного сжигания стружки от постороннего источника зажигания остается значительный обугленный зольный остаток. Масса зольного остатка после огневых испытаний составляет величину от 30 % до 70 % и более. Такой зольный остаток может служить основной характеристикой при определении огнезащитного эффекта. Сопоставляя результаты исследований горючих свойств древесины по величине зольного остатка, установили, что количество золы от 30 до 40 % соответствует трудновоспламеняемой древесине по ГОСТ 16363 [3] (II группа огнезащитной эффективности). При содержании зольного остатка, примерно равного 50-60 %, можно говорить о трудногорючих свойствах древесины, т. е. о первой группе огнезащитной эффективности. Содержание золы в

остатке 65-70 % и более гарантирует огнезащитную эффективность, соизмеримую с группой горючести Г1. Это предварительные данные, которые были получены автором при проведении огневых испытаний для качественной оценки огнезащитных средств ОК-ГФМ, СПАД-10, ОК-ДСМ. Испытания проводили на образцах стружки толщиной до 1 мм. Из опыта испытаний следует: если огнезащита производилась способом поверхностной пропитки древесины, то стружка должна иметь толщину до 1 мм, и до 3 мм, если пропитка осуществлялась по методу прогрев - холодная ванна или одним из автоклавных способов пропитки. Высушенные до воздушно-сухого состояния образцы одного объекта исследования помещали на сетку, которую вводили в керамический короб установки для определения огнезащитной эффективности покрытий и пропиток, и проводили их сжигание в течение 2 мин. по методу, изложенному в ГОСТ 16363 [3].

В целях установления надежности результатов испытания стружки были проведены дополнительные испытания на малых образцах древесины размером 20x20x10 мм, пропитанных средством ОК-ДСМ с расходом, примерно равным 0,4 кг/м<sup>2</sup> и 0,5 кг/м<sup>2</sup>. В результате испытаний остаток золы составил 23 и 30 % соответственно. Испытанный образец представлял собой полностью обугленный остаток древесины черно-серого цвета, со вспененным слоем по всей поверхности. По этому опыту можно судить о ненадежности испытаний по зольности, если пропитка не является сквозной, что дает основание считать такой материал неоднородным и непригодным для оценки качества по зольности остатка. Испытания стружки толщиной до одного миллиметра, снятой с пропитанной ОК-ДСМ поверхности древесины, с расходом 0,4 и 0,35 кг/м<sup>2</sup> (0,14 кг/м<sup>2</sup> по сухому веществу), в пламени газовой горелки с тепловым потоком 65-75 кВт/м<sup>2</sup> в течение 2-х минут показали, что зольный остаток составил 73 и 70 %, в таких же условиях испытаний зольный остаток непропитанной стружки составляет менее 1 %. Это значит, что оценка качества огнезащиты по зольному остатку древесной стружки, изъятый с объекта деревянного строительства и ранее обработанного средством защиты от огня, будет реалистична. В этом случае материал стружки можно считать однородным, он равномерно пропитан антипиреном по всему объему и имеет одинаковую плотность и состав, а результаты огневых испытаний обеспечат достаточный уровень доверительной вероятности измерения качества огнезащиты.

Таким образом, зольный остаток стружки может быть использован как количественный показатель качества огнезащиты объекта деревянного строительства. Однако для разработки корректной методики необходим дополнительный практический опыт в части получения результатов испытаний огнезащитной эффективности древесины, обработанной антипиренами разного качества, и этот опыт желательно получить из разных источников.

### *Литература*

1. Трушкин Д. В. Проблемы классификации строительных материалов по пожарной опасности. Часть 1. Основные принципы классификации строительных материалов по пожарной опасности, принятые в России и странах Евросоюза // Пожаровзрывобезопасность. - 2012. Т. 21, № 12, - С. 25-31.
2. СТБ 11.03.02-2010 (изм. № 1). ССПБ. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 2011-01-01. Минск: Госстандарт, 2010.
3. ГОСТ 16363-98. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Взамен ГОСТ 16363-76; Введ. 01.08.99. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1999.
4. ГОСТ 12.1.044-80\*. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.91 г. – М.: «Изд-во стандартов», 1996. 2001.
5. ГОСТ 30219-95. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. – Введен 01.07.96. – Минск: Белстандарт, 1995.
6. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. – Введ. 01.01.06 г. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.
7. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. – Введ. 01.01.2010 г. // НСИС ПБ. - 2010. - № 2 (42); М.: Стандартиформ. 2009.
8. СТ СЭВ 2437-80. Методика определения группы трудногоряемых материалов. Отменен. – М., 1980.
9. ГОСТ 30403-96. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности. – Введ. 01.07.96 г. – М.: Минстрой России. ГУП ЦПП, 1996.
10. ГОСТ 30402. Материалы строительные. Метод испытаний на воспламеняемость. – Введ. 01.07.96 г. – М.: ГУП ЦПП, 1996.
11. ТКП 45-2.02-142-2010. Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации. – Введ. 2011-12-01, 25 с.

12. Тычино Н. А. Высокоэффективные защитные средства для снижения горючих свойств строительной древесины и целлюлозосодержащих материалов. East European Scientific Journal (Warsaw, Poland), - 2015. –volume 2, № 3 (3). – С. 151-156. (<http://eesa-journal.com/>).
13. Тычино Н. А. Качественный подход к огнезащите при капиллярной пропитке древесины: науч.-практ. пособие / Н. А. Тычино. – Минск: Право и экономика, 2013, – 163 с. (DOI индекс. [http://doi.org/10.17686/sced-rusnauka\\_2013-1135](http://doi.org/10.17686/sced-rusnauka_2013-1135)) ([www.ogn.by](http://www.ogn.by)).
14. Кулаков В. С., Крашенинникова Н. Н., Сивенков А. Б., Серков Б. Б., Демидов И. А. Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (Марка 1) // Пожаровзрывобезопасность. - 2012. – т. 21, № 3. – с. 31-38.
15. ГОСТ Р 51032-97. Материалы строительные. Метод испытаний на распространение пламени. Введ. 01.01.97 г. М.: Минстрой России. ГУП ЦПП, 1997.
16. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства: монография. – М.: Академия ГПС МЧС России. 2010. – 262 с.
17. Серков Б. Б. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03. «Пожарная опасность полимерных материалов, снижение горючести и нормирование их пожаробезопасного применения в строительстве». Москва. 2001. – 271 с.
18. ТКП 45-2.02-110-2008 (02250). Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости. Введ. 01.01.2009. Минск: Минархстрой. Республики Беларусь, 2008.