

О термическом разложении защищенной от огня древесины

Н.И. Акинин, заведующий кафедрой, профессор, д-р техн. наук¹

Н.О. Мельников, старший преподаватель, канд. техн. наук¹

С.А. Максименко, генеральный директор, канд. хим. наук²

¹Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва

²ОАО «Сенежская научно-производственная лаборатория защиты древесины», г. Солнечногорск, Московская обл.

e-mail: m1984n@rambler.ru

Ключевые слова:

огнезащита,
антипирены,
огнезащитный состав,
огнезащитное вещество,
огнезащитная эффективность.

Представлены данные, полученные при исследовании термического разложения защищенной от огня древесины. Испытания проводились с помощью методов дифференциально-термического анализа. Использование этих методов позволяет изучать механизм огнезащитного действия различных антипиренов, а также оценивать возможность применения новых веществ в качестве антипиренов для древесины.

1. Введение

Безопасность в техносфере принимает с каждым днем всё большее значение. Остро стоят вопросы обеспечения безопасности промышленных и общественных объектов. Особое место здесь занимают пожары зданий и сооружений. Как правило, они связаны с человеческим фактором и сопровождаются гибелью людей. По данным МЧС РФ, за 2011 г. в России произошло порядка 168 528 пожаров, на которых погибло около 12 028 человек при населении около 140 млн, в то время как, например, в Германии ежегодно от пожаров гибнет порядка 700 человек при населении 80 млн. Очевидно, что в России на пожарах погибает неоправданно большое число людей.

Значительное число пожаров сопровождается участием древесных и целлюлозных материалов. Поэтому применение строительных конструкции с высокой степенью огнестойкости и строительных материалов с минимальной пожарной опасностью является первостепенной задачей при проектировании и строительстве здания. Применение в постройках древесины увеличивает пожарную нагрузку в здании. Это связано с высокой удельной поверхностью и химической природой материала, а распространение огня по его поверхности способствует увеличению очага пожара, что затрудняет организацию его тушения и эвакуацию людей.

Поэтому при строительстве часто отказываются от применения конструкций и материалов на основе древесины, несмотря на ряд положительных факторов. Но существуют такие объекты, при строительстве которых невозможно отказаться от применения древесины. Деревянные строительные конструкции обладают совокупностью уникальных свойств: экологическая чистота и высокие художественные качества соперничают с технологическими достоинствами. Это устойчивость к нагрузкам, например, к сейсмическим, способность противостоять агрессивным средам, например, воздействию солей, пагубных для металла и бетона. При использовании клееных деревянных конструкций возможны гнутые и клееные элементы различных сечений и длин, позволяющие перекрывать большие пролеты сооружений. Древесина легко поддается механической обработке, не требует высоких затрат на сборку (готовятся к монтажу на производстве), не дает усадки и растрескивания. Кроме того, в отличие от металла и железобетона, деревянные конструкции дольше сохраняют несущую способность под воздействием высоких температур.

Статистика пожаров МЧС РФ свидетельствует, что подавляющее число случаев возникновения пожаров обусловлено бытовыми причинами, а в таких условиях защищенные от огня материалы могут локализовать развитие пожара. Необходи-

мость соблюдения норм пожарной безопасности при проектировании и строительстве объектов обусловило появление множества разработок по защите от огня материалов и конструкций путем нанесения на их поверхность огнезащитных средств, базирующихся в основном на известных антипиренах с варьируемым соотношением и целевыми добавками. Но, несмотря на это, проблема снижения пожарной опасности древесных материалов не решена до конца. Это указывает на актуальность проблемы.

Таким образом, одной из важнейших задач повышения пожарной безопасности деревянных строительных конструкций является создание, совершенствование и научно обоснованное применение высокоэффективных огнезащитных средств, что в свою очередь требует не только дополнительного изучения процессов горения и биодеструкции древесины, но и тщательного подбора компонентов огнебиозащитных составов.

В работе приведены результаты исследования образцов древесины из заболони сосны, как чистых не обработанных, так и защищенных от огня некоторыми антипиренами.

Исследования влияния химического состава антипиренов на термическое разложение образцов защищенной от огня древесины проводилось при помощи модельных антипиренов.

2. Исследование термического разложения древесины, защищенной от огня сульфатом аммония

При сравнении экспериментальных данных по термоокислительному разложению защищенной и незащищенной от огня древесины [1, 2] были выявлены общие закономерности в зависимости от механизма действия огнезащитных добавок.

Под влиянием введенных в целлюлозосодержащие материалы антипиренов, выделяющих при разложении негорючие газы, изменяется механизм термораспада древесины.

Превращения целлюлозы характеризуются более низкотемпературным началом деструкции (рис. 1), увеличением выходов угля и воды при меньшем выделении летучих продуктов распада (рис. 2), в том числе горючих, что приводит к уменьшению выделения теплоты (рис. 3).

С увеличением поглощения антипирена уменьшается угол наклона кривой потери массы образца при термоокислительном разложении, увеличивается выход углистого остатка, наблюдается снижение теплового эффекта процесса при увеличении скорости потери массы, за счет большего объема выделяющихся негорючих газов (табл. 1).

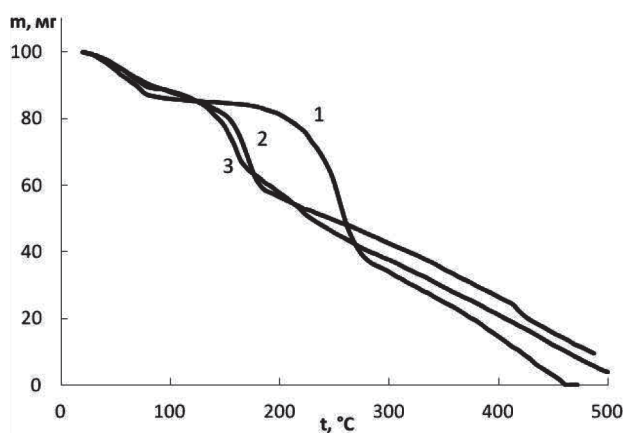


Рис. 1. Потеря массы m образца древесины в зависимости от температуры t :

1 – не защищено от огня; 2 – защищенной от огня сульфатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 10 % масс.; 3 – защищенной от огня сульфатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 20 % масс.

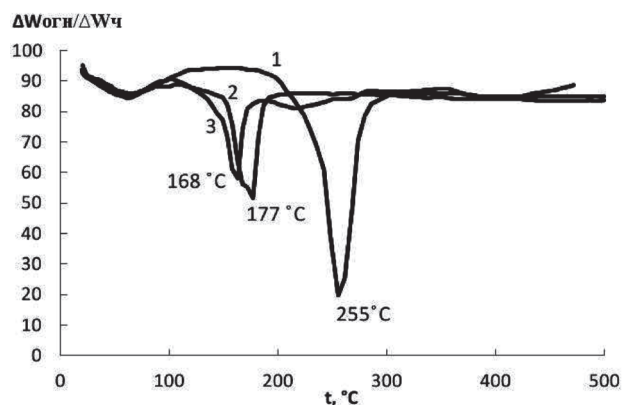


Рис. 2. Кривые отношения скорости потери массы образца древесины защищенной от огня ($\Delta W_{\text{огн}}$) и не защищенной от огня (ΔW_n) в %:

1 – скорость потери массы не защищенной древесины от исходной массы; 2 – кривая отношения скорости для древесины, защищенной $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 10 % масс.; 3 – кривая отношения скорости для древесины, защищенной $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 20 % масс.

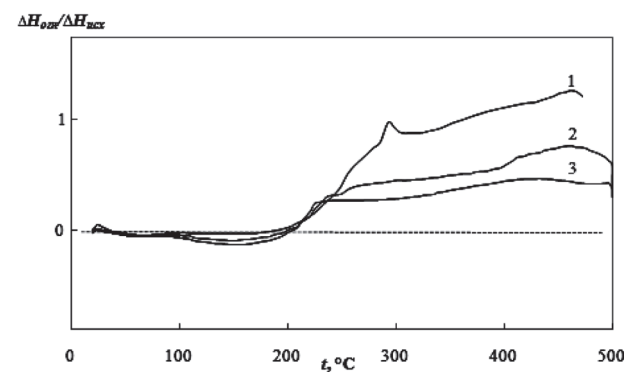


Рис. 3. Кривые теплового эффекта образца древесины: 1 – не защищено от огня; 2 – защищенной от огня $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 10 % масс.; 3 – защищенной от огня $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 20 % масс.

Таблица 1

Основные параметры процесса термоокислительного разложения не защищенной и защищенной $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от огня древесины

Показатель	Образец древесины		
	Не защищено от огня	Содержащий 10% масс. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Содержащий 20% масс. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Потеря массы при 200 °C, %	18	43,5	42,6
Потеря массы при 300 °C, %	66	57,5	62
Температура 20 % потери массы, °C	210	153	144
Температура 50 % потери массы, °C	260	246	227,5
Температура 100 % потери массы, °C	460	-	-
Температура максимума потери массы, °C	255	177	168
Максимальная скорость потери массы, %/мин	4,5	4,4	3,6
Температура максимума тепловыделения, °C	290	-	-
Температура минимума тепловыделения, °C	-	230	240

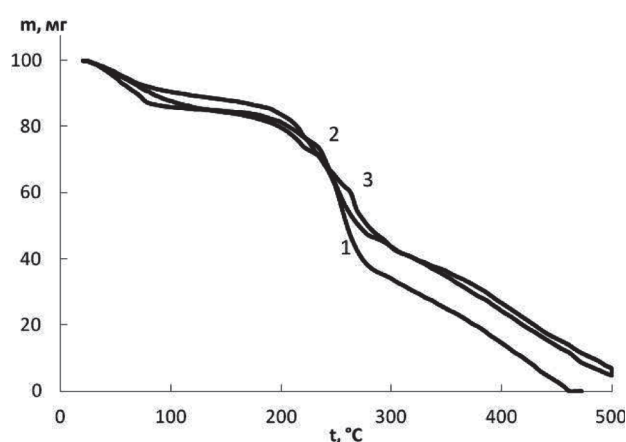


Рис. 4. Потеря массы m образца древесины в зависимости от температуры t :

1 – не защищено от огня; 2 – защищенной от огня гидрофосфатом натрия – Na_2HPO_4 , 10 % масс.; 3 – защищенной от огня гидрофосфатом натрия – Na_2HPO_4 , 20 % масс.

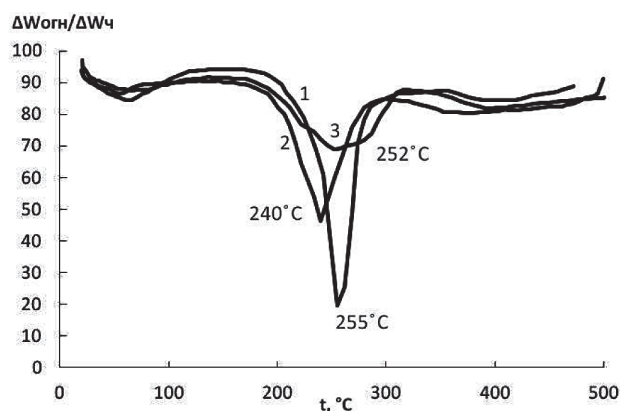


Рис. 5. Кривые отношения скорости потери массы образца древесины защищенной от огня ($\Delta W_{огн}$) и не защищенной от огня ($\Delta W_{ч}$) в %:

1 – скорость потери массы не защищенной древесины от исходной массы; 2 – кривая отношения скорости для древесины, защищенной Na_2HPO_4 , 10 % масс.; 3 – кривая отношения скорости для древесины, защищенной Na_2HPO_4 , 20 % масс.

3. Исследование термического разложения древесины, защищенной от огня гидрофосфатом натрия

При термоокислительном разложении древесины, защищенной от огня гидроортофосфатом натрия (Na_2HPO_4), температура начала деструкции практически не меняется от содержания антипирена в образце. Профили кривых потери массы имеют одинаковый угол наклона (рис. 4). Превращение характеризуется увеличением выхода угля при меньшем выделении летучих продуктов распада (рис. 5). Уменьшение теплового эффекта в фазе деструктивного разложения целлюлозы (рис. 6) обусловлено плавлением антипирена и образованием расплава на поверхности образца. При увеличении поглощения соли заметно снижение теплового эффекта разложения, а также уменьшение скорости потери массы в стадии активного разложения (табл. 2).

4. Заключение

По результатам экспериментов установлено, что величина температуры начала интенсивного термо-

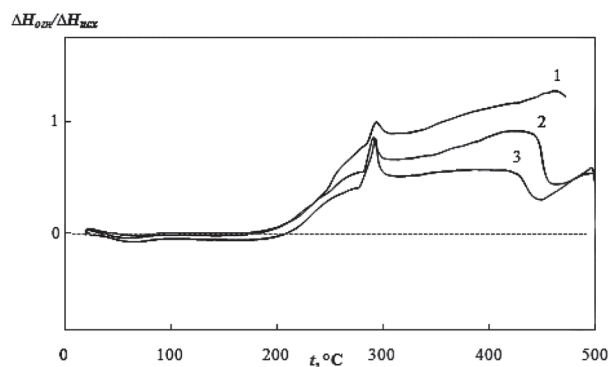


Рис. 6. Кривые теплового эффекта образца древесины:

1 – не защищено от огня; 2 – защищенной от огня Na_2HPO_4 , 10 % масс.; 3 – защищенной от огня Na_2HPO_4 , 20 % масс.

Основные параметры процесса термоокислительного разложения не защищенной и защищенной Na_2HPO_4 от огня древесины

Показатель	Образец древесины		
	Не защищено от огня	Содержащий 10% масс. Na_2HPO_4	Содержащий 20% масс. Na_2HPO_4
Потеря массы при 200 °С, %	18	16,2	20,2
Потеря массы при 300 °С, %	66	56,5	57
Температура 20 % потери массы, °С	210	211	195
Температура 50 % потери массы, °С	260	268	265
Температура 100 % потери массы, °С	460	-	-
Температура максимума потери массы, °С	255	240	252,5
Максимальная скорость потери массы, %/мин	4,5	3,7	1,9
Температура максимума тепловыделения, °С	290	290	290

окислительного разложения, тепловыделения и скорости потери массы древесины, защищенной от огня, в зависимости от механизма действия антипиренов меняются. Более эффективными являются антипирены, выделяющие не горючие газы при разложении. Установлено, что для $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ характерен сдвиг пика скорости потери массы в область более низких температур в среднем на 80°С, за счет выделения аммиака, а для Na_2HPO_4 характерно снижение скорости активного разложения в одном интервале температур за счет образования расплава на поверхности. Таким образом, при пожарах древесина, относящаяся

к горючим материалам, сравнительно медленно обугливается и образовавшийся слой угля, имеющий еще меньшую теплопроводность, предохраняет центральную часть деревянного элемента конструкции от возгорания и подавляется процесс образования летучих продуктов, выделяющихся при горении. Полученные результаты, позволяют получить представление о возможных механизмах огнезащиты древесины, а использование их совместно с результатами определения огнезащитных свойств составов представляет возможность целенаправленного выбора наиболее эффективных антипиренов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование термического разложения огнезащитной древесины / Ю.В. Кривцов [и др.] // Пожарная безопасность. 2010. № 2. С. 85–88.
2. Мельников Н.О. Огнезащитная эффективность составов для древесины и материалов на её основе. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 32 с.

About Thermal Decomposition of Wood Protected from Fire

N.I. Akinin, Head of Chair, Professor, Doctor of Engineering, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

N.O. Melnikov, Senior Lecturer, Ph.D. of Engineering, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

S.A. Maksimenko, Director General, Ph.D. of Chemistry, OJSC "Senezh Research and Production Laboratory for Wood Protection", Solnechnogorsk, Moscow region

The data received at research related to thermal decomposition of fire protected wood have been presented. The tests were carried out by means of differential and thermal analysis methods. These methods' use allows to study the mechanism of various fire-retarding agents' fireproof effect, and also to estimate possibility related to application of new substances as fire-retarding agents for wood.

Keywords: fire protection, fire-retarding agents; fireproof structure; fireproof substance; fireproof efficiency.