

*О.Е. Безуглов, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
А.А. Чернуха, к.т.н., ст. преподаватель, НУГЗУ,
А.А. Федцов, преподаватель, НУГЗУ,
В.С. Сорока, студент, НУГЗУ*

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

(представлено д-ром техн. наук Андроновым В.А.)

Предложены альтернативные параметры определения эффективности действия огнезащитных средств для древесины. Опираясь на подробный анализ термогравиметрических кривых, установлена ингибирующая составляющая действия огнезащитных ксерогелевых покрытий.

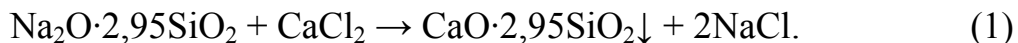
Ключевые слова: огнезащита, огнезащитное покрытие, эффективность огнезащиты, термогравиметрический метод, древесина.

Постановка проблемы. В связи с тем, что пожар означает существование высокотемпературных источников тепла, защита тел от нагревания остается актуальной задачей обеспечения пожарной безопасности. Одним из распространенных способов защиты является нанесение теплоизоляционных покрытий. Так же актуален поиск параметров для определения огнезащитной эффективности покрытия на всех стадиях пожара и условий исключения древесины из пожарной нагрузки путём обработки эффективным огнезащитным средством комплексного механизма действия.

Анализ последних достижений и публикаций. В связи с большим практическим значением рассматриваемой проблеме посвящено значительное количество как экспериментальных, так и теоретических работ [1, 2]. Согласно ГОСТ 16363 исследование огнезащитной эффективности проводится в течение 2 минут, что не всегда достаточно для получения объективной оценки поведения обработанной древесины при более длительном воздействии пламени во время пожара. Ранее был предложен гравиметрический метод исследования огнезащитных образцов древесины [3]. При длительном огневом воздействии на образцы в керамической трубе, фиксировались зависимости температуры продуктов горения и массы образца от времени воздействия пламени. В данной работе предложен анализ термогравиметрических кривых, согласно требований, изложенных в нормах [1, 4].

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является получение численных значений параметров огнезащитной эффективности изложенных в нормах с помощью термогравиметрического мето-

да, их анализ для огнезащитного средства с комплексным механизмом действия. Необходимость в разностороннем исследовании огнезащитной эффективности основана на комплексном механизме действия некоторых огнезащитных средств, таких как средства на основе ксерогелей. Раствор K_2CO_3 более 20 % масс. имеет огнезащитные свойства для древесины [4]. ГОС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - CaCl_2$ перед нанесением на поверхность не имеет ингибиторов горения, способных существенно повлиять на процесс термического разложения древесины, однако при нанесении происходит реакция:



В результате реакции (1) в геле образуется раствор $NaCl$, который обладает огнезащитными свойствами.

Эффективность пропитывания древесины растворами солей K_2CO_3 и $NaCl$ увеличивается вследствие увеличения времени воздействия раствора на поверхность за счёт удержания жидкости гелем и продолжительным процессом образования ксерогеля.

Для проведения исследований использовался термогравиметрический метод. При установлении температуры $(200 \pm 5)^\circ C$ в горловине керамической трубы в неё помещался обработанный образец древесины размерами $30 \times 60 \times 150$ на расстоянии 60 мм выше горелки торцом вниз. Ксерогелевые покрытие наносилось толщиной 2–2,5 мм с помощью установки с пневмораспылом. В раствор катализатора гелеобразования добавлялся наполнитель, препятствующий растрескиванию покрытия при сушке. После высыхания, покрытия счищались с поверхности. Огнезащитный пропитывающий состав ДСА-2 наносился согласно инструкции. Температура и масса фиксировались каждые 5 секунд. На рис. 1, 2, 3, 4 представлено среднее арифметическое исследования трёх образцов обработанных указанными средствами огнезащиты.

Огнезащитную эффективность обработки оценивали по следующим критериям:

– характер зависимостей температуры и массы от времени проведения испытаний;

– ЭО – время до достижения температуры дымовых газов в горловине зонты термогравиметрической установки $205^\circ C$, мин.;

– ГОЭ – потеря массы образца через 2 мин. термогравиметрического испытания (соответствует группе огнезащитной эффективности по [2]), %;

– Ia гр. – время до потери 5 % массы образцом (Ia подгруппе огнезащитной древесины по эффективности огнезащиты в соответствии с [1]), мин.;

– I_6 гр. – время до потери 7 % массы образцом (I_6 подгруппе огнезащитной древесине по эффективности огнезащиты в соответствии с [1]), мин.;

– I_9 , I гр. – время до потери 9 % массы образцом (соответствует I_9 подгруппе огнезащитной древесины по эффективности огнезащиты [1], I группе огнезащитной эффективности средств огнезащиты древесины в соответствии с [2]);

– ГОД – температура через 2 мин. огневого воздействия, °С;

– T_{\max} – максимальная ТДГ, °С;

– $t_{T_{\max}}$ – время достижения максимальной температуры дымовых газов.

Для сравнительного анализа и оценки наличия ингибирующей составляющей механизма огнезащитного действия ксерогелевых покрытий были исследованы образцы древесины необработанной и обработанные сертифицированным в Украине составом пропитывающего действия ДСА-2 [3] (рис. 1).

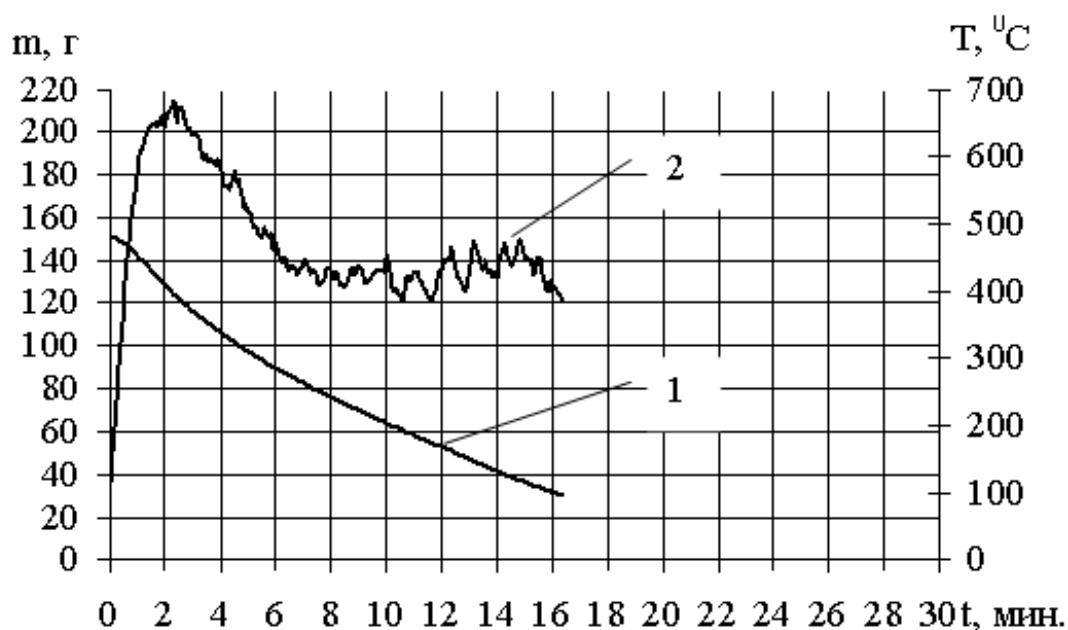


Рис. 1. Зависимость массы и температуры в верхнем патрубке зонты керамической трубы образца древесины при его сгорании: 1 – масса образца; 2 – ТДГ

Зависимость температуры дымовых газов характеризуется наличием одной экстремальной области максимума в пределах 2 -3 мин. исследования. После чего температура устанавливается практически постоянной. Для древесины характерен интенсивный рост температуры и потеря массы. Можно выделить этап прогрева верхнего слоя первые 15-20 с. Потеря массы на этом этапе не существенна, однако ТДГ на 15 с. значительно превышала 205 °С, что свидетельствует о

начале выгорания древесины, выделении горючих продуктов на начальных этапах параллельно с сушкой. Максимальная температура $680\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигается уже на 2,33 мин. после чего происходит спад температуры, что говорит об образовании на поверхности древесины угольного остатка верхнего слоя, который в свою очередь обладает огнезащитными свойствами и по мере его утолщения процесс горения становится более сложным, а следовательно менее интенсивным. После 15 мин. исследований образец потерял более 80 % массы, температура при этом не опускалась ниже $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, что говорит о постоянном экзотермическом процессе угольного остатка.

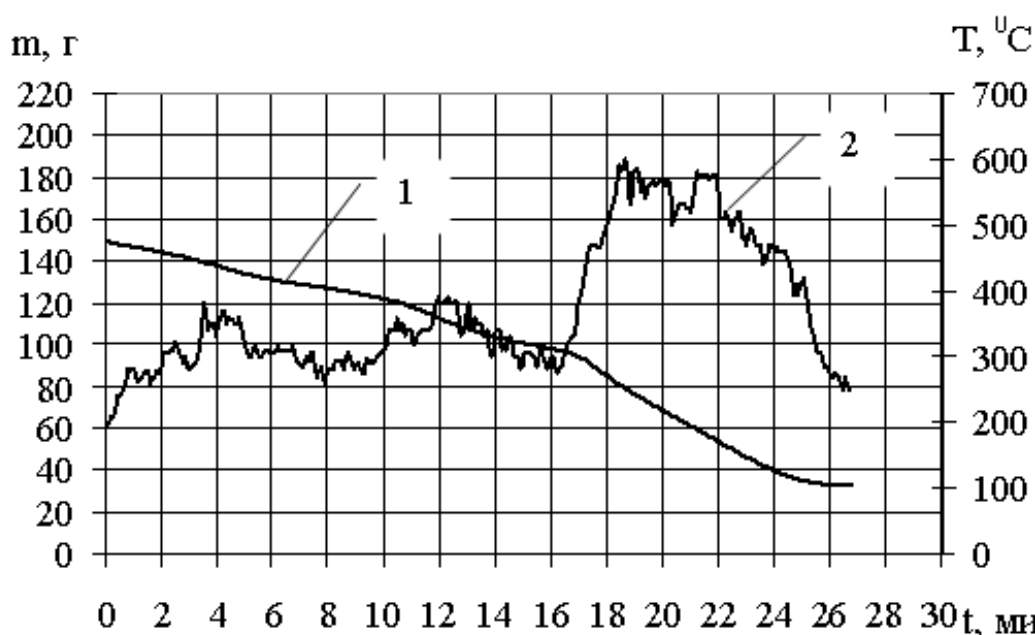


Рис. 2. Зависимость массы и температуры в верхнем патрубке зонта керамической трубы образца древесины обработанного ДСА-2 при его сгорании: 1 – масса образца; 2 – температура

Зависимость температуры дымовых газов для ДСА-2 (рис. 2) характеризуется наличием трёх экстремальных областей максимума, которые говорят о нескольких стадиях процесса горения. Интенсивность потери массы соответствует росту температуры, что говорит о термодеструкции древесины с образованием горючих продуктов на этих этапах. Многостадийность процесса обусловлена тем, что пропитанная древесина занимает порядка 1-3 мм верхнего слоя древесины в зависимости от расположения волокон к плоскости обработки [3, 4]. Анализируя зависимости испытания древесины обработанной пропиточным средством ДСА-2 нужно отметить высокие показатели параметров оценки групп огнезащитной эффективности [2]. При 2 мин. испытания потеря массы составила 5,2 %, что в 1,8 раз выше установленного для первой группы значения 9 %, однако ТДГ значительно превышает $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, что не даёт Ia подгруппу огнезащищённой ДСА-2

древесине. Обработка древесины ДСА-2 снизила ТДГ в 2,35 раза по сравнению с необработанной древесиной. ЭО для ДСА-2 составляет 24 с., что более чем в 2 раза больше чем у древесины. ТДГ достигает максимума в экстремальной области, начиная с 19 мин. В этот период интенсивность потери массы значительно увеличивается, что говорит о прекращении огнезащитного действия состава. Температура в этой области достигает 580 °С. Таким образом, пропитывающее средство оказывает влияние на процесс горения 19 мин.

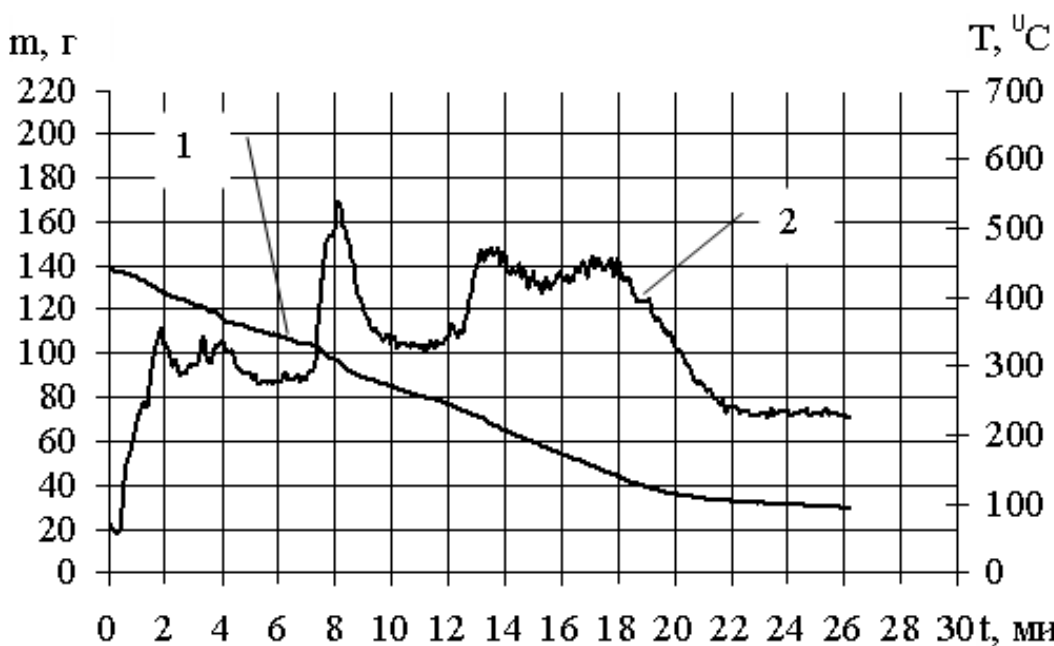


Рис. 3. Зависимость массы и ТДГ образца древесины после удаления ксерогелевого слоя ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$ при его сгорании: 1 - масса образца; 2 - температура

Зависимость изменения ТДГ для образца древесины после удаления ксерогеля ГОС (рис. 3) имеет три экстремальные области максимумов, наибольшая из которых характеризуется пиком на 8 мин. исследования и соответствует температуре 538 °С.

Характер зависимости ТДГ схож с зависимостью для ДСА-2. Однако за 2 мин. воздействия ТДГ достигла 334 °С. Максимальная ТДГ достигает 538 °С., что несколько меньше, чем для древесины обработанной огнезащитным пропитывающим средством. Время достижения максимума ТДГ в 2,2 раза меньше, чем у ДСА-2, однако в 3,5 раза больше чем у необработанной древесины табл. 1.

При исследовании древесины после удаления ксерогеля ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$ (рис. 4), установлен сходный характер зависимости ТДГ с зависимостью для ДСА-2 и для ксерогеля ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$. Наличие экстремальных областей указывает на влияние солей ГОС на процессы горения древесины.

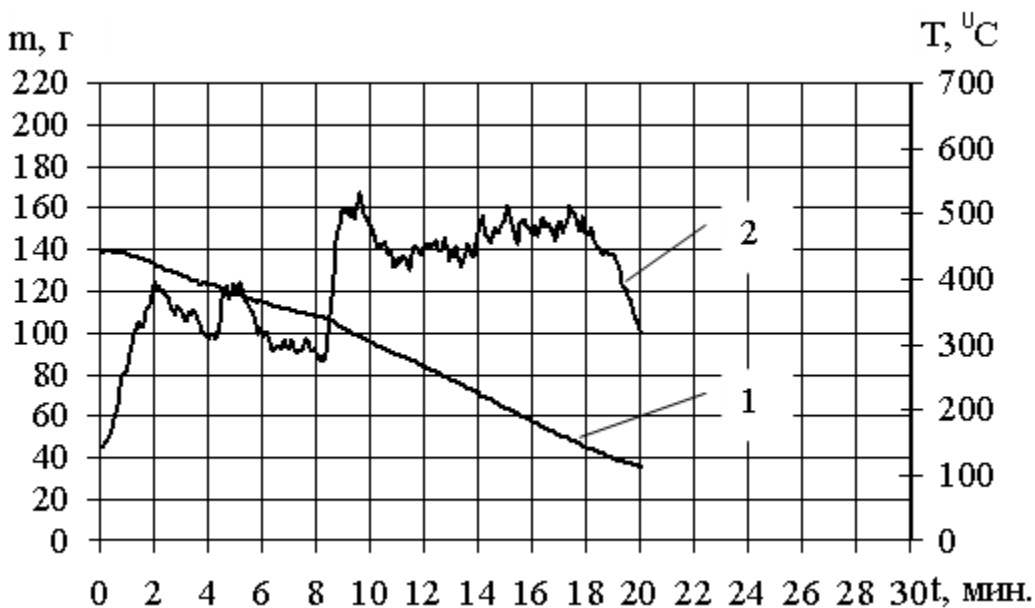


Рис. 4. Зависимость массы и температуры в верхнем патрубке зонта керамической трубы образца древесины после удаления ксерогеля ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$ при его сгорании: 1 - масса образца; 2 – температура

Исходя из установленных критериев, изложенных в табл. 1, можно заключить, что древесина после удаления ГОС схожа по своим огнезащитным свойствам с древесиной огнезащищённой пропитывающим средством ДСА-2 и значительно превосходит незащищённую древесину.

Табл. 1. Критерии эффективности огнезащитной обработки

Огнезащитное средство	2 мин.		t, мин. Δm,%			t, мин. для T, °C				T _{max} , °C	t _{Tmax} , мин.
	Δm,%	T _{max} , °C	5	7	9	205	220	250	350		
	ГОЭ	ГОД	Ia	Iб	Iв	ЭО	Ia	Iб	Iв, I		
-	14,7	646,4	0,9	1,1	1,3	0,17	0,21	0,27	0,4	680	2,3
ДСА-2	5,2	275,0	2,9	3,7	4,5	0,20	0,42	0,70	3,5	580	19
K ₂ CO ₃ *	7,0	334,0	1,5	2	2,6	0,90	1,00	1,37	1,8	538	8,1
CaCl ₂ **	4,0	395,9	2,2	2,6	3,2	0,60	0,70	0,80	1,7	532	9,6

*K₂CO₃ – древесина после удаления ксерогеля ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$;

**CaCl₂ – древесина после удаления ксерогеля ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$.

Выводы. Установлены области термогравиметрических кривых определяющие группы огнезащитной эффективности средств и подгруппы огнезащищённой древесины согласно норм. установлен механизм ингибирующего действия в огнезащитном действии покрытий на основе ксерогелей ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16363-98. Средства защитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Введ. 2000-06-16. – М. : Издательство стандартов, 2000. – 7 с.

2. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей / А.А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности”, 2006. – Вып. 20. – С. 86-89.

3. Шаршанов А.Я. Математическая модель вспучивающихся огнезащитных покрытий / А.Я. Шаршанов // Проблемы пожарной безопасности, 2011. – Вып. 30. – С. 273-280.

4. ГОСТ 30219-95. Древесина огнезащищённая. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. – Введ. 1997-06-12. – К. : Госстандарт Украины, 1997. – 18 с.

О.Є. Безуглов, А.А. Чернуха, А.А. Федцов, В.С. Сорока

Альтернативні параметри визначення ефективності дії вогнезахисних засобів для деревини

Запропоновано альтернативні параметри визначення ефективності дії вогнезахисних засобів для деревини. Спираючись на докладний аналіз Термогравіметричних кривих, встановлена інгибіруюча складова дії вогнезахисних ксерогелевих покриттів.

Ключові слова: вогнезахист, вогнезахисне покриття, ефективність вогнезахисту, термогравіметричний метод, деревина.

O. Bezuglov, A. Chernuha, A. Fedcov, V. Soroka

Alternative options for determining the efficiency of fire protective equipment for wood

Offered alternative options determine the effectiveness of flame retardants for wood. Based on a detailed analysis of thermogravimetric curves established inhibitory action component flame retardant coatings kserogelevykh.

Keywords: fire protection, fire protection coating, the effectiveness of fire protection, thermal gravimetric method timber.