

Ю.А. Абрамов, д.т.н., профессор, А.А. Киреев, к.хим.н., доцент (Университет гражданской защиты Украины)

О.Н. Щербина, к.фарм.н., доцент (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)

ВЛИЯНИЕ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ СЛОЁВ НА ВРЕМЯ ПОВТОРНОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Экспериментально определено времена повторного воспламенения образцов древесины обработанных водой и гелеобразующими составами $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ разной толщины. Установлено влияние состава гелеобразующей системы и толщины огнезащитного слоя на время повторного воспламенения древесины.

Постановка проблемы. При тушении пожаров приходится сталкиваться с явлением повторного воспламенения. Потушенные поверхности под действием теплового излучения от непотушенных областей пожара через некоторое время воспламеняются снова. Это явление затрудняет процесс тушения, вызывает потребность в привлечении дополнительных сил и средств, увеличивает время тушения пожара.

Анализ последних достижений и публикаций. Для тушения большинства пожаров используют воду, которая быстро стекает с вертикальных и наклонных поверхностей. Это приводит к слабому огнезащитному действию воды. Вода лишь охлаждает горящую поверхность и частично впитывается в защищаемый материал. Этому недостатка лишены огнетушащие и огнезащитные гелеобразующие системы [1-3].

Эти системы состоят из двух отдельно хранимых и одновременно подаваемых составов. Один из составов представляет собой раствор гелеобразующего компонента – силиката щелочного металла. Второй состав – раствор двух или трёхвалентного металла. При одновременной подаче таких растворов они смешиваются на горящих или защищаемых поверхностях. Между компонентами растворов происходит взаимодействие, приводящее к образованию геля. Гель образует на поверхности нетекучий огнезащитный слой. Этот слой прочно закрепляется на вертикальных и наклонных поверхностях.

Преимущество гелеобразующих огнетушащих и огнезащитных составов перед водой заключается в существенном уменьшении потерь огнетушащего вещества за счет отсутствия стекания с наклонных и вертикальных поверхностей. Это позволяет не только уменьшить расход огнетушащих веществ, но и уменьшить убытки от залива низлежащих этажей. Ещё одним преимуществом гелеобразующих огнетушащих составов является их высокое огнезащитное действие. Они защищают обработанные поверхности от воспламенения на длительный промежуток времени [2,4]. Время огнезащитного действия гелевых слоёв на древесину зависит от состава гелеобразующей композиции и толщины слоя геля. Причем при толщине слоя более 3,5 мм древесина становится не способной к пламенному горению. Естественно предположить, что гелеобразные слои будут защищать и от повторного воспламенения твердые горючие материалы. Влияние гелеобразных слоёв на время повторного воспламенения древесины до настоящего времени не было изучено.

Постановка задачи и её решение. Задачей исследования является изучение влияния состава и толщины гелеобразных огнезащитных слоёв на время повторного воспламенения образцов древесины. В качестве горючего материала была выбрана древесина, требования к которой зафиксировано в ГОСТ 12.1.044-89 [5]. Для фиксации повторного воспламенения был выбран визуальный метод.

Методика проведения эксперимента состояла в следующем. Деревянный брусок размером $6 \times 15 \times 1$ см, закреплённый в металлической лапке штатива, помещался в верхнюю

часть пламени горелки в горизонтальном положении. После начала горения нижней грани бруска образец выдерживался в пламени 1 минуту, после чего быстро удалялся из пламени и с помощью распылителей ОП-301 обрабатывался огнетушащим веществом (водой или гелеобразующими составами). Затем образец вновь устанавливался в том же положении в пламя газовой горелки. После этого, как и в предыдущих работах [6], фиксировалось время до воспламенения вершин бруска, его малых (боковых) граней и большой грани, обращенной к пламени.

Для сравнения, при тех же условиях, были проведены опыты по повторному воспламенению образцов древесины, потушенных водой. Так как большая часть воды стекала с обработанной поверхности, для неё вместо толщины огнезащитного слоя определялось количество воды, поданной на защищаемую поверхность. Затем это количество воды пересчитывалось на гипотетическую толщину слоя воды, рассчитанную в предположении, что вся вода осталась на поверхности образца. Также было проведено тушение водой путём погружения, горящего образца древесины в воду на время 10 с. При этом образец охлаждался и поглощал воду, то есть получал близкую к максимально возможной при использовании воды огнезащиту. Соответствующие данные для воды и огнезащитных гелей систем $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ приведены в таблице. Приведенные результаты рассчитывались как среднее из трех измерений.

Таблица

Времена повторного воспламенения образца древесины при тушении водой и гелями

Огнетушащее вещество	Толщина огнезащитного слоя, мм	Время повторного воспламенения, с		
		вершин	боковых граней	большой грани
$\text{CaCl}_2(42\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(28\%)$	0,7	68	90	111
	1,5	105	162	304
	4,8	367	–	–
$\text{MgCl}_2(35\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(28\%)$	0,8	66	85	101
	1,5	102	157	298
	4,3	326	–	–
$\text{CaCl}_2(7,5\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(28\%)$	0,8	40	61	80
	1,3	72	118	177
	3,1	265	363	–
$\text{MgCl}_2(7,5\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(28\%)$	0,8	40	61	80
	1,4	74	123	183
	3,3	275	381	–
$\text{CaCl}_2(7,5\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(9,5\%)$	1,0	77	108	135
	2,5	146	274	296
	3,5	420	485	555
$\text{MgCl}_2(7,5\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(9,5\%)$	1,2	79	114	145
	2,6	148	281	304
	3,7	420	485	555
$\text{CaCl}_2(42\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(9,5\%)$	0,8	72	87	106
	1,4	155	182	228
	4,7	369	–	–
$\text{MgCl}_2(35\%)+$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(9,5\%)$	0,7	62	74	93
	1,4	144	170	214
	4,5	353	476	–
H_2O	0,6	5	7	18
	1,4	6	10	20
	2,8	8	16	27
	4,2	8	20	29
	*	22	47	78
	**	46	93	160
сухая	0	5	7	16

– отсутствие воспламенения, * - окувание в воду на 10 с, ** - свободное горение 3 минуты + окувание в воду на 10 с.

Предварительными опытами установлено, что время повторного воспламенения зависит от времени свободного горения образца древесины. Это влияние незначительно для образцов обработанных гелями и существенно для образцов потушенных путем окунания в воду. Так время повторного воспламенения большой грани деревянного бруска возрастает в два раза при увеличении времени свободного горения с 1 минуты до 3 минут. Этот факт можно объяснить тем, что с увеличением времени горения древесины увеличивается толщина пористого слоя карбонизованной древесины. Это, в свою очередь, приводит к увеличению количества поглощённой воды и увеличению времени повторного воспламенения. Это объяснение было подтверждено экспериментально, путём определения массы воды, поглощённой образцами древесины. Из вышесказанного можно заключить, что время повторного воспламенения не является для горючего материала постоянной величиной. Оно, очевидно, зависит от времени горения материала, размеров исследуемого образца и условий испытаний. Поэтому сопоставление результатов по повторному воспламенению корректно проводить только для экспериментов, проведенных при одинаковых условиях.

Как видно из результатов приведенных в таблице, во всех случаях время повторного воспламенения образцов обработанных гелями на порядок превышает время повторного воспламенения образцов, обработанных такими же количествами воды. Наибольшее время повторного воспламенения показали образцы, обработанные растворами с избытком силикатной составляющей. Гели, полученные в системах с избытком $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$, при воздействии пламени вспучиваются, образуя пористый слой, превышающий исходный слой по толщине в 2-3 раза. Это приводит к уменьшению теплопроводности огнезащитного слоя и тем самым к увеличению его огнезащитных свойств.

При толщине слоя геля больше 4 мм образцы потушенной древесины не воспламеняются. Аналогичное явление наблюдалось при огнезащите древесины слоями геля толщиной более 3,5 мм. [6,7]. Воздействие пламени на образцы, защищённые толстыми слоями огнезащитных гелей, продолжалось 1 час. В ходе этих экспериментов проводилось постоянное взвешивание образцов древесины. Приблизительно через 20 минут после помещения образцов в пламя горелки масса их во времени практически переставала меняться, что указывало на прекращение термодеструкции древесины. Первые 20 минут воздействия пламени масса заметно изменялась, что указывало на протекание термодеструкции. Однако и в этот период времени не наблюдалось пламенного горения. Этот факт можно объяснить тем, что благодаря низкой теплопроводности высушенного геля процесс термодеструкции протекал медленно, и концентрация горючих продуктов термодеструкции не достигала нижнего концентрационного предела распространения пламени. В этом случае, как известно, пламенное горение невозможно. Кроме того, для составов, содержащих избыток хлоридов кальция или магния, ещё одним фактором торможения реакции пламенного горения является выделение хлороводорода, образующегося при гидротермическом разложении соответствующих солей:



Сопоставление гелей с кальциевой и магниевой составляющими позволяет заключить, что, гели с кальциевой компонентой имеют немногим более высокие огнезащитные свойства по сравнению с гелями, содержащими магниевую соль. Эти результаты согласуются с данными по огнезащитным свойствам гелеобразных покрытий на древесине, полученных на установке ОТМ [2]. Отличие заключается в том, что время воспламенения древесины, защищённой гелеобразными слоями, на 1-2 минуты превышает соответствующие времена повторного воспламенения таких же образцов древесины.

Необходимо отметить, что при толщине огнезащитного слоя более 1 мм образцы древесины, которые повторно воспламенились, при удалении из пламени сразу гаснут.

Образцы древесины, потушенные водой и повторно воспламенившиеся, при удалении из пламени продолжают горение.

Выводы. Экспериментально определены времена повторного воспламенения образцов древесины обработанных водой и гелеобразующими составами $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ и $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ разной толщины. Время повторного воспламенения образцов обработанных гелями на порядок превышает время повторного воспламенения образцов обработанных такими же количествами воды. При толщине слоя геля больше 4 мм образцы потушенной древесины не воспламеняются. Наибольшее время повторного воспламенения показали образцы, обработанные растворами с избытком силикатной составляющей. Гели с кальциевой составляющей несколько превосходят по огнезащитным свойствам гели с магниевой составляющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ:

1. Патент 2264242, Российская федерация. МПК7 А62 С 5/033, Способ тушения пожара и состав для его осуществления / Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявка №2003237256/12. Заявл. 23.12.2003, Опубл. 20.11.10.2005, Бюл. №32.
2. Кірсєв О.О., Муравйов С.Д., Бабенко О.В. *Можливість використання гелеутворюючих систем для попередження, локалізації та ліквідації пожежі та загорянь // Хранение и переработка зерна. № 12 (54) – 2003. – С. 52 – 54.*
3. Пат. 60882 Україна, МКІ 7А62С1/00. *Способ гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кірсєв О.О., Бабенко О.В. (Україна).- № 2003032600. Заявл. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.*
4. Абрамов Ю.О., Кірсєв О.О., Щербина О.М. *Дослідження впливу товщини шару гелю на його вознегасні властивості. „Пожежна безпека” 2006, № 8 – С. 159-162.*
5. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ *Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.*
6. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Щербина О.Н. *Термогравиметрические исследования огнезащитного действия на древесину гелей системы $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2$ „Пожежна безпека”.- 2006, № 9. – С. 42-46.*
7. Александров А.В., Абрамов Ю.А., Киреев А.А. *Исследование влияния поверхностно-активных веществ на огнезащитные свойства гелеобразующих систем. Проблемы пожарной безопасности. – 2006, вып. 19. – С. 14-18.*