

УДК 614.84

А. А. Киреев, д. т. н., доц., Д. И. Савельев,
Национальный университет гражданской защиты Украины

ГЕЛЕОБРАЗНЫЕ ПОКРЫТИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ. ОБЗОР

В обзоре рассмотрены основные характеристики оперативных огнезащитных свойств гелеобразных покрытий, которые формируются на защищаемых поверхностях путем одновременно-раздельной подачи компонентов гелеобразующих систем. Показана перспективность применения такого способа оперативной огнезащиты при тушении различных видов пожаров, в том числе лесных пожаров.

Ключевые слова: гелеобразные покрытия, гелеобразующие системы, оперативная огнезащита, повторное воспламенение, лесные пожары.

Постановка проблемы. Общим недостатком жидкостных средств пожаротушения является их стекание при обработке вертикальных и наклонных поверхностей (при подаче компактными струями), унос мелких капель (при подаче в распыленном состоянии) и низкий теплосъем за счет эффекта плёночного кипения. Ещё одним недостатком жидкостных средств являются их низкие оперативные огнезащитные свойства – после обработки горячей поверхности водой, большая часть её стекает, а оставшаяся влага быстро испаряется. В результате этого потушенные поверхности склонны к повторному воспламенению. До настоящего времени жидкофазные огнетушащие вещества (ОВ) имеют наибольшее распространение при тушении твёрдых горючих материалов (ТГМ). Среди них лидерство остаётся за водой. Это обусловлено уникальным комплексом её свойств. В первую очередь вода имеет аномально высокое охлаждающее действие, что связано с её высокой теплоёмкостью и аномально большой теплотой испарения.

Одним из путей совершенствования жидкостных огнетушащих средств является использование водных растворов различных веществ. Использование водных растворов позволяет сохранить основные положительные свойства воды и улучшить ряд её характеристик как огнетушащего средства. Так для увеличения проникающей способности воды к ней добавляют смачиватели, для уменьшения потерь за счёт стекания – загустители.

Еще одним способом повышения огнетушащей эффективности воды является добавление к ней различных веществ. Растворы таких веществ могут оказывать комплексное действие. Во-первых, они могут выступать в качестве антипиренов. Во-вторых, водные растворы некоторых неорганических веществ могут ингибировать пламенную фазу горения. В-третьих, водные растворы после испарения из них воды часто образуют на горящих поверхностях твёрдые плёнки, которые обладают изолирующими и теплозащитными свойствами.

В целом можно заключить, что добавки к воде различных веществ позволяют значительно повысить её огнетушащее действие. В тоже время такой недостаток воды как её потери за счет стекания с наклонных и вертикальных поверхностей в полной мере не удаётся устранить введением различных добавок.

Анализ последних достижений и публикаций. Требование потери текучести после попадания на защищаемую поверхность можно реализовать при использовании тиксотропных составов. Для целей пожаротушения была предложена огнетушащая тиксотропная система под торговым названием «Firesorb» [1]. Основой его является органический абсорбент, который при добавлении воды набухает и образует вязкий гелеобразный раствор, обладающий тиксотропными свойствами. Недостатками этого огнетушащего состава являются: использование органических компонентов, (после

испарения всей воды оставшаяся органическая часть состава может гореть), высокая вязкость, невозможность нанесения толстых слоёв на вертикальные и наклонные поверхности, а также их высокая стоимость.

Постановка задачи и её решение. Цель работы состоит в разработке огнетушащего средства с высокими оперативными огнезащитными свойствами. Этого можно добиться, если обеспечить для такого средства низкие потери огнетушащего вещества при нанесении его на твердые поверхности и высокие огнезащитные свойства сформированного на этих поверхностях покрытия.

Кардинально решить проблему высоких потерь жидкостных огнетушащих веществ за счёт стекания позволило использование гелеобразующих огнетушащих средств (ГОС). ГОС представляют собой бинарную систему, состоящую из двух отдельно хранимых и отдельно-одновременно подаваемых составов. Оба состава могут быть жидкостями, что облегчает хранение и подачу их в зону горения. Составы должны быть подобраны так, чтобы при их смешении между компонентами происходило взаимодействие, приводящее к быстрому образованию нетекучего гелеобразного слоя [2-3]. Использование в качестве компонентов ГОС водных растворов неорганических веществ позволяет свести к минимуму эффект плёночного кипения.

Проведенные исследования гелеобразования для 35 систем позволили заключить, что наибольшие интервалы области быстрого гелеобразования имеют силикатные системы [4-6]. Кроме того, последующие исследования показали, что силикатные гели имеют высокую адгезию к различным материалам, более высокую прочность по сравнению с другими гелями и приемлемые другие физико-химические свойства [7-9].

Оперативные огнезащитные свойства гелеобразных слоёв.

Защита от теплового воздействия пожара на строительные конструкции, растительные материалы и различного вида оборудование, находящихся в зоне теплового воздействия, в условиях развитого пожара является одним из основных видов действий оперативно-спасательных подразделений. Такой вид огнезащиты, в отличие от постоянной огнезащиты, назовём временной или оперативной огнезащитой. Возгорание и повторное возгорание ТГМ определяется огнезащитной составляющей действия ОВ. Огнезащитные свойства ОВ определяются теми же составляющими, что и огнетушащие: охлаждающей, разбавляющей, изолирующей и ингибирующей. Однако влияние их проявляется несколько по-другому. В случае использования ГОС для целей огнезащиты разбавляющая, ингибирующая и охлаждающая составляющие действуют относительно небольшой промежуток времени. Тонкие гелеобразные слои достаточно быстро нагреваются, вода из них испаряется. После испарения воды и дальнейшего нагревания начинается термодеструкция поверхностного слоя ТГМ. На этом этапе может проявиться ингибирующее действие компонентов ОВ. Однако так как при оперативной огнезащите невозможно осуществить глубокую пропитку горючего материала, ингибирующее действие проявляется небольшой промежуток времени.

Длительным и устойчивым огнезащитным эффектом будут обладать огнезащитные средства с высоким изолирующим действием. Анализ литературных данных показывает, что наилучшие теплоизолирующие свойства проявляют пористые и особенно вспучивающиеся покрытия. Из всех гелеобразных слоёв превосходство по этому параметру имеют силикатные системы.

Для выяснения механизма огнезащитного действия гелеобразных слоёв различного химического состава был проведён комплекс термогравиметрических исследований [10-12]. Эти исследования позволили установить, что время достижения постоянной массы слоем геля прямопропорционально толщине нанесенного огнезащитного слоя, а воспламенение образцов древесины наблюдается при удалении 75-95% от общей массы воды содержащейся в гелевом покрытии.

Визуальные наблюдения также позволили установить ряд закономерностей влияния

толщины гелевых покрытий, нанесенных на стальные пластинки, на их поведение при действии пламени. В случаях тонких слоёв (менее 1 мм) при нагревании покрытия наблюдается легкое растрескивание, которое приводит к оголению защищаемой поверхности. Более толстые покрытия, несмотря на растрескивание, не оголяют поверхность материала. Гелевые покрытия, полученные в системах с избытком силикатной составляющей, при нагревании заметно вспучиваются. Коэффициент вспучивания для систем с концентрацией полисиликата натрия 28 % достигает значения 3-4.

Наилучшими механическими и адгезионными свойствами обладают гелевые слои, полученные с использованием в качестве компонентов ГОС растворов хлорида кальция и силиката натрия.

Количественные интегральные характеристики огнезащитного действия были получены путём проведения натурального эксперимента [13-14]. В качестве показателя огнезащитного действия ГОС было принято время воспламенения деревянного образца в условиях действия открытого пламени. Была использована модифицированная методика определения групп трудногорючих материалов. Соответствующие экспериментальные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения времен воспламенения образцов древесины для разных составов ГОС (толщина слоя 1,5 мм), полученных на установке ОТМ

№	Концентрация силиката, масс. %	Концентрация катализатора гелеобразования, масс. %	Время воспламенения, мин.
$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{CaCl}_2$			
1	2	3	4
1	5	4	4,5
2	28	4	7,7
3	5	35	5,1
4	28	35	9,1
$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{AlCl}_3$			
1	4	3	3,7
2	28	3	4,5
3	4	30	3,9
4	28	30	8,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$			
1	8	12	3,9
2	28	12	4,5
3	8	42	4,1
4	28	42	4,9
$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$			
1	12	18	4,4
2	28	18	4,3
3	12	25	5,3
4	28	25	5,2
$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{AlBr}_3$			
1	3	4	3,6
2	28	4	4,6
3	3	30	4,1
4	28	30	8,0

Как видно из приведенных результатов, по оперативным огнезащитным свойствам все исследованные составы уступают ГОС $\text{CaCl}_2(35\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

Для ГОС с наилучшими оперативными огнезащитными свойствами ($\text{CaCl}_2(35\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$) также было проведено исследование влияния поверхностно активных веществ (ПАВ) на оперативные огнезащитные свойства [15]. Исследования проводились при удельных расходах гелеобразующих составов 0,2; 0,5; 0,8; 1,2 и 1,5 $\text{кг}/\text{м}^2$. Нанесение гелеобразующих составов осуществлялось методом гидравлического распыливания. В качестве ПАВ использовался пенообразователь ПО–6 ОСТ, концентрация которого в обоих составляющих ГОС была выбрана равной 2 %. На рис. 1 приведены зависимости времени воспламенения от удельных расходов ГОС $\text{CaCl}_2(35\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

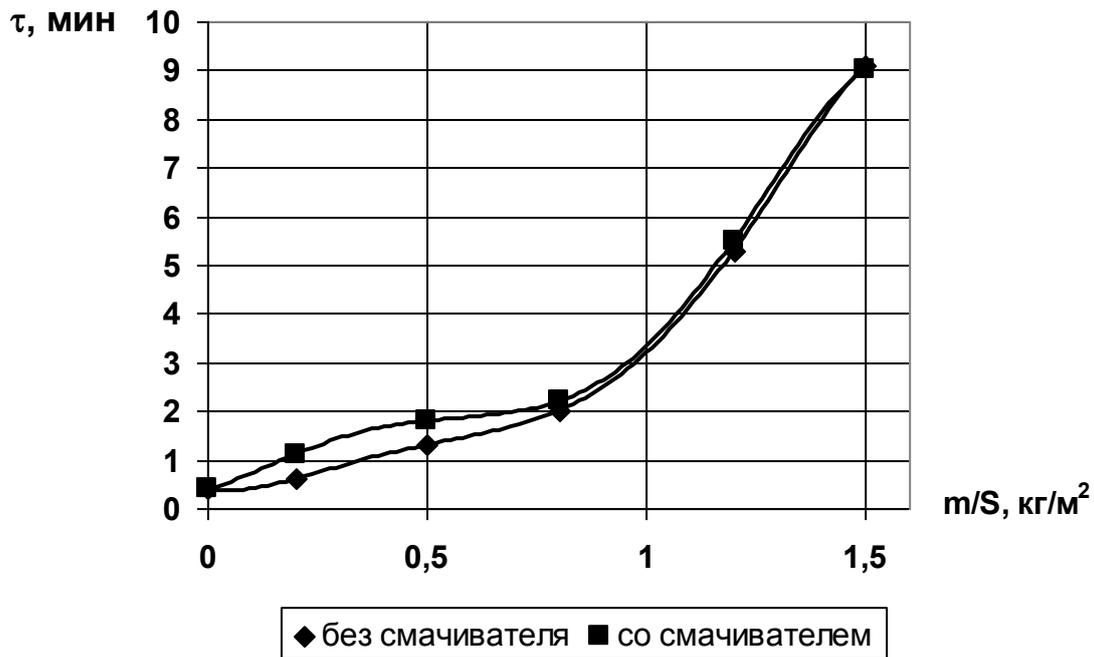


Рисунок 1 - Зависимость времени воспламенения древесины от удельного расхода ГОС $\text{CaCl}_2(35\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

Как видно из приведенных зависимостей положительное влияние ПАВ проявляется только на тонких слоях геля – 0,2 и 0,5 $\text{кг}/\text{м}^2$. Для более толстых гелеобразных слоёв (0,8–1,5 $\text{кг}/\text{м}^2$) добавки ПАВ не оказывают существенного влияния на оперативные огнезащитные свойства. Объяснение этого факта удаётся получить, проводя визуальный осмотр обработанных гелеобразующими составами образцов. При малых массовых расходах, за счёт плохого растекания растворов гелеобразователя и катализатора гелеобразования гидрофобной поверхности сосновой дощечки некоторая часть её поверхности оказывается непокрытой слоем геля. При добавлении ПАВ в компоненты гелеобразующих составов смачивание улучшается, и покрытие слоем геля становится равномерным и сплошным. При больших массовых расходах огнетушащих жидкостей слой геля получается сплошным и без добавления ПАВ, поэтому добавление пенообразователя практически не сказывается на огнезащитном действии гелеобразующих составов.

С увеличением толщины гелеобразного слоя увеличивается и время воспламенения образцов древесины. В случае увеличения удельного расхода ГОС свыше 2 $\text{кг}/\text{м}^2$ для большинства ГОС наблюдается неустойчивое горение. При этом температура отходящих газов случайным образом изменяется в интервале 200–240°С. Для ГОС $\text{CaCl}_2(35\%)+$

$\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$ при удельном расходе более $3,5\text{ кг/м}^2$ температура отходящих газов не превышает 210°C , даже при часовой экспозиции образцов в пламени. Это указывает на практическое отсутствие горения.

Влияние гелеобразных слоёв на время повторного воспламенения.

При тушении пожаров, особенно крупных, приходится сталкиваться с явлением повторного воспламенения. Потушенные поверхности через некоторое время воспламеняются снова. Это явление затрудняет процесс тушения, вызывает потребность в привлечении дополнительных сил и средств, увеличивает время тушения пожара.

Повторное воспламенение твёрдых горючих материалов возникает по двум основным причинам. Во-первых, повторное воспламенение возможно за счёт тепла аккумулированного в потушенном материале. Второй причиной повторного воспламенения является воздействие на потушенные участки пожара теплового излучения или пламени от непотушенных участков пожара. Этот вид повторного воспламенения сильно затрудняет тушение крупных пожаров.

Результаты исследований влияния гелеобразных покрытий на время повторного воспламенения при тушении единичных образцов древесины приведены в работах [16-17]. На рис. 2. приведены графические зависимости времён повторного воспламенения от удельного расхода для ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и $\text{CaCl}_2(42\%) + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

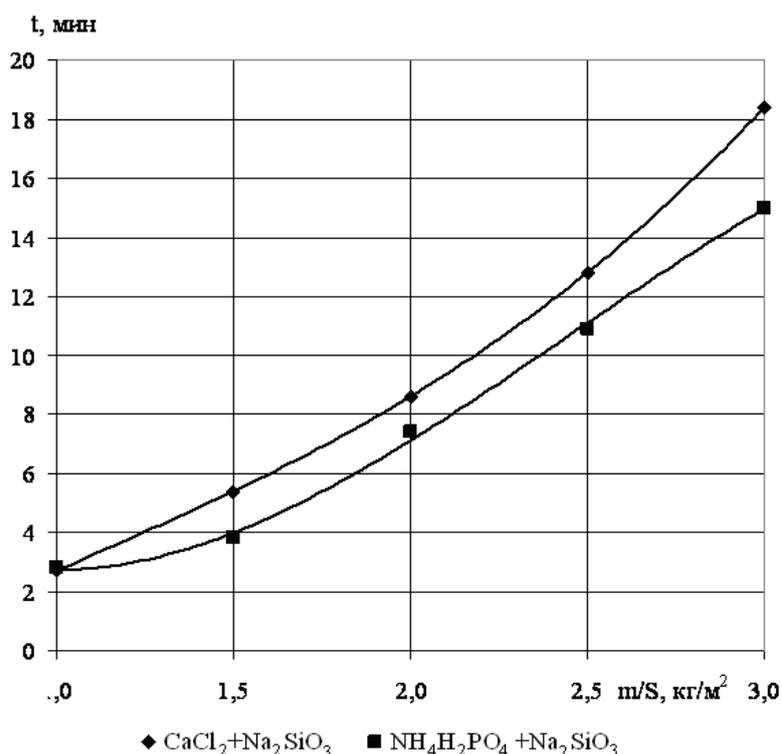


Рисунок 2 - Зависимости времён повторного воспламенения (t) от удельного расхода (m/S) для ГОС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и $\text{CaCl}_2(42\%) + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

Анализ полученных результатов по тушению единичных образцов древесины позволяет заключить, что наибольшие времена повторного воспламенения обеспечивает применение ГОС $\text{CaCl}_2(42\%) + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(28\%)$.

Условия горения и тушения единичного образца существенно отличаются от соответствующих процессов имеющих место при реальных пожарах. В частности, при исследовании единичных образцов не создаются условия для накопления газообразных продуктов термодеструкции вблизи исследуемого образца. Продукты термодеструкции быстро уносятся восходящими потоками от газовой горелки. Из вышесказанного вытекает

необходимость проведение эксперимента, который в большей степени учитывал бы реальные условия пожара.

В качестве модели реального пожара приняты модельные очаги пожаров соответствующего класса. Для твёрдых горючих материалов в качестве модельного очага принят штабель, состоящий из брусков древесины. В качестве лабораторного модельного очага был выбран штабель из 32 брусков размером 20×20×150 мм, уложенных в 8 слоёв по 4 бруска в каждом. Расстояние между брусками в ряду 20 мм. Такой модельный очаг по коэффициенту плотности укладки и удельной поверхности штабеля является близким к полномасштабным стандартным модельным очагам 1А и 2А и наиболее часто используется в научных исследованиях.

Результаты исследований по определению времени повторного воспламенения лабораторного модельного очага при его тушении ГОС и рядом однокомпонентных систем [18-19] представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Удельные расходы различных ОБ на первичное $(m/S)_1$, повторное $(m/S)_2$ и общее тушение модельного очага $(m/S)_{\text{общ}}$ (первичное тушение –20% избыток ОБ) и время повторного воспламенения штабеля ($\tau_{\text{п.в}}$)

Огнетушащее вещество	$(m/S)_1$ кг/м ²	$(m/S)_2$ кг/м ²	$(m/S)_{\text{общ}}$ кг/м ²	$\tau_{\text{п.в.}}$, МИН
H ₂ O	1,54	0,65	2,19	<1,0
NH ₄ H ₂ PO ₄ (25%)	0,34	0	0,34	–
CaCl ₂ (25%)	1,10	0,27	1,37	1,5
ГОС CaCl ₂ (42 %) + Na ₂ O·2,7SiO ₂ (28 %)	0,96	0,22	1,18	1,5
ГОС Na ₂ O·2,7SiO ₂ (12%), + +(NH ₄) ₂ SO ₄ (5%), NH ₄ H ₂ PO ₄ (22%)	0,36	0,19	0,55	2,5

Таблица 3 - Удельные расходы различных ОБ на первичное $(m/S)_1$, повторное $(m/S)_2$ и общее тушение модельного очага $(m/S)_{\text{общ}}$. (первичное тушение –50% избыток ОБ) и время повторного воспламенения штабеля ($\tau_{\text{п.в}}$)

Огнетушащее вещество	$(m/S)_1$ кг/м ²	$(m/S)_2$ кг/м ²	$(m/S)_{\text{общ}}$ кг/м ²	$\tau_{\text{п.в.}}$, МИН
H ₂ O	1,93	0,53	2,46	<2,0
NH ₄ H ₂ PO ₄ (25%)	0,43	0	0,43	–
CaCl ₂ (25%)	1,39	0,22	1,61	2,0
Na ₂ O·2,7SiO ₂ (28 %)	1,61	0,41	2,02	2,0
ГОС CaCl ₂ (42 %) + Na ₂ O·2,7SiO ₂ (28 %)	1,22	0,23	1,45	2,0
ГОС Na ₂ O·2,7SiO ₂ (12%), + +(NH ₄) ₂ SO ₄ (5%), NH ₄ H ₂ PO ₄ (22%)	0,45	0	0,45	–

Анализ приведенных данных позволяет заключить, что наилучшие результаты показали компонент ГОС NH₄H₂PO₄(25%) и ГОС Na₂O·2,7SiO₂(12%)+(NH₄)₂SO₄(5%), NH₄H₂PO₄(22%). Только эти две системы при удельном расходе ОБ менее 0,5 кг/м²

обеспечили отсутствие повторного воспламенения в течение 2,5 минут воздействия на модельный очаг пламени горящего бензина. При удельном расходе этих ОВ на тушения модельного очага равном $1,0 \text{ кг/м}^2$ время повторного воспламенения превышало 5 минут. В последнем случае горение протекало с малой интенсивностью и постепенно прекращалось при удалении источника пламени.

Тушение лесных пожаров с использованием ГОС

Для тушения лесных пожаров высокой интенсивности используют косвенные (пассивные) методы тушения. При использовании таких методов тушения линию остановки огня выбирают на некотором расстоянии от кромки пожара. Для остановки распространения пожара используют защитную полосу (противопожарный барьер), на которой имеются или создают условия невозможности процесса горения.

Различают такие виды противопожарных барьеров: минерализованные полосы, противопожарные разрывы, противопожарные заслоны, противопожарные канавы, реки, озёра, автомобильные дороги. Часть из них существуют или создаются заранее в целях пожарной профилактики лесных пожаров, часть создаётся в процессе тушения лесного пожара.

Для создания искусственных противопожарных барьеров необходимо на некотором расстоянии от кромки лесного пожара удалить растительные горючие материалы или перевести их в негорючее состояние. Для этого с помощью землеройной техники создают минерализованные полосы путем прокладки канав и засыпке грунтом горючих материалов.

Применение косвенных методов связано с заведомой потерей от огня значительной лесной территории. Эта территория включает всю площадь защитной полосы, глубина которой при сильных пожарах должна составлять сотни метров. Кроме того, выгорают площади леса между защитной полосой и кромкой пожара на момент начала создания защитной полосы. Последние участки леса могут по глубине составлять сотни и даже тысячи метров.

В работах [20-22] для создания заградительных полос и рубежей, от которых осуществляется отжиг предложено использовать ГОС. В работах [23-24] приведены результаты исследований по оперативным огнезащитным свойствам ГОС по отношению к лесным горючим материалам. ГОС показали высокие оперативные огнезащитные свойства по отношению к сухой траве, лесной подстилки, состоящей из елового опада, шишек и мелких сухих веток. Также были изучены оперативные огнезащитные свойства гелеобразных слоёв по отношению к сосновым веточкам. Основные выводы по оперативным огнезащитным свойствам гелеобразных слоёв по отношению ЛГМ можно сформулировать следующим образом – ГОС позволяют обеспечить длительную огнезащиту ЛГМ как при низовом пожаре так и верховом лесном пожаре.

Выводы:

- ГОС проявляют на порядок большие оперативные огнезащитные свойства, чем вода;
- при защите открытых поверхностей слой геля толщиной более 3,5 мм обеспечивает отсутствие воспламенения древесины свыше 1 часа;
- введение ПАВ в состав ГОС при удельных расходах огнетушащего вещества менее 1 кг/м^2 улучшает оперативные огнезащитные свойства;
- для очагов пожара с наличием скрытых поверхностей в наибольшей степени увеличивает время повторного воспламенения компонент ГОС $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(25\%)$ и ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(12\%) + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$;
- ГОС обеспечивают длительную оперативную огнезащиту основных лесных горючих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобанов Ф.И. Использование полимерных материалов в пожаротушении / Ф.И. Лобанов // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – Т. 13, № 1. – С. 64-68.

2. 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.
3. О.О. Кіреєв, С.Д. Муравйов, О.В. Бабенко. Можливість використання гелеутворюючих систем для попередження, локалізації та ліквідації пожеж та загорянь//Хранение и переработка зерна. № 12 (54) – 2003. – С. 52 – 54.
4. Дослідження властивостей розчинів гелеутворюючих систем та установка для його здійснення / [Кіреєв О.О., Бронжаєв М.Ф., Мішурова Т.В., Бабенко О.В.] // Проблемы пожарной безопасности. – 2002. – Вып. 13. – С. 52-56.
5. Кіреєв О.О. Дослідження концентраційних областей гелеутворення вогнегасних складів / О.О. Кіреєв, В.М. Романов, О.В. Бабенко // Проблемы пожарной безопасности. – 2003. – Вып. 14. – С. 109-112
6. Кіреєв О.О. Оптимізація складу гелеутворюючих вогнегасних систем / О.О. Кіреєв, О.В. Бабенко // Проблемы пожарной безопасности. – 2004. – Вып. 15.– С. 103-106.
7. Кіреєв О.О. Обґрунтування вибору систем для дослідження явища гелеутворення при розробці нових складів рідинних засобів пожежогасіння / О.О. Кіреєв, О.В. Бабенко // Проблемы пожарной безопасности. – 2002. – Вып. 12. – С. 107-110.
8. Дослідження теплозахисної дії гелевих плівок / Кіреєв О.О., Савченко О.В., Тарасова Г.В. [и др.] // Проблемы пожарной безопасности. – 2005. – Вып. 18. – С. 82 – 86.
9. Дослідження вогнезахисної дії гелевих плівок на матеріалах, розповсюджених у житловому секторі / [Савченко О.В., Кіреєв О.О., Альбоций В.М. [и др.] // Проблемы пожарной безопасности – Харьков: УГЗУ, 2006. – Вып. 19. – С. 127 – 131.
10. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей / А.А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности. –2006. – Вып. 20. – С. 81-85.
11. Кіреєв О.О. Вогнезахисні властивості силікатних гелеутворюючих систем / О.О. Кіреєв. // Науковий вісник будівництва. – 2006. – Вып. 37. – С. 188-192.
12. Абрамов Ю.А. Термогравиметрические исследования огнезащитного действия на древесину гелей системы $MgCl_2+Na_2O \cdot 2,7SiO_2$ / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, О.Н. Щербина. // Пожежна безпека. – 2006. – № 9. – С. 42-47.
13. Кіреєв О.О. Вогнезахисті властивості силікатних гелеутворюючих систем / О.О. Кіреєв // Науковий вісник будівництва. – 2006. – Вып. 37. – С. 188–192.
14. Кіреєв О.О. Вогнезахисті властивості гелеутворюючих сполук при використанні їх для захисту озброєння та військової техніки від запалювальних речовин / О.О. Кіреєв, Г.Б. Гишко // Системи озброєння і військова техніка. –2006.– Вып. 4(8).– С. 30–33.
15. Александров А.В. Исследование влияния поверхностно–активных веществ на огнезащитные свойства гелеобразующих систем / А.В. Александров, Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности.– 2006.– Вып. 19. – С. 14–18.
- Абрамов Ю.А. Влияние гелеобразных слоёв на время повторного воспламенения древесины / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, О.Н. Щербина // Пожежна безпека. –2007.– №10.– С. 88–91.
16. Киреев А.А. Исследование повторного воспламенения древесины, обработанной гелеобразующими составами / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности.– 2009.– Вып. 25. – С. 65–72.
17. Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих огнетушащих составов / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности.– 2008.– Вып. 24. – С. 44–49.
18. Абрамов Ю.О. Дослідження вогнегасної дії гелеутворюючих систем на основі силікатів / Ю.О. Абрамов, О.О. Кіреєв, О.М. Щербина, А.О. Бедзай // Пожежна безпека. – 2007.– №11.– С. 100–104.
19. Сумцов Ю.А., Совершенствование жидкостных средств тушения лесных пожаров / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, А.В. Бабенко // Пожежна безпека.– Львів.– 2005.– №6.– С.29-31.

20. Киреев А.А. Гелеобразующие составы перспективные средства тушения лесных пожаров / А.А. Киреев, Ю.А. Сумцов, А.В. Александров // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. трудов АГЗУ.– Вып.14 .- Харьков: Фолио, 2004. – С.94-98.

21. Сумцов Ю.А. Исследование времени работоспособности гелеобразующих составов при борьбе с лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, Г.В. Тарасова // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ, 2006.– Вып.20.– С.197-202.

22. Сумцов Ю.А. Выбор гелеобразующих составов для борьбы с лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, Г.В. Тарасова // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: АГЗУ, 2006.– Вып.19.– С.143-148.

23. Сумцов Ю.А. Использование гелеобразующих составов для борьбы с низовыми лесными пожарами / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв // Проблемы пожарной безопасности. – 2007.– Вып.22.– С.175-179.

24. Сумцов Ю.А. Оценка массы гелеобразующего состава для тушения верхового лесного пожара / Ю.А. Сумцов, А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – Вып.27.– .192-197.