

Использование модифицированного рабочего тела двигательных установок для создания эффективных устройств пожаротушения

77-48211/465812

Инженерный вестник # 09, сентябрь 2012

Власов Ю. Н.

УДК 621.454

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

unvlasov@yandex.ru

Одним из важнейших возможных направлений применения результатов, полученных при исследовании и проектировании гидрореагирующих двигателей является использование их аналогов для создания современных эффективных средств и методов тушения пожаров. Давно известно, что вода и композиции на её основе являются одними из основных средств тушения благодаря своей доступности, дешевизне, значительному значению теплоёмкости, высокой скрытой теплоте испарения, химической нейтральности и отсутствия токсичности. Вода является наилучшим охладителем горячей системы, изолирует источник горения, в значительной мере снижает скорость протекания подготовительных процессов и самого процесса окисления.

Существенным преимуществом водяных систем пожаротушения является повышение уровня защищенности людей от воздействия опасных факторов пожара: ограничивается скорость распространения пожара внутри помещения, уменьшается концентрация дыма и токсичных компонентов в воздушном объёме, несколько улучшается видимость сквозь задымленную среду, улучшаются условия для дыхания человека, исключается возможность объёмного воспламенения в горящем помещении.

Известно, что эффективность пожаротушения многократно возрастает при использовании воды в виде мелкодисперсных аэрозолей из-за высокого коэффициента использования (отношения условного количества воды необходимой для прекращения горения при идеальных условиях к общему подаваемому её количеству) и, как следствие, минимально необходимого количества её подачи. Это исключает излишнее воздействие воды на объекты тушения, а также значительно снижает ущерб окружающей среде от пожаров и результатов их тушения. В настоящее время в наиболее распространенных средствах тушения только 5-10 % поданной воды используется на непосредственное

тушения пожара. При использовании тонко распыленной воды возможно расширение области её применения, например, там, где использование сдерживается опасностью усиления горения в результате выброса или вскипания, а также при тушении электроустановок под напряжением.

Задача быстрого получения мелкодисперсного аэрозоля с минимальными затратами может решаться различными методами: предварительным перегревом воды в специальных хорошо теплоизолированных емкостях, использованием энергии заряда твердого топлива, использованием топлив, для которых вода служит эффективным окислителем и т.д.

В гидрореагирующих двигателях, работающих на пиротехнических составах, жидкая вода является одним из компонентов топлива. При горении пиротехнического состава с водой выделяется значительное количество тепла, величина которого зависит от соотношения реагирующих компонентов и которое может быть использовано для дробления значительных количеств воды. При выборе соотношения компонентов пиротехнического состава и воды в определенном диапазоне на выходе устройства получается перегретая вода с повышенной способностью растворять карбонаты, сульфаты, силикаты, содержать оксиды и гидроксиды, имеющиеся в продуктах горения пиротехнического состава, получившая в последнее время название температурно-активированной, т.е. перегретой при повышенных давлениях. В зависимости от требований, предъявляемых к составу рабочего тела, при его модифицировании одним килограммом пиротехнического состава можно перегреть до 20 кг воды, при этом часть воды будет находиться в виде водяного пара. При выходе перегретой воды из генератора в атмосферу происходит её вскипание, в результате чего увеличивается доля пара, а из оставшейся части воды образуются капли, размер которых определяется температурой перегрева и величиной превышения давления выше атмосферного.

Использование гидрореагирующих пиротехнических составов является одним из наиболее эффективных методов получения мелкодисперсного аэрозоля. В сравнении с предложенным вариантом получения перегретой воды в работах Роевко В.В. и др. имеются следующие преимущества: перегрев воды осуществляется за счет энергии выделяющейся при сгорании блока термохимического состава при имеющем место объёмном теплообмене, нет необходимости в трубчатом теплообменнике, характеристики которого меняются в процессе эксплуатации за счет ухудшения коэффициента теплоотдачи из-за отложений на поверхностях стенок. Время подготовки перегретой воды не превышает 0,5-1 с, от подачи команды на запуск до момента начала выпуска перегретой воды. Нет необходимости в баке с топливом для подогрева воды, устройстве

для сжигания и в затратах на их обслуживание. Наиболее просто осуществляется регулирование температуры перегретой воды величиной соотношения компонентов при выбранном давлении в газогенераторе. Меняя величину соотношения компонентов можно варьировать соотношение между паровой и водяной фазами воды, а меняя величину давления изменять размер капель воды. Скорость подачи мелкодисперсных частиц приближается к сверхзвуковой, что обеспечивает максимальное проникновение мелкодисперсных частиц воды в зону очага горения.

Разработка специальных устройств, с достаточной надежностью решающих задачу по получению модифицированных продуктов сгорания, связана с использованием термохимических пароаэрозольных генераторов (ТПАГ), работающих на заряде из высокометаллизированной энергетической конденсированной системы (ЭКС) и воде в качестве окислителя, позволяет решать задачи получения мелкодисперсных аэрозолей и разрабатывать новые методы их использования при тушении пожаров. При использовании такого рода устройств имеет место комплексное воздействие тушащих средств, так как основной тушащий компонент состоящий из мелкодисперсного аэрозоля воды дополняется водными растворами солей, порошками оксида и гидроксида металла в насыщенном водяном паре с небольшим количеством других неконденсирующихся газов, образующихся в рабочем теле в процессе работы генератора. При этом нет необходимости, как в случае использования порошковых огнетушителей, обеспечения текучести порошков, отпадает проблема слеживаемости, решается проблема с генерацией газа для транспортировки огнетушащих порошков в зону горения.

Предварительная оценка потребного максимально эффективного диаметра капель воды показывает, что имеющиеся в спектре распыленного факела частицы размером порядка 4 мкм, обеспечивают надежное тушение при объёмной концентрации аэрозоля от 0,007 до 0,01 кг/м³. Эта концентрация примерно в 20 раз меньше огнетушащей концентрации хладонов (данные ВНИИПО РФ).

Так как в реальных условиях пожаротушения, как правило, подача тушащего состава производится из устройства, расположенного вне пламени, то мелкие частицы не могут проникнуть вглубь области горения из-за достаточно быстрого торможения и уноса их восходящими потоками продуктов горения. Проникающая способность распыленных струй определяется напором, аэродинамическим сопротивлением горячих струй пламени, размером и скоростью движения капель. Она убывает с уменьшением напора и размера капель. При диаметре капель выше 0,8 мм проникающая способность струи уже не зависит от её напора, однако огнетушащая способность таких капель значительно уменьшается. Таким образом, оптимальный размер капель, которые должны находиться в

факеле на выходе генератора для тушения различных веществ колеблется от 0,01 до 0,8 мм, при этом, чем меньше диаметр капель, тем ближе способ тушения приближается к объёмному.

Результаты термодинамических расчетов горения высокометаллизированных систем показывают, что при использовании в качестве основного горючего металла магния, как элемента достаточно эффективного и легко реагирующего с водой в условиях камеры газогенератора, конструкция газогенератора проще и, следовательно, надежней, несмотря на то, что, по своим энергетическим характеристикам магний уступает алюминию. Металл для использования в блоке высокометаллизированных систем должен быть с малой дисперсностью частиц, в качестве дополнительных компонентов для увеличения плотности блока используются легко газифицирующиеся пластичные при формовке заряда твердые окислительные и горючие элементы, способные к самостоятельному горению друг с другом и позволяющие обеспечить легкое воспламенение, требуемую скорость горения, отсутствие детонационной способности, необходимую прочность блока, стабильность при длительном хранении и низкую стоимость заряда.

Возможно введение специальных добавок, увеличивающих тушащий эффект образующегося аэрозоля. Вопрос выбора дополнительных компонентов представляет достаточно сложную задачу, решить которую только в рамках термодинамического расчета не представляется возможным.

Для практической реализации устройства пожаротушения была выбрана топливная композиция, удовлетворяющая в первую очередь эксплуатационным характеристикам. Композиция включает следующие компоненты: мелкодисперсный порошок магния – 72 %, натриевая селитра – 25 %, канифоль – 3 %. Предварительные термодинамические расчеты состава продуктов сгорания выбранного топлива показали, что наиболее оптимальным значением соотношения компонентов K_m (отношение расхода воды к расходу состава) является величина K_m в диапазоне от 6 до 20. Результаты были получены при давлении равном 1 МПа. Такая величина давления выбиралась исходя из того факта, что существующие пожарные трубопроводы систем водоснабжения рассчитаны на рабочее давление не ниже 1,0 МПа. При этом температура продуктов реакции не существенно зависит от величины давления. С ростом давления в генераторе размер частиц на его выходе уменьшается.

Сопоставление эффективности указанной композиции с другими тепловыделяющими системами показывает, что принятый состав на 15–20 % превосходит композиции с другим составом исходных элементов, при этом в качестве основного

критерия эффективности для анализа принималась минимальная масса топлива, необходимая для получения равных количеств аэрозоля с одинаковыми характеристиками.

Результаты термодинамических расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Состав основных продуктов сгорания блока газогенератора при давлении равном 1,0 МПа и $K_m = 8$ (массовые доли).

Состав	Камера сгорания	Критическое сечение	к.ф- конденсирова нная фаза
H ₂	4,8782E-3	4,8530E-3	
H ₂ O пар	3,7627E-1	3,8499E-1	
N ₂	6,4183E-4	5,3417E-4	
NH ₃	4,7855E-3	4,9164E-3	
CO ₂	2,0179E-7	1,6094E-6	
CH ₄	5,8096E-4	5,8096E-4	
H ₂ O жидк	4,0336E-1	3,9484E-1	
MgO ₂ H ₂ к.ф	1,9196 E-1	1,9196 E-1	
Na ₂ CO ₃ к.ф	1,7320 E-2	1,7320 E-2	

Для реализации комбинированного воздействия образующейся системы продуктов горения блока на очаг пожара, связанного с разбавлением реагирующих при пожаре компонентов, охлаждением и смачиванием горящих материалов, ингибированием реакции горения из-за охлаждения факела и гибели активных центров, срыва пламени высокоскоростной струёй спроектирован газогенератор, выполняющий указанные функции, при этом к указанным требованиям добавляются требования обеспечения устойчивого протекания рабочего процесса в камере сгорания газогенератора, отсутствия возможности запуска газогенератора при отсутствии воды в системе пожаротушения и гарантированной задержки выхода высокотемпературного факела в момент запуска генератора.

Внешний вид модельного генератора с внешним диаметром 98 мм, длиной 800 мм, массой 8 кг, со временем работы при давлении 1 МПа равным 20 с, представлен на рис. 1.

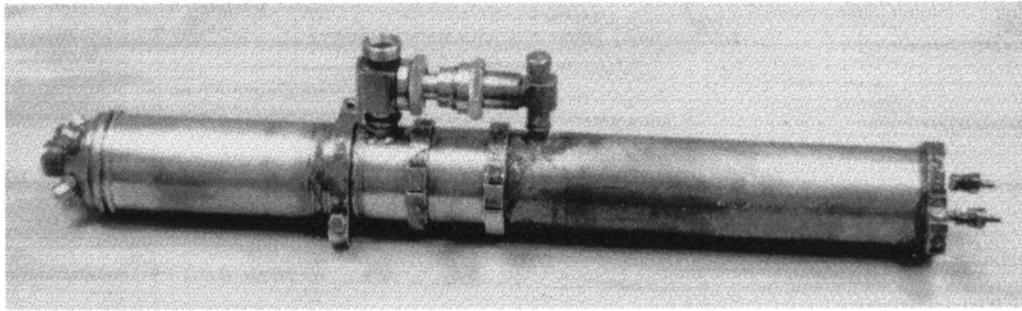


Рисунок 1. Технический модельный парозерозольный генератор (ТПАГ – 80)

Так как подача общеготребного количества воды в генератор в одну зону горения приводит к неустойчивому протеканию процесса, вплоть до срыва режима горения, вода в указанном генераторе подаётся в две зоны в соотношении 1: 4,3 (первая зона по отношению ко второй). Вода в первую зону подается с помощью струйных форсунок, во вторую – зону теплообмена, с помощью центробежных форсунок -рисунок 2 (блок термохимического состав и вторая зона отстыкованы, струи вверх от струйных форсунок, вниз- от центробежных).



Рисунок 2. Зонная подача воды в газогенераторе

Для предотвращения выброса пламени в момент воспламенения, первая зона отделена от второй специальной шайбой с числом отверстий, закрытых выгораемыми пороховыми заглушками, равным количеству форсунок первой зоны. Модифицирование

состава продуктов сгорания заключается в увеличении соотношения компонентов, подаваемых в зоны горения пиротехнического состава, что приводит к возрастанию доли перегретой воды на выходе газогенератора. Величина давления перегретой воды легко регулируется изменением расхода подаваемой воды в газогенератор или изменением диаметра критического сечения при проектировании генератора на заданный расход тушащей смеси. Указанный способ получения перегретой воды превосходит предложенные в практике пожаротушения способы её получения с помощью ТЭНов (НПО «Пожарная автоматика сервис») или водотрубного теплообменника (Роевко В.В. и др).

Запуск генератора осуществляется с помощью охотничьего патрона 20 калибра. При поступлении давления воды из магистрали водоснабжения взводится рабочая пружина узла запуска, усилием, возникающим от совместного давления пружины и воды срезается специально калиброванная чека и боек ударяет по капсулю типа «жевел» воспламенительного устройства, приводя газогенератор в действие. Вода в газогенератор может подаваться либо с помощью высоконапорного насоса, либо от специально разработанной автономной системы водопитания -рисунок. 3.

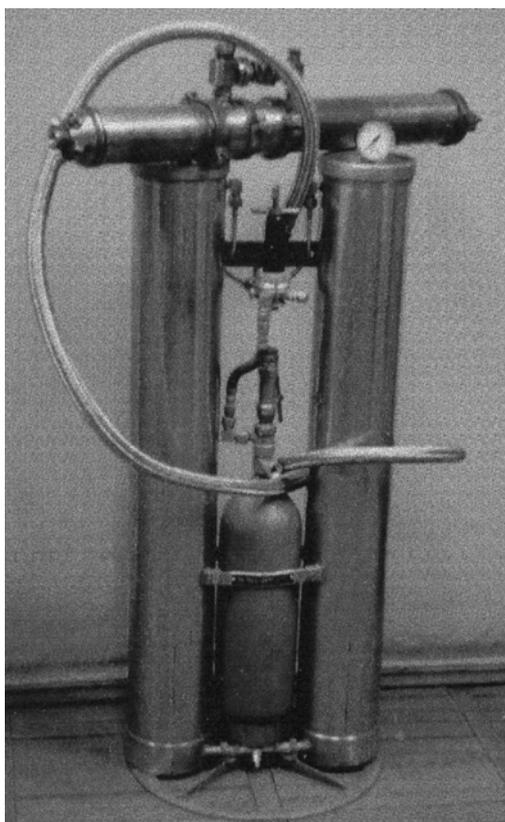


Рисунок 3. Вариант исполнения автономной системы водопитания

На рисунке 4 показана работа газогенератора при различных вариантах исполнения соплового блока. В зависимости от предъявляемых требований образующаяся пожаротушащая смесь может быть подана в зону тушения с помощью одного сопла или многосопельным насадком. При одинаковых расходах пожаротушащей смеси подача одним соплом обеспечивает тушение протяженных объектов, многосопловой режим работы более пригоден при организации объёмного способа тушения.

Одним газогенератором обеспечивается тушение горящих жидкостей и кабелей в замкнутом помещении объёмом 50 м³. При предварительных испытаниях тушение модельных очагов обеспечивалось за 5-10 с. после начала работы газогенератора.



Вариант исполнения генератора с
6 соплами

Вариант исполнения генератора с одним соплом

Рисунок 4. Работающий газогенератор

Список литературы:

1. ГОСТ 12.1.033-81 «ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения».
2. ГОСТ Р 53288-2009 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. Роевко В. Уникальные свойства температурно-активированной воды. Пожарное дело 2009 г. N 4.
4. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О ТРЕБОВАНИЯХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ» Статья 45. Классификация установок пожаротушения.

5. В.В. Тербнев, Н.С. Артемьев, Д.А. Корольченко, А.В. Подгрушный, В.И. Фомин, В.А. Грачев. Промышленные здания и сооружения. Серия «Противопожарная защита и тушение пожаров». Книга 2. - М.: Пожнаука, 2006. с. 311.