

05.26.00 «Безопасность деятельности человека»

УДК 630.181.351

Эффективность аэрозольного пожаротушения при различных характеристиках защищаемого помещения

Aerosol fire extinguishing efficiency at different characteristics of the indoor protected area

Андреев Ю.А.^{1,2}

д-р. тех. наук

Амельчугов С.П.²

д-р. тех. наук

Ширинкин П.В.¹

канд. тех. наук

¹ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России

²ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

andreev_fire@mail.ru

Andrev U.A.^{1,2}

*holder of an Advanced
Doctorate (Doctor of Science) in
Engineering Sciences*

Amelchugov S.P.²

*holder of an Advanced
Doctorate (Doctor of Science) in
Engineering Sciences*

Shirinkin P.V.¹

Ph.D. of Engineering Sciences

¹FSBEE HE Siberian Fire
and Rescue Academy
EMERCOM of Russia

²FSAEI HE Siberian Federal
University

Аннотация:

Описаны установка и методика проведения экспериментов, их результаты. Приведены уравнения зависимости огнетушащей концентрации газоаэрозольной смеси для горючих жидкостей и кабельной продукции от температуры, влажности и скорости движения воздуха, негерметичности защищаемого объема.

Ключевые слова: огнетушащий аэрозоль, газоаэрозольная смесь, концентрация, генератор, пожаротушение

Abstract:

In the article the installation and methodology of the experiments, the results are described. The equations for the dependence of the fire-extinguishing concentration of the gas-aerosol mixture for combustible liquids and cables on temperature, humidity and air speed, leakage of the protected area are given.

Key words: aerosol fire extinguishing, gas aerosol mixture, concentration, generator, fire fighting.

Введение:

Системы аэрозольного пожаротушения применяются при локализации пожаров объемным способом.

Аэрозолеобразующий состав (АОС) представляет собой твердотопливную смесь, которая может гореть самостоятельно. В этой смеси обязательно присутствие окислителей в виде кислородосодержащих солей и горючих элементов. Основное исполнительное устройство – аэрозольный генератор.

Действие системы основано на том, что огнетушащее вещество внутри генератора после инициирования пиропатроном загорается и в результате образуется мелкодисперсное облако. Оно воздействует на очаг возгорания, блокирует доступ кислорода, останавливает и разрушает цепные реакции в очаге возгорания, подавляя процесс горения. Эффект от аэрозолей продолжается после выхода веществ из сопла корпуса до 30 минут.

По основным тактико-техническим характеристикам аэрозольное пожаротушение превосходит многие широко используемые объемные методы [1-4].

1 Краткая методика экспериментов

Целью настоящих исследований являлось изучение влияния температуры, влажности, скорости движения воздуха и негерметичности защищаемого объема на пространственно-временную динамику распространения огнетушащего аэрозоля и его эффективность.

Исследования проводились в камерах с регулируемой температурой объемом 0,269 и 0,296 м³ и в помещении высотой 2,14 м с общим объемом 44 м³ в диапазоне температур воздуха от -25 до +70 °С с использованием высокотемпературных и низкотемпературных генераторов. Горючими материалами служили кабельная продукция с полихлорвиниловой и резиновой изоляцией и дизельное топливо. Очаги горения располагались на разной высоте и на различном расстоянии от генераторов общим числом до 18 в опыте. Генераторы также располагались в разных местах и запускались в одну или две очереди с интервалами времени от 23 до 35 с. Во время опыта визуально через смотровые окна фиксировалась динамика распространения границ облака газоаэрозольной смеси, а по окончании опыта – количество потушенных очагов горения и места их расположения.

Об эффективности пожаротушения можно судить по относительному количеству потушенных во время эксперимента очагов горения и среднему периоду времени на их тушение. Каждая из этих величин отражает одну из характеристик успешности процесса пожаротушения, но важно и то, и другое. Поэтому, наш взгляд, правильнее судить по их производной величине:

$$W = \frac{m}{\tau} \quad (1)$$

где W – огнетушащая эффективность, относительное количество очагов загорания, потушенных за секунду опыта, %/с;

m – относительное количество потушенных очагов горения в опыте, %;

τ – средний период времени тушения очагов горения в опыте, с.

Чем больше показатель « W », тем выше эффективность, в идеале стремящаяся к ∞ , и чем меньше величина « W », тем ниже эффективность, которая стремится к 0.

2 Результаты экспериментов

При отрицательных температурах воздуха в верхней части защищаемого объема формируется плотный, с относительно четкими границами слой аэрозоля, который в связи с быстрым охлаждением через 30 с начинает интенсивно осаждаться, почти не теряя при этом своей конфигурации. Время осаждения аэрозоля, в нашем случае (высота камеры 1,26 м), составило примерно 10 с. Тушение очагов горения происходит в очередности, указанной в таблице.

Таблица. Очередность и время тушения очагов горения, расположенных на разных высотах при изменении высоты положения заряда АОС

Расположение очагов горения в камере:	Время тушения (с) при расположении заряда АОС в камере:		
	в нижней части	в средней части	в верхней части
в нижней части	4...6	30...40	30...40
в средней части	4...6	30...40	30...40
в верхней части	30...40	4...6	4...6

При нормальных условиях (10...25°С) слой аэрозоля также формируется в верхней части объема. Но в отличие от первого случая, в связи с более высокой температурой, процесс охлаждения начинается через 40...60 с. Увеличивается также и период времени осаждения аэрозоля до 1 мин и более, в связи с чем слой аэрозоля теряет свои контуры и занимает весь объем. Очередность тушения очагов горения та же, что и в первом случае, но увеличиваются периоды времени тушения очагов и значение огнетушащей эффективности на 10...15 %.

При высоких температурах (50 °С и более), формирующийся в верхней части объема, слой аэрозоля за период времени проведения опытов (5-6 мин) практически не опускался. Соответственно, не было и случаев тушения очагов горения, расположенных в средней и нижней частях защищаемого объема.

Распределение газоаэрозольной смеси в объеме неравномерно – наибольшая концентрация создается в верхней его части, наименьшая – в подстилающей поверхности пола. Поэтому наиболее сложными для тушения являются случаи, когда очаги возгорания находятся в самой нижней части объема.

Наибольшее зафиксированное время тушения очагов горения составило 330 с, дальнейшее удержание огнетушащей концентрации аэрозоля за счет применения второй очереди, при данных условиях проведения опытов, не дало положительных результатов. Следовательно, при отрицательных темпера-

турах наиболее эффективными для тушения являются первые 5...5,5 мин. после запуска генераторов огнетушащего аэрозоля.

Зависимость огнетушащей эффективности аэрозоля от температуры воздуха в защищаемом помещении для очагов горения дизельного топлива отображается уравнением (2), коэффициент корреляции $r = -0,62$.

$$W = \frac{e^{(0,38 - 0,45T)}}{1 + e^{(0,38 - 0,45T)}} \quad (2)$$

где T – температура воздуха в защищаемом помещении, °C.

Для очагов горения кабельной продукции эта зависимость менее значима – $r = -0,31$ и отображается уравнением (3):

$$W = 0,5 - 0,004T \quad (3)$$

Помимо температуры воздуха на огнетушащую эффективность газоаэрозольной смеси, вполне естественно влияет, ее концентрация («C», г/м³). Для очагов горения дизельного топлива это влияние более значимо, чем для очагов горения кабельной продукции. В первом случае коэффициент корреляции $r=0,61$ (форм. 4), во втором – $r=0,40$ (форм. 5).

$$W = \frac{1}{0,74 + \frac{56,63}{C}} \quad (4)$$

$$W = -0,122 + 0,156 \ln C \quad (5)$$

Кроме того, на огнетушащую эффективность при горении кабельной продукции влияет относительная влажность воздуха («M», %) в защищаемом объеме – $r=0,58$. Зависимость отражается уравнением (6):

$$W = \frac{1}{-0,526 + \frac{143,22}{M}} \quad (6)$$

Изучение влияния на огнетушащую эффективность аэрозоля скорости движения воздуха в помещении и негерметичности объема каких-либо значимых результатов не дало ни при горении дизельного топлива, ни при горении кабельной продукции. Объяснением этому может служить недостаточное количество вариаций этих показателей. Во время опытов скорость движения воздуха варьировалась от 0,5 до 5 м/с, а негерметичность – от 0,1 до 1,4 % открытых проемов к общей площади ограждающих конструкций. Но при этом установлено, что температура среды в объеме оказывает влияние не только на очередность, продолжительность и эффективность тушения очагов горения,

но и на процесс утечки аэрозоля через открытые проемы. При этом важное значение имеет высота расположения этих проемов. Во время проведения испытаний были открыты четыре проема – два в верхней части камеры и два в нижней. Негерметичность составила 1,4 % от суммарной площади ограждающих конструкций. При отрицательных температурах, в связи с быстрым охлаждением и интенсивным осаждением, утечка аэрозоля наблюдалась преимущественно через нижние проемы после оседания слоя аэрозоля и незначительная через верхние. При нормальных температурных условиях утечка аэрозоля происходила как через верхние, так и через нижние проемы, но в большей степени через верхние. При высоких температурах решающее значение имеют верхние проемы.

С целью изучения влияния на огнетушащую эффективность газоаэрозольной смеси всего комплекса исследуемых показателей был выполнен многофакторный анализ и получены следующие коэффициенты детерминации (множественной корреляции) – для очагов горения дизельного топлива $R^2=60,84$, для очагов горения кабельной продукции $R^2=60,59$.

Уравнения множественной регрессии имеют следующий вид:

а) для дизельного топлива:

$$W = 0,127 + 0,003C - 0,008T + 0,004M - 0,011V + 0,118N, \quad (7)$$

б) для кабельной продукции:

$$W = 0,141 + 0,004C - 0,006T + 0,004M - 0,03V - 0,232N, \quad (8)$$

где V – скорость движения воздуха в помещении во время опыта, м/с;

N – негерметичность помещения, %.

Выводы:

1. При расчете огнетушащей концентрации аэрозоля, для конкретного объекта, необходимо ориентироваться на максимальную температуру, т.к. с ее увеличением возрастает и минимальная огнетушащая концентрация.
2. Генераторы огнетушащего аэрозоля следует размещать таким образом, чтобы в начальный момент тушения наибольшая концентрация создавалась в самой нижней части защищаемого объема.
3. Минимальное время удержания огнетушащей концентрации определяется значением самой концентрации и высотой положения потенциальных очагов возгорания.

4. При определении минимальной огнетушащей концентрации необходимо также учитывать следующие характеристики защищаемого объекта:
 - вид горючих материалов (твердые горючие материалы, тлеющие, горючие жидкости, кабельная продукция);
 - негерметичность как отношение площади открытых участков поверхности защищаемого объема к общей ее площади;
 - температуру, влажность и скорость движения воздуха в защищаемом объеме;
 - высоту расположения потенциальных очагов возгорания относительно пола.

Литература

1. Агафонов, В.В. Установки аэрозольного пожаротушения: Элементы и характеристики; проектирование, монтаж и эксплуатация / В.В. Агафонов, Н.П. Копылов. М., 1999. – 232 с.
2. Копылов, Н. П., Создание систем аэрозольного пожаротушения / Жевлаков А.Ф., Николаев В. М., Андреев В. А. // Юбилейный сборник ВНИИПО. - М: ВНИИПО МВД России, 1997. - с. 335.
3. Амельчугов, С.П. Результаты экспериментальных исследований огнетушащей эффективности аэрозоля / Амельчугов, С.П., Андреев, Ю.А. // Пожарная безопасность. - 1998. - № 3. - С. 61-64.
4. Обеспечение пожарной безопасности на территории Российской Федерации: Методическое пособие / С.П. Амельчугов, И.А. Болодьян, Г.В. Боков и др.; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. – 462 с.