

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОЗОЛЕОБРАЗУЮЩИХ ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ТЛЕЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

канд.техн.наук Е.В. Тарахно, канд.техн.наук Ю.В. Луценко,  
канд.техн.наук И.Б. Рябова, В.В. Олейник  
(представлено докт.техн.наук О.П. Алексеевым)

На основании анализа процесса горения бумажной массы в замкнутом объеме сделан вывод о возможности взрыва пиролизных газов при вскрытии помещения. С учетом неэффективности применяемых генераторов АОС для тушения очагов тления в качестве альтернативного огнетушащего средства предложено использование диоксида углерода.

В последнее время все большее применение для целей пожаротушения находят относительно новые аэрозолеобразующие огнетушащие средства (АОС). Особенностью данного огнетушащего средства является его получение непосредственно в момент тушения пожара и поэтому отсутствие свойственной огнетушащим порошкам опасности слеживаемости и комкования. К основным преимуществам АОС относятся: высокая огнетушащая эффективность, низкая коррозионная активность, возможность тушения электрооборудования под напряжением, отсутствие существенного воздействия на организм человека при кратковременном воздействии, относительно низкие цены на монтаж и эксплуатацию технических средств аэрозольного пожаротушения.

Твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы на основе пиротехнических составов относятся к комбинированному экологически безопасному средству газопорошкового пожаротушения и эффективны, в первую очередь, для объёмного тушения всех классов пожаров. Однако при этом возникает много трудностей в вопросах их правильного и эффективного использования из-за отсутствия в Украине нормативных документов, регламентирующих порядок и правила применения технических средств аэрозольного пожаротушения.

В 1996 году УкрНИИПБ были разработаны "Методические рекомендации на применение технических средств аэрозольного пожаротушения" [1], в которых дан перечень возможных для защиты АОС помещений. Среди них - архивы и денежные хранилища, основным горючим материалом которых является бумага.

Как известно, эффективность любого огнетушащего средства среди других причин зависит от вида горючего материала,

закономерностей его горения. Поэтому для того, чтобы решить вопрос о возможности применения АОС в таких помещениях, необходимо рассмотреть пожароопасные свойства бумажной массы.

Бумажная масса является горючим, а в разрыхленном виде - легковоспламеняющимся материалом [2]. Температура самовоспламенения составляет 230°C. Скорость выгорания бумаги в пачках колеблется от 5 до  $8 \times 10^{-3}$  кг/м<sup>2</sup>с в зависимости от срока ее использования. При хранении бумаги в кипах она склонна к тепловому самонагреванию: температура самонагревания составляет 100°C. Следовательно, необходимо предохранять бумагу при хранении ее в кипах от источников нагревания с температурой более 100°C. Отложения бумажной пыли пожароопасные; при плотности отложений 70 кг/м<sup>3</sup> в слое пыли 5 мм (дисперсность частиц менее 500 мкм), температура тления составляет 360°C. Бумажная пыль взрывоопасна в состоянии аэрозвеси (табл. 1).

**Таблица 1 - Показатели пожаровзрывоопасности бумажной пыли**

Дисперсность, мкм	Температура самовоспламенения аэрогели, °С		Нижний КПП, г/м <sup>3</sup>	Минимальная энергия зажигания, МДж	Давление взрыва пыли, КПа
70	390	170	70	20	580
850	440	270	55	60	660

Основным компонентом бумаги является целлюлоза, нагревание которой свыше 280°C приводит к тепловому разложению её молекул - пиролизу. При этом происходит выделение горючих газов. Пиролизные газы при свободном доступе кислорода воздуха могут гореть. При выгорании кислорода воздуха в герметичном объёме до содержания 10-14 % пламенное горение пиролизных газов переходит в гетерогенное горение твердого углеродистого остатка - тление, которое свойственно материалам, имеющим в своей основе целлюлозу. Тление может продолжаться вплоть до содержания кислорода в газовой фазе 3-5% .

Развитие пожара и вид горения будут зависеть от условий хранения бумажной массы и устройства помещения. В помещениях, где имеется достаточный доступ воздуха за счет не выключенной принудительной вентиляции или естественной вентиляции через проемы в ограждении (окна, двери и т.д.), могут возникнуть два типа пожаров: пожар, регулируемый горючей загрузкой и пожар, регулируемый вентиляцией. Однако в помещениях архивов, кладовых, где площадь проемов составляет менее 0.3% площади ограждающих

конструкций, развитие пожара определяется главным образом тем запасом кислорода в воздухе, который был до начала пожара, а также поглощением тепла ограждающими конструкциями (потолок, стены, пол).

В кладовых ценностей пачки денег помещают в холщовые мешки, масса которых составляет 50кг. Мешки складывают в штабеля высотой до 2-2.3м. В зависимости от размеров кладовой размеры штабелей и проходов между ними могут отличаться. Характер развития пожара в помещении кладовой, которая имеет крайне незначительную площадь свободных проемов, приводит к тому, что в результате быстрого распространения пламени по штабелям из мешков с деньгами за очень небольшой промежуток времени выгорает кислород в помещении до содержания менее 10% объёма. При этом средняя температура газа в помещении повысится приблизительно до 1000°С, а затем в результате теплообмена с потолком и стенами, уменьшится до некоторого квазистационарного уровня. При этом дальнейшее горение будет проходить в режиме тления. Условием вскрытия помещения кладовой является присутствие ответственного лица, отвечающего за сохранность денег, поиск которого на практике может привести к тому, что тление будет происходить в течении длительного времени.

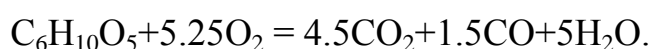
При тлении в спокойном воздухе (максимум температур целлюлозных материалов - 600-700°С, в передней части фронта тлеющего горения температура 250-300°С) происходит выделение продуктов пиролиза. Это весьма сложная смесь продуктов, включая жидкости с высокими температурами кипения и смолу, которые конденсируются в виде аэрозолей, что существенно отличает их от дыма, образующегося при пламенном горении. Состав выделяемых газообразных продуктов определяется температурой, при которой происходит тление, и другими факторами: химическим составом, влажностью и т.д. Экспериментальные оценки состава пиролизных газов, полученные с помощью газовой хроматографии, приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Состав газообразных продуктов пиролиза**

Газообразные продукты тления	Массовая доля, %	НКПВ %, об.	Молекулярная масса	Химич. формула
1. Диоксид углерода	68.5		44	CO <sub>2</sub>
2. Оксид углерода	21.5	12.5	28	CO
3. Метан	1.8	5.0	16	CH <sub>4</sub>
4. Пропилен	1.96	2.4	42	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
5. Бутилен	1.5	2.0	56	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>

6. Ацетальдегид	1.06	4.1	44	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
7. Этилен	0.8	2.7	28	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
8. Др. углеводороды	3	2		

Найдем количество бумаги, которое может истлеть в 1 м<sup>3</sup> герметичного объема. Для этого полагаем, что при тлении выделяется диоксид углерода в три раза по массе больше, чем оксида углерода (см. табл.2), и при этом в продуктах тления присутствует вода, а углеводородами пренебрегаем. Для бумаги используем приближённую химическую формулу для целлюлозы C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>. Тогда уравнение горения можно записать как



Из этого уравнения можно рассчитать, что на 1кг бумаги требуется 1.04кг кислорода или 3.47м<sup>3</sup> воздуха, т.е. в 1м<sup>3</sup> воздуха может истлеть при полном сгорании кислорода в помещении 0.28кг бумаги. Однако тление возможно, согласно экспериментам, до 7% и ниже содержания кислорода, поэтому бумаги истлеет 0.18кг. При этом выделится оксида углерода около 0.046кг, а всего горючего газа около 0.069кг. Поскольку молекулярная масса смеси горючих газов близка к молекулярной массе воздуха, то максимальная концентрация смеси горючих газов составит около

$$\varphi_{гг} = 100 * 0.069 / (0.069 + 1.3) = 5 \% \text{ об.}$$

При вскрытии кладовой в нее сразу же попадает порция свежего воздуха, смесь которого с пиролизными газами может вызвать взрыв, учитывая, что имеется источник зажигания (очаг тления).

Для оценки НКПРП смеси горючих газообразных продуктов пиролиза используем формулу Ле-Шателье, в результате которой получим НКПРП = 6.5% об. Поскольку для разных условий пожара концентрация может изменяться, то можно сделать вывод, что при тлении бумаги полностью исключить образование взрывоопасной смеси газов нельзя, так как известно, что повышение температуры газовой смеси расширяет взрывоопасную область за счет снижения НКПРП. Поэтому перед вскрытием помещения кладовой, в которой был пожар, необходимо его провентилировать. Поступление свежего воздуха вызовет повторное воспламенение очага тления.

Важным вопросом, возникающим при использовании системы объемного аэрозольного пожаротушения, является влияние степени загроможденности помещения на минимальную огнетушащую

концентрацию АОС и время тушения. Это особенно важно для помещений архивов, в которых большую часть объема занимают полки и стеллажи с бумагами. Для учета влияния загроможденности в [1] предлагается либо вводить эмпирический коэффициент, величина которого может достигать 1.8, либо почти в два раза увеличить количество генераторов, требуемое для тушения пожара в помещении.

Однако в помещении архивов скапливается значительное количество пыли. В кладовых ценностей при операциях с мешками, заполненными денежной массой, также возможно выделение большого количества пыли, которая является горючей и взрывоопасной в состоянии аэрозвеси. При срабатывании большого количества генераторов происходит повышение давления во всем помещении, что в свою очередь может привести к взвихрению пыли, находящейся в осевшем состоянии. Необходимо предусмотреть предотвращение ее накопления, так как пыль может воспламениться и быть источником пожара или взрыва.

Таким образом, горение бумажной массы возможно в двух режимах - гомогенном (пламенном) и гетерогенном (тление). Успешное тушение с помощью аэрозолеобразующих составов возможно только в случае пламенного горения, так как известно [3], что основным механизмом огнетушащего действия АОС является ингибирование сверхравновесных концентраций активных центров пламени. Тление же, особенно если очаг тления находится в толще материала, с помощью известных генераторов АОС не будет прекращено. Следовательно, применение АОС в архивах и кладовых ценностей может не только не прекратить горение, но и усложнить дальнейшее тушение возможного пожара из-за вероятности повторного воспламенения и возникновения взрыва пиролизных газов или взвихренной бумажной пыли. Следует также отметить, что существует опасность возникновения пожара вследствие самопроизвольного срабатывания генераторов АОС (такие случаи были зафиксированы на ряде предприятий).

Более целесообразным для защиты помещений, в которых хранятся бумажные массы, представляется использование такого огнетушащего средства как диоксид углерода. С его помощью в помещении можно создать условия, в которых прекратятся не только пламенное горение, но и тление, что в свою очередь предотвратит образование горючих газообразных продуктов пиролиза.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Методичні рекомендації щодо застосування технічних засобів аерозольного пожежогасіння.– Київ, 1996.

2 Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения.Справочник./ А.Н. Баратов.– М.: Химия, 1982. 1 т.

3 Корольченко А.Я., Горшков В.И., Шебеко Ю.Н., Шамонин В.Г. Механизм огнетушащего действия средств газоаэрозольного пожаротушения.// Пожаровзрывобезопасность.– 1996, N1, С.57–61.