

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Материалы VI Международной
научно-практической конференции,
посвященной 45-летию Ивановского института ГПС МЧС России**

Иваново, 28-30 ноября 2011 г.

Часть I

Под общей редакцией И.А. Малого

ИВАНОВО
2011

ББК 68.69

П 46

Пожарная и аварийная безопасность : материалы VI
П 46 Международной научно-практической конференции, посвященной
45-летию Ивановского института ГПС МЧС России, Иваново, 28-
30 ноября 2011 г. : в 2 ч. / под общ. ред. И.А. Малого. – Иваново :
ИВИ ГПС МЧС России, 2011. – Ч. 1. – 392 с.

ISBN 978-5-89729-158-0

ООО «Центр социальной поддержки женщины и семьи» (Издательство
«Юнона»)

В сборнике представлены материалы выступлений и статьи участников конференции. В материалах сборника отражены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области обеспечения пожарной и аварийной безопасности объектов, гуманитарных аспектов профессиональной подготовки сотрудников МЧС России.

ББК 68.69

Руководство Ивановского института ГПС МЧС России выражает благодарность за оказанную финансовую помощь в проведении конференции и издании сборника материалов:

Ивановскому областному отделению Общероссийской общественной организации «Всероссийское добровольное пожарное общество»

ООО Компания «Сервис ТВ-Инфо»

Редакционная коллегия

канд. техн. наук И.А. Малый (председатель ред. коллегии);
канд. техн. наук Д.Г. Снегирев;
канд. хим. наук О.В. Потемкина;
канд. техн. наук М.Ю. Овсянников;
канд. техн. наук В.Б. Бубнов;
канд. техн. наук В.В. Волков;
канд. ист. наук Н.Ю. Новичкова;
канд. филол. наук Р.Н. Канафиев;
канд. филос. наук А.А. Обрезков;
канд. хим. наук А.В. Петров;
канд. техн. наук А.Х. Салихова;
канд. биол. наук О.Г. Зейнетдинова;
канд. филол. наук Ю.В. Шмелева.

Билым П.А., Афанасенко К.А. Исследование методом ЭПР пиролитических превращений в стеклопластиках при тепловых воздействиях пожара.....	245
Бубнов А.Г., Горболетова И.В. Биотестирование качества воздуха при его очистке от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде.....	247
Бутман М.Ф., Кропотова Н.А., Титова Е.С. Активности компонентов теплозащитного керамического покрытия на основе системы $Dy_2O_3-Al_2O_3$..	253
Вертячих И.М., Жукалов В.И. Способы активации полимерных волокнистых melt-blown материалов для увеличения сорбционной емкости.....	256
Вертячих И.М., Волков Ю.А., Жукалов В.И. Исследование влияния допирования материала полимерной пленки на характер возникновения в ней термостимулированного тока.....	260
Гиричева Н.И., Барина Е.В. Структурное исследование молекулы самария как компонента, входящего в состав высокоогнеупорного соединения, в техноферной безопасности.....	264
Годлевский В.А., Лобач А.В., Назаров Г.Е., Моисеев Ю.Н., Федотов Е.В. Особенности применения смазочных материалов в узлах и механизмах пожарной и аварийно-спасательной техники.....	266
Голубов А.И. Автоматизация диагностики пожарной опасности горючих жидких веществ и материалов посредством методов количественной оценки.....	270
Грачев Д.В., Кропотова Н.А., Титова Е.С. Износ электрических контактов: анализ физических процессов.....	271
Грицына И.Н., Виноградов С.А. Экспериментальные исследования тушения газовых факелов импульсными высокоскоростными струями жидкости.....	275
Гуюмджян П.П., Пискунов А.А., Коканин С.В. Антипирюющие добавки полимерных материалов строительного назначения.....	278
Дейнека В.В. Разработка и получение жаростойких специальных вяжущих материалов полифункционального назначения.....	280
Добрынина Н.Ю., Кузнецов С.В. Определение температуры пожара методами исследования степени термического поражения изделий из стали.....	283
Есина М.Г. Математическое моделирование движения механизма по заданной траектории с учетом обратной связи.....	286
Киреев А.А., Жерноклёв К.В. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1А.....	290
Коканин С.В., Гуюмджян П.П., Пискунов А.А. Токсичность антипиренов пенополистирольных строительных материалов.....	293
Колбашов М.А. О возможности применения жидких кристаллов для формирования геометрических параметров рабочих поверхностей оросителей АУПТ.....	295
Кустов М.В., Калугин В.Д. Физико-химические и физические основы процессов осаждения вулканической пыли в атмосфере земли.....	298

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Библиографический список

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.
2. Glazunov V., Kraynev A., Rashoyan G., Terekhova A., Esina M. Structure Synthesis of Parallel Manipulators. / Theory and Practice of Robots and Manipulators. (RoManSy), Proceedings of XIII CISM-IFTOMM Symposium, Springer Wien New York, 2000, p. 235-240.
3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин: Учеб. пособие для вузов. М.: Наука, 1990, 592 с.
4. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: нелинейные модели. М.: Наук, 1988, 328 с.

УДК 614.842+54.01

А.А. КИРЕЕВ, К.В. ЖЕРНОКЛЁВ

Национальный университет гражданской защиты Украины

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ОГNETУШАЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ ПРИ ТУШЕНИИ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА ПОЖАРА 1А

A. KIREEV, K. ZHERNOKLEV

EXTINGUISHING CAPABILITY INDICATOR DETECTION OF GEL-FORMING EXTINGUISHING COMPOUNDS IN FIGHTING MODEL SOURCE OF 1A FIRE

Проведены результаты экспериментального определения показателя огнетушащей способности гелеобразующей системы $NH_4H_2PO_4 + Na_2O \cdot 2,7 SiO_2$ и отдельно компонента этой системы $NH_4H_2PO_4$ при тушении стандартного модельного очага 1А. Установлено, что такие составы имеют в несколько раз большую огнетушащую способность, чем вода. Установлено, что при тушения модельных очагов с помощью гелеобразующих систем заметное преимущество имеют установки с пневматическим способом распыливания компонентов.

При тушении реальных пожаров огнетушащая способность веществ оказывается существенно меньше соответствующих теоретических значений. Так, для жидкофазных огнетушащих веществ, основным из которых является вода, огнетушащая способность на порядок меньше теоретических значений. Это, в основном, определяется потерями огнетушащего вещества за счёт стекания с вертикальных и наклонных поверхностей. Другим фактором неполного использования огнетушащего вещества является эффект образования между каплями воды и нагретой поверхностью паровой плёнки (эффекта Лейденфроста) [1]. Эта плёнка не допускает прямого контакта капель жидкости с твёрдой поверхностью, что приводит к падению вниз крупных капель и уносу конвективными потоками мелких капель.

Для повышения эффективности огнетушащих средств необходимо принимать меры по уменьшению их потерь в процессе тушения. Несколько снизить потери огнетушащего вещества за счёт стекания позволяет введение в их состав загустителей. Однако, это одновременно вносит трудности в подаче таких растворов в очаг пожара. Существенным вкладом в уменьшение потерь огнетушащих веществ была разработка тиксотропных огнетушащих составов. Однако эти подходы не позволяли кардинально решить проблему потерь огнетушащего вещества за счёт стекания.

Для практически полного предотвращения потерь огнетушащих жидкофазных веществ были предложены огнетушащие и огнезащитные гелеобразующие средства (ГОС) [2-3]. Они состоят из двух раздельно хранимых и раздельно-одновременно подаваемых составов. Один из составов представляет собой раствор гелеобразующего компонента – силиката щелочного металла. Второй состав – раствор веществ взаимодействующих с силикатом с образованием устойчивого нетекучего геля. Гель образует слой, который прочно закрепляется на вертикальных и наклонных поверхностях. В ходе экспериментов были подобраны гелеобразующие системы, которые обеспечивали снижение потерь огнетушащего вещества за счёт стекания с наклонных и вертикальных поверхностей до значений 2-5 %. Гелеобразующие системы также в несколько раз снижают потери жидких компонентов за счёт эффекта плёночного кипения.

Как известно, основными механизмами прекращения горения являются: охлаждение зоны горения или горящего вещества, разбавление веществ, участвующих в процессе горения, изоляция горючих веществ от зоны горения, ингибирование химической реакции окисления. Гелеобразующие составы в той или иной степени обладают всеми механизмами прекращения горения. Так как основную часть таких составов представляет вода, то им присуще высокое охлаждающее действие. При испарении ГОС образуются пары воды, которые обеспечивают разбавляющее действие. После испарения воды из слоя геля образуется слой ксерогеля, который проявляет изолирующее действие. В состав гелеобразующей композиции возможно введение ингибиторов горения, что позволяет увеличить огнетушащее действие таких составов.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ранее экспериментально были установлены высокие оперативные огнезащитные свойства гелеобразных слоёв [4-6]. Так слой геля 1,5–2 мм обеспечивал отсутствие воспламенения древесины в течение 7–15 минут. Слой геля в 3,5 мм обеспечивал длительное отсутствие воспламенения при действии открытого пламени. Слой геля также дает возможность предотвратить повторное воспламенение образцов древесины от внешнего огневого воздействия. В случае воспламенения образцов древесины слой геля уменьшает скорость горения в несколько раз.

Также были проведены экспериментальные исследования огнетушащих характеристик ряда гелеобразующих систем [7-9]. Эти эксперименты проводились на лабораторных модельных очагах малого размера. Открытая площадь поверхности таких модельных очагов составляла 0,32 м². Такой размер модельного очага не сопоставим с размерами очагов реальных пожаров. В качестве модельных очагов реальных пожаров небольшой площади, согласно ДСТУ 3675-98[10], используют стандартные модельные очаги пожаров разного ранга. В данной работе был выбран стандартный модельный очаг 1А. Общая и открытая площадь поверхности такого очага составляют 5,99 и 4,7 м² соответственно. Это сопоставимо с площадями реальных пожаров на начальном этапе их развития.

В качестве количественного показателя эффективности огнетушащего вещества используют его показатель огнетушащей способности [11-12]. При тушении твёрдых горючих материалов этот показатель определяется массой огнетушащего вещества, приходящегося на единицу площади модельного очага пожара достаточной для уверенного тушения в нём в условиях стандартного эксперимента. Повышению эффективности пожаротушения соответствует уменьшение численного значения показателя огнетушащей способности. Ранее экспериментально определённые на лабораторных модельных очагах значения показателя огнетушащей способности требуют уточнения для модельных очагов большой площади.

Целью работы является экспериментальное определение показателя огнетушащей способности ГОС на стандартных модельных очагах 1А. Эти модельные очаги имеют открытую площадь поверхности в 15 раз большую, чем лабораторные модельные очаги. Эти два вида модельных очагов подбирались с учетом их геометрического подобия. Кроме того, сравниваемые модельные очаги были подобраны с близкими значениями плотности укладки – лабораторный модельный очаг -0,53, стандартный -0,48.

Для сопоставимости результатов по разным модельным очагам необходимо обеспечить одинаковую интенсивность подачи ОВ. Для этого необходимо в 15 раз увеличить расход на средстве подачи при тушении модельного очага 1А по сравнению с расходом при тушении лабораторного модельного очага. Для этого была разработана и изготовлена автономная установка тушения гелеобразующими системами «АУТГОС». В этой установке использовался гидравлический принцип распыливания ОВ при таком же, как и у установок ОП-301 давлении вытесняющего газа [8-9].

Предварительные опыты работы на установке «АУТГОС» показали, что при подаче ОВ в среднюю часть штабеля попадало очень незначительное количество компонентов ГОС. Для устранения этого недостатка установка «АУТГОС» была модернизирована. В новой установке «АУТГОС-П» распыливание жидкости осуществлялось с помощью сжатого воздуха. Одновременно pistolетные стволы были заменены на стандартные пневмораспылители.

Обе установки имеют регулируемый расход компонентов ГОС – 5-12 кг/мин. Для обеспечения быстрого открытия и закрытия кранов для подачи жидкостей и газов использовались устройства pistolетного типа, которые обеспечивали возможность как отдельной, так и совместной подачи компонентов ГОС.

Общая масса компонентов ГОС в обеих установках составляет 12 кг (по 6 кг гелеобразователя и катализатора гелеобразования). Общая масса полностью заправленных установок «АУТГОС» и «АУТГОС-П» составляет 20 и 28 кг соответственно. Максимальная дальность подачи ОВ для установки «АУТГОС» составляет 5 м, а для «АУТГОС-П» 7 м.

Предварительные опыты показали, что при использовании установка «АУТГОС-П» в среднюю внутреннюю часть штабеля попадает в 2–2,5 раза больше ОВ, чем при использовании установки «АУТГОС». На основании этого результата для тушения стандартного модельного очага 1А была использована установка «АУТГОС-П». При тушении стандартного модельного очага 1А выдерживались требования ДСТУ 3675-98. Влажность брусков сосновой древесины составляла 10 %. Модельный очаг и устанавливался на электронных весах непрерывного взвешивания. Момент начала тушения определялся по убыли 45 % массы штабеля в процессе его горения. Общее время разгорания модельного очага составляло ~7 минут.

Тушение стандартного модельного очага 1А осуществлялось ГОС $-(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(25\%) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7 \text{SiO}_2(12\%))$, одним компонентом ГОС $-(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4(25\%))$ и водой.

Результаты по тушению модельного очага 1А представлены в табл. 1. Во всех случаях расчёт показателя огнетушащей способности проводился по отношению к общей площади модельного очага. В этой же таблице приведены и показатели огнетушащей способности для исследованных систем, полученных при опытах на лабораторных модельных очагах.

Обращает на себя внимание тот факт, что значения показателя огнетушащей способности для воды находятся в согласии с данными, рассчитанными в результате обработки результатов приведенных в работе [13] для водных и воздушно-пенных огнетушителей.

**Общие затраты ОВ на тушение стандартного модельного очага 1А (m),
показатель огнетушащей способности (Φ_0) исследованных систем для стандартного модельного очага
1А и показатель огнетушащей способности ($\Phi_0(l)$) для лабораторного модельного очага**

Огнетушащее вещество	m, кг	Φ_0, кг/м²	$\Phi_0(l)$, кг/м²
H ₂ O	7,8	1,30	1,23
NH ₄ H ₂ PO ₄ (25 %) +Na ₂ O·2,7 SiO ₂ (12 %)	2,7	0,45	0,28
NH ₄ H ₂ PO ₄ (25 %)	2,1	0,35	0,26

Как видно из приведенных в таблице данных, соотношения в показателях огнетушащей способности для воды, ГОС NH₄H₂PO₄(25 %) + Na₂O·2,7 SiO₂(12 %) и одного компонента ГОС (NH₄H₂PO₄) изменились незначительно при переходе от лабораторного очага малого размера к стандартному модельному очагу 1А.

Результаты экспериментов по тушению модельных очагов пожара 1А подтверждают ранее установленный факт существенного преимущества гелеобразующих систем, содержащих в своём составе такой эффективный ингибитор горения как дигидрофосфат аммония.

На основании результатов лабораторных исследований и экспериментов с использованием установок «АУТГОС» и «АУТГОС-П» можно сделать заключение, что подача компонентов ГОС может осуществляться с помощью штатной пожарной техники обеспечивающей дисперсность распыливания жидкости не ниже 1 мм (стволы РСП-50, РСК-50, РСП-70, РСК3-70, СРП-50А, СРП-50Е, СР-50). При этом выбор угла факела распыленной струи и расстояния до обрабатываемых поверхностей должен подбираться так, чтобы локальная интенсивность подачи не превышала 0,3 кг/(с·м²). Кроме того, для предотвращения сползания гелевых слоёв с вертикальных поверхностей необходимо, чтобы удельный расход ОВ не превышал 5 кг/ м².

Наилучшие результаты по тушению пожаров с помощью ГОС позволит обеспечить применение средств подачи жидких ОВ, позволяющие обеспечить распыливание с размером капель жидкости не больше чем 1 мм (ранцевые установки пожаротушения РУПТ-1-04 и «Витязь УПТ 10/1(04)», огнетушитель воздушно-эмульсионный УППТ-45). Для этого такие установки должны быть модифицированы для обеспечения возможности одновременно-раздельной подачи компонентов ГОС.

Выводы. В целом можно заключить следующее:

- огнетушащая способность жидких веществ несколько уменьшается при росте размера модельного очага, с помощью которого проводилось определение;
- соотношение же показателей огнетушащей способности ГОС и воды при росте площади поверхности модельного очага изменяется в незначительной степени;
- системы на основе дигидрофосфата аммония превосходят воду по огнетушащей способности в 3–4 раза.

Библиографический список

1. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. – Харків: АЦЗУ, 2004. – 252 с.
2. Пат. 60882 Україна, МПК⁷ А62С1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Бабенко О.В. Заявник и володар патенту Академія Пожежної Безпеки України.-№ 2003032600; заявл. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10.
3. Патент 2264242 Российская федерация. МПК⁷ А62С, 5/033.Способ тушения пожара и состав для его осуществления Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявитель и патентообладатель Академия пожарной безопасности Украины №2003237256/12; заявл. 23.12.2003; опубл. 20.11.2005, Бюл. №32.
4. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Жерноклёв К.В. Исследование областей быстрого гелеобразования огнетушащих и огнезащитных систем на основе гидроксидов и карбонатов // Науковий вісник будівництва. – 2006.– вып.36. – С.190-194.
5. Киреев А.А., Тарасова Г.В., Жерноклёв К.В. Исследование массовой скорости выгорания древесины, огнезащитной гелеобразующей системой MgCl₂ + Na₂O·2,7 SiO₂. // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2006.–№43.– С.65-70.
6. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей. // Проблемы пожарной безопасности.– 2006.– вып. 20. – С.81-85.
7. Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Щербина О.М., Бедзай А.О. Дослідження вогнегасної дії гелеутворюючих систем на основі силікатів. // Пожежна безпека. – 2007.– №.11. – С.100-104.
8. Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих огнетушащих составов. // Проблемы пожарной безопасности. – 2008.– вып. 24.– С.44-49.
9. Киреев А.А. Исследование огнетушащего действия гелеобразующих огнетушащих составов на модельных очагах пожаров класса А с высокой плотностью укладки. // Проблемы пожарной безопасности.– 2008.– вып. 24. – С.77-82.

10. ДСТУ 3675-98. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. К.: Держстандарт України. – 1998.
11. ДСТУ 2272. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. К.: Держстандарт України, 2006.– 32 с.
12. Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П., Жартовский В.М., Ковалишин В.В. Вогнегасні речовини / Посібник. Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
13. Присяжнюк Л.А., Білку Д.Г., Баленко В.К., Волошаненко О.І., Клименко В.В., Давиденко В.С., Кудрявий С.І. Методичний посібник з питань експлуатації та використання вогнегасників. К.: Основа.–1997.– 150с.

УДК 678.5.03

С.В. КОКАНИН, П.П. ГУЮМДЖЯН, А.А. ПИСКУНОВ

Ивановский институт ГПС МЧС России

ТОКСИЧНОСТЬ АНТИПИРЕНОВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

S. KOKANIN, P. GUYUMJAN, A. PISKUNOV

TOXICITY OF ANTIPIRENES OF POLYSTYRENE FOAM STRUCTURAL MATERIALS

В статье изложены теоретические сведения о токсичности антипиренов, применяемых в пенополистирольных материалах строительного назначения. Рассмотрены составы антипиренирующих модификаторов полистирола.

Прогресс в создании, промышленном производстве, применении полимеров и изделий из них, наряду с явными преимуществами перед традиционными материалами, имеет негативную сторону, обусловленную выделением в среду обитания и жизнедеятельности человека вредных летучих примесей на всех этапах их производства, применения и рециклинга, а также высокой горючестью и токсичностью продуктов термического разложения большинства выпускаемых полимеров [1]. В результате этого при их внедрении повышается не только пожароопасность зданий, сооружений, транспортных средств, но и риск развития заболеваний химической этиологии.

Постоянно возрастающие требования к пожарной безопасности и связанное с ними ужесточение гигиенических и противопожарных регламентов и норм во все большей степени обуславливают создание новых и модификацию существующих рецептур полимеров, направленные на снижение их горючести и токсичности продуктов горения [2].

Для снижения горючести полимерных материалов их подвергают модификации. Любое изменение химической структуры полимерного вещества под влиянием химических и физических агентов может заметно сказываться на свойствах готового материала. Наиболее распространенным и эффективным способом снижения горючести полимерных материалов является применение антипиренов.

Пенополистирол – лёгкий газонаполненный материал класса пенопластмасс на основе полистирола и его производных.

Исследования составов газов, выделяющихся из пенополистиролов при низкотемпературной и высокотемпературной деструкции, является весьма актуальной задачей.

Применяемые добавки антипиренов для производства самозатухающих разновидностей пенополистирола являются весьма токсичными веществами. В состав антипиренов, используемых при производстве пенополистирола строительного назначения, на 90 % входит гексабромциклододекан (ГБЦД – Hexabromocyclododecane, сокращенно – HBCD или HBCDD). Согласно исследованиям [1] в условиях контролируемого сжигания в продуктах горения самозатухающих разновидностей пенополистирола были обнаружены супертоксиканты – бромированные диоксины и дибензофураны.

По мнению Европейской экономической комиссии при ООН адекватных химических заменителей ГБЦД для производства пенополистирола, которые считались бы экологически безопасными и экономически целесообразными, на сегодняшний день не существует [3].

Все самозатухающие разновидности пенополистирола в своем составе содержат галогенсодержащие соединения, которые являются ингибиторами горения. Чаще всего в качестве антипиренов применяются хлор- и бромсодержащие соединения, так как они обеспечивают наилучшее соотношение цена/качество. Бромсодержащие антипирены намного более эффективны, чем хлорсодержащие, так как продукты их горения менее летучи. Кроме того, хлорсодержащие антипирены выделяют хлор в широком интервале температур, поэтому содержание его в газовой фазе низкое, а бромсодержащие антипирены разлагаются в узком интервале температур, обеспечивая, таким образом, оптимальную концентрацию брома в газовой фазе [4].