

6. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. — Л.: Химия, 1978.
7. Наринский Д.А. К вопросу о влиянии межфазового теплообмена на продольную теплопроводность в зернистом слое // ИФЖ. — 1971. — XX, № 2.
8. Горение углерода. / Ред. Предводителей А.С. — М.: Изд. АН СССР, 1949.
9. Кардашев Г.А., Михайлов П.Е. Теплообменные акустические процессы и аппараты. — М.: Машиностроение, 1973.
10. Роу П.Н. Экспериментальные исследования свойств газовых пузырей // Псевдоожигение / Ред. Дэвидсон И., Харрисон Д. — М.: Химия, 1974.
11. Тодес О.М., Рябинина Т.Н. Динамика двухфазных потоков и ее применение к проблемам флюидизации // Современное состояние и проблемы очистки газов и снижения вредных выбросов в окружающую среду. Материалы региональной научно-технической конференции, часть II. — Черкассы, 1991. — С. 3—77.
12. Тодес О.М., Цитович О.Б. Термодинамически открытые системы химической технологии // Состояние и перспективы развития техники псевдоожигения. Материалы и рекомендации Всесоюзной научно-технической конференции 1988 г. — Черкассы, 1989.
13. Вукалович М.П., Кириллин В.А., Ремизов С.А. и др. Термодинамические свойства газов. — М.: Машгиз, 1953.
14. Варыгин Н.Н., Мартюшин И.Г. Расчет поверхности теплообмена в аппаратах с кипящим слоем // Хим. Маш. — 1959. — № 5.
15. Бабкин В.С., Лаевский Ю.М. Фильтрационное горение газов // ФГВ. — 1987. — № 5.
16. Кунии Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдоожигение. — М.: Химия, 1976. — С. 26—152.
17. Кувшинов Г.Г., Могильных Ю.И. Скорость подъема газовых пузырей в развитом псевдоожигенном слое. // Изв. СО АН ССР. Техн. сер. — 1989. — Вып. 4. — С. 88—96.

Барнаул, АГТУ;
Новосибирск, ИХКиГ

Поступила в редакцию
29/IV 1994

УДК 614.84

В.И. Еремин

О МЕХАНИЗМЕ ИНИЦИИРОВАНИЯ ПРОСКОКА ПЛАМЕНИ В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ НАЛИЧИИ ОЧАГА ГОРЕНИЯ

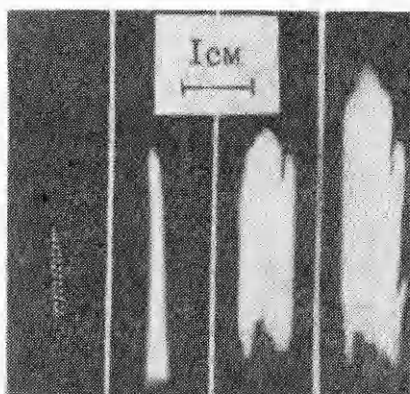
Проанализированы условия возникновения проскока пламени при развитии пожара в помещении и вторичного воспламенения на пределе газофазного горения ПММА в воздухе с добавками тетрафтордибромэтана, интенсифицирующего выделение сажи.

Показано, что рассмотренные явления возникают при высокой концентрации частиц сажи, которые в обоих случаях играют важную роль в инициировании процесса распространения пламени.

Анализ закономерностей развития процесса горения в помещениях большого объема [1] позволил сделать вывод, что они в значительной степени определяются условиями перехода от режима локального очага горения к режиму развитого пожара, когда происходит объемная вспышка — спонтанное воспламенение горючих материалов во всем объеме помещения. В рамках квазистационарной модели авторы [2] показали, что это явление может быть вызвано различной температурной зависимостью скоростей тепловыделения и теплопотерь, что в определенных условиях приводит к нарушению теплового равновесия в помещении. Можно полагать, что наиболее благоприятные условия для этого реализуются первоначально под потолком, в слое дыма, где распространение пламени вполне возможно [3] при наличии источника воспламенения. Имеющиеся сведения [4] позволяют предположить, что таким источником воспламенения могут быть частицы сажи, образующиеся в большом количестве при горении полимеров, которые составляют значительную часть горючих материалов в квартирах, гостиницах и аналогичных помещениях.

С целью выяснения роли частиц сажи в механизме перехода к режиму развитого пожара, анализируем сообщение [5], где представлена картина вторичного воспламенения полиметилметакрилата (ПММА) в воздухе

© В.И. Еремин, 1994.



Начальная стадия второго цикла воспламенения ПММА при свечеобразном горении образца размером $1 \times 1 \times 8$ см. Скорость потока воздуха 1 см/с, объемная концентрация тетрафтордибромэтана 2,0 %, скорость съемки 64 л/с. Вершина образца расположена на расстоянии 5 мм над нижним сре- зом кинокадров.

с добавками тетрафтордибромэтана, который интенсифицирует выделение сажи при диффузионном горении углеводородов.

В первом цикле воспламенения (см. кинограмму [5]) через 48 мс после исчезновения пламени, наблюдается ярко-

светящийся очаг горения, после чего формируется факел почти цилиндрической формы, при этом скорость распространения пламени снизу вверх составляет примерно 90 см/с, по горизонтали 40 см/с, а интенсивность свечения заметно возрастает. Скорость распространения пламени гораздо больше, чем для нижнепредельных смесей углеводородов с воздухом, но сравнимы со скоростями распространения пламени в аэровзвеси угольной пыли на нижнем пределе воспламенения [6].

Некоторые важные черты второго цикла воспламенения при изготовлении иллюстрации с кинограммы отчетливо не проявилось, поэтому на рисунке пунктиром отмечена слабосветящаяся область на первом кадре и отретушированы следующие три кадра, которые отражают начальную стадию распространения пламени. Эта область, зафиксированная также через 48 мс после исчезновения пламени в предыдущем цикле воспламенения, представляет собой, очевидно, совокупность разогретых частиц сажи. Возникающий фронт пламени, как и в первом цикле воспламенения, имеет волнообразную форму, характерную для распространения пламени в аэровзвеси твердых частиц [6].

Проанализируем условия воспламенения частиц сажи в описанных экспериментах и реализующиеся в слое дыма под потолком помещения до перехода к режиму развитого пожара. При горении в воздухе вертикально расположенной пластины ПММА [7] концентрация частиц сажи на высоте 8 см от передней кромки пламени (область ламинарного пограничного слоя, где расположена зона интенсивного сажеобразования) достигает 10^9 см⁻³, а диаметр частиц не превышает 10^{-5} см, т.е. массовая концентрация равна (по порядку величины) 10^{-6} г/см³. Соответствующих характеристик для слоя дыма под потолком помещения в литературе нет. Однако расчеты [8] показали, что лучистый поток тепла из этого слоя практически не возрастает после достижения массовой концентрации сажи $\sim 10^{-5}$ г/см³. При этом тепловой поток на уровне пола равен 1,3 Вт/см², что почти в два раза меньше интенсивности излучения, необходимой для перехода к режиму развитого пожара [1], т.е. такая концентрация сажи достигается в режиме локального очага горения до полного охвата помещения пламенем.

Интенсивное выделение сажи в случае диффузионного горения углеводородов начинается при снижении ее температуры в предпламенной зоне примерно до 1000 °С [9]. Исследование теплового режима процесса колебаний пламени ПММА [10] показало, что в завершающей стадии колебаний температура не превышает 700 °С. На основании имеющихся сведений [11] о динамике остывания газовой фазы при погасании, можно определить, что уже через 30 мс после исчезновения пламени температура частиц сажи в предпламенной зоне перед воспламенением даже без учета теплоотвода излучением значительно ниже 500 °С. Эта температура, как известно [1], предельная для слоя дыма в режиме горения, предшествующем спонтанному воспламенению горючих материалов в помещении, т.е. перед объемной вспышкой.

Наконец следует отметить работу [3], где экспериментально исследован состав газовой среды, образующейся в условиях, моделирующих формирование слоя дыма под потолком помещения в режиме локального очага горения. Из полученных результатов следует, что для различных углеводородов обычна ситуация, когда образуется слой газов, в котором при наличии источника воспламенения наблюдались неустойчивые режимы распространения пламени.

Таким образом, анализ картины вторичного воспламенения на пределе горения ПММА в воздухе с добавками хладона 114В2 и характеристик слоя дыма, образующегося под потолком помещения в начальной стадии пожара, позволяет сделать вывод, что частицы сажи, поступающие в этот слой за счет естественной конвекции, могут инициировать здесь распространение пламени. В результате создаются необходимые условия для нарушения теплового равновесия и возникновения объемной вспышки в помещении, что следует учитывать при разработке количественных критериев перехода к режиму развитого пожара.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Д.Драйздейл. Введение в динамику пожаров. — М.: Стройиздат, 1990. — 424 с.
- 2 P.H. Thomas, M.L. Bullen, J.G. Quintiere, B.J. McCaffrey. Flashover and instabilities in fire behavior. Comb. Flame. — 1980. — V. 38, № 2. — P. 159—171.
- 3 C.L. Beyler. Ignition and burning of a layer of incomplete combustion products. Comb. Sci. and Technol. — 1984. — V. 39, № 1—6. — P. 283—303.
- 4 Н.А. Бойков, П.С. Звездин, Л.Б. Резник. Некоторые результаты исследования процессов поджигания ацетилено-воздушных смесей нагретыми частицами // ФГВ. — 1967. — 3, № 2. — С. 255—260.
- 5 В.И. Еремин, В.М. Николаев, А.С. Бобков. Влияние ингибитора на вторичное воспламенение ПММА // ФГВ. — 1986. — 22, № 6. — С. 36—37.
- 6 M.D. Horton, F.P. Goodson, L.D. Smooth. Characteristics of flat, laminar coal-dust flames. Comb. Flame. — 1977. — V. 28, № 2. — P. 187—195.
- 7 P.J. Pagni, C.J. Okoh. Soot generation within radiating diffusion flame. 20th Symp. (Int.) on Combustion. Pittsburgh. The Comb. Inst. — 1985. — P. 1045—1054.
- 8 J.G. Quintiere. A perspective on compartment fire growth. Comb. Sci. and Technol. — 1984. — V. 39, № 1—6. — P. 11—54.
- 9 J.H. Kent, H.G. Wagner. Why do diffusion flames emit smoke. Comb. Sci. and Technol. — 1984. — V. 41, № 5—6. — P. 245—269.
- 10 В.И. Еремин, В.И. Потякин. Тепловой режим колебательного процесса распространения пламени на пределе диффузионного горения конденсированного топлива // Хим. физика. — 1992. — Т. II (в печати).
- 11 И.Г. Асвовский, Е.П. Клейменов, О.И. Лейпунский, В.М. Пучков. Теплопередача в газовой и конденсированной фазах топлива при погасании // ФГВ. — 1981. — 17, № 2. — С. 96—101.

143900, г. Балашиха-6,
ВНИИПО

Поступила в редакцию
28/V 1992,
после доработки — 6/VII 1993

УДК 536.46

С.С. Минаев, С.И. Попытняков, В.С. Бабкин

ТЕПЛОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ИСКРИВЛЕННОГО ГАЗОВОГО ПЛАМЕНИ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Рассматривается задача об устойчивости плоского фронта пламени относительно пространственных возмущений при его распространении в химически инертных средах. Анализируется влияние скорости фильтрации газа на устойчивость. В длинноволновом приближении получена зависимость скорости фронта от кривизны поверхности.

Известно, что при фильтрационном горении газов экспериментально наблюдаются режимы спутного и встречного распространения пламени и режим стоячей волны [1]. Первоначально плоский фронт волны горения при

© С.С. Минаев, С.И. Попытняков, В.С. Бабкин, 1994.