

Таким образом, можно заключить, что вибрация при определенных соотношениях частоты и амплитуды колебаний может быть фактором, подавляющим процесс газофазного горения полимерных материалов. Следует также отметить, что необходимы дополнительные исследования для детального изучения причин, вызывающих предельные явления при горении. С этой целью предполагается провести эксперименты по определению особенностей взаимодействия пламени (при неподвижном образце) с гармоническими колебаниями окружающей газовой среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марголин А. Д., Крупкин В. Г. Докл. АН СССР, 1981, 257, 6.
2. Раушенбах Б. В. Вибрационное горение.— М.: Физматгиз, 1961.
3. Болодьян И. А., Мелихов А. С., Третьяков В. А. // Пожарная профилактика.— М.: ВНИИПО, 1979.— Вып. 13.
4. Рыбанин С. С., Соболев С. Л. ФГВ, 1983, 19, 4.

Поступила в редакцию 15/VI 1987,
после доработки — 15/IX 1987

УДК 614.841.41

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

*И. С. Молчадский, Н. К. Гриневецкий, Б. С. Лимонов,
В. С. Махин, А. Д. Голиков, В. М. Макаров,
А. Н. Бородин
(Москва)*

Массовая скорость выгорания материалов — важнейшая количественная характеристика горения, в значительной степени определяющая изменение теплотехнических параметров пожара, его интенсивность и др. Известно, что массовая скорость выгорания материалов не является физико-химической константой, поэтому при использовании литературных данных для практических целей следует учитывать условия, в которых она определена, и в необходимых случаях вносить соответствующие поправки.

Анализ существующих методов определения скорости выгорания твердых материалов [1—4] показывает, что испытание материалов, как правило, проводится при их расположении в виде штабеля. Кроме того, не всегда обоснованы условия проведения экспериментов (характеристики штабеля, размер проемов, расход воздуха и др. параметры). Например, данные для одного материала (древесины) отличаются более чем в 5 раз [1—4]. Для твердых веществ и материалов существуют два понятия массовой скорости выгорания M : действительная, отнесенная к полной поверхности горения, и приведенная, отнесенная к площади пожара. Первая более точно характеризует способность материала к горению, но ее трудно определить из-за сложности точного учета фактической поверхности горения. На практике широко используется приведенная скорость выгорания, которая наиболее достоверно в настоящее время определяется экспериментально на крупномасштабных установках типа камера — весы [4].

В работе [5] приведены результаты крупномасштабных исследований, позволяющие прогнозировать изменение скорости выгорания древесины на реальных пожарах. Несмотря на достоверность данных [5], следует обратить внимание на большую трудоемкость проведения экспериментов и их высокую стоимость. А имея в виду большое разнообразие встречающихся в практике сгораемых материалов, следует признать нецелесообразность использования изложенного метода (крупномасштаб-

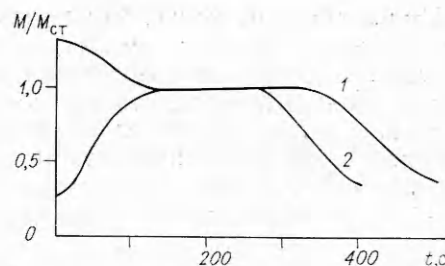
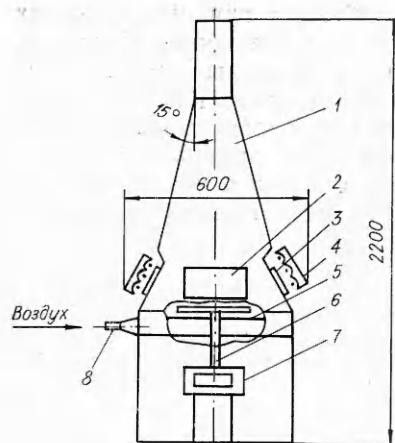


Рис. 2. Изменение массовой скорости выгорания во времени.
1 — штабель; 2 — плоский образец.

Рис. 1. Схема испытательной установки.

ные испытания) для определения массовой скорости выгорания всего перечня материалов, которые могут являться пожарной нагрузкой.

В настоящей работе рассматривается лабораторный метод определения приведенной скорости выгорания M , с помощью которого возможно получить данные, близкие к реальным, что позволяет прогнозировать динамику температурного режима, используя для этого ранее разработанный метод [6].

На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки. Корпус 1 установки изготовлен из стали толщиной 3 мм, в котором имеется герметизирующая крышка со смотровым окном 2. Установка снабжена инфракрасными излучателями 4, собранными из кварцевых галогенных ламп марки КГТО 220-2500-2, и отражателем параболического типа из полированного алюминия, которые охлаждаются водой. Излучатели установлены напротив защитных стекол 3 марки КИ. Воздух подается через диффузор 8 под распределительную пластину 5, необходимую для устранения воздействия воздушной струи на чашку 6 весов 7, последняя изготовлена из алюминиевой пластины размером 150×150 мм, покрытой листом пеношамота толщиной 10 мм. В центральной части этого листа имеется углубление под чашку со спиртом ($90 \times 90 \times 5$ мм).

Плоские образцы материала воспламеняются газовой горелкой трубчатого типа, а штабель — пламенем горящего метилового спирта. Потери массы образца во времени измеряются электронными весами ВБЭ-1, записываются показатели на потенциометр КСП-4. Расход воздуха, поступающего в реакционное пространство, контролируется ротаметром типа РМ. Тепловые потоки, падающие на образцы, измеряются либо металлокалориметрическими датчиками, либо радиометром РОП-1Ф. Выбор условий проведения опытов со штабелями основывался на данных фундаментальной работы [5] по массовым скоростям выгорания древесины. Параметры штабеля выбирались таким образом, чтобы массовые скорости выгорания древесины совпадали с данными [5].

Для ограничения количества факторов выбирался штабель, имеющий в плане форму квадрата со стороной 120 мм. В этом случае оставались два безразмерных независимых фактора, характеризующих геометрию штабеля: отношение высоты штабеля к его ширине и отношение шага укладки брусков к ширине бруска.

В табл. 1 приведены рекомендуемые параметры штабеля размером 120×120 мм, состоящего из брусков шириной 10 мм. Приведенные параметры обеспечивают удовлетворительную сходимость результатов экспериментальных исследований с крупномасштабными испытаниями

Таблица 1

Толщина материала, мм	Количество брусков в слое, шт	Шаг брусков в слое, мм	Количество слоев
1—4	3	45	10
4—7	4	34	12
7—10	5	27	9

Таблица 2

Наименование материала	Толщина материала, мм	$M_{ст} \cdot 10^3$, кг/(м ² · с)	
		штабель	плоский образец
Фанера	10,0	8,90	19,35
Древесина сосны		6,25	4,62
ДВП	3,2	6,24	14,30
ДСП	10,0	5,75	5,60
ПММА	10,0	4,15	11,90 *
Пластик ГОСТ 9590-76	1,7	3,45	5,44
Пластик ТУ 6-05-1305-77	1,7	2,62	5,03
Пластик АБС-ПВХ ТУ 619241-84	2,2	2,05	10,72
ПВХ	1,2	0,85	6,47

* $q = 10$ кВт/м².

[5]. На лабораторной установке расход воздуха составлял 5—30 м³/ч, внешнее тепловое воздействие $q = 10 \div 20$ кВт/м². При выбранных размерах штабеля неоднородность поля тепловых потоков по поверхности штабеля не превышала 6 %.

Исследовались также плоские образцы при $q = 10 \div 20$ кВт/м². Все грани плоского образца, кроме одной наибольшей, покрывали алюминиевой фольгой либо силикатным клеем с дальнейшей просушкой. Образцы размещали в вертикальном положении, так как оно наиболее характерно для отделочных материалов. Анализ результатов однородности теплового поля в плоскости образца датчиками тепловых потоков позволил определить оптимальные размеры плоских образцов (200 × 80 мм). При этих размерах значения тепловых потоков в плоскости образца отличались не более чем на 10 %.

Значения M определялись по тангенсу угла наклона кривой убыли массы горящего материала. Типичные графики изменения массовой скорости выгорания для образцов и штабелей представлены на рис. 2. После зажигания штабеля величина M возрастает за счет прогрева брусков от факела пламени, а также увеличения поверхности горения, после чего она стабилизируется. На этом этапе выгорания, помимо того, что пламенем охватываются еще не горящие участки штабеля, уменьшается скорость выгорания уже горящего материала, а в целом масса штабеля убывает с постоянной скоростью. При охвате пламенем всего штабеля горение постоянно затрудняется из-за увеличения толщины карбонизированного слоя на поверхности материала, что в конечном итоге приводит к снижению M .

У плоских образцов в начальный момент времени наблюдается максимальная скорость выгорания, обусловленная предварительным нагревом поверхности образца внешним тепловым потоком и газовой горелкой. Далее происходит уменьшение значений M и выход на стационарный режим. Затем идет стадия догорания. Массовая скорость выгорания определяется величиной $M_{ст}$ на стационарном участке.

Результаты экспериментальных исследований массовой скорости выгорания в стационарном режиме горения при $q = 20$ кВт/м² и скорости подачи воздуха 30 м³/ч приведены в табл. 2. Полученные данные показывают, что для штабелей наибольшие значения $M_{ст}$ отмечались у материалов на основе древесины, наименьшие — у поливинилхлорида.

Сравнение скорости выгорания материалов в виде плоских пластин и штабелей показывает, что если материалы ранжировать по значениям M отдельно для штабелей и плоских образцов, то порядок ранжирования может быть различным. Для оценки возможности использования данных по скорости выгорания, полученных на лабораторной установке

Т а б л и ц а 3

Материал	Толщина материала, мм	Коэффициент К	
		Фрагмент 3,7×2,7×3,2 м	Установка 0,6×0,6×2,2 м
Оргстекло	—	0,52	0,63
Текстолит	—	0,90	—
Синтетический каучук	—	0,31	—
Штапельное волокно в кипах (кипы различные)	—	1,01	—
ДСП	10,0	—	0,86
ДВП	3,2	—	0,93
ПВХ	1,2	—	0,13
Фанера	10,0	—	1,35
Пластик ГОСТ 9590-76	1,7	—	0,54
Пластик ТУ 6-05-1305-77	1,7	—	0,39
Пластик АБС-ПВХ ТУ 619241-84	2,2	—	0,31

(см. рис. 1), для условий реальных пожаров во ВНИПО МВД СССР проведены исследования на фрагментах 6×6×6 м, 3,7×2,7×3,2 м и на установке 1,2×1,2×1,2 м.

Экспериментальные исследования, проведенные с древесиной, оргстеклом, синтетическим каучуком, текстолитом показали, что безразмерная величина тепловыделения

$$\frac{\eta M Q_{\text{н}}^{\text{п}}}{(\eta M Q_{\text{н}}^{\text{п}})_{\text{ГЛХ}}} = f\left(\frac{t}{t_{\text{max}}}\right) \quad (1)$$

отличается для этих материалов не более чем на 14 % в развитой стадии горения, что лежит в области экспериментальной погрешности. Здесь η — коэффициент полноты горения; $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ — низшая теплота сгорания материала, кДж/кг; M — приведенная массовая скорость выгорания, кг/(м²·с); t — текущее время; t_{max} — время достижения максимального значения тепловыделения для данных условий испытаний. Из выражения (1) следует

$$(\eta_i M_i Q_{\text{н}i}^{\text{п}}) t = (\eta_{\text{др}} M_{\text{др}} Q_{\text{н.др}}^{\text{п}}) t \frac{(\eta_i M_i Q_{\text{н}i}^{\text{п}})_{\text{max}}}{(\eta_{\text{др}} M_{\text{др}} Q_{\text{н.др}}^{\text{п}})_{\text{max}}}, \quad (2)$$

где индекс др относится к древесине, i — к материалам, отличным от древесины. Комплекс $(\eta_{\text{др}} M_{\text{др}} Q_{\text{н.др}}^{\text{п}})$ — известная функция для различных видов объемных пожаров [6]. Чтобы получить левую часть выражения (2), необходимо определить отношение $\frac{(\eta_i M_i Q_{\text{н}i}^{\text{п}})_{\text{max}}}{(\eta_{\text{др}} M_{\text{др}} Q_{\text{н.др}}^{\text{п}})_{\text{max}}}$, где $\left(\frac{\eta_i M_i}{\eta_{\text{др}} M_{\text{др}}}\right)_{\text{max}}$ неизвестные величины. Значения η_{max} для органических материалов при одинаковых условиях горения различаются не более чем на 5—7 %, что позволяет записать

$$\left(\frac{\eta_i M_i}{\eta_{\text{др}} M_{\text{др}}}\right)_{\text{max}} = \left(\frac{M_i}{M_{\text{др}}}\right)_{\text{max}} = K.$$

Для определения безразмерного коэффициента скорости выгорания K проведены эксперименты с разными материалами (табл. 3). На установке 1,2×1,2×1,2 м получены значения K для следующих материалов: кабели марки КАШС и КНРП, $K = 1,8$; кабели марки ААШв, $K = 1,85$; оргстекло, $K = 0,7$. Погрешность для значений K при заданной доверительной вероятности 0,95 составляет 0,088.

Таким образом, с помощью рассмотренного лабораторного метода определения массовой скорости выгорания различных веществ и мате-

риалов возможно получать необходимые экспериментальные данные и, используя (2), проводить расчет температурного режима пожара в помещении [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Монахов В. Т. Методы исследования пожарной опасности веществ.— М.: Химия, 1979.
2. Демидов П. Г., Саушев В. С. Горение и свойства горючих веществ.— М.: ВИПТШ, 1975.
3. Ильин В. В., Федоров А. И., Григорьева И. Н. // Противопожарная защита подземных сооружений метрополитенов: Сб. науч. тр.— М.: ВНИИПО, 1984.
4. Абдурагимов И. М., Андросов А. С., Самогатов А. В. Пожарное дело, 1985, 7, 24.
5. Nagmathy T. Z. Fire Technology, 1972, 8, 3, 196; 4, 326.
6. Руководство по расчету температурного режима пожара в помещениях жилых зданий.— М.: ВНИИПО, 1983.

Поступила в редакцию 10/IV 1987,
после доработки — 14/IX 1987

УДК 541.124

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ РЕАКТОРА НА СТРУКТУРУ ХОЛОДНОГО ПЛАМЕНИ АЦЕТАЛЬДЕГИДА С КИСЛОРОДОМ

А. К. Апоян, Г. К. Арцруни, Г. А. Арутюнян,

А. Б. Налбандян

(Ереван)

Ранее установлено, что основные закономерности низкотемпературного и предхолоднопламенного окисления ацетальдегида обусловлены гетерогенно-радикальным распадом надуксусной кислоты — основного промежуточного продукта реакции, ответственного за вырожденное разветвление цепей [1, 2]. Показано, что кинетические характеристики окисления ацетальдегида во многом определяются материалом и геометрическими параметрами реакционной поверхности. Между тем механизм этой реакции, протекающей в режиме горения, сравнительно мало изучен [3—6]. В частности, не выявлено влияние материала контактирующей поверхности на кинетику образования и расходования пероксидных радикалов. В настоящей работе поставлена задача — установить влияние свойств поверхности на закономерности холодного пламени ацетальдегида с кислородом. С этой целью определены и сопоставлены характеристики структуры пламени в пирексовом реакторе, обработанном как самой реакцией, так и хлоридом калия.

Методика эксперимента. Опыты проводили на вакуумно-струевой установке, подробное описание которой приведено в [7]. Реактором служила помещенная в электропечь 1 (рис. 1) пирексовая трубка 6 внутренним диаметром $d = 2,8$ см, с обоих торцов которой вставлены стабилизаторы 5 — пучки пирексовых капилляров ($d = 0,2$ см), покрытых оксидом магния. Покрытие и малый диаметр стабилизаторов обеспечивают эффективный гетерогенный обрыв цепей и теплоотвод реагирующей смеси [7—10], что приводит к тому, что поступающая во входные капилляры предварительно перемешанная смесь не воспламеняется и уже на некотором расстоянии от входных капилляров воспроизводимо тушится. Такой метод стабилизации, ранее апробированный при исследовании горения H_2 с O_2 [8], не нарушает ламинарности потока газов, позволяет фиксировать фронт пламени в заданном участке реактора, а также совмещать реакционную зону с отрезком равномерного распределения температуры печи.