

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 536.468

**ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ПЛАМЕНИ
ПРИ НИЗКОМ ДАВЛЕНИИ**

А. Н. Вавилов, С. М. Козарко, В. Я. Басевич

Примеры влияния активных частиц на интенсификацию некоторых процессов горения известны [1—8]. К числу исследовавшихся процессов относится и стабилизация пламени в потоке при горении гомогенных смесей [9] и при отдельной подаче горючего и окислителя [10]. В двух последних работах опыты проводились при атмосферном давлении и было обнаружено, что активные частицы — радикалы и атомы типа OH , H , O — расширяют пределы стабилизации. Хорошо известно, что срыв стабилизированного пламени можно вызвать как увеличением скорости потока, так и понижением давления, поэтому представляло интерес выяснить, можно ли с помощью активных частиц расширить пределы стабилизации турбулентного пламени и при низком давлении.

Схема аппаратуры представлена на рис. 1. Воздух и горючий газ (городской) при комнатной температуре после измерительных диафрагм 1, 2, регулировочных кранов 3, 4 и спрямляющего устройства 5, формирующего поток прямоугольного профиля со скоростью w , поступают в камеру сгорания 6. Последняя имеет прямоугольный вход 60×100 мм, на длине 600 мм расширяется до сечения 60×350 мм и далее на длине

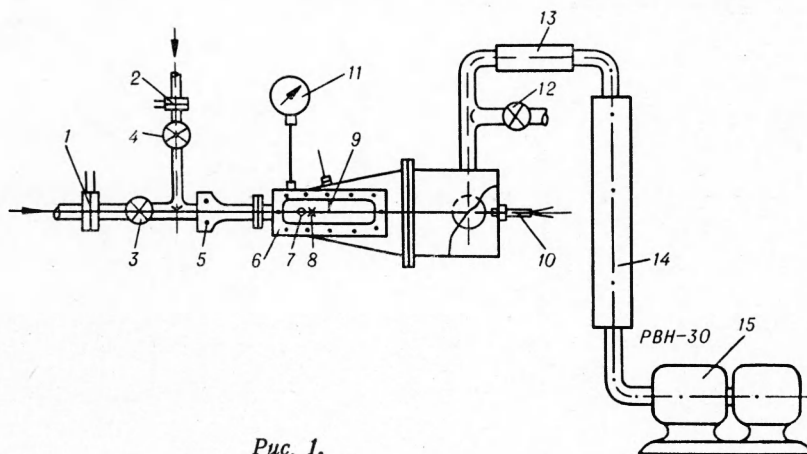


Рис. 1.

600 мм остается неизменной. На расстоянии 145 мм по оси от входа в камеру сгорания установлен цилиндрический стабилизатор 7, за ним свеча 8 и далее на расстоянии 145 мм от трубки термомпара 9 и в конце камеры газоотборник 10. Одна сторона камеры имеет кварцевые окна и открыта для наблюдений. Давление в камере измеряется вакуумметром 11. За камерой располагается кран 12 для регулирования давления. Труба диаметром 150 мм, в которой установлен охладитель 13, соединяет камеру сгорания через ресивер 14 с вакуумным насосом 15. Активные частицы вводились в поток аналогично принципу работы [9].

Наблюдение пределов стабилизации производилось следующим образом. При давлении, несколько повышенном относительно давления срыва, производилось зажи-

гание горючей смеси, и далее при неизменных массовых расходах горючего газа и воздуха давление в камере плавно понижалось до тех пор, пока не происходил срыв пламени со стабилизатора. Для контроля одновременно с визуальным наблюдением срыва регистрировалась термопарой температура пламени в выбранной точке. Так как термопара расположена в зоне, где реакция горения могла еще не закончиться, то ее показания по этой причине и вследствие теплопотерь от газа к стенкам и потерь термопары на излучение и теплопроводность оказываются ниже, чем адиабатическая температура пламени при полном сгорании. При понижении давления температура сначала снижается очень медленно, а при срыве пламени падает до начальной температуры гомогенной горючей смеси.

Одновременно с регистрацией температуры были проведены анализы продуктов сгорания при изменении давления. Между показаниями термопары и составом продуктов сгорания, отбиравшимися в самом конце камеры по ее оси, наблюдается строгая пропорциональность, характерная для каждого состава горючей смеси.

На рис. 2 показаны предельные давления стабилизации для разных составов смеси и некоторого постоянного массового расхода воздуха и переменной концентрации городского газа без активных частиц (рис. 2, 1) и при их введении (рис. 2, 2) (в обоих случаях вблизи срыва температура потока и полнота сгорания приблизительно одинаковы). Пунктиром показано минимальное давление, которое можно было бы получить на установке. Для составов смеси с концентрацией газа $\geq 9,5\%$ при введении активных частиц срыв до этого минимального давления не мог быть получен. С понижением давления одновременно увеличивается скорость потока (ее значения на входе в камеру сгорания также нанесены на оси ординат).

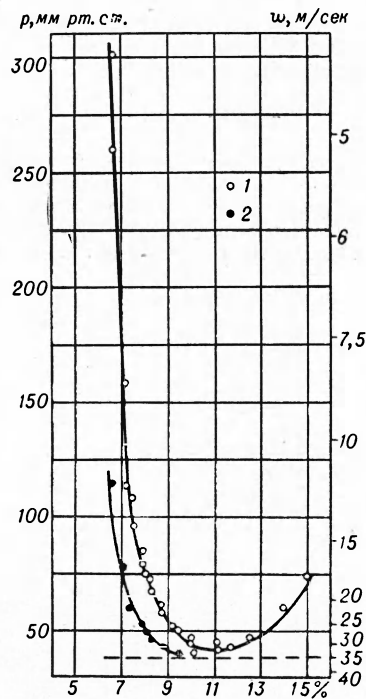


Рис. 2.

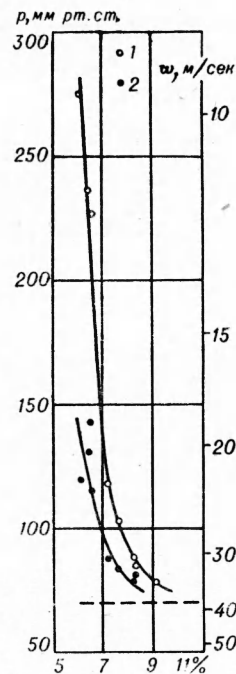


Рис. 3.

Как видно из рис. 2, наблюдается снижение давления (при одновременном увеличении скорости) стабилизации при введении активных частиц, достигающее 40--60% на бедных составах и 5--15% вблизи стехиометрии.

Пределы стабилизации, аналогичные рис. 2, определялись и при больших скоростях. Однако с ростом объемного расхода воздуха минимальное давление, которое может быть получено с помощью вакуум-насоса, значительно возрастает. Кроме того, появились затруднения с созданием больших расходов горючего газа. Обе эти причины привели к тому, что для больших скоростей предельные давления получены лишь частично — только для бедных смесей (рис. 3, обозначения аналогичны рис. 2). В этом случае также наблюдается эффект снижения давления срыва при введении активных частиц.

На основании полученных данных полагаем, что первостепенное значение для снижения предельного давления при стабилизации пламени имеет ускорение химических реакций горения под воздействием вводимых активных частиц.

Поступила в редакцию
16/XII 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. A. B. Nalbandjan. Phys. Z. Sovjetunion, 1933, 4, 747.
2. M. Mitchner, R. A. Gross. J. Aeronautical Sci., 1956, 23, 607.
3. S. W. Churchill, A. Weir, K. L. Gealer, K. I. Kelley. J. E. C., 1957, 49, 1419.
4. В. М. Чередниченко, И. Н. Поспелова, С. Я. Пшежецкий. ЖФХ, 1958, 32, 2673.
5. С. М. Козарко, В. В. Михеев, В. Я. Басевич. ЖФХ, 1961, 35, 2341.
6. С. М. Козарко, М. И. Девишев, В. Я. Басевич. ЖФХ, 1959, 33, 2345.
7. В. Я. Басевич, М. И. Девишев, С. М. Козарко. Изв. АН СССР, ОТН, Энергетика и автоматика, 1960, 3, 138.
8. В. Я. Басевич, С. М. Козарко. Докл. АН СССР, 1961, 141, 659.
9. С. М. Козарко, М. И. Девишев, В. Я. Басевич. Докл. АН СССР, 1959, 127, 137.
10. D. Choulis, M. I. G. Wilson. Combustion and Flame, 1963, 7, 369, № 4.

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗА НА ПРЕДЕЛЫ ГАШЕНИЯ ПЛАМЕНИ В УЗКИХ КАНАЛАХ

В. Ф. Заказнов, А. И. Розловский, И. И. Стрижевский
(Москва)

Тепловая теория Я. Б. Зельдовича [1] хорошо описывает закономерности гашения пламени в узких каналах в большом диапазоне изменения условий опыта [2]. Пределы гашения характеризуются фиксированным значением критерия Пекле, построенного по скорости горения $Pe = u_n \delta / \kappa$, где u_n — нормальная скорость пламени; δ — диаметр пламегасящих каналов; κ — температуропроводность горючих смесей. Предельное значение $Pe_{кр} \approx 65$ хорошо согласуется с требованиями тепловой теории.

Эти опыты относились в действительности к условиям, когда газ движется перед фронтом пламени. Постоянство числа Пекле на пределе гашения в широких диапазонах изменения δ , u_n и давления p хорошо согласуется с тепловой теорией. Однако возможность сопоставления полученного значения $Pe_{кр} \approx 65$ с ожидаемым порядка 80—100 оставалась неясной, так как теоретическая оценка относилась к неподвижному газу (при сгорании в пламегасящих насадках и пористых пластинах заметная турбулентность возникает при много меньших значениях Pe , чем в гладких трубах, поэтому движение газа влияет на теплоотдачу стенкам). Как показано ниже, в ряде случаев в покоящемся газе наблюдается значение $Pe_{кр} = 16—26$, хуже согласующееся с теоретическими оценками.

Для решения вопроса об универсальности теории было выполнено настоящее исследование влияния движения горящего газа на условия гашения. Следует учесть, что в любых аппаратных условиях движение газа всегда сопровождает процесс горения вследствие теплового расширения при сгорании.

Течение горящего газа через узкие каналы огнепреградителя часто рассматривалось как фактор, способствующий прохождению пламени по этим каналам. Возникали опасения, что при этом будет облегчаться проникновение пламени через пламегасящие каналы; критическое значение критерия Пекле снизится, т. е. ухудшится эффективность огнепреградителя.

Предполагалось также, что положение точки зажигания в замкнутом сосуде, перегороденном огнепреградителем, будет существенно влиять на пределы проникновения пламени через огнепреградитель. При размещении точки зажигания вблизи огнепреградителя пламя будет задерживаться хуже, чем при поджигании у торца бомбы, поскольку в этом случае горящий газ, а не холодная исходная смесь протекает через пламегасящие каналы.

Это предположение проверялось серией опытов по описанной ранее методике [2]. В цилиндрическую бомбу высокого давления, снабженную для наблюдения за распространением пламени несколькими герметичными прозрачными окнами, расположенными вдоль образующей бомбы, вставлялся огнепреграждающий патрон; горючая смесь поджигалась у нижнего закрытого конца бомбы. В этих опытах не наблюдалось