

**ХАРАКТЕРНЫЕ ВРЕМЕНА
ГОРЕНИЯ ТОПЛИВО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ**

B. K. Баев, P. K. Третьяков

(Новосибирск)

В работах [1] и [2] сообщалось, что несмотря на сложность процесса горения и его моделирования можно описать пламя гомогенной смеси в данной геометрической системе одним (для случая развитого турбулентного потока) критерием B , который представляет собой отношение характерного времени горения $\tau_r \sim \frac{a}{u_n^2}$ ко времени течения

$$\tau_r = \frac{d}{u_0}.$$

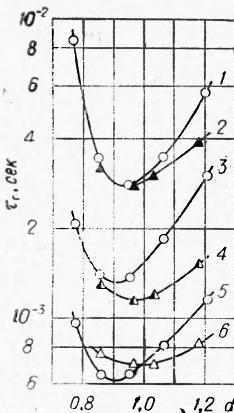
Для этого необходимо знать τ_r , которое может быть либо рассчитано, либо определено экспериментальным путем. Однако при расчете возникают трудности, связанные с выбором определяющей температуры; необходимостью точного знания нормальных скоростей распространения пламени; расчетом коэффициента температуропроводности смеси.

На рис. 1 приведены расчетные характерные времена горения метано-воздушной смеси при выборе за определяющую температуру

Рис. 1. Расчетные характерные времена горения метано-воздушной смеси при выборе за определяющую температуру

$$T = \frac{T_{\text{п.г}} + T_{\text{см}}}{2}.$$

1, 3, 5 — равно соответственно 291; 373; 473° К — u_n из [3]; 2, 4, 6 — тоже, u_n из [4].



$T = \frac{T_{\text{п.г}} + T_{\text{см}}}{2}$, значения нормальных скоростей брались по данным Л. С. Козаченко [3] и Л. Н. Хитрина [4]. Значительное отличие вызвано расхождением данных по u_n .

Настоящая работа посвящена экспериментальному определению характерных времен горения различных топливо-воздушных смесей.

**К ВОПРОСУ О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ХАРАКТЕРНОГО ВРЕМЕНИ ГОРЕНИЯ**

Характерное время горения может быть определено экспериментально по скорости срыва или проскака в системе, для которой $B = \text{const}$ [1, 2]. В [5] механизм устойчивости пламени объясняется существованием кри-

терия градиента скорости, который сводится к тому, что для заданных параметров смеси (c , T , p) критически устойчивому состоянию при проскоке и срыве соответствует условие $\text{grad } u_r = R = \frac{u_n}{l}$, где l — глубина проникания, отношение которой к толщине нормального фронта пламени δ есть величина постоянная [6]. Поэтому $l \sim \delta \sim \frac{\alpha}{u_n}$, а следовательно, $\tau_r \sim \frac{1}{\text{grad } u}$.

Учитывая, что в последнем соотношении стоит знак пропорциональности, характерное время горения может быть определено при проскоке или срыве по градиенту скорости на стенке, среднему градиенту или градиенту в любой точке при наличии универсального распределения скорости по сечению канала.

Для установившегося ламинарного течения в трубе, где профиль скоростей описывается уравнением Пуайзеля, действительный градиент у стенки определяется соотношением

$$\lim_{r \rightarrow R} \left(-\frac{du}{dr} \right) = \frac{4V}{\pi R^3}.$$

Тогда при определении τ_r по градиенту на стенке

$$\tau_r \sim \frac{\pi R^3}{4V}.$$

СХЕМА УСТАНОВКИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Принципиальная схема экспериментальной установки показана на рис. 2.

Пламя стабилизировалось уступом, образованным двумя коаксиально расположенными кварцевыми трубками 1 и 2 (пламеразделитель Смителла). Горючий газ подавался из баллона и проходил через редуктор 3, силикагелевый осушитель 4, расходомерную диафрагму 5.

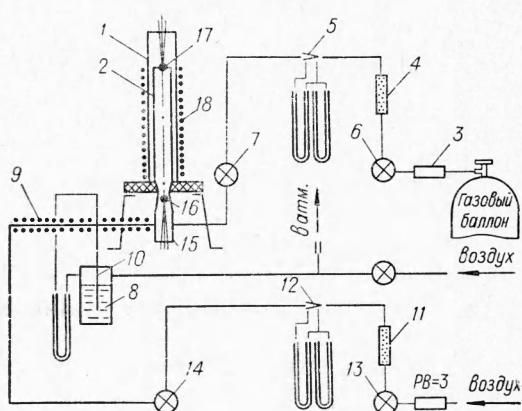


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки.

1, 2 — кварцевые трубки; 3 — редуктор; 4, 11 — силикагелевые осушители; 5, 12 — расходомерные диафрагмы; 6, 7, 13, 14, 19 — краны; 8 — бензиновый бачок; 9 — электрический подогреватель воздуха; 10 — капилляр; 15 — смеситель; 16, 17 — термопары; 18 — охранный электрический подогреватель.

Расход газа регулировался кранами 6 и 7. При работе на бензино-воздушной смеси бензин выдавливался из бачка 8 воздухом в воздушный подогреватель 9, в котором испарялся и перемешивался.

Расход бензина определялся по перепаду на капилляре 10. Воздух из воздушной системы редуцировался до давления 3 атм, осушался в силикагелевом осушителе 11 и нагревался электрическим подогревателем. Расход воздуха определялся по перепаду на расходомерной диафрагме 12 и регулировался кранами 13 и 14. Воздух перемешивался с газом в смесителе 15. Температу-

ра топливо-воздушной смеси варьировалась от 16 до 300°С и измерялась термопарами — неподвижной 16 на выходе из смесителя и подвижной 17. Термопары хромель-копелевые выполнены из стандартной проволоки Ø 0,5 мм. С помощью охранного подогревателя 18 добивались совпадения показаний термопар. Мощность подогревателей регулировалась лабораторными автотрансформаторами. На различных режимах (как по расходу, так и по температуре смеси) подвижной термопарой промерялась температура по сечению на выходе из трубы 2. Отклонения от температуры в центре трубы не превышали 5% (температура в °С). Проскок пламени фиксировался визуально по частичному проникновению пламени в трубку. Между отсчетами по проскоку выделялось время, необходимое для восстановления назначенного режима.

При регистрации проскока пламени водородо-воздушной смеси кромка трубы 1 покрывалась водным раствором хлористого аммония для визуализации пламени.

Характерное время горения определялось как величина, обратная градиенту скорости $\tau_r = \frac{\pi R^3}{4V}$. Все эксперименты проводились при атмосферном давлении.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе эксперимента характерные времена горения определялись для смесей различных топлив с воздухом:

- 1) природный газ ($\text{CH}_4 \approx 96\text{--}98\%$ по объему, остальное инертные примеси);
- 2) технический пропан ($\text{C}_3\text{H}_8 \approx 90,4\%$; этан-этилан $\sim 2,1\%$; бутан-бутилен $\sim 7,5\%$);
- 3) бензин (Б-70);
- 4) окись углерода ($\text{CO} \approx 95,8\%$; $\text{H}_2 \approx 4,2\%$);
- 5) водород ($\text{H}_2 \approx 99,8\%$; $\text{O}_2 \approx 0,2\%$).

На рис. 3 представлены экспериментальные кривые зависимости характерных времен горения различных топливо-воздушных смесей от коэффициента избытка воздуха α при различных температурах смеси (20, 100, 200, 300°С; данные использованы для табулирования τ_r — см. таблицы 1—5). Минимальному времени горения соответствует $\alpha_0 \approx 0,8\text{--}0,9$, исключение составляет окись углерода — воздух ($\alpha_0 \approx 0,7$). Как известно [7], чистая сухая смесь углерода в смеси с воздухом горит плохо, либо совсем не горит, но незначительные добавки паров воды или водорода сильно интенсифицируют процесс горения. В экспериментах окись углерода осущалась, но содержала водород.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

В экспериментах для всех видов топливо-воздушных смесей (кроме водородо-воздушной) проскок пламени фиксировался в кварцевую трубку Ø 12,6 мм. Для водородо-воздушной смеси диаметр трубы составлял 4,67 мм. Выбирался он из условий: 1) гасящий диаметр мал по сравнению с диаметром трубы; 2) на всех режимах сохраняется ламинарность потока в трубке.

В экспериментах значения числа Re не превышали 2000.

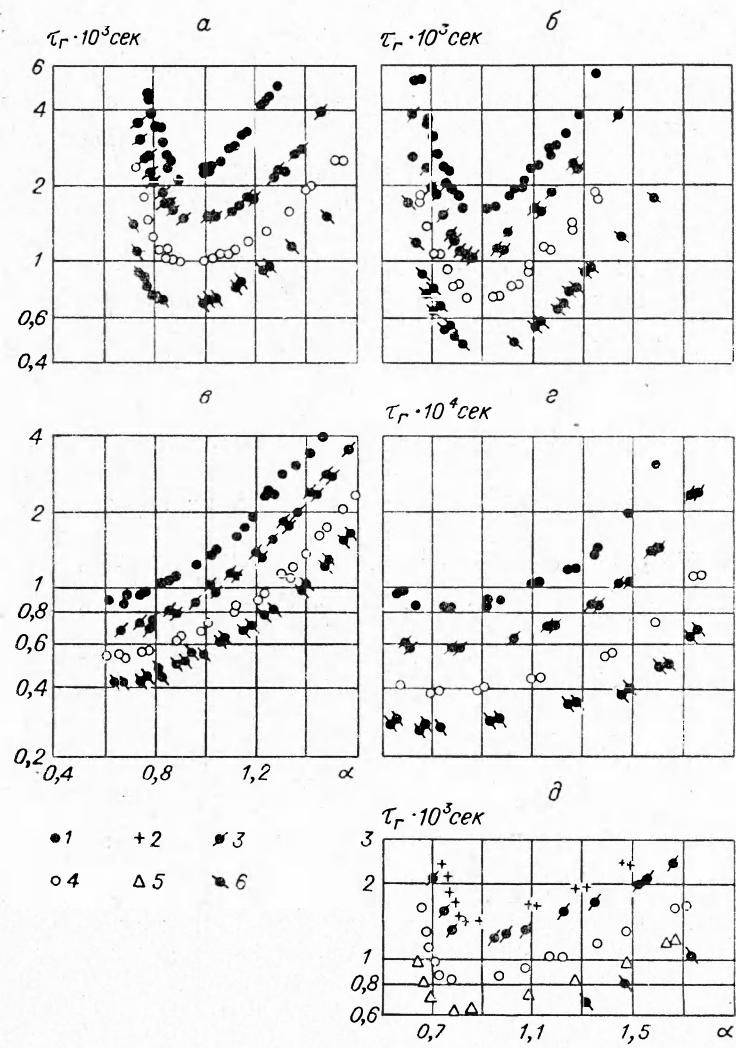


Рис. 3. Экспериментальные кривые зависимости характерных времен горения от коэффициента избытка воздуха при 1 атм:
 $a - \text{CH}_4 + \text{воздух}; b - \text{C}_3\text{H}_8 + \text{воздух}; c - \text{CO} + \text{воздух}; d - \text{H}_2 + \text{воздух}; e - \text{Б} = 70 + \text{воздух}.$ $T_{\text{см}}:$ 1 — $\approx 291^\circ \text{K}$; 2 — $\approx 335^\circ \text{K}$; 3 — $\approx 373^\circ \text{K}$; 4 — $\approx 473^\circ \text{K}$; 5 — $\approx 527^\circ \text{K}$; 6 — $\approx 573^\circ \text{K}.$

Таблица 1

Характерные времена горения метано-воздушной смеси ($\tau_r \cdot 10^4$ сек)

$t, {}^\circ\text{C}$	α	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55
20	—	38,20	25,20	21,60	21,40	22,17	23,80	26,40	30,00	34,80	41,85	49,60	—	—	—	—	—	—
40	—	31,95	22,65	19,60	19,20	19,80	21,00	22,65	25,20	28,60	33,10	38,50	—	—	—	—	—	—
60	—	27,70	20,50	17,90	17,47	18,00	18,80	20,00	21,75	24,40	27,40	31,40	—	—	—	—	—	—
80	—	24,45	18,50	16,30	16,00	16,35	16,95	17,90	19,20	21,20	23,45	26,30	—	—	—	—	—	—
100	36,70	21,72	16,75	14,93	14,70	14,92	15,37	16,17	17,27	18,80	20,60	22,78	25,83	30,25	37,30	—	—	—
120	33,50	19,40	15,20	13,72	13,50	13,63	14,00	14,70	15,70	16,97	18,55	20,40	22,90	26,30	31,60	—	—	—
140	30,40	17,40	13,78	12,60	12,40	12,52	12,90	13,48	14,40	15,43	16,85	18,50	20,70	23,57	27,80	—	—	—
160	27,30	15,60	12,50	11,55	11,40	11,55	11,90	12,40	13,27	14,25	15,45	16,90	18,80	21,30	24,70	—	—	—
180	24,30	14,00	11,33	10,65	10,60	10,70	11,00	11,50	12,30	13,20	14,27	15,57	17,27	19,40	22,20	—	—	—
200	21,50	12,50	10,23	9,80	9,77	9,90	10,20	10,67	11,40	12,20	13,23	14,43	15,93	17,80	20,15	22,83	26,10	—
220	18,75	11,30	9,40	9,10	9,15	9,25	9,52	9,98	10,67	11,41	12,37	13,46	14,82	16,47	18,50	20,82	23,40	—
240	16,15	10,12	8,60	8,40	8,47	8,62	8,89	9,32	9,96	10,67	11,54	12,58	13,81	15,28	17,08	19,05	21,33	—
260	13,67	9,05	7,96	7,77	7,83	8,03	8,30	8,72	9,32	10,00	10,78	11,75	12,90	14,20	15,80	17,50	19,53	—
280	11,53	8,13	7,40	7,20	7,27	7,52	7,80	8,22	8,78	9,40	10,13	11,05	12,12	13,30	14,70	16,23	18,10	—
300	9,20	7,30	6,78	6,66	6,70	6,93	7,28	7,73	8,23	8,84	9,50	10,36	11,33	12,42	13,70	15,03	16,73	—

Таблица 2

График зависимости пропано-воздушной смеси ($\tau_r \cdot 10^{-3}$ sec)																					
$t, {}^\circ\text{C}$	$*$	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60
20	34,33	21,72	16,85	15,30	15,10	15,87	17,36	19,83	22,62	26,27	30,20	35,00	41,05	50,80	62,50	—	—	—	—	—	—
40	50,30	30,73	19,58	15,30	13,88	13,70	14,38	15,70	17,88	20,35	23,55	27,10	31,30	36,60	43,75	52,50	—	—	—	—	—
60	66,60	27,62	17,73	13,95	12,68	12,50	13,10	14,27	16,20	18,36	21,26	24,42	28,10	32,70	38,20	44,80	—	—	—	—	—
80	82,70	24,83	16,10	12,75	11,60	11,43	11,95	13,00	14,70	16,35	19,17	22,03	25,10	29,20	33,50	38,75	44,80	—	—	—	—
100	99,20	22,35	14,63	11,65	10,63	10,50	10,92	11,85	13,33	15,07	17,30	19,87	22,65	26,25	29,87	34,75	38,85	44,80	—	—	—
120	35,70	20,13	13,30	10,68	9,77	9,63	10,00	10,81	12,10	13,65	15,65	17,93	20,37	23,67	26,90	30,50	35,00	—	—	—	—
140	32,40	18,12	12,10	9,82	8,97	8,83	9,15	9,90	11,03	12,38	14,13	16,20	18,43	21,30	24,15	27,50	31,45	—	—	—	—
160	29,30	16,30	11,00	8,98	8,23	8,10	8,40	9,02	10,00	11,20	12,77	14,53	16,63	19,15	21,65	24,60	28,30	—	—	—	—
180	26,40	14,63	10,00	8,27	7,58	7,47	7,68	8,28	9,10	10,17	11,50	13,13	15,00	17,20	19,43	21,85	25,30	—	—	—	—
200	23,60	13,10	9,10	7,57	6,97	6,86	7,08	7,57	8,27	9,20	10,37	11,80	13,50	15,40	17,40	19,90	22,65	—	—	—	—
220	21,10	11,75	8,27	6,95	6,46	6,37	6,52	6,90	7,50	8,30	9,35	10,61	12,18	13,80	15,63	17,80	20,30	—	—	—	—
240	18,60	10,43	7,43	6,35	5,92	5,85	5,96	6,27	6,77	7,43	8,33	9,43	10,75	12,25	13,90	15,70	18,00	—	—	—	—
260	16,10	9,20	6,70	5,80	5,43	5,37	5,42	5,70	6,10	6,66	7,40	8,36	9,50	10,80	12,25	13,82	15,90	—	—	—	—
280	13,70	8,12	6,10	5,37	5,00	4,92	4,97	5,22	5,52	6,00	6,62	7,43	8,40	9,55	10,90	12,30	14,00	—	—	—	—
300	11,20	7,07	5,45	4,90	4,60	4,54	4,75	4,95	5,32	5,83	6,50	7,35	8,30	9,50	10,80	12,35	14,30	16,25	18,30	—	—

Таблица 3

Таблица 4

Характерные времена горения смеси окись углерода — воздух (τ_r·10⁴ с/с)

<i>t</i> , °C	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60
20	8,95	9,38	9,90	10,43	11,10	12,00	13,05	14,30	15,80	17,60	19,80	22,30	25,30	28,60	32,40	36,90	42,10	48,00	56,10
40	8,32	8,70	9,15	9,60	10,18	10,95	11,82	12,87	14,23	15,80	17,80	20,05	22,55	25,40	28,70	32,75	37,70	43,50	51,00
60	7,80	8,15	8,47	8,90	9,38	10,03	10,83	11,80	13,00	14,40	16,15	18,05	20,20	22,70	25,75	29,30	33,80	38,80	44,70
80	7,40	7,63	8,00	8,30	8,70	9,30	10,00	10,85	11,85	13,10	14,70	16,45	18,40	20,50	23,20	26,30	30,20	34,75	39,90
100	6,90	7,15	7,40	7,70	8,10	8,67	9,30	10,05	10,95	12,05	13,40	14,90	16,50	18,60	21,10	23,90	27,40	31,30	35,70
120	6,50	6,70	7,00	7,27	7,62	8,12	8,60	9,30	10,10	11,00	12,10	13,55	15,10	16,90	19,20	21,80	24,80	28,40	32,20
140	6,15	6,35	6,55	6,82	7,18	7,60	8,00	8,65	9,35	10,20	11,10	12,40	13,80	15,50	17,55	20,00	22,75	25,90	29,45
160	5,90	6,00	6,20	6,45	6,77	7,15	7,58	8,10	8,70	9,40	10,30	11,40	12,70	14,20	16,05	18,35	20,75	23,70	26,70
180	5,60	5,67	5,90	6,18	6,47	6,75	7,10	7,60	8,20	8,80	9,65	10,60	11,75	13,20	14,85	16,90	19,40	21,70	24,65
200	5,30	5,40	5,60	5,83	6,10	6,40	6,80	7,25	7,67	8,30	9,00	9,85	10,90	12,20	13,80	15,60	17,70	20,20	22,85
220	5,03	5,15	5,35	5,58	5,85	6,12	6,50	6,90	7,30	7,80	8,50	9,25	10,20	11,40	12,90	14,60	16,50	18,70	21,20
240	4,75	4,83	5,05	5,28	5,58	5,80	6,10	6,60	7,00	7,50	8,10	8,80	9,65	10,80	12,10	13,70	15,40	17,50	19,80
260	4,50	4,60	4,80	5,05	5,30	5,60	5,90	6,25	6,70	7,20	7,75	8,45	9,25	10,25	11,40	12,90	14,40	16,40	18,60
280	4,25	4,40	4,60	4,80	5,05	5,30	5,60	6,00	6,40	6,90	7,40	8,05	8,85	9,80	10,80	12,10	13,65	15,50	17,50
300	4,05	4,20	4,35	4,57	4,80	5,05	5,35	5,75	6,15	6,60	7,10	7,75	8,50	9,40	10,40	11,50	12,90	14,70	16,70

Характерные времена горения

$t, {}^{\circ}\text{C}$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
20	9,46	8,78	8,42	8,32	8,31	8,38	8,45	8,58	8,78	9,07	9,42	9,83
40	8,43	7,88	7,62	7,53	7,50	7,57	7,62	7,76	7,80	8,07	8,37	8,72
60	7,60	7,15	6,96	6,86	6,82	6,85	6,90	7,00	7,04	7,30	7,53	7,83
80	6,89	6,53	6,37	6,27	6,23	6,23	6,27	6,40	6,45	6,67	6,87	7,13
100	6,28	6,00	5,86	5,77	5,72	5,74	5,78	5,87	5,94	6,12	6,30	6,53
120	5,79	5,53	5,41	5,32	5,28	5,31	5,35	5,39	5,50	5,65	5,80	6,00
140	5,32	5,10	5,00	4,92	4,89	4,90	4,94	5,00	5,08	5,22	5,39	5,65
160	4,92	4,72	4,62	4,56	4,53	4,56	4,59	4,63	4,70	4,83	4,98	5,13
180	4,52	4,37	4,28	4,22	4,20	4,23	4,27	4,32	4,37	4,50	4,60	4,75
200	4,19	4,03	3,98	3,92	3,91	3,93	3,97	4,00	4,08	4,17	4,27	4,40
220	3,89	3,74	3,69	3,63	3,64	3,67	3,70	3,73	3,80	3,88	3,97	4,08
240	3,59	3,48	3,42	3,39	3,39	3,40	3,43	3,46	3,52	3,60	3,69	3,79
260	3,33	3,23	3,18	3,15	3,16	3,17	3,20	3,22	3,28	3,33	3,41	3,50
280	3,10	3,02	2,96	2,93	2,93	2,94	2,99	3,00	3,05	3,10	3,17	3,24
300	2,87	2,80	2,76	2,73	2,72	2,73	2,76	2,78	2,83	2,89	2,93	3,01

О влиянии диаметра трубки и сопоставлении наших результатов с результатами других авторов. Из формул, приводимых выше, следует, что для смеси известных параметров (c, T, p) градиент скорости у стенки должен оставаться постоянным в момент проскаока при различных скоростях и диаметрах труб. Справедливость этого вывода подтверждается экспериментальными кривыми критического градиента скорости у границы газового потока для проскаока пламен при горении различных газовых смесей в трубках с различными диаметрами (см.,

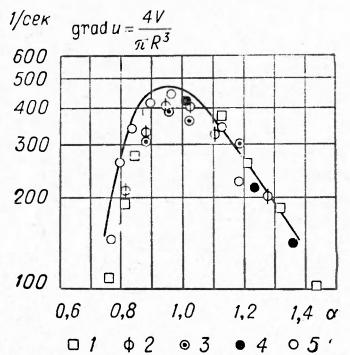


Рис. 4. Экспериментальные данные по проскаоку пламен в трубки различных диаметров метано-воздушной смеси. Диаметр трубки: 1, 2, 3 — соответственно 1,358; 1,058 и 0,873 см (данные из [8]); 4, 5 — 1,273 и 1,093 см (данные из [9]). Кривая — эксперимент настоящей работы.

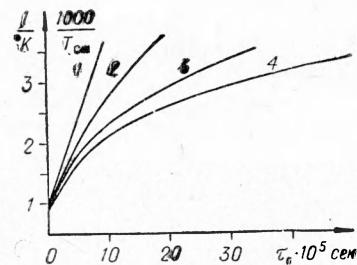


Рис. 5. Экспериментальные кривые зависимости $100/T_{\text{см}} = f(\tau_g)$ при различных коэффициентах избытка воздуха а для водородо-воздушной смеси.
1 — а=0,8; 2 — а=1,4; 3 — а=1,6; 4 — а=1,7.

например, [8, 9], а также [5]). Однако все эти эксперименты проведены для топливо-воздушных смесей при температурах 16–20°С, данные при других температурах отсутствуют.

На рис. 4 собраны экспериментальные данные различных авторов по проскаоку пламен в трубки различных диаметров метано-воздушной смеси. Наши данные согласуются с экспериментами других авторов.

Таблица 5

водородо-воздушной смеси ($\tau_r \cdot 10^5$ сек)

1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75
10,30	10,90	11,63	12,68	14,00	15,55	17,60	20,17	24,13	30,35	39,63	49,30	58,80
9,17	9,58	10,20	10,95	12,15	13,38	15,12	17,28	20,42	25,20	31,54	39,00	47,03
8,28	8,57	9,08	9,67	10,65	12,67	13,10	14,92	17,40	21,03	25,53	31,27	38,30
7,48	7,74	8,17	8,65	9,40	10,20	11,36	12,87	14,83	17,63	21,10	25,60	31,10
6,78	7,09	7,41	7,80	8,33	9,00	9,93	11,21	12,78	15,00	17,77	21,15	25,33
6,25	6,50	6,80	7,12	7,50	8,03	8,78	9,87	11,12	13,90	15,20	17,92	21,07
5,75	5,98	6,20	6,50	6,80	7,23	7,72	8,70	9,70	11,10	13,00	15,23	17,77
5,30	5,50	5,70	5,96	6,18	6,58	7,03	7,83	8,53	9,67	11,20	13,06	15,03
4,90	5,06	5,23	5,45	5,68	6,00	6,40	6,90	7,53	8,43	9,65	11,20	12,85
4,53	4,68	4,84	5,02	5,21	5,49	5,80	6,22	6,73	7,42	8,40	9,68	11,23
4,20	4,33	4,48	4,63	4,80	5,00	5,27	5,60	6,03	6,62	7,38	8,43	9,90
3,89	4,00	4,13	4,26	4,41	4,60	4,82	5,05	5,45	5,92	6,53	7,44	8,73
3,60	3,70	3,80	3,93	4,04	4,20	4,40	4,60	4,90	5,30	5,87	6,62	7,27
3,33	3,43	3,53	3,63	3,72	3,87	4,03	4,23	4,50	4,82	5,35	6,03	7,03
3,08	3,17	3,27	3,35	3,45	3,56	3,70	3,88	4,13	4,43	4,90	5,51	6,40

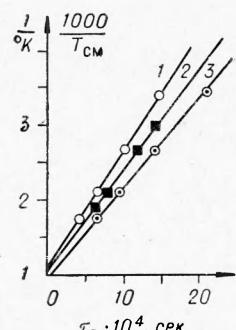
Несколько более высокие значения градиентов скорости в наших экспериментах можно объяснить тем, что проскок фиксировался по частичному проникновению пламени в трубку.

О возможности использования данных по τ_r для определения температуры воспламенения смеси. В литературе часто отождествляют понятия температуры самовоспламенения и воспламенения. Гейдон и Вольфгард [6] обосновывают положение о том, что никакой связи между этими температурами не существует. Полагают, что предел воспламенения или распространения пламени наступает при такой концентрации смеси, когда температура воспламенения становится равной конечной температуре пламени. Для смеси других концентраций температура воспламенения может быть определена из условий потухания, т. е. пламя охлаждается снаружи до того момента, когда еще можно поддерживать его распространение.

Таблица 6
Значения температуры воспламенения

Топливо-воздушная смесь	Температура воспламенения при $\alpha = \alpha_0$, °С
$\text{H}_2 + \text{воздух}$	747
$\text{CH}_4 + \text{воздух}$	815
$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{воздух}$	670
$\text{B} = 70 + \text{воздух}$	700

Рис. 6. Экспериментальные кривые зависимости $\frac{1000}{T_{\text{cm}}} = f(\tau_r)$ при $\alpha = \alpha_0$ для смеси воздуха с C_3H_8 (1), $\text{B} = 70$ (2) и CH_4 (3).



В работе [6] проводится анализ экспериментов Эджертона и Паулинга по изучению распространения пламени у пределов воспламенения. В результате анализа водородо-воздушной смеси температура воспламенения оказывается порядка 700–800° С. Для смесей метана с O_2 и N_2 T_w меняется в пределах 900–1100° С, как следует из приведенных выше таблиц характерных времен горения, τ_r при $\alpha = \text{const}$ с увеличением температуры смеси уменьшается. Температурная зависимость не описы-

вается простой функцией. На рис. 5 построены кривые $\frac{1000}{T_{\text{см}}} = f(\tau_r)$ при различных α для водородо-воздушной смеси, которые экстраполированы до $\tau_r = 0$. По физическому смыслу эти точки соответствуют температуре воспламенения, которая слабо зависит от состава смеси. На рис. 6 в тех же координатах приведены линии для метано-, пропано- и бензино-воздушных смесей при $\alpha = \alpha_0$. В табл. 6 приводятся определенные таким способом значения температуры воспламенения.

*Поступила в редакцию
20/IX 1967*

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Баев. ПМТФ, 1966, № 4.
2. В. К. Баев. Тезисы докл. на III науч.-техн. совещ., посвящ. теории и практике сжигания газов. Л., 1965.
3. В. С. Бабкин, Л. С. Козаченко, И. Л. Кузнецов. ПМТФ, 1964, № 3.
4. Л. Н. Хитрин. Физика горения и взрыва. М., изд. МГУ, 1957.
5. Н. Патнэм, Р. Джентсен. Вопросы горения.—Сб. переводных ст. т. I. М. ИЛ, 1953.
6. Е. С. Щетинков. Физика горения газов. М., «Наука», 1965.
7. А. Г. Гейдон, Х. Г. Вольфгард. Пламя, его структура, излучение и температура. М., Металлургиздат, 1959.
8. Ж. Грумер, М. Гаррис, Г. Шульц. Вопросы горения и детонационных волн. М., Оборонгиз, 1958.
9. П. Волкер, К. Райт. Вопросы горения.—Сб. переводных ст. т. I. М., ИЛ, 1953.