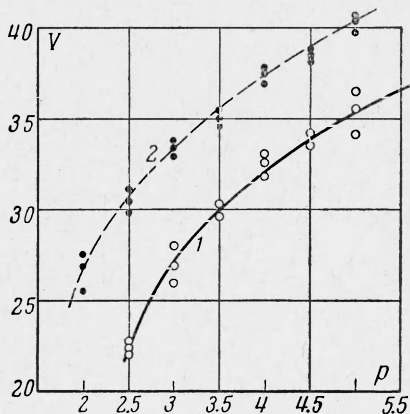


ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НОРМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ ПРИ РАСПАДЕ ЧИСТОГО АЦЕТИЛЕНА В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТРУБАХ

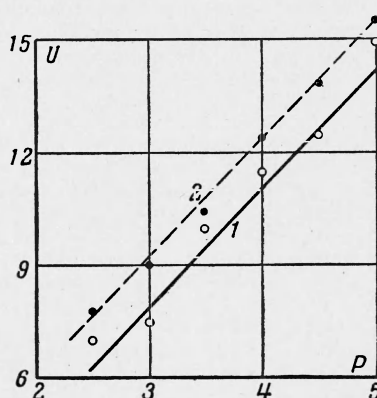
Б. А. Иванов, С. М. Когарко

(Москва)

1. Величина нормальной скорости горения U представляет собой физико-химическую константу горючей смеси и поэтому не должна зависеть как от способов ее определения, так и от направления распространения пламени. В литературе по вопросу о нормальной скорости распространения пламени распада в чистом ацетилене имеются весьма немногочисленные сведения, а абсолютные значения U для одинаковых давлений при различных направлениях движения пламени по работам [1,2] отличаются при-



Фиг. 1



Фиг. 2

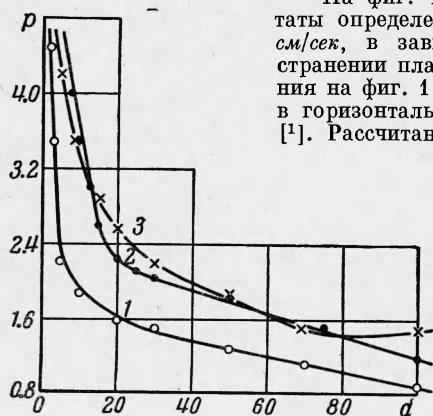
мерно в 2.5 раза. В связи с этим было целесообразно провести более подробное исследование по определению величины нормальной скорости при распространении пламени в вертикальных трубах.

Методика измерения величины U , использованная в настоящем исследовании, отличается от методики, описанной в [1], только тем, что экспериментальная труба (диаметром 50 мм) была поставлена в вертикальное положение.

На фиг. 1 представлены экспериментальные результаты определения величины видимой скорости пламени V , см/сек, в зависимости от давления p , атм, при распространении пламени снизу вверх (кривая 1). Для сравнения на фиг. 1 нанесены также значения V , определенные в горизонтальной трубе такого же диаметра (кривая 2) [1]. Рассчитанные по формуле

$$U = V \frac{S}{A}$$

где S — площадь сечения трубы, A — площадь поверхности пламени, значения величины нормальной скорости (см/сек) при распространении пламени снизу-вверх для разных давлений (атм) представлены на фиг. 2 (прямая 1). На фиг. 2 даны также значения U , определенные при распространении пламени в горизонтальной трубе (прямая 2) [1]. Как видно из фиг. 2, значение U при вертикальном (снизу-вверх) и горизон-



Фиг. 3

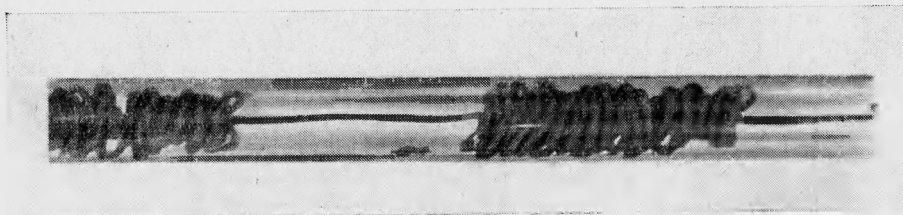
тального распространения пламени близки по абсолютным величинам.

Однако значения U , полученные ранее [1] и в настоящей работе, во всем исследованном интервале давлений (2.5—5.0 атм) примерно в 2.5 раза больше соответствующих значений U , определенных в вертикальных трубах при распространении пламени снизу-вверх в работе [2]. По нашему мнению, такое значительное расхождение в величинах U , определенных в настоящем исследовании и работе [2], объясняется тем,

что в опытах работы [2] использовались трубки недостаточно большого диаметра и вследствие этого имела место значительная неполнота распада ацетилена. Так, по данным [2], в продуктах распада ацетилена при давлении 2.02 *ата* водород составлял только 60.1%, при 4.06 *ата* — 80.1%, а при 10 *ата* — 93% газовой фазы. Для сравнения приведем результаты масс-спектрометрического анализа продуктов, полученных в настоящем исследовании:

<i>p</i> , <i>ата</i>	2.0	2.5	4.0	5.0
H ₂ , об. %	77	88.4	94	96.7
CH ₄ , об. %	10.5	7.3	4.8	2.5
C ₂ H ₂ , об. %	12.2	4.3	1.2	0.8

Как видно из приведенных данных, полнота распада ацетилена при тех же начальных давлениях, что и в [2], при использовании трубки диаметром 50 *мм* значительно увеличивается.



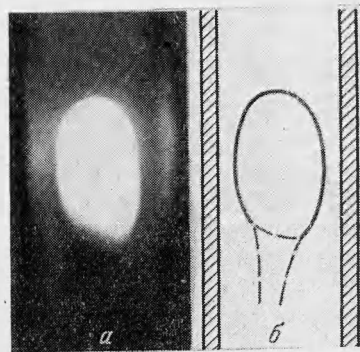
Фиг. 4

В специальном опыте, где использовалась стеклянная трубка диаметром 9 *мм*, для начального давления ацетилена 2.2 *ата* были получены следующие значения для видимой и нормальной скоростей: $V = 8.7$ *см/сек*, $U = 2.2$ *см/сек* (форма пламени определялась по моментальным фотографиям пламени). По работе [2] для давления 2.02 *ата*, диаметра трубки 21.2 *мм* нормальная скорость была определена равной 2.8 *см/сек*.

Как видно, значение U , определенное в трубе диаметром 9 *мм*, достаточно близко совпадает с величиной U , найденной в работе [2]. Таким образом, наше предположение о том, что причина заниженных значений U , определенных в работе [2], заключается в неполном разложении ацетилена в зоне химической реакции вследствие использования трубок недостаточно большого диаметра, подтверждается опытом в трубке диаметром 9 *мм*. Поэтому полученные в работе [2] значения нормальной скорости следует считать сильно заниженными.

Интересно отметить следующее. Известно, что движение пламени снизу-вверх является вследствие действия конвекции более быстрым процессом по сравнению с движением в горизонтальном направлении или движением сверху-вниз [3]. В данной работе наблюдалось обратное влияние направления распространения пламени на его скорость. При одинаковых давлениях скорость движения пламени снизу-вверх была меньше, чем скорость распространения пламени в горизонтальных трубах. Отсюда следует предположить, что при некоторых условиях для очень медленно горящих пламен (каким является и пламя ацетилена) влияние конвекции на форму пламени может оказаться более сильным при движении в горизонтальном направлении, чем в вертикальном.

2. Методика определения предельных диаметров описана ранее в работе [4]. На фиг. 3 представлены экспериментальные данные по определению предельных диаметров (d , *мм*) в вертикальных трубах для различных давлений. Для сравнения на фиг. 3 нанесены также значения предельных диаметров, определенных в горизонтальных трубах [4]. Как видно из фиг. 3, в интервале давлений 1—4.5 *ата* значения предельных диаметров при движении пламени снизу-вверх (кривая 1) лежат значительно ниже, чем значения предельных диаметров при движении пламени сверху-внизу (кривая 3) или в горизонтальном направлении (кривая 2). Величины предельных диа-



Фиг. 5 а, б

метров, определенных в горизонтальных и вертикальных трубах при движении сверху-вниз, довольно близки, однако не имеется определенной тенденции в их относительной зависимости от давления. Более низкие, по сравнению с горизонтальными трубами, значения предельных диаметров при распространении пламени снизу-вверх, несмотря на то, что видимая скорость здесь также меньше, объясняются, по-видимому, предположением В. П. Карпова о том, что возможна конвекция водорода из продуктов реакции через зазор между зоной реакции и стенкой. Этот зазор в случае пламени распада ацетилена может иметь значительные размеры. Таким образом, водород создает прослойку между зоной и стенкой, уменьшая теплопотери в стенку и тем самым уменьшая предельные диаметры.

Отметим еще одно весьма интересное явление, которое наблюдалось вблизи предельного диаметра при распространении пламени снизу-вверх. Обычно после опыта экспериментальная труба по всему сечению заполнена сажей, причем сажа достаточно плотно оседает и на стенках трубы. Однако у самого предела распространения после прохождения пламени сажа оказывается в виде тонкого непрерывного жгута, который лежит на стенке трубы (фиг. 4). Длина жгута больше длины трубы, его диаметр примерно 0.1—0.2 диаметра трубы; сажа в жгуте более плотная, а не рыхлая, как обычно. Моментальные прямые фотографии (фиг. 5а) распространяющегося пламени показали, что в этом случае (см. схему на фиг. 5б) пламя имеет резко очерченную каплевидную форму; не касается стенок (в трубке диаметром 9 мм минимальный зазор составлял ≈ 1.0 мм); движется очень медленно (несколько см/сек), но со строго постоянной скоростью; жгут начинается сразу за светящейся зоной пламени. Такие опыты получались в трубах диаметром от 2 до 21 мм. Устойчивость такого комплекса и необычная тенденция продуктов реакции — в данном случае сажи — к резкой коагуляции сразу за зоной реакции пока остаются невыясненными.

Поступила 15 XI 1963

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Б. А., Когарко С. М. Нормальная скорость пламени распада чистого ацетилена. Докл. АН СССР, 1963, т. 150, № 6.
2. Cummings G. A., Hall A. R., Straker R. A. M. Decomposition flames of acetylene and methyl acetylene. 8-th Sympos (Intern), Combust., 1962, Baltimore, p. 503, 510.
3. Coward H. F., Jones G. W. Limits of flammability of gases and vapors. Bureau of Mines, Bulletin, 1952, 503.
4. Иванов Б. А., Когарко С. М. Распространение зоны химической реакции в чистом ацетиле и смесях с другими газами. ПМТФ, 1963, № 3.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ОБОЛОЧКИ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ ДЕТОНАЦИИ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Г. В. Димза

(Москва)

Исследуется возбуждение детонации в смеси тетранитрометана с толуолом слабыми ударными волнами, путем передачи детонации через воду. Детонация возбуждается тем легче, чем больше скорость звука в материале оболочки, в которую помещено жидкое ВВ.

Во многих опубликованных в последние годы работах [1, 3] возбуждение детонации жидких взрывчатых веществ (ВВ) исследовалось в условиях действия на них мощных ударных волн с давлениями 80—100 кбар. Считается [2, 3], что возбуждение и развитие детонации происходит по схемам, предложенным для сплошных твердых ВВ. Вместе с тем известно, что инициирование жидких ВВ осуществляется и при более слабых воздействиях. Одна из теорий предполагает, что возбуждение детонации происходит за счет сжатия и разогрева имеющихся в жидкостях газовых включений [4].

Ниже приводятся некоторые результаты изучения возбуждения детонации жидких ВВ слабыми (200—600 бар) ударными волнами и, в этой связи, влияние на процесс свойств материала оболочки. Исследовалась передача детонации через воду. Была выбрана следующая схема проведения опытов. Пассивный заряд из жидкого ВВ (стехиометрическая смесь тетранитрометана с толуолом) в количестве 1.5 см^3 и активный заряд (электродетонатор 8) размещались при помощи тонкой деревянной рейки в центре заполненной водой стандартной стальной 3" трубы, закрытой с нижнего конца деревянной пробкой. Заметим, что смеси тетранитрометана с горючими имеют очень малый критический диаметр детонации, что позволяет работать с небольшими количествами ВВ. При взрывах труба не разрушалась.