

Таблица 2

Катализатор	u , мм/с (опыт)	w , мм/с (опыт)	\bar{u} , мм/с			
			$m=0,025$		$m=0,20$	
			расчет по (7)	опыт	расчет по (7)	опыт
—	6,4	42,9	14,5	11,2	22,6	20,5
1% аэросила	15,8	47,4	24,6	23,4	33,2	33,0
5% аэросила	18,0	55,5	28,4	24,2	38,6	34,1
1% Fe_2O_3	13,0	49,5	22,7	20,3	32,2	28,3
5% Fe_2O_3	14,4	55,6	25,3	22,1	35,9	30,8

В случае, когда $w/\bar{u} \gg 1$ и $\bar{u}/u \gg 1$ (а следовательно, и $w/u \gg 1$), формула значительно упрощается и становится наглядной

$$\bar{u} = B(l/d)^{2/3} u^{2/3} w^{1/3},$$

где $B = \left[\frac{4}{3} \left(1 + \frac{1-m}{m} \frac{\rho_m}{\rho_{KC}} \right) \right]^{1/3}$.

В этом случае средняя скорость горения заряда с иголками слабо растет с увеличением скорости пламени вдоль проволочки и существенно с ростом нормальной скорости горения КС и l/d .

Поступила в редакцию
5/VII 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Golub. J. Spacecraft, 1965, 2, 4, 593.
2. L. H. Caveney, R. L. Glick. J. Spacecraft, 1967, 4, 1, 79.
3. L. H. Caveney, T. T. Sawyer. AIAA Paper. 1967, № 67—102.
4. K. Jamazaki, H. Tokui. Bull. Chem. Soc. Japan, 1967, 40, 5, 1249.
5. И. Н. Лобанов, С. М. Жукова, Н. Н. Бахман. В сб. «Физика аэродисперсных систем». Вып. 7. Киев, Изд-во Киевского университета, 1972.
6. С. С. Кутателадзе, В. М. Борицанский. Справочник по теплопередаче. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.

УДК 532.593

МЕТОДИКА ОПТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИДКОМ ВОДОРОДЕ

C. A. Бордзиловский, С. М. Карабанов

(Новосибирск)

Разработка экспериментальных методов исследования ударно-волновых процессов в жидким водороде — актуальная задача физики ударных волн. Проведенные к настоящему времени измерения динамической сжимаемости жидкого водорода [1] и дейтерия [2] были ограничены использованием контактных датчиков. Поскольку жидкий водород —

прозрачное вещество, возможна визуализация ударно-волновых процессов в нем, что может дополнить другие методы измерений. Кроме того, оптические свойства жидкого водорода при высоких давлениях представляют самостоятельный интерес.

В настоящей работе описан оптический метод исследования, использованный для измерения скорости детонации конденсированного ВВ, погруженного в жидкий водород.

Постановка взрывного эксперимента выдвигает специфические требования перед конструкцией криостата для оптических исследований. Описанные в литературе конструкции [3] с несколькими тепловыми экранами и вакуумной термоизоляцией дорогостоящи и усложняют проведение эксперимента в полигонных условиях. Поэтому используемые во взрывном эксперименте криостаты обычно изготавливаются из пенопласта с применением дополнительной азотной рубашки [4]. Конструкция оптического входа в жидкий водород должна предотвратить обмерзание воздуха на стекле, находящемся в контакте с жидким водородом, и вымораживание атмосферной влаги наружном стекле.

Наиболее удачная из испытанных в настоящей работе конструкций криостатов представлена на рис. 1. Криостат 2, изготовленный из пенопласта марки ПС-4 с толщиной стенок 3 см, заключен в тепловой экран 3 из меди, охлаждаемый жидким азотом. В криостат помещен заряд ВВ 1 и координатная сетка 4. Два оптических входа 5, вклеенные в стенки криостата, представляют собой плексигласовые цилиндры \varnothing 60 мм, толщиной стенок $1\frac{1}{2}$ мм. На торцы цилиндра дихлорэтаном приклеены стекла из оргстекла толщиной 2 мм. В плексигласовый цилиндр был засыпан цеолит марки А5, который адсорбировал воздух и создавал начальное разрежение между стеклами. Цеолит предварительно откачивался в течение $6\frac{1}{2}$ часов при давлении $10^{-2}\div 3 \cdot 10^{-3}$ тор и температуре 400°C .

Криостат, заряд ВВ и координатная сетка предварительно охлаждались жидким азотом, который затем удалялся через сливную трубку. При заливке в криостат жидкого водорода воздух между стеклами вымораживался на поверхности цеолита, исключая тем самым обмерзание поверхности стекла, находящегося в контакте с водородом. Удлинение оптического входа за стенку криостата и малая толщина стенок плексигласового цилиндра позволили избежать обмерзания наружного стекла атмосферной влагой. Через 20 мин после полной заливки водорода в криостат его кипение происходило за счет теплоподвода и было неизначительным.

Процесс подсвечивался аргоновым источником света [5], который представлял собой трубчатый, непрерывно продуваемый аргоном газокумулятивный заряд [6] с внутренним диаметром 10—20 мм. Источник был отнесен от криостата на $1,5\div 2$ м, что позволяло получить достаточно коллимированный пучок света и обеспечить нормальную засветку пленки при толщине просвечиваемого слоя водорода до 20 см.

Постановка и результаты экспериментов. Измерение скорости детонации литого ТГ 50/50 ($\rho=1,68 \text{ г/м}^3$) проводилось на последних 50 мм цилиндрического заряда длиной 150 мм, $\varnothing=24$ мм. Первоначально была предпринята попытка зарегистрировать самосвещение фронта детонации ВВ в жидким водороде камерой СФР-2 М. Схема опыта (в плане) показана на рис. 2, а

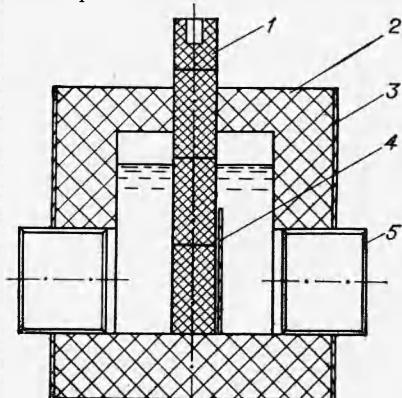


Рис. 1.

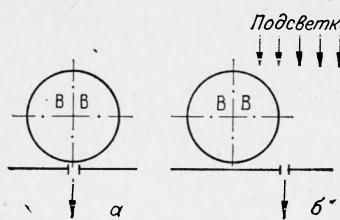


Рис. 2.

ASA при скорости вращения зеркала фоторегистратора 75 тыс. об/мин. При прохождении детонационной волны по верхней половине рабочего участка ВВ регистрируется слабое свечение паров водорода в ударной волне. Свечение полностью исчезает в момент входа детонации в жидкий водород (на рис. 3, а уровень жидкости обозначен пунктирной линией).

В дальнейшем измерения скорости детонации проводились теневым методом по схеме рис. 2, б. Фоторегистограмма, полученная в такой постановке, приведена на рис. 3, б. Скорость детонации ТГ 50/50 в жид-

(стрелкой указано направление оптической оси фоторегистратора). Однако оказалось, что самосвечение фронта в жидким водороде не регистрируется. Этот факт иллюстрируется фоторегистограммой на рис. 3, а. В этом эксперименте жидкий водород закрывал ~ 25 мм рабочего участка ВВ, а в остальной части камеры находились пары водорода. Съемка производилась на пленку Kodak-2485 чувствительностью 10 тыс. ед.

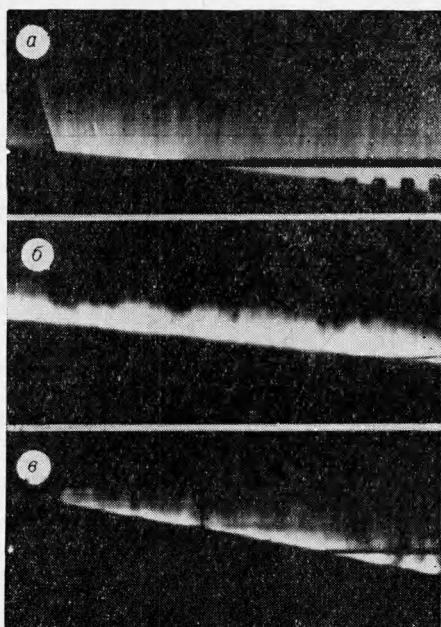


Рис. 3.

ком водороде с учетом теплового линейного сокращения координатной сетки оказалась равной $7,70 \pm 0,09$ км/с. Контрольные опыты, проведенные в той же постановке при нормальных условиях, дали значение $D = 7,64 \pm 0,11$ км/с, что согласуется с данными [7] в пределах экспериментальной ошибки.

В заключение авторы благодарят В. М. Титова за постановку задачи и В. П. Урушкина за помощь при проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
11/VI 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. M. van Thiel, B. J. Alder. *Molec. Phys.*, 1966, **10**, 427.
2. M. van Thiel, M. Ross et al. *Phys. Rev.*, 1973, **31**, 16, 979.
3. Г. К. Уайт. Экспериментальная техника в физике низких температур. М., Физматгиз, 1961.
4. V. M. Titov, V. V. Sil'vestrov. Proc. 9-th Int. Shock Tube Symp., Stanford, 1973, p. 523—533.
5. P. N. Keeler, E. B. Royston. Proc. Int. School of Physics "Enrico Fermi", cours 48, ed. by P. Caldirola and H. Knoepfel, New York—London, Acad. press, 1971.
6. В. М. Титов, Н. С. Титова, Ю. И. Фадеенко. Докл. АН ССР, 1968, **180**, 5.
7. А. Н. Дремин, С. Д. Савров и др. Детонационные волны в конденсированных средах. М., «Наука», 1970.

УДК 541.12.03.

О ПЕРЕНОСЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ УДАРНОМ СЖАТИИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ АМПУЛАХ

Е. Я. Кузовский, А. М. Ставер

(Новосибирск)

Для исследования физико-химических явлений при ударном нагружении часто применяются цилиндрические ампулы [1, 2]. Структура возникающего в них течения за ударными волнами описана в работе [3]. В этой работе для изучения особенностей течения использовались рентгеновская и электромагнитная методики. Как показали проведенные исследования, обжатие ампул возможно в режимах ударного сжатия слабыми ударными волнами, с образованием конической волны и с образованием «маховской волны». Течение за ударными волнами во всех режимах отличается значительной неоднородностью. Особенno сложная картина течения возникает в третьем режиме. Экспериментально зафиксированные градиенты скоростей в потоке составили 3—4 тыс. м/с на 1 мм поперечного сечения ампулы. При обжатии ампулы в режиме с образованием маxовской волны реализуются наиболее высокие параметры ударного сжатия — давление, температура, скорости потока. В этом режиме оказалась сложной и картина переноса вещества.

Цель настоящей работы — дальнейшее изучение переноса вещества в цилиндрических ампулах. Для этого была разработана методика с использованием радиоактивных индикаторов. В стальную ампулу с наружным диаметром 30 мм, внутренним — 24 мм, длиной 180 мм засыпалась медь МО с размером частиц 20—40 мкм. Плотность засыпки составляла 4 г/см³. На расстоянии 60 мм от нижней пробки устанавливался стаканчик из конденсаторной бумаги с радиоактивным изотопом. Толщина радиоактивного слоя составляла 0,5 мм. При установке стаканчика принимались меры против попадания изотопа на стенки и в порошок ампулы.

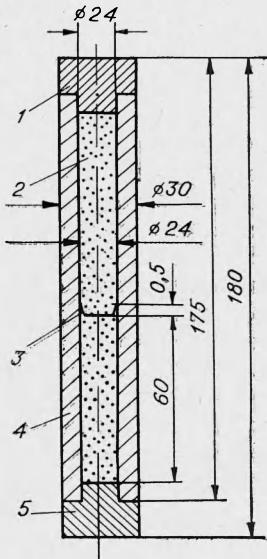


Рис. 1. Схема экспериментальной сборки.
1 — верхняя пробка; 2 — порошок меди; 3 — изотоп; 4 — корпус ампулы; 5 — нижняя пробка.