

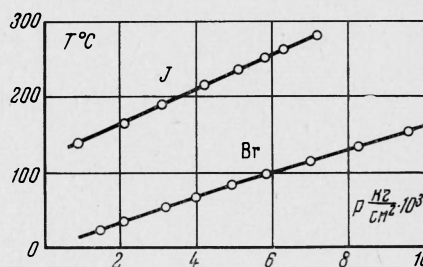
ПЛАВЛЕНИЕ ЙОДА И БРОМА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

И. Е. Пауков, Е. Ю. Тонков

(Новосибирск)

Исследованы зависимости температур плавления $T_{\text{пл}}$ йода и брома от давления p . Кривая плавления брома получена в интервале давления от 1400 до 9600 $\text{кг}/\text{см}^2$, а йода — от 1000 до 6200 $\text{кг}/\text{см}^2$. Измерения проводились с использованием аппаратуры и методики, описанных ранее [1]. Отличие методик заключалось лишь в том, что при ампулировании йода и брома применялась крышка из нержавеющей стали ввиду значительной реакционной способности этих веществ.

$p \cdot 10^3$, $\text{кг}/\text{см}^2$	$T_{\text{пл}}$	
	Br	J
1	14.0	140.0
2	32.5	164.6
3	50.0	188.5
4	67.5	211.7
5	83.5	233.3
6	99.0	255.3
7	114.0	276.8
8	128.5	
9	142.8	
10	157.0	



На фигуре представлены кривые плавления йода и брома. В таблице приведены значения температур плавления от давления, полученные из сглаженных кривых. Отклонения экспериментальных точек от графически сглаженной кривой составляют в среднем для брома $\pm 0.7^\circ$, для йода $\pm 0.5^\circ$. Погрешность измерения во всем диапазоне давления не превышала $\pm 50 \text{ кг}/\text{см}^2$. Ошибка в определении температуры была не более $\pm 0.5^\circ$. Бром и йод, использованные в работе, имели квалификацию «ЧДА».

Необходимо отметить, что данных по температуре плавления этих веществ под давлением в литературе не имеется.

Поступила 18 IX 1964

ЛИТЕРАТУРА

1. Пауков И. Е., Тонков Е. Ю. Кривая плавления серы до 11000 $\text{кг}/\text{см}^2$. ПМТФ, 1965, № 4.

ПАРАМЕТРЫ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ОТ ВЗРЫВА ЛИСТОВЫХ ЗАРЯДОВ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

Л. В. Дубнов, В. А. Пук

(Москва)

В последнее время проявляется интерес к листовым взрывчатым веществам как средству обработки металлов [1]. В связи с этим авторами исследовались параметры ударных волн, возникающих при взрывах плоских зарядов в различных средах.

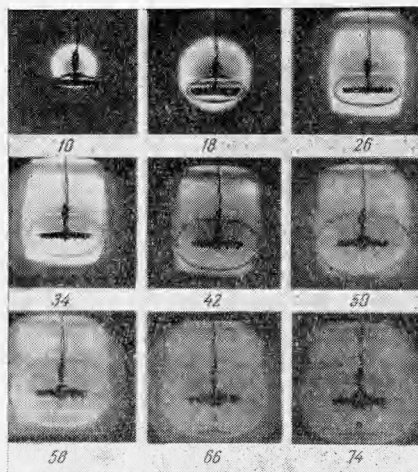
Исследования проводили при подрыве зарядов круглой формы диаметром $d = 150 \text{ мм}$ и толщиной $\delta = 2 \text{ мм}$. Эти заряды, свойства которых описаны ранее [2], детонируют со скоростью 7400 $\text{м}/\text{сек}$ при плотности $\rho = 1.6 \text{ г}/\text{см}^3$.

Распространение ударных волн от таких зарядов изучали при помощи скоростной фотосъемки при фиксации процесса в непрерывном режиме и в режиме лупы времени. Подрывы проводили в воде, воздухе и вакууме.

Ударная волна в воде. Для регистрации ударных волн в воде использовали сосуды с прозрачными плоскими стенками, применяя метод теневой съемки. Для подсветки взрывали такое же взрывчатое полотно, расположенное за сосудом и инициируемое одновременно с основным зарядом или несколько раньше.

На фиг. 1 в варианте лупы времени представлены кадры, отображающие формирование ударной волны (УВ) в воде. Цифры указывают время [мксек] с момента инициирования заряда. Форма ударной волны в воде представляет собой эллипсоид вращения, переходящий со временем в сферу. Время такого перехода определяется соотношением диаметра и высоты заряда, а также зависит от свойств, в первую очередь — от плотности среды, в которой детонирует заряд.

Фиг. 2 показывает распространение УВ в воде от плоского заряда, снятое в непрерывном режиме: а) в нормальном к плоскости заряда направлении, б) в радиальном направлении.



Фиг. 1

где точки: 1 — распространение УВ от взрыва плоского заряда в нормальном направлении, 2 — то же — в радиальном направлении, 3 — распространение УВ от взрыва цилиндрического заряда, то в общем виде $R = at^n$. Используя полученные экспериментальные данные, находим эмпирические зависимости, справедливые в интервале 10—80 мксек.

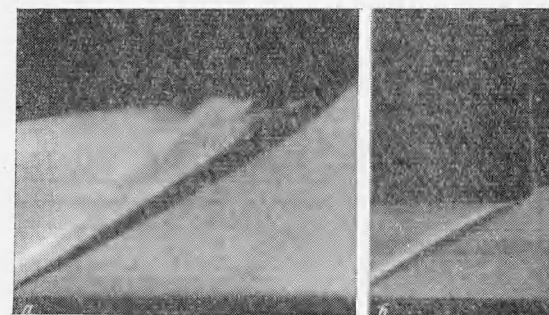
$$R_1 = 3.80\tau^{0.85}, \quad R_2 = 2.50\tau^{0.91} \\ R_3 = 5.47\tau^{0.77}$$

Дифференцирование указанных уравнений дает зависимость скорости ударной волны D^* от времени

$$D_1^* = 3.23\tau^{-0.15}; \quad D_2 = 2.28\tau^{-0.09} \\ D_3 = 4.22\tau^{-0.23}$$

По значениям скоростей ударной волны, используя таблицы Яковлева [3], посчитаны другие параметры (p , U , ρ , t) в воде.

На основании полученных расчетных данных выведены зависимости изменения давления на фронте ударной волны от плоского заряда с расстоянием, справедливые в интервалах расстояний, указанные в скобках

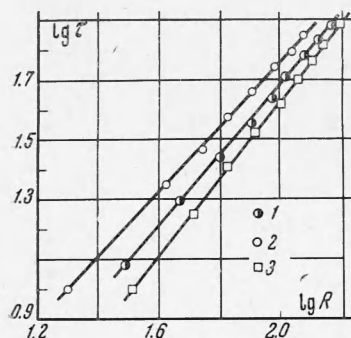


Фиг. 2

$p = 2.5 \cdot 10^5 R^{-0.99}$ (10—160 мм), $p = 8.5 \cdot 10^4 R^{-0.97}$ (30—120 мм). Для сосредоточенного заряда зависимость давления от расстояния имеет более сложный вид, поэтому здесь не приводится.

Из полученных результатов следует, что на первой стадии при $R \leq 50$ мм резкое падение параметров ударной волны с расстоянием наблюдается для плоского заряда в радиальном направлении и менее резкое — для того же заряда в нормальном направлении.

Если эту зависимость выразить через приведенное расстояние R/r_0 , то указанная качественная зависимость несколько меняется, а именно, затухание параметров в радиальном направлении происходит на очень малых относительных расстояниях, в нормальном — на очень больших.



Фиг. 3

Таблица 1

τ' , мксек	τ'' , мксек	R , мм	D^* , м/сек	p , кг/см ²	U , м/сек	ρ , г/см ³	t °C	R/r_0
Плоский заряд в нормальном направлении								
0	0	0	5 900	161 700	2 590	1.78	710.0	—
1	1	6	4 000	54 170	1 340	1.51	217.0	6
8	8	13	2 400	10 000	450	1.22	56.0	23
12	12	31	2 230	7 800	390	1.19	49.0	31
20	20	46	2 060	5 330	290	1.15	39.0	46
28	28	64	1 960	4 200	250	1.12	35.0	64
36	36	81	1 890	3 440	200	1.11	31.1	81
44	44	94	1 830	2 840	190	1.10	28.5	94
52	52	106	1 790	2 520	170	1.10	27.6	106
60	60	119	1 750	2 230	150	1.08	26.2	119
68	68	133	1 720	2 000	130	1.08	25.8	133
76	76	146	1 680	1 730	120	1.07	24.7	146
80	80	155	1 670	1 600	110	1.06	24.4	155
То же в радиальном								
10	0	0	5 870	159 600	2 570	1.77	701.0	—
12	2	7	3 800	46 670	1 220	1.48	188.0	0.09
16	6	15	2 540	12 690	520	1.25	63.8	0.20
20	10	20	1 850	3 000	200	1.10	28.8	0.27
28	18	35	1 750	2 233	150	1.08	26.2	0.47
36	26	49	1 720	2 000	130	1.07	25.8	0.65
44	34	60	1 660	1 533	100	1.06	24.3	0.80
52	42	73	1 630	1 320	90	1.05	23.9	0.91
60	50	87	1 600	1 080	70	1.04	23.6	1.16
68	58	99	1 580	930	60	1.04	23.3	1.32
76	66	111	1 570	870	60	1.04	23.1	1.48
80	70	116	1 560	800	60	1.04	23.0	1.55
Сосредоточенный заряд								
2	0	0	5 900	161 700	2 590	1.78	710.0	—
4	2	7	3 600	40 000	1 100	1.45	156.0	0.40
8	6	22	2 800	18 890	660	1.28	84.0	1.26
16	14	41	2 300	9 000	420	1.21	52.0	2.34
24	22	59	2 070	5 500	300	1.15	40.0	3.37
32	30	73	1 930	3 890	240	1.12	29.4	4.17
40	38	90	1 820	2 760	180	1.09	28.3	5.15
48	46	103	1 750	2 230	150	1.08	26.2	5.90
56	54	117	1 690	1 830	120	1.07	24.9	6.68
64	62	130	1 630	1 320	90	1.06	23.6	7.44
72	70	143	1 580	930	60	1.04	23.0	8.17
80	78	155	1 540	600	40	1.03	22.6	8.85

При этом для плоского заряда в нормальном направлении принимается $r_0 = 1/2\delta = 1$ мм, в радиальном направлении $r_0 = 1/2d = 75$ мм и для сосредоточенного заряда $r_0 = 1/2d = 17.5$ мм.

Ударная волна в воздухе и вакууме. Измерения проводились на таких расстояниях от заряда (при $R < 10-15 r_0$), где ударная волна еще не отрывается от переднего фронта разлетающихся продуктов взрыва (ПВ) [4]. Опыты в барокамере проводили при остаточном давлении 5—10 мм ртутного столба. Профиль ударной волны от листового заряда в воздухе, описанный ранее [2], мало отличается от профиля волны, которая образуется в вакууме или воде.

Имеется отличие лишь во времени перехода эллипсоида в сферу: наиболее быстрый — в вакууме и наиболее медленный — в воде.

Ниже (табл. 2) представлена зависимость от расстояния l скорости U В и давления p в воздухе, а также скорости V разлета ПВ в вакууме.

По значениям скорости и табличным данным для воздуха [3] можно посчитать и другие параметры УВ.

Таблица 2

l , мм	D^* , м/сек	p , кг/см ²	V , м/сек
0	8 000	670	11 400
10	7 500	600	10 500
20	6 900	500	9 500
30	6 400	430	8 800
40	6 000	370	7 700

Полученные результаты могут оказаться полезными при инженерных расчетах. В заключение авторы благодарят Е. Д. Федина за помощь, оказанную при постановке эксперимента.

Поступила 19 VII 1965

ЛИТЕРАТУРА

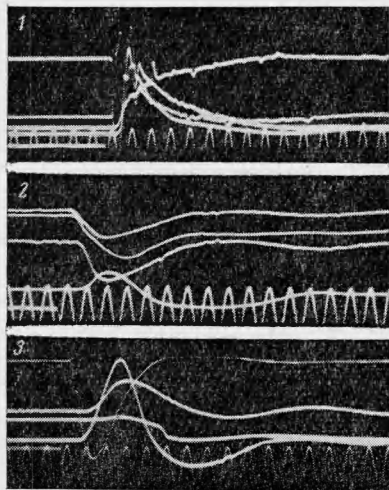
1. An explosive sheet material for hardning and forming metals. Mashinery, 1959, vol. 95, № 2447, p. 697—698.
2. Дубнов Л. В., Пукров В. А. Исследование детонации листовых зарядов ВВ, ПМТФ, 1964, № 6.
3. Яковлев Ю. С. Гидродинамика взрыва. Судпромгиз, 1961.
4. Адушкин В. В. О формировании ударной волны и разлете продуктов взрыва в воздухе, ПМТФ, 1963, № 5.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕССОВОГО ГРУНТА РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЗРЫВА

В. В. Мельников, Г. В. Рыков

(Москва)

В работе [1] изложены результаты экспериментальных исследований сферических взрывных волн в лессовом грунте ненарушенной структуры естественной влажности. Ниже приводятся результаты аналогичных исследований, проводившихся в тех же грунтах, но с различной влажностью ($w = 19-21\%$ и $22-25\%$ при $\delta = 1.34-1.38 \text{ г/см}^3$, где w — весовая влажность, δ — объемный вес скелета грунта). Опыты проводились по методике, описанной ранее [2-3]. Главные нормальные напряжения, радиальные и



Фиг. 1

тангенциальные, измерялись как в [1-3] при помощи высокочастотных мембранных тензодатчиков с записью их сигналов на осциллографах МПО-2 и Н-102. Скорости частиц измерялись датчиками, представлявшими собой соленоид в металлическом корпусе со свободно перемещающимся внутри соленоида цилиндрическим постоянным магнитом. Различная влажность грунта ненарушенной структуры достигалась путем предварительного замачивания его на специально подготовленных площадках, причем обеспечивалось проведение опытов в зоне равномерного увлажнения. Часть опытов проводилась в грунте нарушенной структуры ($\delta = 1.30-1.34 \text{ г/см}^3$ при $w = 19-21\%$). Опытные данные были обработаны методом наименьших квадратов.

1. На фиг. 1 представлены осциллограммы записей напряжений и скоростей частиц грунта, соответствующие взрыву заряда весом $C = 0.2 \text{ кг}$ в лессовом грунте ненарушенной структуры при $w = 19-21\%$ на глубине $h/r_3 = 20$, где $r_3 = 0.054 C^{1/3}$ — радиус заряда и h — расстояние от поверхности земли до центра заряда.

Первый и второй лучи первой осциллограммы (счет ведется сверху вниз) соответствуют радиальному напряжению σ_r и тангенциальному напряжению σ_α на расстоянии $R = 10$; третий и четвертый лучи σ_r и σ_α на расстоянии $R = 15$. Здесь $R = r/r_3$ — безразмерное расстояние от центра взрыва. Пятый луч обозначает отметку взрыва.

Первый и второй лучи второй осциллограммы соответствуют σ_r и σ_α на расстоянии $R = 20$; третий и четвертый — σ_r и σ_α на расстоянии $R = 30$. На третьей осциллограмме первый, второй и третий лучи соответствуют скорости частиц грунта на расстояниях $R = 10, 20$ и 30 . Период колебания отметки времени равен 0.002 сек .

Из приведенных осциллограмм видно, что в лессовом грунте повышенной влажности ударные волны имеют место, как и в лессовом грунте естественной влажности ($w = 13-14\%$), только на достаточно близких расстояниях до $R = 10-15$ при напряжениях $\sigma_r > 15-20 \text{ кг/см}^2$. На более далеких расстояниях при $\sigma_r < 15-20 \text{ кг/см}^2$