

12. Wortberg G. Die zylindrische Langmuir-Sonde im langsam strömenden Plasma hoher Dichte: Dissertation.— Aachen, 1966.
13. Бабушка И., Витасек Э., Прагер М. Численные процессы решения дифференциальных уравнений.— М.: Мир, 1969.
14. Su C. H., Lam S. H. Continuum theory of spherical electrostatic probes // Phys. Fluids.— 1963.— V. 6, N 10.
15. Mallard W. G., Smyth K. S. Mobility measurements of atomic ions in flames using laser-enhanced ionization // Comb. Flame.— 1982.— V. 44, N 1.
16. Бенилов М. С., Рогов Б. В., Соколова И. А., Тирский Т. А. Химически неравновесный многокомпонентный пограничный слой плазмы молекулярных газов со щелочной присадкой // ПМТФ.— 1986.— № 5.

г. Жуковский

Поступила 8/V 1991 г.,
в окончательном варианте — 12/III 1992 г.

УДК 534.222.2 + 624.131

Н. Н. Гердюков, А. Г. Иоилев, С. А. Новиков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ ПО ПЕСЧАНОМУ ГРУНТУ

Поведение песчаного грунта при камуфлетном взрыве сферического заряда взрывчатого вещества (ВВ) изучалось в [1—5]. Измерения проводились тензометрическими датчиками давления на приведенных расстояниях больше $0,5 \text{ м/кг}^{1/3}$ (напряжения меньше 5 МПа). Отмечалось, что на приведенных расстояниях более $1 \text{ м/кг}^{1/3}$ становится заметным размывание фронта ударной волны (УВ) — она начинает вырождаться в волну сжатия. Применение пьезоэлектрических датчиков давления (ПДД) [6, 7] позволило исследовать распространение сферических взрывных волн в области давлений 0,02—150 МПа в насыщенном песчаном грунте естественной влажности (начальная плотность $1,54 \text{ г/см}^3$, влажность $w = 3\text{—}5\%$).

Нагружение массива грунта осуществлялось сферическими зарядами ТГ 50/50 массой $q = 0,03; 0,05; 0,063; 0,1; 0,25; 0,36$ и $0,92 \text{ кг}$. Измерения нормального σ поверхности взрывной волны напряжения проводились с помощью датчиков ПДД в титановом корпусе [6, 7] на приведенных расстояниях $x_* = x/q^{1/3} = 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,05; 1,27$ и $2,54 \text{ м/кг}^{1/3}$. Усредненные по нескольким экспериментам результаты измерений представлены на рис. 1 (σ_n — амплитуда нормального напряжения в проходящей взрывной волне, 1 — экспериментальные данные, $2 - A = 0,42 \text{ МПа}$, $n = 2,73$, $3 - A = 0,88 \text{ МПа}$, $n = 2,18$, $4 - A = 0,59 \text{ МПа}$, $n = 2,35$, $5 - A = 0,37 \text{ МПа}$, $n = 3,13$). Полученные экспериментальные данные можно аппроксимировать зависимостями вида $\sigma_n = Ax_*^{-n}$ с точностью 20—26%. Значения A , n , x_* даны в таблице (γ — плотность скелета грунта). Заметим, что показатель n увеличивается с ростом x_* .

Источник	γ , г/см ³	w , %	A , МПа	n	x_* , м/кг ^{1/3}
[2]	1,45—1,55	2—4	0,35	3,3	0,5 ... 2,5
[3]	1,42—1,48	4—8	0,45	3,3	0,8 ... 1,3
		3—6	0,28	3,3	
		5—7	0,6	3,2	
[4]	1,5—1,52	7—8	0,9	2,56	0,54 ... 2,2
настоящая работа	1,48—1,5	3—5	0,42	2,73	0,2 ... 1,3
			0,88	2,18	0,1 ... 0,4
			0,59	2,35	0,1 ... 0,8
			0,37	3,13	0,6 ... 2,6

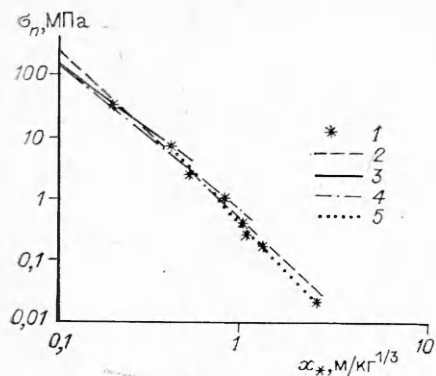


Рис. 1

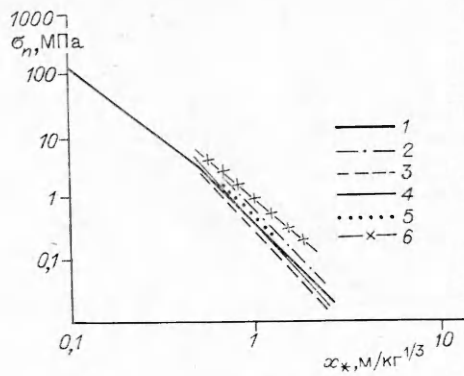


Рис. 2

Для оценки амплитуды нормального напряжения в проходящей волне при камуфлетном взрыве в насыпном песчаном грунте естественной влажности во всем интервале $0,1 < x_* < 2,5$ м/кг^{1/3} можно применять и единые значения параметров: $A = 0,42$ МПа, $n = 2,73$, при этом в ближней ($x_* < 0,2$ м/кг^{1/3}) и дальней ($x_* > 2$ м/кг^{1/3}) зонах взрыва отклонение от экспериментальных данных возрастает до ~70 %.

На рис. 2 для сравнения представлены зависимости того же вида, построенные по экспериментальным результатам авторами [2—4] (1 — данные настоящей работы, 2 — [2], $w = 5-7$ %, 3 — [3], $w = 4-8$ %, 4 — [2], $w = 3-6$ %, 5 — [2], $w = 2-4$ %, 6 — [4], $w = 7-8$ %). Отметим, что для насыпного песка малой влажности, несмотря на различие методик измерения (в [2—4] применяли тензометрические датчики давления и шлейфовые осциллографы для регистрации сигналов), результаты весьма близки. При повышении влажности насыпного песка до 5—7 % и в песчаном грунте естественного сложения (данные [4]) наблюдается количественное отличие в затухании взрывной волны, хотя качественно оно описывается той же зависимостью.

Заметим, что, согласно нашим измерениям, размытие фронта УВ становится заметно уже при $x_* > 0,1$ м/кг^{1/3}. В [2—4] также отмечалось размытие фронта УВ, но вследствие более низкого временного разрешения использованной аппаратуры это явление относили к $x_* > 1$ м/кг^{1/3}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. Д., Григорян С. С., Повгородов А. Ф., Рыков Г. В. Некоторые экспериментальные исследования по динамике мягких грунтов // ДАН СССР.— 1960.— Т. 133, № 6.
2. Ляхов Г. М. Основы динамики взрывных волн в грунтах и горных породах.— М.: Недра, 1974.
3. Григорян С. С., Ляхов Г. М., Паршуков П. А. Сферические взрывные волны в грунтах по измерениям напряжений и деформаций // ПМТФ.— 1977.— № 1.
4. Рыков Г. В., Скобеев А. М. Измерение напряжений в грунтах при кратковременных нагрузках.— М.: Наука, 1978.
5. Вовк А. А., Замышляев Б. В., Евтерев Л. С. и др. Поведение грунтов под действием импульсных нагрузок.— Киев: Наук. думка, 1984.
6. Бодренко С. И., Гердюков Н. Н., Крысанов Ю. А., Новиков С. А. Применение кварцевых датчиков давления для исследования ударно-волновых процессов // ФГВ.— 1981.— № 3.
7. Гердюков Н. Н., Иоилев А. Г., Новиков С. А. Исследование воздействия взрывных нагрузок на мягкий грунт // ПМТФ.— 1992.— № 2.

г. Арзамас

Поступила 19/II 1992 г.