

УДК 622.235

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ЗАРЯДА НА КОЭФФИЦИЕНТ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЙ УДЕЛЬНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В УРАВНЕНИИ САДОВСКОГО

С. В. Густов, Л. В. Суловицкий

ОАО «Газпромгазораспределение»

Большой Сампсониевский проулок, 60, 194044, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: gustov@gazpromrg.ru; surovitsky@mail.ru

Проанализированы сейсмические данные, полученные при производстве буровзрывных работ с использованием различных диаметров зарядов. Выявлена зависимость скорости смещения грунта при производстве буровзрывных работ от диаметра шпура (скважины). Определена поправка к коэффициенту сейсмичности «К» уравнения М.А. Садовского для расчёта скорости смещения грунта в ближней и средней зонах.

Ключевые слова: скорость смещения, удельный сейсмический эффект, сейсмобезопасность, параметры буровзрывных работ.

ВПЛИВ ДІАМЕТРА ЗАРЯДУ НА КОЕФІЦІЄНТ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЄ ПИТОМИЙ СЕЙСМІЧНИЙ ЕФЕКТ У РІВНЯННІ САДОВСЬКОГО

С. В. Густов, Л. В. Суловицкий

ВАТ «Газпромгазорозподіл»

Великий Сампсонієвський провулок, 60, м. Санкт-Петербург, 194044, Росія.

E-mail: gustov@gazpromrg.ru; surovitsky@mail.ru

Проаналізовані сейсмічні дані, отримані під час виробництва буровибухових робіт із застосуванням різних діаметрів зарядів. Встановлена залежність швидкості зміщення ґрунту під час виробництва буровибухових робіт від діаметра шпура (свердловини). Визначена поправка до коефіцієнту сейсмічності «К» рівняння М.А. Садовського для розрахунку швидкості зміщення ґрунту у ближній та середній зонах.

Ключові слова: швидкість зміщення, питомий сейсмічний ефект, сейсмобезпечність, параметри буровибухових робіт.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. При проведении взрывных работ вблизи охраняемых объектов (в ближней и средней зоне действия взрыва) расчёт максимальной допустимой скорости смещения грунта в сейсмозрывной волне основывается на формуле, учитывающей массу одновременно взрывающегося заряда, расстояние от заряда до охраняемого объекта и коэффициенты [1], зависящие от способа взрывания, от физико-механических свойств среды и, в некоторых случаях, от плотности заряжения шпура (скважины). Но, проведя анализ большого массива данных, можно сделать вывод, что в данной формуле коэффициент, характеризующий удельный сейсмический эффект (коэффициент сейсмичности), должен зависеть от диаметра шпура (скважины).

Для оценки сейсмобезопасных условий взрывания принято использовать выражение расчёта скорости смещения грунта (бетона) у основания охраняемого объекта, предложенное М.А. Садовским [2, 3], имеющее вид

$$v = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^n, \quad (1)$$

где v – скорость смещения, см/с; K – коэффициент характеризующий удельный сейсмический эффект. Его значение зависит от способа взрывания и физико-механических характеристик среды, и определяется выражением (2); n – показатель затухания сейсмических волн с расстоянием; Q – эквивалентная масса одновременно взрывающегося заряда, кг; R – минимальное расстояние от заряда (поля зарядов) до точки наблюдения:

$$K = 1000 \cdot \sqrt[3]{\frac{C_p}{r} \left(1 - \frac{4}{3} \frac{C_s^2}{C_p^2} \right)^2}, \quad (2)$$

где C_p и C_s – скорость продольных и поперечных волн в грунте (м/с); ρ – плотность грунта (кг/м³).

Существуют нормативные документы, регламентирующие производство взрывных работ вблизи охраняемых объектов. Так, в «Руководстве по проектированию и производству взрывных работ при реконструкции промышленных предприятий и гражданских сооружений» РТМ 36.9–88 [4], выражение для расчёта скорости смещения имеет дополнительные коэффициенты A , α и B , и представлено в виде

$$v = \frac{K\Delta}{aB} \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^n, \quad (3)$$

где Δ – коэффициент, зависящий от плотности заряжения шпура (скважины), равен отношению фактической массы заряда к той массе заряда, которая была бы при полном заполнении шпура; a – коэффициент, учитывающий снижение интенсивности сейсмических волн с глубиной (для заглублённых объектов $\alpha=2$, для наземных объектов $\alpha=1$); B – степень экранизации.

При взрывах без экрана $B=1$. В данном документе коэффициент K также характеризует удельный сейсмический эффект, но значение K ограничено и варьируется в диапазоне $100 \leq K \leq 400$, при среднем значении $K=250$.

Целью настоящей работы является определение поправок к коэффициенту K в уравнении М.А. Садовского для расчёта скорости смещения для ближней зоны [1].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ІССЛЕДОВАНИЙ. В нинішній роботі проведено аналіз результатів, отриманих при моніторингу буровзривних робіт на ділянці будівництва Східно-Європейського газопроводу «Nord Stream». Особливу увагу приділено вираженню М.А. Садовського для розрахунку швидкості зміщення ґрунту. В статті використані дані по 45 масовим вибухам при проходженні траншеї в скальних ґрунтах для прокладки нової нитки газопроводу і комунікаційного обладнання паралельно існуючому діючому сталевому газопроводу. При моніторингу вибухних робіт вимірювалося вплив сейсмовзривних хвиль на існуючий газопровід. Діаметр шпурових (скважинних) зарядів при виробництві буровзривних робіт був рівний 32, 41, 76 і 89 мм. Інтервал затримки між ступенями вибухання 42 мс. В кожній ступені одночасно вибухало від трьох до п'яти зарядів. Відстань від сейсмоматрички до вибухаючого блоку в середньому становила 15 м.

Спроби ввести додаткові коефіцієнти вже були здійснені і результати опубліковані раніше [5].

Розглянемо вираження М.А. Садовського, перетворене наступним чином:

$$K = \frac{vR^n}{Q^{n/3}} \quad (4)$$

Отримується, що якщо підставити отримані при моніторингу дані, то коефіцієнт, що характеризує удільний сейсмічний ефект і залежить від способу вибухання і фізико-механічних характеристик середовища, не повинен змінюватися при незмінному способі вибухання і при постійних властивостях ґрунту.

Результат проведеного аналізу представлений в табл. 1. Коефіцієнт K в стовпці «розрахункове значення коефіцієнта K » було розраховано за формулою (4) за показателем затухання сейсмічних хвиль $n=2,3$. В стовпці « K_{cp} » наведено середнє значення коефіцієнта для даного діаметра заряду.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень сейсмічного ефекту*

№	Ø шпура, мм	Маса ВВ в ступені, кг	R до датчика, м	Складові швидкості, мм/с			Вектор сумми швидкостей, мм/с	Розрахункове значення коефіцієнта K	K _{cp}	Середня квадратична похибка
				tran	vert	long				
1	89	24,6	15	23,6	32,3	43,8	54,6	238	178	0,3
2	89	35,6	15	26,2	49	39,4	55,3	181		
3	89	40,7	15	38,1	44,8	31,5	57,4	170		
4	89	16,6	15	11,8	17,8	17,4	20,5	121		
5	76	28,0	15	25,4	19,3	15,6	28,5	112	178	0,5
6	76	28,0	15	32,9	32,6	47,4	55,1	217		
7	76	28,0	15	23,1	16,1	11,8	24,1	95		
8	76	22,6	15	19,3	26,8	26,4	31,1	145		
9	76	22,6	15	5,71	21,5	13,3	21,5	100		
10	76	25,0	15	11,4	25,3	11	25,8	111		
11	76	28,6	15	18,4	21,2	16,8	27,5	107		
12	76	28,3	15	21,3	37	38,2	42	164		
13	76	30,9	15	21,1	42,5	16,1	43,8	160		
14	76	24,4	15	72,3	41,9	32,1	79,3	348		
15	76	27,0	15	10,2	35,2	20,1	35,3	143		
16	76	27,0	15	10,5	17,3	23,5	24,1	98		
17	76	25,3	15	37	73,8	51,3	75,4	322		
18	76	26,5	15	21,1	65,9	39,6	72,4	298		
19	76	23,6	15	51,4	30	23,1	57,4	258		
20	41	3,0	15	23,5	36,3	53,2	62,3	1361	1504	0,3
21	41	0,3	10	11,8	10,5	14,8	17,5	848		
22	41	1,7	15	34,8	48,3	36,3	59,2	1980		
23	41	2,5	15	40,5	22,9	72,6	72,7	1826		
24	32	1,0	15	27,3	28,1	24,3	30,5	1596	1495	0,5
25	32	1,4	15	15,9	26,5	44,3	47,5	1861		
26	32	1,0	15	17,5	47,8	28,2	47,8	2387		
27	32	1,0	15	57	50,5	50,9	64,3	3211		
28	32	1,0	15	25,3	11,3	36,8	37,6	1882		
29	32	1,0	15	13,3	10,2	16,1	17,5	874		
30	32	1,0	15	29	30	31,1	39,4	1967		
31	32	1,0	15	8,89	18,3	20,7	24,4	1237		
32	32	1,0	15	11,3	13,1	16,3	17	870		
33	32	1,0	15	11,8	26,5	13	27	1393		
34	32	1,0	15	47,1	19,8	22	47,3	2378		
35	32	1,8	15	45	19,8	24,6	48,3	1547		
36	32	1,3	16	8,25	60,5	27,8	67,1	3306		
37	32	1,2	16	7,11	11,2	10,9	14,9	782		
38	32	1,3	18	6,22	13,2	8,38	13,9	856		
39	32	1,4	16	6,22	15,4	6,73	15,5	697		
40	32	1,2	16	7,75	14,5	10	15,1	782		
41	32	1,4	17	9,02	11,7	8,89	13,4	700		
42	32	1,2	14	11,2	26,9	20,4	29,3	1116		
43	32	1,3	16	5,97	17,8	9,52	18,4	875		
44	32	1,4	17	12,1	27,6	10,9	30,1	1608		
45	32	1,2	12	0,127	35,8	21,6	36,2	955		

*Таблиця побудована по даним моніторингу буровзривних робіт на участку будівництва другої нитки Северо-Европейського газопровода (СЕГ-ІІ) в період з 10.2010 по 01.2012 г. При виробництві вимірювань використовувалися сейсмостанції MiniMate і BlastMate фірми Instantel (виробництво Канада) в комплекті з трьохкомпонентними широкополосними датчиками.

ВИВОДИ. Підводяючи ітоги, необхідно відзначити, що в наші часи при виробництві взривних робіт поблизу охоронюваних об'єктів, намагаються зменшити можливість пошкодження, використовують менші діаметри зарядів. Але проведені дослідження показали, що рівень сейсмічного впливу збільшується з зменшенням діаметра заряду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев С.В. Сейсмика горных взрывов. – М.: Недра, 1957. – 71 с.
2. Садовский М.А. Простейшие приемы определения сейсмической опасности при взрывах. – М.: Изд. ИГД АН СССР, 1946. – 28 с.

3. Садовский М.А. Сейсмический эффект взрыва – М.: Госгортехиздат, 1939.

4. РТМ 36.9–88. Руководство по проектированию и производству взрывных работ при реконструкции промышленных предприятий и гражданских сооружений. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1988.

5. Виноградова Е.Ю. Оценка сейсмического воздействия взрывных работ на действующие тоннели при их реконструкции: дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук. – СПб.: СПбГИ, 2009, 84 с.

THE INFLUENCE OF BLASTING CHARGE DIAMETER ON THE RELATIVE SEISMIC EFFECT COEFFICIENT IN SADOWSKI EQUATION

C. Gustov, L. Surovitskii

«Gaspromgasoraspredelenie», OJSC

proulok Bolshoi Samsonievskii, 60, 194044, St.Petersburg, Russia. E-mail: gustov@gazpromrg.ru; surovitsky@mail.ru

The seismic data from the production of brown-blasting with charges of different diameters applied were analyzed. The dependence of the rate of soil displacement in the blasting production on the borehole (well) diameter was obtained. The correction to the coefficient of seismicity to the MA Sadowski equation for calculating of the rate soil displacement in the near and middle zones was determined.

Key words: displacement rate, the relative seismic effect, seismic safety, drilling and blasting operations parameters.

REFERENCES

1. Medvedev S.V. *Seismic of mining explosions.* – М.: Nedra, 1957. – 71 p. [in Russian]
2. Sadovskiy M.A. *The simplest methods of determining the seismic risk of explosions.* – М.: Pub. Institute of Mining Sciences of the USSR, 1946. – 28 p. [in Russian]
3. Sadovskiy M.A. *The seismic effect of explosion.* – М.: Gostehizdat, 1939. [in Russian]
4. РТМ 36.9-88. *Guidelines for the design and manufacture of blasting in the reconstruction of industrial and civil constructions.* – М.: Minmontazhspecstroy USSR, 1988. [in Russian]

5. Vinogradova E.Yu. *Evaluation of seismic effects of blasting on existing tunnels during their reconstruction:* Dissertations for scientific degree of candidate of technical sciences. – SPb.: SPbMU, 2009. – 84 p. [in Russian]

Стаття надійшла 14.05.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Чебенком В.М.