

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ СФЕРИЧНИХ ЗАРЯДІВ ВИКИДУ В ОДНОРІДНИХ СЛАБОЗВ'ЯЗАНИХ ГРУНТОВИХ МАСИВАХ

*І. А. Лучко, докт. техн. наук (НТУУ «КПІ»), А. І. Лучко, інж.
(Ш «Укрспецтунельпроект»)*

Освещены особенности применения методики расчета параметров взрывов на выброс сферических зарядов взрывчатых веществ в однородных слабосвязанных грунтах.

В práci (1) з використанням теорії подібності та розмірностей розроблена методика визначення параметрів вибухів на викид сферичних і скінченної довжини горизонтальних циліндричних зарядів вибухових речовин (ВР) в однорідних і шаруватих ґрунтах. На базі цієї методики були отримані кореляційні залежності розмірів воронки викиду від безрозмірних комплексів під час вибухів сферичних зарядів у слабозв'язаних однорідних [2] і двошарових [3] ґрунтах, а також установлені залежності для розмірів виїмок викиду під час вибуху горизонтальних циліндричних зарядів скінченних розмірів в слабозв'язаних однорідних [4] і двошарових [5] ґрунтах.

Розглянемо питання про застосування встановлених кореляційних залежностей до розрахунку параметрів зазначених зарядів викиду в трьох можливих постановках задачі:

1) необхідно визначити масу заряду при заданих глибині його закладання та якогось із розмірів воронки (для сферичного заряду) чи виїмки (для горизонтального циліндричного заряду);

2) необхідно визначити масу і глибину закладання заряду ВР для утворення під час вибуху воронки (виїмки) з наперед точно заданими двома чи трьома розмірами;

3) необхідно визначити масу заряду і глибину його закладання при заданому якомусь розмірі воронки (виїмки) так, щоб витрата ВР на один кубічний метр воронки (виїмки) була мінімальна. Перелічені вище задачі (будемо називати їх задачі 1, 2, 3 відповідно) можуть бути розв'язані залежно від типу масиву ґрунту та симетрії заряду аналітично і графічно або тільки графічно.

В розрахунках параметрів зарядів при розв'язуванні задач 1 і 3, а також задачі 2 (при заданні двох розмірів виїмки) після визначення маси і глибини закладання заряду можуть бути визначені величини інших розмірів виїмок, не заданих у вихідних даних.

Для розв'язання поставлених задач необхідно вибрати вихідні дані для величин, що входять в отримані кореляційні залежності. Якщо вибух виконується в однорідних ґрунтах, то перш за все необхідно визначити щільність ґрунту ρ_0 і його вільну пористість α_1 . Щільність ґрунту визначається згідно з ГОСТами. Вільна пористість α_1 визначається на основі даних про щільність ґрунту ρ_0 , його вологість w_g , щільність твердої фази ґрунту ρ_s , щільність води ρ_w за формулою

$$\alpha_1 = 1 - \rho_0 \frac{\rho_s w_k + \rho_n}{\rho_n \rho_s (1 + w_k)} \quad (1)$$

Величини ρ_s і w_k визначаються згідно з ГОСТами або іншим методом, допущеним до використання. При відомому типі ґрунту можна приймати середні значення ρ_s : пісок – 2650 кг/м³; супісок 2670...2700 кг/м³; суглинок – 2710 кг/м³; глина – 2740...2750 кг/м³; торф – 1520 кг/м³.

Залежно від типу ВР вибирається для розрахунку коефіцієнт роботоздатності застосованої ВР відносно еталонної $K_{ВР}$. Зокрема, для амоніту 6ЖВ і грамоніту 79/21 $K_{ВР} = 1,0$; для грануліту М, грануліту С-2 і ігданіту – 1,13; для грамоніту 30/70 і амоніту АП-5ЖВ – 1,14; для акватола Т-2 і гранулололу – 1,2; для грануліту АС-8 і грануліту АС-8В – 0,89; для грануліту АС-4 – 0,98; для скельного амоніту №1 $K_{ВР} = 0,81$.

У вихідних даних можуть бути зазначені граничні (з економічних або технічних міркувань) глибини закладання зарядів і їх маса, питома витрата ВР на один метр утворюваної виїмки, ширина виїмки $2R$ (R – радіус виїмки). Крім цього, можуть бути зазначені допустимі відхилення фактичних розмірів виїмки від проектних.

Виконаємо розрахунок параметрів сферичних зарядів у однорідних ґрунтах. Розглянемо задачу 1, тобто при заданих глибині закладання заряду w і якогось із розмірів воронки X (R – радіуса, H – глибини, S – площі поперечного перерізу, V – об'єму) маса сферичного заряду C буде визначатися за формулою

$$C = K_{вр} A_x X^{a_x} w^{a_w} \rho_0^3 \alpha_1^3 \quad (2)$$

де A_x , a_x , a_{wx} – параметри (табл. 1), що визначаються з експериментальних досліджень залежно від відповідного розміру виїмки X і величини безрозмірного комплексу Π_{1c} [2]:

Таблиця 1. Значення параметрів формули (2)

Параметри Розміри	A_x	a_x	a_{wx}	Область зміни Π_{1c}
R	$1,735 \cdot 10^{-3}$	0,873	2,792	$\Pi_{1c} \leq 38,1$
	$2,984 \cdot 10^{-3}$	4,011	-0,345	$38,1 < \Pi_{1c} \leq 28850$
	$6,345 \cdot 10^{-4}$	5,058	-1,391	$\Pi_{1c} \geq 28850$
H	$6,016 \cdot 10^{-3}$	0,84	2,828	$\Pi_{1c} \leq 101,1$
	$4,562 \cdot 10^{-2}$	4,921	-1,254	$\Pi_{1c} > 101,1$
S	$2,888 \cdot 10^{-3}$	0,428	2,81	$\Pi_{1c} \leq 66,7$
	$4,59 \cdot 10^{-3}$	2,364	-1,061	$\Pi_{1c} > 66,7$
V	$3,206 \cdot 10^{-3}$	0,443	2,335	$\Pi_{1c} \leq 81$
	$3,298 \cdot 10^{-3}$	1,563	-1,02	$81 < \Pi_{1c} < 1,2 \cdot 10^6$
	$6,552 \cdot 10^{-4}$	0,443	2,335	$\Pi_{1c} \geq 1,2 \cdot 10^6$

$$\Pi_{lc} = 2,54 \cdot 10^4 \cdot K_{BP}^{-1} C w^{\frac{11}{3}} \rho_0^{\frac{2}{3}} \alpha_1^{\frac{1}{3}}. \quad (3)$$

Для розрахованих значень C при заданій глибині закладння заряду w може бути виконана оцінка інших попередньо не заданих розмірів виїмки за формулою

$$X = K_x \Pi_{lc}^{\mu_x} w_i, \quad (4)$$

де K_x , μ_x – експериментально отримані коефіцієнт і показник степені (табл. 2); $i = 1$ при визначенні радіуса R і глибини H , $i = 2$ при визначенні площі перерізу S , $i = 3$ при визначенні об'єму V осесиметричної воронки, отриманої вибухом одиночного заряду.

Об'єм виїмки, яку отримують вибухом розміщених по прямій лінії зарядів, визначається за формулою

$$V_p = (n_3 - 1) a S + V, \quad (5)$$

де S і V визначаються за формулами (4); n_3 – кількість зарядів; a – віддаль між зарядами в ряду.

Віддаль між зарядами в ряду рекомендується визначати за формулою [6]

$$a = 0,6w \left(\frac{R}{w} + 0,8 \right). \quad (6)$$

Кількість зарядів у ряду при заданій довжині виїмки по дну L

$$n_3 = \frac{L}{a} + 1. \quad (7)$$

Таблиця 2. Значення параметрів формули (4)

Розміри \ Параметри	K_x	μ_x	Область зміни, Π_{lc}
R	0,013	1,145	$\Pi_{lc} \leq 38,1$
	0,339	0,249	$38,1 < \Pi_{lc} \leq 28850$
	0,576	0,198	$\Pi_{lc} \geq 28850$
H	0,0025	1,191	$\Pi_{lc} \leq 101,1$
	0,238	0,203	$\Pi_{lc} > 101,1$
S	$4,316 \cdot 10^{-5}$	2,336	$\Pi_{lc} \leq 66,7$
	0,133	0,423	$\Pi_{lc} > 66,7$
V	$4,816 \cdot 10^{-5}$	2,256	$\Pi_{lc} \leq 81$
	0,0585	0,64	$0,81 < \Pi_{lc} < 1,2 \cdot 10^6$
	0,214	0,547	$\Pi_{lc} > 1,2 \cdot 10^6$

Розрахунок виконується так. Із табл. 1 для однієї з областей подібності по параметру Π_{1c} в залежності від заданої величини розміру X приймають значення A_x , a_x , $a_{\text{вх}}$ і для відомих $K_{\text{ВР}}$, ρ_0 , α_1 і w за формулою (2) визначають масу заряду C . Потім за формулою (3) визначають величину безрозмірного комплексу Π_{1c} і перевіряють відповідність його величини попередньо вибраній області емпіричної подібності за цим параметром. Якщо отримане значення Π_{1c} не входить у попередньо прийнятий діапазон зміни його значень, необхідно повторити розрахунок для іншого діапазону значень Π_{1c} . Коли розраховане за формулою (3) значення безрозмірного комплексу Π_{1c} більше за верхнє граничне значення з попередньо прийнятого діапазону значень цього комплексу, то повторний розрахунок необхідно виконувати для області емпіричної подібності з більшим значенням Π_{1c} і навпаки.

Приклад розрахунку параметрів сферичних зарядів викиду в однорідних ґрунтах (обмежуємося розв'язком задачі 1).

Нехай маємо вихідні дані для розрахунку: ґрунтом є алювіальні слабозв'язані відклади щільністю $\rho_0 = 1550 \text{ кг/м}^3$ з вільною пористістю $\alpha_1 = 0,3$; ВР – гранульований ТНТ, для якого $K_{\text{ВР}} = 1,2$; глибина закладання заряду $w = 4 \text{ м}$. Визначити масу сферичного заряду для отримання виїмки при значенні радіуса виїмки $R = 4,4 \text{ м}$.

За формулою (2) для діапазону $38,1 \leq \Pi_{1c} \leq 28850$ розраховуємо

$$C = 1,2 \cdot 2,984 \cdot 10^{-3} \cdot 4,4^{4,011} \cdot 4^{-0,345} \cdot 1550^{\frac{2}{3}} \cdot 0,3^{\frac{1}{3}} = 169,2 \text{ кг.}$$

Далі вираховується значення безрозмірного комплексу

$$\Pi_{1c} = 2,54 \cdot 10^4 \cdot 1,2^{-1} \cdot 169,2 \cdot 4^{\frac{11}{3}} \cdot 1550^{\frac{2}{3}} \cdot 0,3^{\frac{1}{3}} = 111,0.$$

Отже, значення $\Pi_{1c} = 111,0$ потрапляє в початковий діапазон зміни безрозмірного комплексу, і повторний розрахунок виконувати не потрібно.

У наступних публікаціях автори висвітлять особливості виконання розрахунків при визначенні параметрів вибуху сферичних зарядів ВР на викид в однорідних ґрунтових масивах (задачі 2 і 3) та сферичних і скінченної довжини циліндричних зарядів в шаруватих ґрунтових масивах (задачі 1, 2, 3).

1. Лучко І. А. Методика визначення параметрів вибухів сферичних і скінченної довжини горизонтальних циліндричних зарядів при проходженні відкритих виїмок у шаруватих ґрунтах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2000. – Вип. 2. – С. 29–35.

2. Лучко І. А. Результати моделювання дії вибуху на викид сферичних зарядів в однорідних слабозв'язаних ґрунтах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2000. – Вип. 3. – С. 14–16.

3. Лучко І. А. Результати фізичного моделювання дії вибуху на викид сферичних зарядів у шаруватих ґрунтах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2001. – Вип. 6. – С. 17–21.

4. Лучко І. А., Лучко А. І. Дослідження особливостей дії вибуху на викид горизонтальних циліндричних зарядів скінченних розмірів в однорідних слабоз'язаних ґрунтах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2004. – Вип. 10. – С. 6–13.

5. Лучко І. А., Лучко А. І. Фізичне моделювання дії вибуху на викид горизонтальних циліндричних зарядів скінченних розмірів у шаруватих ґрунтах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2005. – Вип. 12. – С. 3–7.

6. Адушкин В. В., Скоморохов Н. Д. Исследование однорядного взрыва на выброс. – М.: Недра: Взрывное дело. – № 82/39. – 1980. – С. 94–105.

УДК 622.235 + 622.231

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОНОТРЕЩИНЫ ВЗРЫВОМ В ГОРНОМ МАССИВЕ

*В. Г. Кравець, докт. техн. наук, А. Л. Ган, магістр (НТУУ «КПІ»),
П. З. Луговой, докт. техн. наук (ИМ НАНУ), З. Барановский, канд. техн. наук
(Силезский технический университет, г. Гливице, РП)*

Розглянуто математичну модель і алгоритм розрахунку полів напружень при взаємодії фронтів ударних хвиль від вибуху ряду паралельних шпурових зарядів з використанням методики періодичних задач дифракції пружних хвиль.

Наиболее типичной ситуацией при отбойке шпучного камня является вариант расположения одинаковых шпуровых зарядов с определенным шагом по заданной прямой [1]. Это позволяет для случаев, когда шпуровые заряды подрываются одновременно, определить напряжения в массиве по методике решения периодических задач дифракции упругих волн [2].

Если заряды расположены в m цилиндрических полостях с параллельными продольными осями, то можно ввести m цилиндрических систем координат $(r_k, \theta_k, X_{3,k})$ так, чтобы оси $X_{3,k}$ совпадали с продольными осями шпуровых зарядов, плоскости $X_{3,k} = 0$ были совмещены, а координатные оси $X_{1,k}, X_{2,k} \dots X_{1,m}, X_{2,m}$ параллельны и одинаково ориентированы, при $k \neq m$.

В этом случае в плоскости $X_{3,k} = 0$, если она проходит через середины длин шпуровых зарядов, реализуются условия плоской деформации. На рис. 1 представлено расположение систем координат для двух соседних шпуров. Для того чтобы свести задачу к квазистационарной, проведем интегральную оценку