

К РАСЧЕТУ СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ВБЛИЗИ ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Приведены результаты теоретических исследований по определению сейсмобезопасных параметров системы "грунтовое основание-фундамент-сооружение" при взрывах цилиндрических и сферических зарядов с учетом влияния периода колебаний для характерных типов грунтов.

Наведено результати теоретичних досліджень визначення сейсмобезпечних параметрів системи "грунтова основа-фундамент-споруда" при вибухах циліндричних та сферичних зарядів з урахуванням впливу періоду коливань для характерних типів ґрунтів.

Results of theoretical researches by definition of seismic safe parameters of system "soil basis-base-construction" are resulted at explosions of cylindrical and spherical charges taking into account influence of the period of fluctuations for characteristic types of soils.

Анализ состояния проблемы. В связи с увеличением объемов ведения взрывных работ и приближения этих работ к охраняемым объектам возникает необходимость разработки методики для оценки сейсмостойкости близлежащих сооружений и выбора рациональных параметров ведения взрывных работ. Отметим, что на данный момент таблицы допустимых скоростей колебаний грунтового основания охраняемых объектов, составляются без учета частотной характеристики колебательного процесса системы "грунтовое основание-фундамент-сооружение". Такой подход изложен в работах [1–4].

Цель работы – разработка методики расчета сейсмобезопасных параметров перемещений охраняемых объектов при взрывах цилиндрических и сферических зарядов, учитывая разные периоды колебаний системы "грунтовое основание-фундамент-сооружение" для различных характерных типов грунтов.

Материал и результаты исследований. Используя подход, предложенный в работах [5-6] рассмотрим задачу для одномерной постановки. Грунт характеризуется модулем сдвига G и динамическим коэффициентом ньютоновской вязкости μ ; q – приведённая масса сооружения, отнесенная к единице площади поверхности грунта; h – расстояние от поверхности грунта до плоскости сейсмического воздействия. Тогда для грунта, моделируемого упруго-вязкой средой, касательное напряжение $\tau_{xz}(x,t)$, определяется зависимостью:

$$\tau_{xz} = G \frac{\partial w}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t}, \quad (1)$$

где $w = w(x,t)$ - горизонтальное перемещение, t – время, x, z – координаты.

Подставляя (1) в дифференциальное уравнение одномерных движений грунта:

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x}, \quad (2)$$

получим:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + v \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial t}, \quad (3)$$

где $a^2 = \frac{G}{\rho}$, $v = \frac{\mu}{\rho}$ - кинематический коэффициент вязкости, ρ - плотность грунта.

Граничные условия для искомой функции $w(x, t)$ имеют вид при $x=h$:

$$w(h, t) = \Delta \sin \omega t, \quad (4)$$

где ω - частота горизонтальных колебаний слоя, Δ - амплитудное значение сейсмического воздействия;

при $x=0$ имеем:

$$\tau_{xz}(0, t) = G \frac{\partial w}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t} = q \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad (5)$$

то есть касательное напряжение на поверхности грунта равняется приведенной к единице площади горизонтальной составляющей инерционной силы сооружения.

Общее решение уравнения (3) может быть представлено в виде:

$$w = w(x, t) = R(x) e^{-i\omega t}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (3), после исключения сомножителя, получаем для функции $R=R(x)$ обычное однородное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$(v\omega + ia^2) \frac{d^2 R}{dx^2} + i\omega^2 R = 0. \quad (7)$$

Составляя для (7) характеристическое уравнение, получим для двух его комплексных корней k_1 и k_2 следующие выражения:

$$k_1 = m + ni, \quad k_2 = -(m + ni), \quad (8)$$

где

$$m = \left\{ \frac{[(1 + \psi^2)^{0.5} - \psi]}{2(1 + \psi^2)} \cdot \frac{\omega}{v} \right\}^{0.5},$$

$$n = - \left\{ \frac{[(1 + \psi^2)^{0.5} + \psi]}{2(1 + \psi^2)} \cdot \frac{\omega}{v} \right\}^{0.5}, \quad (9)$$

$\psi = \frac{a^2}{v\omega}$ - безразмерная величина, которая принимается в дальнейшем за первый критерий подобия задания $[m] \rightarrow [n]$.

Решение уравнения (7) имеет вид:

$$R = R(x) = C_1 e^{k_1 x} + C_2 e^{k_2 x}, \quad (10)$$

где постоянные C_1, C_2 - комплексные величины:

$$C_1 = a_1 + b_1 i; \quad C_2 = a_2 + b_2 i. \quad (11)$$

Таким образом, на основании (6), (8), (10) и (11) :

$$w(x,t) = [(a_1 + b_1 i)e^{mx} \cdot e^{nix} + (a_2 + b_2 i)e^{-mx} \cdot e^{-nix}] e^{-i\omega t} . \quad (12)$$

Полагая далее

$$\begin{aligned} e^{nix} &= \cos nx + i \sin nx, \\ e^{-nix} &= \cos nx - i \sin nx, \\ e^{-i\omega t} &= \cos \omega t + i \sin \omega t, \end{aligned} \quad (13)$$

определим искомую функцию $w(x,t)$ как действительную часть зависимости (12). Используя предельные условия (4) и (5), и приравнивая коэффициенты при одинаковых тригонометрических функциях, получим для четырех действительных величин a_1, a_2, b_1, b_2 следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} a_1 e^{mh} \sin nh - a_2 e^{-mh} \sin nh + b_1 e^{mh} \cos nh + b_2 e^{-mh} \cos nh &= \Delta, \\ a_1 e^{mh} \cos nh - a_2 e^{-mh} \cos nh + b_1 e^{mh} \sin nh + b_2 e^{-mh} \sin nh &= 0, \\ a_1(m\psi + n + x) - a_2(m\psi + n - x) - b_1(n\psi - m) + b_2(n\psi - m) &= 0, \end{aligned} \quad (14)$$

$$a_1(n\psi - m) - a_2(n\psi - m) + b_1(m\psi + n + x) - b_2(m\psi + n - x) = 0,$$

где $x = q \frac{\omega}{\mu}$.

Рассмотрим кроме Ψ , два независимых безразмерных критерия:

$$\Omega = \frac{\omega}{\nu} h^2 \quad \text{и} \quad \Phi = xh = \frac{q\omega}{\mu} h^2, \quad (15)$$

а также зависимые от Ψ и Ω безразмерные критерии:

$$M = mh = M(\Psi, \Omega), \quad N = nh = N(\Psi, \Omega), \quad (16)$$

которые определяются соответственно к (9) и (15).

На основании приведенных выше уравнений и зависимостей (12)-(16) выражение для $w(0,t)$ - величины горизонтального перемещения грунта на его поверхности запишется в виде:

$$w(0,t) = (b_1 + b_2) \sin \omega t + (a_1 + a_2) \cos \omega t, \quad (17)$$

а его амплитудное значение

$$\delta = \delta(\Psi, \Omega, \Phi) = \sqrt{(b_1 + b_2)^2 + (a_1 + a_2)^2}. \quad (18)$$

Очевидно, что с увеличением приведенной массы сооружения q , соответствующим увеличению значения критерия Φ , при других равных условиях, происходит уменьшения величины соотношения δ/Δ .

Были проведены расчеты горизонтальных перемещений оснований для грунта с $\rho=2 \cdot 10^{-3} \text{ гс} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{см}^{-4}$, $G=2 \cdot 10^5 \text{ гс} \cdot \text{см}^{-2}$, $\mu=55 \cdot 10^3 \text{ гс} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2}$, $\nu=7,5 \cdot 10^6 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^2$, при

этом $a=10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}$, $m = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$, $n = -2,15 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ при различных периодах колебаний от техногенных взрывов.

На рис.1 приведены зависимости горизонтальных перемещений грунтового основания от времени при взрывах на глубине $h=50 \text{ м}$ и приведенной массе наземного сооружения $q=0,0005 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{см}^{-3}$ и разных периодах колебаний: 1 – $T=0,11 \text{ с}$; 2 – $T=0,15 \text{ с}$.

Из рисунка следует, что незначительное увеличение периода колебаний сейсмозрывной волны (на $0,04 \text{ с}$) привело к значительному увеличению (более чем в 10 раз) горизонтальных перемещений на поверхности грунта. Были также проведены расчеты для различных периодов колебаний, полученных при экспериментальных исследованиях.

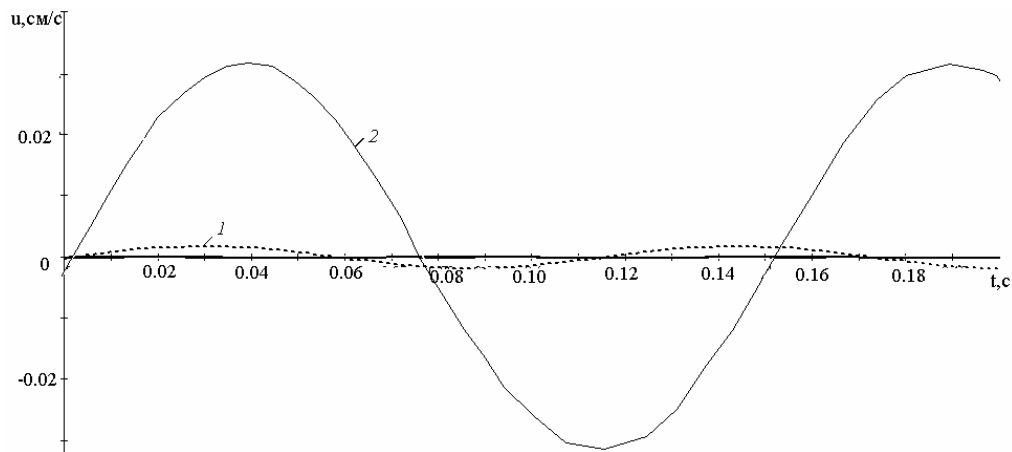


Рис.1. Зависимости горизонтальных перемещений грунтового основания от времени при взрывах на глубине $h=50 \text{ м}$ и приведенной массе наземного сооружения $q = 0,0005 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{см}^{-3}$ и разных периодах колебаний: 1 - $T = 0,11 \text{ с}$; 2- $T=0,15 \text{ с}$.

Опираясь на экспериментальные данные, полученные в работе [7], были определены линейные массы при взрыве скважинных зарядов в зависимости от периодов колебаний в продольной волне в упругой зоне:

$$Q_l = \left(\frac{T_p}{K_p (0,01l + 1)} \right)^{0,625} \quad (19)$$

и массы зарядов при взрыве сферических зарядов в зависимости от периодов колебаний в продольной волне:

$$Q = \left(\frac{T_p}{K_p h^{0,2}} \right)^{0,625} \quad (20)$$

где K_p - экспериментальные коэффициенты, значения которых получены при выполнении экспериментальных исследований; Q_l - линейная масса скважинного заряда, l - длина скважинного заряда; Q - масса сферического заряда, h - глубина заложения заряда, T_p - период колебаний.

Периоды колебаний грунтового основания в продольной волне, полученные в результате сейсмоизмерений, определялись по сейсмограммам взрывов, а экспериментальные коэффициенты K_p приведены в таблице.

Таблица

Значения экспериментальных коэффициентов

Грунт	Скважинные заряды	Сферические заряды
	K_p	K_p
Суглинки	0,065	0,055
Известняки	0,012	0,02
Граниты	0,01	0,01

На основании теоретически установленных зависимостей скоростей перемещения грунтового основания и масс зарядов от периодов колебаний при взрывах цилиндрических и сферических зарядов в различных грунтовых условиях были построены номограммы для определения сейсмобезопасных параметров проведения взрывных работ вблизи охраняемых объектов: линейной массы цилиндрического заряда при проведении взрывных работ для известняков и гранитов (рис. 2. а, б) и массы сферического заряда при проведении взрывных работ для суглинков (рис.3).

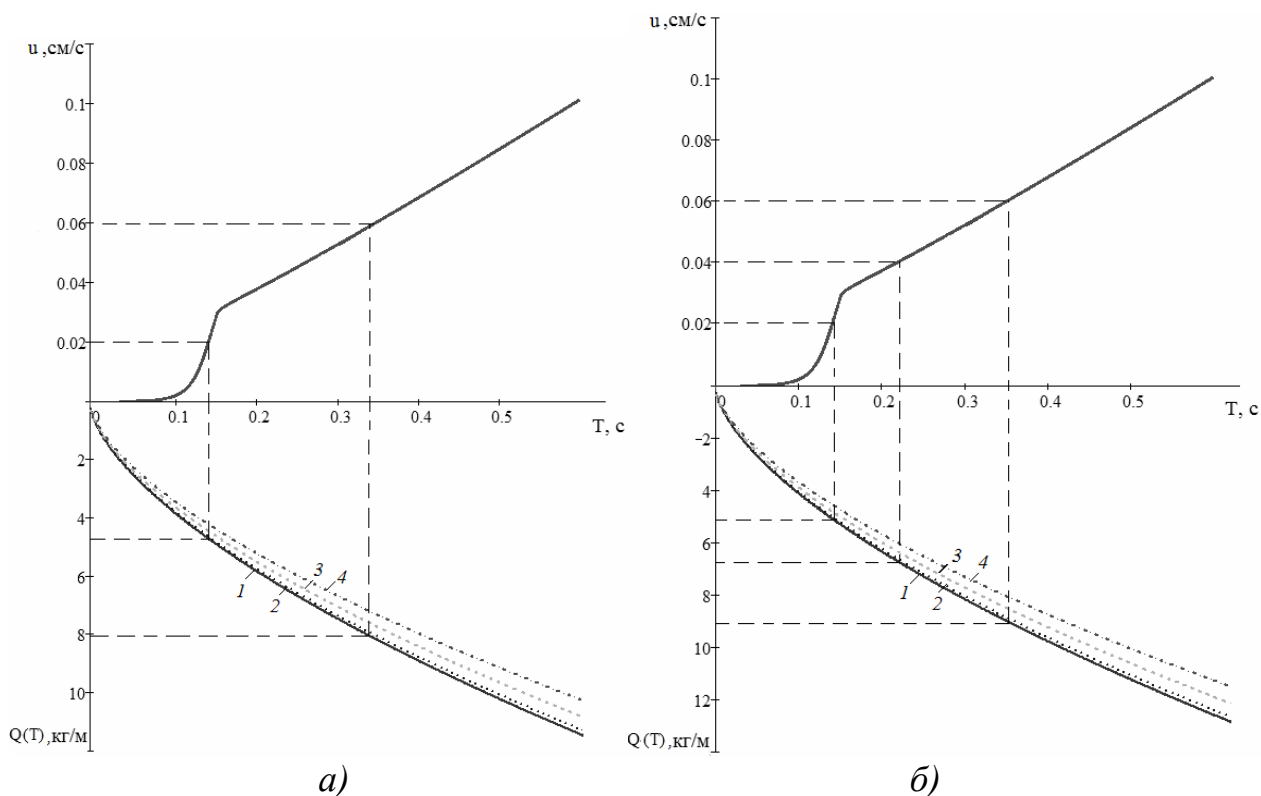


Рис 2. Номограмма определения сейсмобезопасной линейной массы цилиндрического заряда при проведении взрывных работ для известняков (а) и гранитов (б) при длине зарядов: 1 - $l=0,5$ м, 2 - $l=3$ м, 3 - $l=10$ м, 4 - $l=20$ м

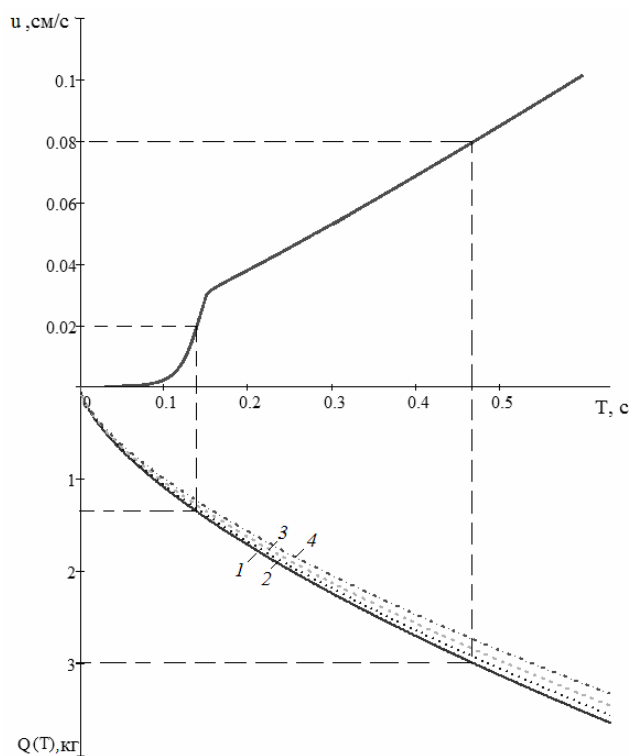


Рис. 3. Номограмма определения сейсмобезопасной массы сферического заряда при проведении взрывных работ для суглинков для различных глубин заложения заряда: 1- $h=7,5$ м, 2 - $h=9$ м, 3 – $h=11,2$ м, 4 - $h=15$ м

Выводы. Разработана методика расчета перемещений грунтового основания поверхностных охраняемых объектов. В результате исследования установлено, что увеличение периода колебаний грунта приводит к значительному увеличению перемещений основания сооружения. Установлено, что колебания от взрывов, имеющие меньшие периоды колебаний оказывают менее разрушительное влияние на сооружения. На основании теоретически установленных зависимостей скоростей перемещения грунтового основания и масс зарядов от периодов колебаний были разработаны номограммы для определения сейсмобезопасной массы сферических и цилиндрических зарядов взрывчатых веществ.

Результаты работы могут быть использованы при определении сейсмобезопасных параметров проведения взрывных работ вблизи поверхностных охраняемых объектов.

Направлением дальнейших исследований может быть разработка рекомендаций по определению параметров взрывных работ для конкретных грунтов и применения различных типов ВВ.

Список литературы

1. Богацкий В. Ф. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного действия промышленных взрывов /В. Ф. Богацкий, А. Г. Фридман. – М. : Недра, 1982. – 162 с.
2. Миронов П. С. Взрывы и сейсмобезопасность сооружений /Миронов П. С. – М. : Недра, 1973. – 168 с.

3. Сафонов Л. В. Сейсмический эффект взрыва скважинных зарядов /Л. В.Сафонов, Г. В.Кузнецов. – М. : Наука, 1967. – 102 с.
4. Цейтлин Я.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов /Цейтлин Я.И., Смолий Н.И.–М.: Недра, 1981, - 192с.
5. Гениев Г.А. Влияние конструктивной системы сооружения на сейсмическое движение поверхности упруго-вязкого грунта / Гениев Г.А, Мамаева Г.В.//Сейсмостойкое строительство - 2000. - №2. – с.26-28.
6. Гениев Г.А. О критериях подобия в задаче о перемещениях поверхности грунтового массива, вызванных горизонтальными и вертикальными сейсмическими воздействиями /Гениев Г.А //Сейсмостойкое строительство - 1999. - №5. – с.26-28.
7. Кузьменко А.А. Сейсмический эффект взрывов цилиндрических зарядов /Кузьменко А.А. //Взрывное дело. Сборник №8138 – М.: Недра. - 1979. – с.180-196.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Собком Б.Ю.
Надійшла до редакції 18.07.10*

УДК 681.518.54

© Г.В. Кузнецов, Л.І. Мещеряков, М.А. Дудля, Т.В. Бабенко

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСК БУРІННЯМ СВЕРДЛОВИН НА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНІЙ МОДЕЛІ

Представлені основні складові розробленого інформаційного і програмного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом буріння глибоких свердловин.

Представлены основные составляющие разработанного информационного и программного обеспечения автоматизированной системы управления технологическим процессом бурения глубоких скважин.

Basic constituents are presented of the developed informative and program providing of the automated system of technological process control of the boring drilling of deep mining holes.

Технологічний процес буріння відноситься до детермінованих процесів із стохастичними змінними збудженнями, які потребують в залежності від точності і швидкості управління використання кореляційно-екстремальних алгоритмів управління для вирішення комплексної оптимізації в поточному стані. Розробка багатопараметричної інформаційної моделі для АСК бурінням обумовлює необхідність представлення інформаційного забезпечення оптимального управління процесом буріння в єдиній алгоритмічній системі обробки інформації. Для розробки такої системи необхідно всі окремі інформаційні моделі процесу породоруйнування зв'язати в єдину функціональну інформаційну структурну схему, яка і буде представляти багатопараметричну інформаційну модель АСУ бурінням [1, 2, 3].

При цьому функціональну структуру багатопараметричної інформаційної моделі (БПМ) АСК бурінням складають наступні інформаційні системи: система введення і виведення інформації; система підготовки інформації; система обробки інформації; система видачі результуючої інформації.