



## Оценка сейсмической опасности массовых взрывов в районе восточного борта карьера ОАО «ЮГОК»

На основе анализа практики проведения массовых взрывов на карьере ОАО «ЮГОК» определены эмпирические значения параметров, характеризующих сейсмические свойства горного массива в районе восточного борта карьера, рассчитаны предельно допустимые значения ВВ при производстве массовых взрывов, которые обеспечивают сейсмическую безопасность охраняемых объектов. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

**Ключевые слова:** массовые взрывы, коэффициент сейсмичности, сейсмобезопасные параметры

*Based on the analysis of the practice of mass explosions on the career of "YuGOK" are defined empirical parameters characterizing the seismic properties of the rock mass in the region of the eastern edge of the pit, the limit values are calculated in the manufacture of explosives mass explosions, which provide seismic safety of protected sites.*

**Keywords:** massive explosions, seismic coefficient, Seismic parameters.

### Постановка научной задачи

Сейсмическая опасность от массовых взрывов на карьерах определяется не только параметрами БВР, но и способностью породных массивов проводить сейсмические колебания [1]. Эта способность оценивается рядом эмпирических коэффициентов, численные значения которых принимаются, как правило, без достаточного обоснования. Результатам определения численных значений этих эмпирических коэффициентов для горно-геологических условий, существующих возле карьера ОАО «ЮГОК», и посвящена данная научная работа.

### Анализ ранее выполненных работ

В соответствии с государственным стандартом [3], теоретически скорость сейсмических колебаний грунта  $V_T$  в сантиметрах за секунду, при взрыве одного сосредоточенного заряда ВВ (взрывной скважины) необходимо определять по следующей формуле

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

где  $Q$  – масса заряда ВВ на степень замедления, кг;  $R$  – расстояние от этого заряда ВВ до точки наблюдения, м;  $K$  – эмпирический коэффициент, который зависит от параметров массового взрыва и условий распространения сейсмических волн;  $n$  – эмпирический коэффициент, который для условий Криворожского бассейна рекомендуется принимать, равным 1,5 [4].

В соответствии с государственным стандартом [3] значения эмпирического коэффициента  $K$  должны определяться из следующего выражения

$$K = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7, \quad (2)$$

где  $k_1$  – коэффициент, который учитывает особенности подрываемых пород;  $k_2$  – коэффициент, кото-

рый учитывает особенности грунта под фундаментом домов и промышленных сооружений;  $k_3$  – коэффициент, который учитывает сезонность взрывных работ;  $k_4$  – коэффициент, который учитывает ориентацию взрывного блока;  $k_5$  – коэффициент степени свободы подрываемого породного массива;  $k_6$  – коэффициент, который учитывает диаметр взрывной скважины;  $k_7$  – коэффициент, который учитывает влияние групп зарядов на сейсмический эффект короткозамедленного взрывания.

Методика определения вышеприведенных коэффициентов приведена в работе [3]. Однако практика применения этой методики выявила существенные трудности в её использовании при практическом проектировании массовых взрывов. Эти трудности заключаются в численном определении значений выше приведенных коэффициентов, т.к. числовые границы изменения эмпирического коэффициента  $K$  находятся в пределах от 26,3 до 870,0. Вследствие этого прогноз скорости сейсмических колебаний грунта под фундаментами различных зданий и сооружений становится ненадежным ввиду значительного диапазона возможного изменения этого параметра и его зависимости от субъективных пристрастий проектировщика, а значит и вероятность неверного определения сейсмически безопасных параметров массовых взрывов на карьерах может достичь неприемлемых значений.

Поэтому мы считаем, что для более надежного и достоверного определения скорости сейсмических колебаний грунта под фундаментами защищаемых объектов, более целесообразно использовать результаты ее фактического измерения при проведении массовых взрывов на карьерах.

### Методика экспериментов

Определение уровня сейсмических колебаний

грунта при производстве массовых взрывов на карьере ОАО «ЮГОК» проводилось по методу многоканального измерения колебаний разработанного в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта [2]. Для записи сейсмической информации использовался электронный осциллограф TPS2014 фирмы «Tektronix», в комплекте с магнитоэлектрическими гальванометрами и электродинамическими датчиками типа СВ-10Ц и СГ-10 (рис. 1).

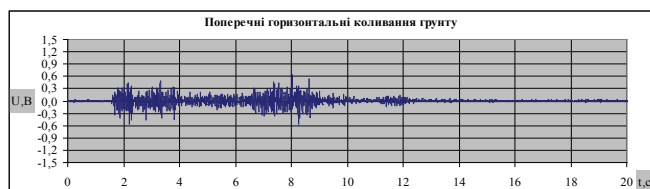


Рис. 1. Сейсмметрическая аппаратура на точке измерения

а)



б)



в)

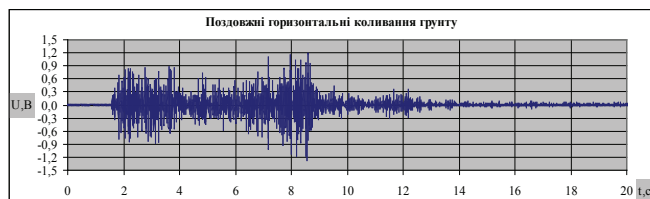


Рис. 2. Осциллограммы колебаний грунта в точке наблюдения при массовом взрыве на карьере: а) вертикальные колебания; б) поперечные горизонтальные колебания; в) продольные горизонтальные колебания

При выполнении полевых экспериментов фиксировалась информация о сейсмических волнах, в точке их регистрации, в виде соответствующих осциллограмм колебаний грунта по трем координатным осям (рис. 2). С этих осциллограмм определялась величина максимальной амплитуды колебаний  $A_{\max}$ , которая использовалась для определения проекции скорости

сейсмических колебаний на соответствующую координату оси

$$V_z = C_z A_{\max}, \quad (3)$$

где  $C_z$  – эмпирический коэффициент, значения которого определялись при метрологической аттестации сейсмметрической аппаратуры.

Модуль вектора максимальной скорости  $V_{\max}$  определялся на основании установленных трех его проекций на координатные оси

$$V_{\max} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} \quad (4)$$

Кроме того, при проведении анализа полученных осциллограмм определялся период колебаний сейсмических волн, время и скорость их прохождения через точку наблюдения. При этом фиксировались такие параметры как продолжительность массового взрыва  $t$ , время подрыва отдельных блоков  $Dt$ , промежуток времени между подрывом отдельных блоков  $t$ , максимальная масса взрывчатки, приходящаяся на степень замедления  $Q$ ; расстояние от точки наблюдения до взрывного блока  $R$ .

#### Результаты выполненных исследований

В соответствии с выше приведенной методикой было проведено более 48 измерений скорости колебаний грунта, в точках наблюдения возле защищаемых одноэтажных жилых домов (район Матреновка), при проведении массовых взрывов на карьере ОАО «ЮГОК».

Наиболее характерные результаты выполненных полевых экспериментальных работ приведены в табл. 1.

На основании данных табл. 1, зная максимальную массу заряда  $ВВ$ , которая приходилась на ступень замедления  $Q$ , расстояние от взрываемого блока до точки наблюдения  $R$  из выражения (5) определялась приведенная масса  $ВВ$ , а из выражения (6), которое получено после соответствующих математических преобразований формулы (1), определялось значение эмпирического коэффициента  $K$

$$\rho = \frac{\sqrt[3]{Q}}{R}, \quad (5)$$

$$K = \frac{V_{\phi} \cdot R^{1.5}}{\sqrt{Q}}, \quad (6)$$

где  $Q$  – масса заряда  $ВВ$  на степень замедления, кг;  $R$  – расстояние от заряда  $ВВ$  до точки наблюдения, м;  $V_{\phi}$  – экспериментально установленное значение скорости сейсмических колебаний грунта на точке наблюдения.

#### Анализ полученных результатов

1. Уровень сейсмических колебаний под фундаментами объектов социально-культурного назначения и одноэтажных жилых домов частного сектора (район Матреновка) при производстве массовых взрывов на карьере ЮГОКа за отчетный период не превысил допустимых значений, установленных государственным стандартом [3] и Международной

сейсмической шкалой MSK-64.

2. Значение эмпирического коэффициента  $K$  для горного массива в районе восточнее карьера ЮГОКа (район Матреновка) находится в следующих пределах:

$$K = 383,8 \pm 65,7; \quad \varepsilon = 17,1 \% . \quad (7)$$

Изменчивость определения эмпирического коэффициента  $K$  значительно меньше, чем изменчивость всех остальных горно-технических параметров характеризующих массовые взрывы на карьере (табл. 1) и практически на порядок меньше, чем при использовании рекомендаций работы [3] для его определения.

3. Значение эмпирического коэффициента  $K$  практически не зависит от времени года (рис. 3), что может быть объяснено стабильным гидрогеологическим режимом данного горного массива. Этот факт исключил необходимость создания отдельных паспортов ведения БВР на карьере для весенне-летнего и осенне-зимнего периодов.

4. Сопоставление значений приведенного заряда  $BV \rho$  с фактически наблюдаемой скоростью сейсмических колебаний грунта  $V$  под фундаментами защищаемых объектов, позволило определить эмпирическую зависимость между этими параметрами, с использованием метода наименьших квадратов, в таком виде  $V = 386,3 \rho^{1,504}$  (рис. 4). Качество аппроксимации данной зависимости  $R^2 = 0,698$ .

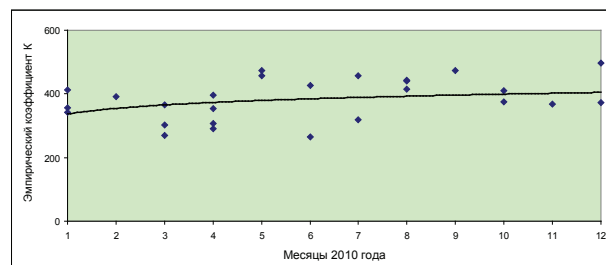


Рис. 3. Закономерность изменения эмпирического коэффициента  $K$  в течении года

Таблица 1. Результаты определения эмпирических коэффициентов сейсмичности породного массива в районе восточного борта карьера ОАО «ЮГОК»

Дата взрыва	Скорость колебаний $V$ , см/с	Расстояние до взрывного блока $R$ , м	Масса БВ на ст. замедления $Q$ , кг	Эмпирический коэффициент $K$	Приведенный вес заряда БВ $\rho$ , $\sqrt[3]{kz} / м$
13.01.2010	0,15	2150	1680	365	0,00553
13.01.2010	0,15	1750	1600	275	0,00668
27.01.2010	0,20	1300	800	262	0,00835
27.01.2010	0,20	975	1600	152	0,01200
24.02.2010	0,43	1100	1600	392	0,01063
17.03.2010	0,20	1500	1480	302	0,00760
17.03.2010	0,20	1750	1600	366	0,00668
31.03.2010	0,14	1300	1440	173	0,00869
14.04.2010	0,32	1350	1600	397	0,00866
14.04.2010	0,32	1250	1600	354	0,00936
28.04.2010	0,28	1200	1600	291	0,00975
28.04.2010	0,28	1050	960	307	0,00940
12.05.2010	0,52	1100	1600	474	0,01063
09.06.2010	0,36	1500	1730	503	0,00800
23.06.2010	0,32	1400	740	616	0,00646
23.06.2010	0,32	1350	770	572	0,00679
07.07.2010	0,13	1450	740	264	0,00624
21.07.2010	0,37	1200	860	524	0,00792
04.08.2010	0,18	1225	800	273	0,00758
04.08.2010	0,18	1600	770	415	0,00573
18.08.2010	0,24	1400	800	444	0,00663
08.09.2010	0,31	1175	800	441	0,00790
22.09.2010	0,27	1350	800	473	0,00688
06.10.2010	0,27	1200	900	374	0,00805
27.10.2010	0,15	1950	900	431	0,00495
10.11.2010	0,14	1750	770	369	0,00524
22.12.2010	0,35	1300	1300	580	0,00714
Ср. значение	<b>0,266</b>	<b>1390</b>	<b>1208</b>	<b>383</b>	<b>0,00787</b>
Ср. отклонение	<b>0,115</b>	<b>283</b>	<b>398</b>	<b>67,7</b>	<b>0,00184</b>
Ошибка, %	<b>43,1</b>	<b>20,45</b>	<b>32,9</b>	<b>17,1</b>	<b>23,4</b>

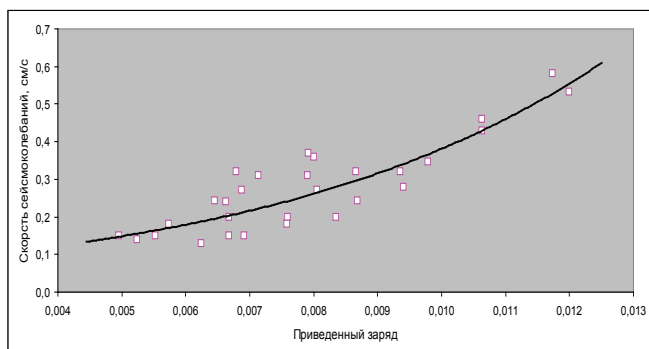


Рис. 4. Эмпирическая зависимость изменения скорости сейсмических колебаний от величины приведенного заряда ВВ для условий карьера ЮГОКа

Таблица 2. Определение сейсмически безопасной массы ВВ для карьера ОАО «ЮГОК»

Расстояние R, м	Сейсмичность по Международной шкале MKS-64, балл						
	1	2	3	4	5	6	7
	Масса ВВ на степень замедления, кг						
50					15	60	236
100				30	118	473	1890
150			28	100	400	1595	6380
200		17	67	236	945	3780	
250		33	131	462	1846	7384	
300	14	57	227	798	3190		
350	23	90	360	1266	5066		
400	34	134	538	1890	7561		
450	48	191	766	2692			
500	66	263	1050	3692			
600	113	454	1815	6380			
700	180	720	2882				
800	269	1075	4302				
900	383	1531	6125				
1000	525	2100					
1100	699	2796					
1200	907	3629					
1300	1154	4615					
1400	1441	5763					
1500	1772	7089					
1750	2814						
2000	4201						
2500	8205						

**Выводы**

Разработана и успешно апробирована методология определения эмпирических коэффициентов, которые характеризуют сейсмические свойства породных массивов, на основании анализа практики проведения массовых взрывов на карьерах.

Численные значения полученных эмпирических коэффициентов были использованы для определения ряда параметров БВР, в частности предельно допустимой массы заряда ВВ, приходящейся на степень замедления, при производстве массовых взрывов на карьере ОАО «ЮГОК» (табл. 2). С учетом этих значений определены размеры безопасных зон, которые обеспечивают сейсмическую безопасность жилых домов и других охраняемых объектов в районе восточного борта карьера ОАО «ЮГОК». Их значения утверждены службами горнотехнического надзора и уже несколько лет успешно используется техническими службами комбината при проектировании массовых взрывов на карьере.

**Библиографический список**

1. Медведев С.В. Сейсмика горных взрывов. - М.: Недра, 1964. -188 с.
2. Техника контроля напряжений и деформаций в горных породах и массивах. - Л.: Наука, 1978. - 243 с.
3. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. ДСТУ-4704:2008. - К.: Держспоживстандарт, 2008. - 16 с.
4. Определение параметров взрывных работ и расстояний, безопасных по действию сейсмических и ударных воздушных волн. – Кривой Рог: НИГРИ, 1995. – 26 с.
5. Единые правила безопасности при взрывных работах. – К.: Норматив, 1992. - 172 с.

Поступила 01.04.2013

**ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

*В редакции можно приобрести по льготной цене авторские экземпляры журнала. Просим заблаговременно подать заявку для формирования тиража.*

**контактный телефон 056-744-81-66**  
**(факс) 0562-46-12-95**