

УДК 504.05;622.235

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

© 2012 Г.В. Гриб, А.Ю. Пазынич, Н.Н. Гриб, Е.Е. Петров

Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета,
г. Нерюнгри

Поступила в редакцию 04.05.2012

Распространение сейсмических волн от промышленных взрывов каждый раз остается особым случаем, зависящим от всего чрезвычайно изменчивого комплекса горно-геологических и технологических условий. Поэтому для каждого конкретного месторождения необходимо установить факторы оказывающие наибольшее влияние на сейсмический эффект взрыва.

Ключевые слова: *сейсмический эффект взрыва, приведенный максимальный вес заряда, максимальная векторная скорость, система неэлектрического инициирования, направления детонации*

Основным критерием оценки сейсмического действия взрыва в массиве горных пород является скорость колебаний (скорость смещения частиц грунта), которая в меньшей степени, чем амплитуда колебаний и ускорение, зависит от условий распространения волн. Она прямо пропорциональна разрушениям, возникающим при взрывах, определяет энергию сейсмических волн, позволяет полнее учитывать технологию применения взрывов в производственных условиях. Для количественной оценки сейсмического действия взрывов в разрезе «Нерюнгринский» использовалась зависимость скорости, которая формируется в среде при взрыве заряда взрывчатого вещества (ВВ), в функции расстояния от места взрыва до пункта наблюдения и массы заряда ВВ:

$$U = kC^n r^\beta,$$

где k , n , β - эмпирические коэффициенты, зависящие от условий взрывания и распространения сейсмических колебаний.

Теоретически зависимости подобного вида непосредственно учитывают всю совокупность параметров взрывных работ, влияющих на сейсмический эффект взрыва, такие, как конструктивные особенности заряда ВВ, параметры короткозамедленного взрывания и схемы инициирования, свойства пород и горно-геологические условия. При этом отклонение измеренных значений от аппроксимирующих зависимостей были весьма велики [2], что объясняется неизбежным

и неконтролируемым изменением многих параметров взрывной отбойки. Необходимо отметить, что даже для однородного месторождения распространение сейсмических волн каждый раз остается особым случаем, зависящим от всего чрезвычайно изменчивого комплекса горно-геологических и технологических условий. Поэтому для каждого конкретного месторождения необходимо установить факторы оказывающие наибольшее влияние на сейсмический эффект взрыва. Базируясь на результатах инструментальных исследований сейсмического эффекта взрывов, следует учитывать влияние всего многообразия действующих факторов, как самих охраняемых зданий и сооружений, так и факторов, обусловленных технологическими условиями ведения горных работ.

Влияния количества групп, скважин на сейсмический эффект массовых короткозамедленных взрывов. На промышленный взрыв как источник сейсмических колебаний прямо или косвенно влияет множество факторов как внутреннего характера (тип ВВ, его масса, конструкция и форма отдельных частей заряда и всего заряда во взрываемом блоке, схемы инициирования и др.), так и внешнего (свойства взрывааемых пород, наличие свободной поверхности, линии наименьшего сопротивления, глубина заложения зарядов) и др. Короткозамедленное взрывание (КЗВ), с точки зрения снижения сейсмической опасности, является наиболее эффективным способом и в ряде случаев позволяет свести сейсмический эффект взрыва к воздействию массы ВВ, приходящейся на одну ступень замедления. Это дает возможность существенно увеличить масштабы промышленных взрывов в соответствии с технологическими потребностями горнодобывающих предприятий. При короткозамедленном взрывании сейсмический эффект определяется массой заряда ВВ, максимальной в группе, поэтому для практических расчетов значения

Гриб Галина Владиславовна, заведующая лабораторией мониторинга и прогноза сейсмичности. E-mail: nss@neru.sakha.ru

Гриб Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры горного дела. E-mail: grib@nfygu.ru
Пазынич Андрей Юрьевич, доцент кафедры горного дела
Петров Егор Егорович, доктор технических наук, профессор, кафедры математики

амплитуд скоростей колебаний в зависимости от расстояния или массы заряда ВВ используется зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от приведенной массы заряда ВВ, максимальной в группе.

Цель исследований: установить влияние масштабов массовых взрывов, при использовании технологии КЗВ, на сейсмический эффект, т.е. оказывают ли влияние на сейсмический эффект количества групп при короткозамедленном взрывании.

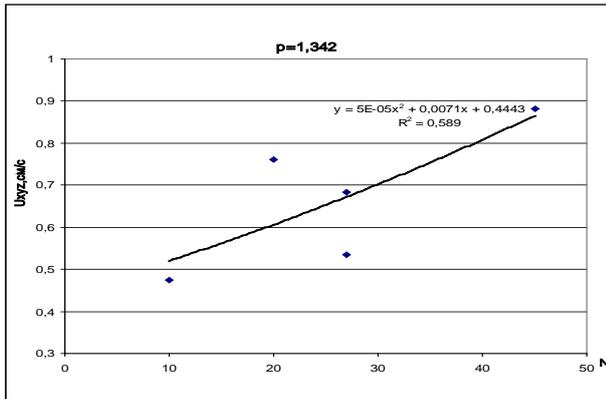


Рис. 1. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 1,342$ (кг/м)^{1/3}

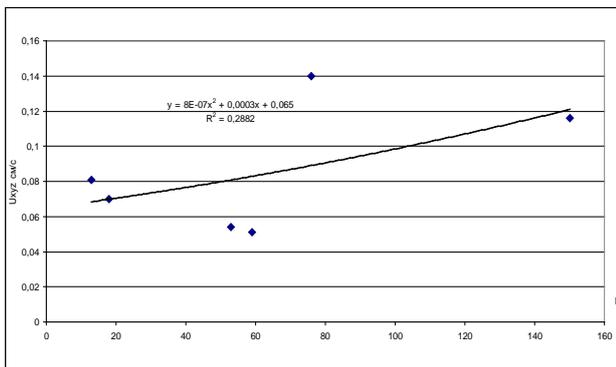


Рис. 2. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 1,147$ (кг/м)^{1/3}

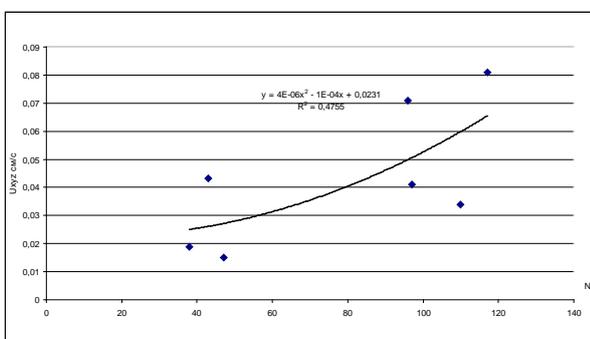


Рис. 3. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 1,04$ (кг/м)^{1/3}

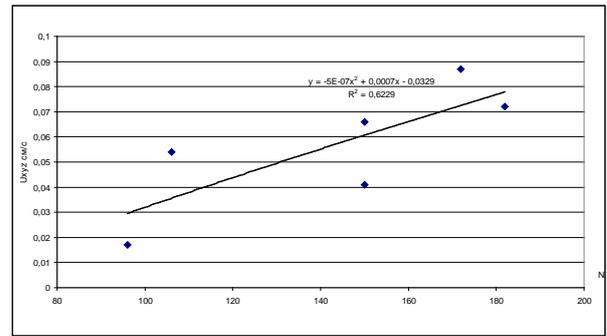


Рис. 4. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 0,932$ (кг/м)^{1/3}

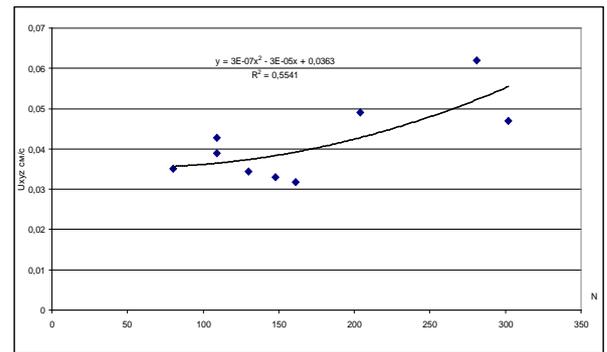


Рис. 5. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 0,853$ (кг/м)^{1/3}

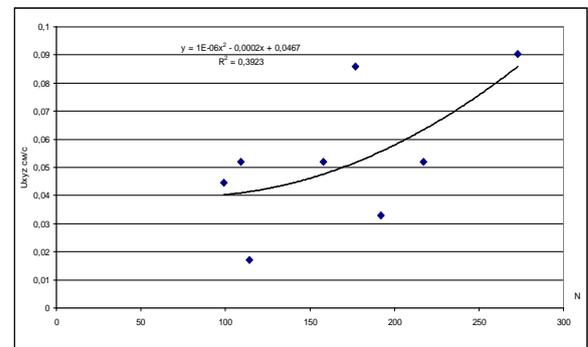


Рис. 6. Зависимость максимальной векторной скорости смещения грунта от числа групп при среднем $\rho_{Qmax} = 0,67$ (кг/м)^{1/3}

Для этого приведенный максимальный вес заряда ВВ в группе (ρ_{Qmax}) был ранжирован на 6 классов с одинаковыми значениями ρ_{Qmax} в классе и по каждой классу проведен корреляционно-регрессионный анализ в результате были получены парные регрессионные зависимости между исследуемым параметром, максимальной векторной скоростью (U_{max}) и причинным фактором, т.е. количества групп N (рис. 1 - 6).

Анализируя результаты корреляционно-регрессионного анализа между числом групп и максимальной векторной скоростью смещения грунта при фиксированной приведенной массе заряда ВВ, максимальной в группе, полученные зависимости указывают на то, что независимо от

приведенной массы заряда в классе с увеличением количества групп (N), сейсмический эффект увеличился, что вероятно, связано с объемом взорванной горной массы. Коэффициент корреляции составит 0,55-0,95. Тенденция увеличения масштабов массовых взрывов, когда возрастает число ступеней замедления и взрываемых блоков, ведет к росту общей продолжительности взрыва, а, в конечном счете, к усилению сейсмического воздействия на охраняемые объекты. Для уменьшения сейсмического эффекта взрыва следует снижать общее время действия взрыва на массив оптимальным подбором времени замедления и числа групп замедления.

Влияние веса и расположения заряда на сейсмический эффект от взрыва. Максимальная векторная скорость смещения грунта, масса заряда и расстояние связаны эмпирической зависимостью, предложенной М.А. Садовским и которую можно представить следующей формулой:

$$U = K \left(\frac{\sqrt[m]{Q}}{r} \right)^n$$

где U – скорость колебаний, см/сек; Q – масса заряда, кг; r – расстояние от места взрыва до места наблюдения, м; K – эмпирический коэффициент, m и n эмпирически определяемые константы.

Формула нашла широкое применение в практике. Хотя для условий Нерюнгринского угольного разреза при использовании данной зависимости получены удовлетворительные результаты, т.е. на 77%, скорости колебаний грунта в основании сооружений были больше, чем определяемые натурными наблюдениями [1]. Установлено по экспериментальным данным, что имеет место увеличение частоты колебаний грунта с увеличением максимальной векторной скорости, то есть с увеличением приведенной массы заряда ВВ максимальной в группе, увеличивается частота колебаний грунта (рис. 7).

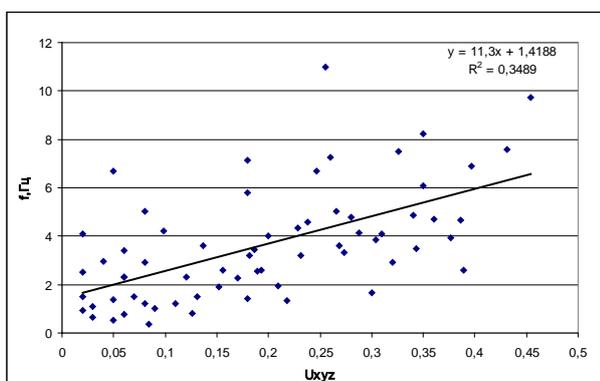


Рис. 7. Зависимость частота колебаний грунта от максимальной векторной скорости

Возрастание сейсмического эффекта от взрыва с увеличением глубины заложения заряда происходит до глубины полного камуфлета, то есть до такой глубины, когда взрыв не вызывает видимых нарушений на поверхности земли. При дальнейшем увеличении глубины заложения заряда интенсивность колебаний на дневной поверхности снижается. Возрастание скоростей и смещений объемных и поверхностных волн происходит неодинаково. С увеличением глубины, скорости и смещения объемных волн неизменно возрастают, а скорости и смещения поверхностных волн возрастают до определенного предела и затем снижаются. Но, так как на разрезе «Нерюнгринский» буровзрывные работы ведутся по утвержденной технологии, регламентирующей глубину скважины равной 18 м, то данный фактор в нашем случае можно не учитывать при оценке сейсмического эффекта от воздействия взрывов.

Влияние типа ВВ и системы неэлектрического инициирования на сейсмический эффект от взрыва. Влияние типа ВВ на сейсмический эффект от взрыва установлено сравнительно недавно, ранее считалось, что ВВ различного типа в пределах точности опыта дают одинаковый сейсмический эффект от взрыва. Установлено, что более мощные ВВ дают больший сейсмический эффект по сравнению с менее мощными ВВ. Вскрышные блоки на разрезе «Нерюнгринский» взрывались с использованием таких взрывчатых веществ как граммонит 79/21, гранулит РП-1, гранулотол, сибирит-2500РЗ, сибирит-1200, эмульсолит. Так как применяемые взрывчатые вещества на разрезе «Нерюнгринский» по своей мощности различаются не более чем на 10%, то влияние вида ВВ на сейсмический эффект от взрыва в данном случае можно не учитывать.

Внутрискважинная сеть монтировалась с использованием изделий скважинных неэлектрических систем инициирования, поверхностная — с использованием изделий поверхностных неэлектрических систем инициирования (25, 42, 67, 109, 176 мс) или детонирующего шнура и реле пиротехнических (20,45, 60, 80 мс). Выбор интервалов замедления при использовании систем неэлектрического инициирования зарядов производится большинством потребителей без учета отклонений фактических интервалов замедлений в элементах поверхностных систем (детонаторах-замедлителях) и, особенно, в скважинных детонаторах. При использовании системы инициирования неэлектрического взрывания (СИНВ) установлен факт разброса амплитуд скоростей колебаний грунта при одной и той же приведенной массе заряда ВВ максимальной в группе (рис. 8), который можно объяснить одновременным взрыванием большего количества зарядов, чем было запроектировано (рис. 9 и 10).

Это происходит из-за фактических отклонений интервалов замедления от номинала капсулей-детонаторов скважинных и поверхностных изделий неэлектрической системы инициирования.

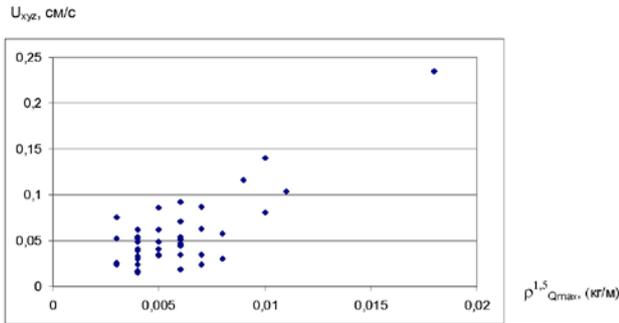


Рис. 8. Поле корреляции максимальной векторной скорости колебаний грунта и приведенной массы заряда ВВ максимальной в группе

Влияние направления детонации на сейсмический эффект от взрыва. Очередность взрывания зарядов влияет на образование плоского участка волнового фронта, несущего основную долю энергии сейсмических колебаний. При этом существует зависимость сейсмического эффекта взрыва в направлении распространения детонации в заряд. Если форма заряда в плане отличается от круга, то ожидаемое сейсмическое

излучение разных направлениях от заряда будет различным [3]. Несимметричность излучения может быть объяснена тем, что в разные точки сейсмические волны от отдельных зарядов приходит с неодинаковыми разностями хода, в результате чего в некоторых точках, где разность хода равна нулю, амплитуды складываются полностью, в других – только частично, а в-третьих – вычитываются.

В определенных пределах расстояния, скорость на фланговом профиле серии зарядов оказывается такова, как если бы взрывался только один крайний заряд. Отсюда, казалось бы, следует, что, повернув соответствующим образом ось серии зарядов, можно снизить сейсмическое излучение в сторону охраняемого объекта. Однако в реальных условиях взрывания (табл. 1) эффективность такого метода снижения сейсмического эффекта резко падает по следующим причинам. На карьере практически невозможно соблюсти условия, при которых охраняемые объекты находились бы на фланге прямолинейно распределенного заряда, потому что, во-первых, таких объектов иногда много и они расположены в разных направлениях; а во-вторых, бровки уступов на карьерах часто имеют вид замкнутой кривой, и линии скважин, обычно параллельные ей, изменяют направление.



Рис. 9. Взрыв блока с использованием системы СИНВ



Рис. 10. Взрыв блока с использованием системы СИНВ, одновременный взрыв несколько групп скважин

Таблица 1. Сопоставление данных максимальной векторной скорости смещения грунта при фронтальном и фланговом расположении блоков к пунктам наблюдениям

Дата	№, блока	Высота, м	Фланг U_{xyz} см/с	Фронт U_{xyz} см/с
$\rho_{Q_{max}} = 1,341(\text{кг/м})^{1/3}$				
07.июн	37-2	880		0,63
07.июн	48-3	895		1,07
05.июл	56-3	745		0,46
11.ноя	76-4	670		0,75
06.дек	80-4	760	0,64	
$\rho_{Q_{max}} = 1,147(\text{кг/м})^{1/3}$				
07.июн	30,- 4	880		0,054
15.июл	54-2	670		0,34
24.окт	69-4	820	0,116	
22.ноя	99-3	835	0,081	
25.ноя	98-3	805	0,014	
06.дек	74-2	715		0,051
$\rho_{Q_{max}} = 1,04(\text{кг/м})^{1/3}$				
22.сен	54-4	670		0,015
27.сен	60-4	745		0,041
29.сен	85-3	764	0,063	
24.окт	60-2	775	0,071	
27.окт	72-4	595	0,054	
15.ноя	74-4	835		0,034
$\rho_{Q_{max}} = 0,932(\text{кг/м})^{1/3}$				
08.июл	55-3	790. 805		0,087
12.окт	62-4	670		0,017
12.окт	56-2	745		0,041
22.ноя	69-2	835	0,035	
29.ноя	68-2	895		0,066
29.ноя	73-2	730		0,054
$\rho_{Q_{max}} = 0,853(\text{кг/м})^{1/3}$				

Продолжение таблицы 1				
09.июн	36-2	610		0,03
29.июн	41-2	775		0,049
05.июл	57-3	895		0,062
29.сен	82-3, 55-2	805, 790	0,047	
15.ноя	64-2	895		0,033
24.ноя	70-2	730		0,024
25.ноя	96-3	760	0,08	
06.дек	71-2	655		0,039
29.ноя	79-4	820		0,068
$\rho_{Q_{max}} = 0,67(\text{кг/м})^{1/3}$				
29.июн	35-4	865		0,024
29.июн	36-4	685		0,052
14.июл	60-3	790		0,062
16.сен	79-3	775	0,086	
20.сен	55-4	745		0,052
20.сен	78-3	745		0,033
27.окт	70-4	850		0,017
27.окт	71-4	730	0,052	

Таким образом, из таблицы 1, полученной по результатам экспериментальных исследований сейсмического эффекта от взрывов на разрезе «Нерюнгринский» следует, что уменьшение сейсмического эффекта от взрывов, расположенных флангами к пунктам наблюдения, не установлено. Таким образом, асимметрия сейсмического излучения в общем случае в дальней зоне не обеспечивает столь эффективного метода снижения сейсмического эффекта, как его, казалось бы, можно было ожидать.

Выводы: распространение сейсмических волн зависит от всего чрезвычайно изменчивого комплекса горно-геологических и технологических условий. Поэтому для каждого конкретного месторождения необходимо установить факторы оказывающие доминирующее влияние на

сейсмический эффект от взрыва который оказывает негативное влияние на геологическую среду, технические и биологические объекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гриб, Н.Н. Методика оценки и прогноза сейсмической опасности промышленных взрывов на разрезе «Нерюнгринский» / Н.Н. Гриб, Е.Н. Черных, А.Ю. Пазынич и др. – Иркутск - Нерюнгри: Изд-во Технического института (фил.) ЯГУ, 2007. 41 с.
2. Пазынич, А.Ю. Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов на наземные сооружения (на примере разреза «Нерюнгринский»): автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Пазынич А.Ю. – Якутск, 2009. 23 с.
3. Цейтлин, Я.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов / Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. – М.: Недра, 1981. 192 с.

DEPENDENCE OF THE SEISMIC EXPLOOSIVE ACTION IN THE ROCK MASSIVES ON THE TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS

G.V. Grib, A.Y. Pazynich, N.N. Grib, E.E. Petrov
Technical Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University, Neruyngr

Seismic waves transmission caused by industrial explosions remains a particular case each time, depending on the whole extremely changeable complex of geological technological conditions. That is why factors making the greatest influence on the seismic effect of the explosion should be found out for each specific deposit.

Key words: seismic effect of explosion, given maximum charge weight, maximum vector speed, system of non-electric initiation, denotation direction

Galina Grib, Chief of the Laboratory of Monitoring and Seismic Forecasting. E-mail: nss@neru.sakha.ru

Andrey Pazynich, Associate Professor at the Mining Department

Nikolay Frib, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Mining Department. E-mail: grib@nfygu.ru

Egor Petrov, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Mathematics Department