

УДК 622.235.535.2

**АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ОТ МАССОВЫХ
ВЗРЫВОВ РАЗРЕЗА «НЕРЮНГРИНСКИЙ»**

Гриб Н.Н., Пазынич А.Ю.

*Технический институт (филиал) Якутского госуниверситета
в г. Нерюнгри, Россия*

Изучение сейсмических эффектов от массовых взрывов проводится, прежде всего, для обеспечения безопасного ведения горных работ в районе расположения промышленных и жилых объектов. В статье приводятся результаты исследований сейсмических эффектов от массовых взрывов на разрезе «Нерюнгринский». Оценена степень воздействия сейсмике взрывов на здания и сооружения.

Ключевые слова: массовые взрывы, сейсмический эффект, максимальная векторная скорость

Сейсмическое воздействие крупных промышленных взрывов является наиболее значимым эффектом массовых взрывов, который определяет целостность промышленных и жилых объектов.

При постоянно увеличивающихся размерах добычной площади, приближения фронта горных работ к охраняемым объектам ОАО ХК «Якутуголь», к которым относятся: обогатительная фабрика (ОФ), административно-бытовой комбинат (АБК), автобаза технологического автотранспорта (АТА), и повышении требований к устойчивости ранее возведенных зданий и сооружений, вопрос изучения сейсмического эффекта от массовых взрывов, которым определяется целостность промышленных и бытовых объектов, стоит весьма остро.

Для определения сейсмического воздействия взрывов на инженерные сооружения устанавливаются количественная связь интенсивности сотрясений массива горных пород с параметрами взрыва и расстояниями от места взрыва до охраняемого объекта. В качестве основного критерия сейсмической опасности принято считать скорость колебаний частиц грунта.

Скорость колебаний частиц грунта в основании сооружения, соотношение вынужденных и собственных частот колебаний сооружений и продолжительность (повторяемость) воздействия, в основном, и определяют степень разрушающего дей-

ствия взрывов для зданий и сооружений. Разрушение сооружений наступает лишь в тех случаях, когда скорость колебания превосходит некоторую допустимую величину скорости колебаний $v_{дош}$ характерную для сооружений данного типа. Допустимые скорости в основании зданий и сооружений определяются их конструктивными особенностями, состоянием и динамическими характеристиками. Согласно общепринятой классификации зданий и сооружений для установления допустимых скоростей колебаний все охраняемые объекты делятся по степени ответственности на четыре класса [2].

В соответствии с классификацией, приведенной в работе [2], здания АБК и ОФ относятся ко II классу и характеризуются как «Здания и сооружения промышленного или гражданского назначения с железобетонным или металлическим каркасом с навесными панелями или легким заполнителем, имеющие антисейсмические усиления», допустимую скорость колебаний грунта в его основании следует принять равной 5 см/с.

Здание автобазы технологического автотранспорта относится к III классу и характеризуется как «Сооружения промышленного и служебного назначения сравнительно небольших размеров в плане и не выше трех этажей по высоте», допустимую скорость колебаний грунта в его основании следует принять равной 7 см/с.

Многokратные взрывные воздействия повышают сейсмический эффект на 1 - 2 балла. При многократном воздействии, вследствие накопления деформаций, следует рекомендовать снижение допустимой скорости в 2-4 раза [3]. Учитывая, что взрывные работы в разрезе «Нерюнгринский» ведутся более 20 лет, следует реко-

мендовать снижение допустимой скорости в 4 раза. То есть, допустимую скорость колебаний грунта в его основании АБК и ОФ следует принять равной 1,25 см/с, а для АТА - 1,7 см/с, что незначительно отличается от данных табл.1, рассчитанных по зависимости:

$$U = 10e\sqrt{e^{k-p}}, \text{ см/с,} \quad (1)$$

где e - основание натурального логарифма;

k - класс сооружения по СНИП А-3, 62 и А-12-69;

p - суммарный ранг объекта, учитывающий качественные и строительные особенности.

Таблица 1

| Допустимая скорость | Допустимые скорости смещения грунта | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|------------|
| | Наименование объекта | | |
| | Обогащительная фабрика | Здание АБК | Здания АТА |
| U, см/с | 1,25 | 1,25 | 1,65 |

Регистрация массовых взрывов, производимых в разрезе, велась на основных сооружениях промышленной площадки: административно-бытовой комплекс (АБК), обогащительная фабрика (ОФ), автобаза технологического автотранспорта (АТА). Анализировались сейсмограммы взрывов 54 блоков, расположенных практически по всему полю разреза (как по

вертикали, так и по фронту), где велись горные работы.

При взрывах в разрезе «Нерюнгринский» регистрировались сейсмические колебания грунта в основании охраняемых объектов (X_1, Y_1, Z_1), так же конструкций зданий охраняемых объектов (X_2, Y_2, Z_2). АТА - на высоте 14,5 м; обогащительная фабрика - углеприемник, 42 отметка; здание АБК - отметка 6-го этажа (рис. 1).

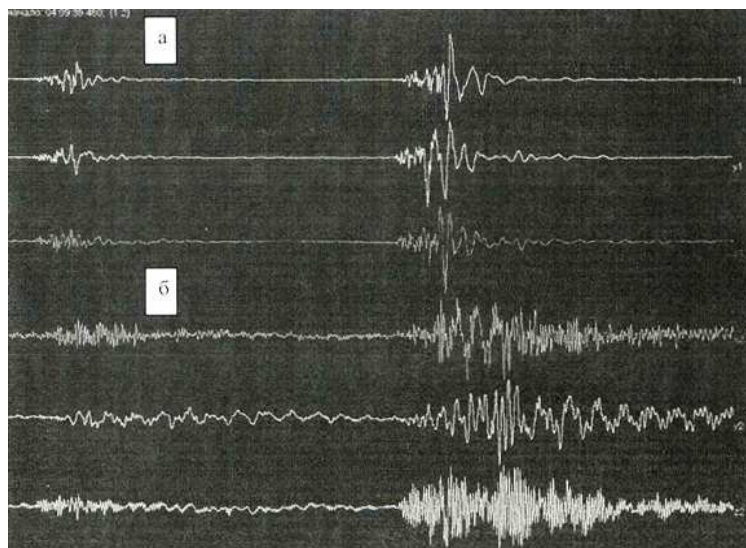


Рис. 1. Пример регистрации сейсмических колебаний от взрыва 2.02.07 г.

Расстояние от места взрыва до точки регистрации 1070 - 850м. а) грунта в основании АТА;

б) конструкций зданий АТА на высоте 14,5 м

Так как при массовых взрывах производится одновременное инициирование нескольких блоков, в разной степени удаленных друг от друга в горизонтальной и/или вертикальной плоскостях, сейсμοприемники ОСП-2М ориентировались не относительно взрыва, а относительно осей защищаемого сооружения по направлени-

ям: X - поперечное направление, Y - продольное направление, Z -вертикальная ось.

При рассмотрении кинематических элементов сейсмических волн объективное определение сейсмического эффекта наиболее точно и полно дает векторное значение скорости смещений [4, 1, 2]. Максимальная векторная скорость определяется с учетом компонент X, Y, Z:

$$\bar{U}_{xyz} = \left| \sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2} \right| \max, \tag{2}$$

где - U_x, U_y, U_z - амплитуды скорости смещений по компонентам X, Y, Z (соответственно рис. 1).

Диапазон изменения амплитуд скоростей смещений по компонентам в осно-

вании АБК составляет 0,004-0,05 см/с, в основании ОФ - 0,01-0,158 см/с, АТА - 0,013 - 0,37см/с. При этом преобладают значения максимальных векторных амплитуд в диапазоне 0,04 - 0,06 см/с (рис. 2).

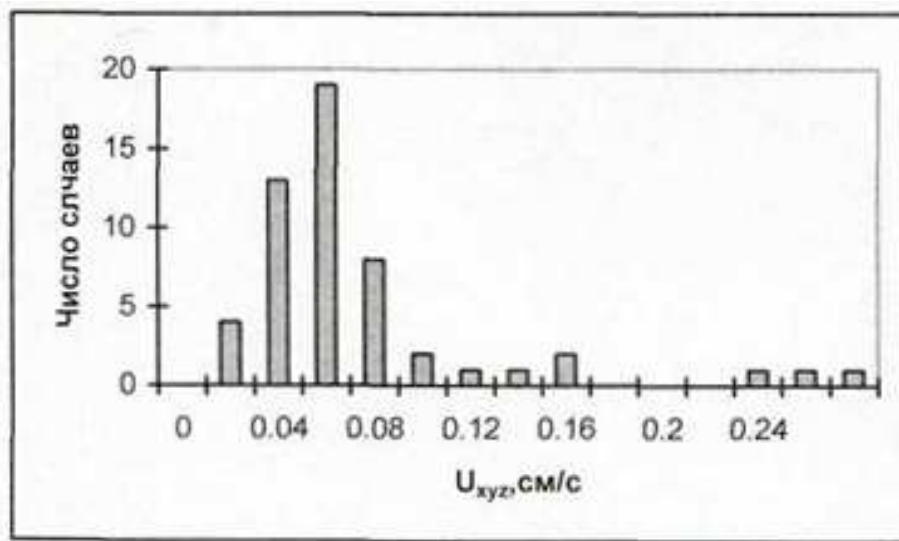


Рис. 2. Гистограмма распределения максимальных векторных амплитуд скоростей смещения грунта

При определении допустимых скоростей колебаний учитывался их частотный состав, поскольку волны различной частоты при равных значениях скорости смещения представляют опасность в неодинаковой степени. При оценке сейсмического действия взрывов учитывались особенности частоты колебаний сооружения охраняемых объектов, как от сейсмического воздействия самих взрывов, так и частоты собственных колебаний сооружений. Поэтому для учета частотных характеристик колебаний грунта в основании

сооружений и самих сооружений во время взрыва, а также для оценки частоты собственных колебаний охраняемых объектов по всем зарегистрированным сейсмограммам был выполнен частотный спектральный анализ.

Гистограмма распределения частот колебаний грунта при массовых взрывах, соответствующих максимальным амплитудам, приведена на рис. 3. Преобладающие частоты колебаний грунта при взрывах лежат в диапазоне 1,5 - 2,5 Гц.

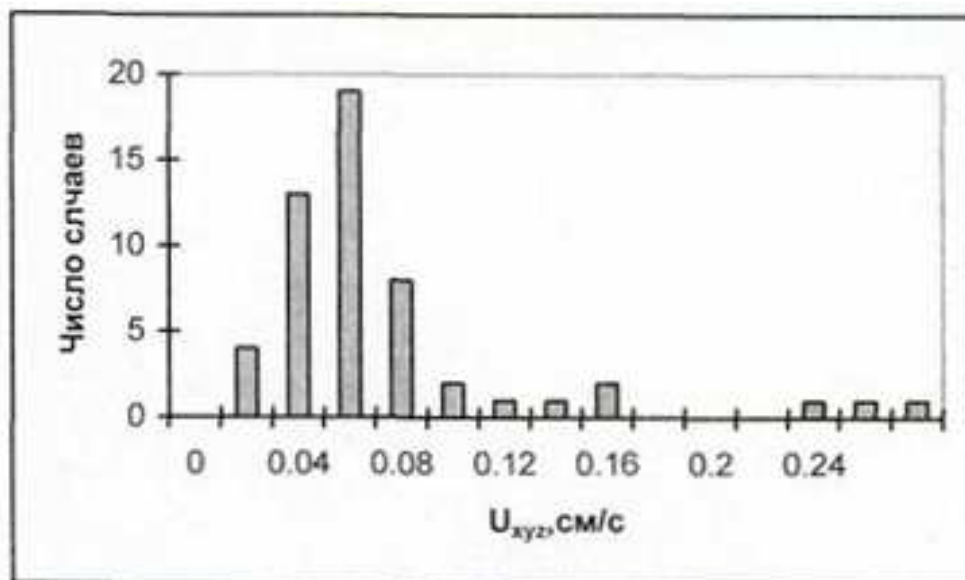


Рис. 3. Гистограмма распределения частоты колебаний грунта максимальных амплитуд скоростей смещения при взрывах

При анализе сейсмического действия взрывов учитывались особенности колебаний защищаемых сооружений. Здание, находящееся под действием сейсмических колебаний, можно условно сравнить с фильтром, который усиливает колебания,

близкие по частоте к собственным частотам конструкции, и подавляет другие. В таблице 2 приведены установленные по зарегистрированным сейсмограммам собственные частоты колебаний зданий АБК, ОФ и АТА.

Таблица 2

| Собственные частоты колебаний сооружений АБК, ОФ и АТА | | |
|--|------------|------------|
| Объект | f_x , Гц | f_y , Гц |
| АБК | 2,75 | 1,96 |
| ОФ | 2,51 | 1,65 |
| АТА | 1,19 | 1,18 |

Исходя из полученных характеристик, АБК и ОФ можно отнести к жестким зданиям по оси X, так как $f_x > 2.5$ Гц, по оси Y АБК можно отнести к полужестким, а ОФ по оси Y - к гибким, здание АТА - к гибким ($f < 1.67$ Гц) [5]. Учитывая спектральный состав колебаний, возбуждаемых взрывами (рисунок 3), и значения собственных частот колебаний зданий АБК, ОФ и АТА следует признать это неблагоприятным фактором из-за возможности возникновения резонансных явлений.

В работе [1] рекомендуется при выборе допустимой скорости учитывать раскачку здания. Здесь под раскачкой понимается отношение максимального смещения измеренного на вершине здания к максимальному смещению грунта. Аналогично

понимается раскачка по скорости. Опыт показывает, что для жестких зданий обычного типа величина раскачки составляет обычно 2-3 раза, а для гибких - 4-5 раз. Если прямые измерения показывают, что в данном конкретном случае раскачка превышает эти значения, то допустимую скорость рекомендуется уменьшать пропорционально раскачке.

На рис. 4 приведены значения отношений амплитуд колебаний шестого этажа здания АБК, отношений амплитуд колебаний, зарегистрированных на отметке 42 м. ОФ, отношений амплитуд колебаний в пункте наблюдения на отметке 14,5 м. АТА к колебаниям грунта в основаниях соответствующих сооружений при взрывах.

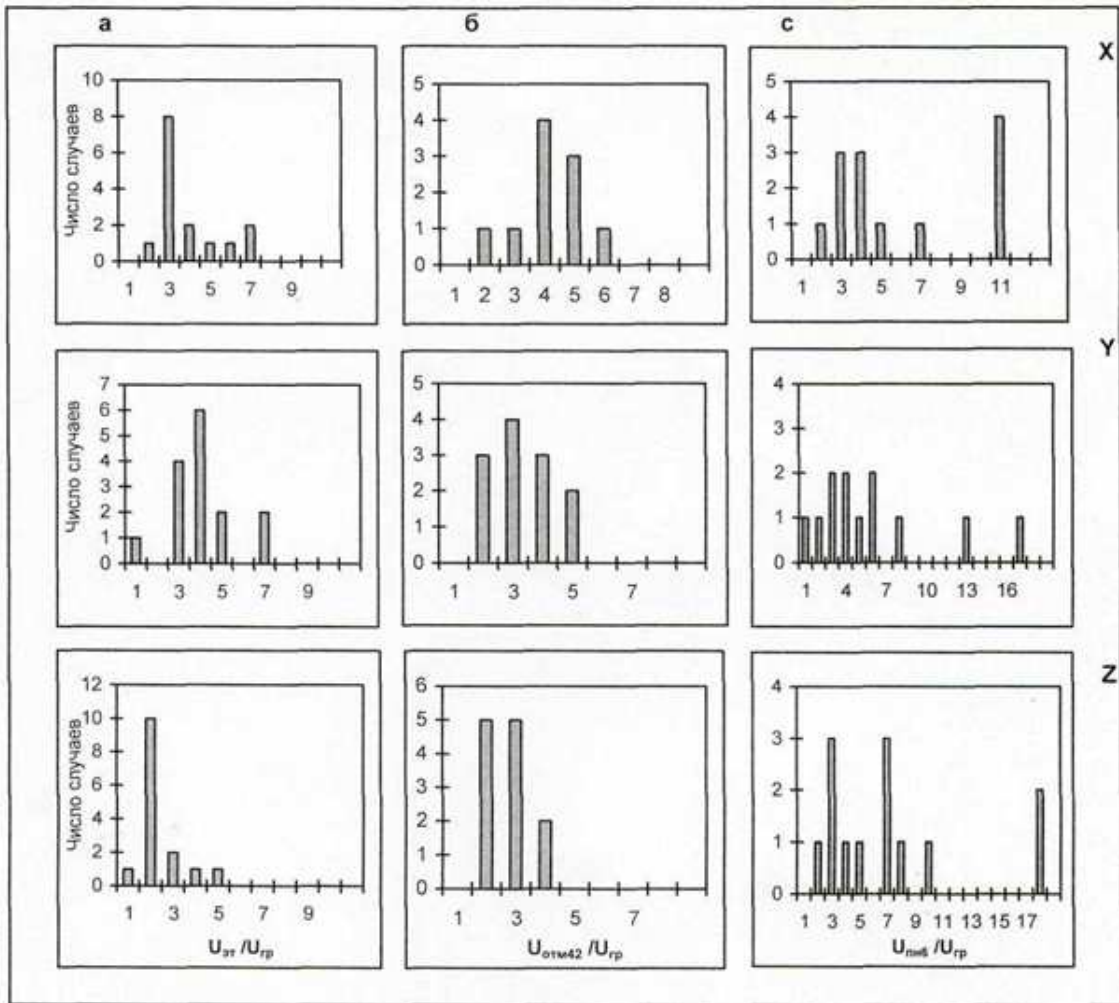


Рис. 4. Гистограммы значений отношения максимальных амплитуд колебаний верха к максимальным амплитудам колебаний грунта: а - здание АБК, б - здание ОФ, с - здание АТА

По компоненте X амплитуды колебаний шестого этажа АБК и отметки 42 м. ОФ превышают амплитуды колебаний грунта для большинства взрывов в 3-4 раза. В двух случаях наблюдались значения отношений 7 раз. По компоненте Y соответствующие значения отношений для здания АБК составляют 4 раза, для здания ОФ - 3 раза. Здесь также зафиксировано два случая, когда максимальная амплитуда колебания шестого этажа зданий АБК в 7 раз превышала максимальную амплитуду колебаний грунта. По вертикальным компонентам зданий преобладают отношения максимальных амплитуд 2-3 раза. Для АТА амплитуды колебаний верха могут превышать амплитуды колебаний грунта в 3-11 раз и более. Такие значения отношений амплитуд (11 и >), возможно, связаны с воздействием воздушно-ударной волны.

Большие значения отношений амплитуд колебаний здания к амплитудам колебаний грунта следует рассматривать как неблагоприятный фактор, связанный с возникновением резонансных явлений. В то же время опыт взрывных и вибрационных испытаний зданий на сейсмостойкость показывает, что большие значения отношений наблюдаются обычно при слабых динамических воздействиях. С ростом уровня динамических нагрузок (ускорений, скоростей, смещений) наблюдается уменьшение амплитуд колебаний здания относительно колебаний грунта [6, 7]. С учетом этого можно опираться на преобладающие значения отношений, как статистически обоснованные полученные экспериментальным путем и поэтому допустимые скорости смещений для зданий АТА, АБК и ОФ оставить без изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. М.: Недра, 1981. 192 с.
2. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1976. 271 с.
3. Штейнберг В.В и др. Методы оценки сейсмических воздействий // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 34. М., 1993. С. 5-94.
4. Садовский М.А. Геофизика и физика взрыва. Избранные труды. М: Наука, 1999. 335 с.
5. Кузьменко А.А., Воробьев В.Д., Денисюк И.И., Дауетас А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1990. 173 с.
6. Бержинский Ю.А., Павленов В.А., Бержинская Л.П., Ордынская А.П., Иванькина Л.И., Черных Е.Н., Масленникова Г.Н. Экспериментальные исследования сейсмостойкости безригельного каркаса серии 1.120С // Проектирование и строительство в Сибири. №5. Новосибирск, 2004. 19 с.
7. Черных Е.Н, Павленов В.А., Чельницкий В.В., Масленникова Г.Н. Текущий контроль состояния сооружений и технологического оборудования при проведении взрывных работ в условиях действующего производства // Город: прошлое, настоящее, будущее. Иркутск, 2000. С. 102-105.
8. Вохмин С.А., Требуш Ю.П., Ермолаев В.Л., Анохин А.Г. Планирование потерь и разубоживания руды при подземной разработке месторождений полезных ископаемых // "Фундаментальные исследования", № 1, 2009. С.24-25.

THE ANALYSIS OF SEISMIC EFFECTS INDUCED BY MASS BLASTS ON STRIP MINE "NERYUNGRINSKY"

Grib N.N., Pazynich A.Yu.

Technical institute (branch) of Yakutsk state university, Neryungri, Russia

The research of seismic effects of mass blasts leads, first of all, to provide safety mining in the area of industrial and civil objects location. In the article the results of investigations of seismic effects induced by mass blasts on strip mine "Neryungrinsky" are given. The assessment of seismicity severity of explosion on buildings and constructions, induced by blasts, is given.

Keywords: mass blasts, seismic effect, maximal vector speed