

7. Чирков С.Е. Прочность горных пород при трехосном неравнокомпонентном сжатии / Чирков С.Е. – Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1976, №1, С. 11–17

Chirkov S.Ye. Strength of rocks during triaxial unequal component compression / Chirkov S.Ye. – Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh, 1976, No.1, P. 11–17

8. Алексеев А.Д. Предельное состояние горных пород / Алексеев А.Д., Недодаев Н.В. – К.: Наук. Думка, 1982, – 200 с.

Alekseev A.D. Marginal state of rocks / Alekseev A.D., Nedodaev N.V. – K.: Nauk. Dumka, 1982, – 200 p.

9. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок / Виноградов В.В. – К.: Наукова думка. – 1989. – 192 с.

Vinogradov V.V. Geomechanics of control under the state of the rock massif near mine workings / Vinogradov V.V. – K.: Naukova dumka. – 1989. – 192 p.

10. Сахно И.Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объемному расширению / Сахно И.Г. – Проблемы гірського тиску. 2010. – №18. С. 132–146.

Sakhno I.G. Laboratory research of peculiarities of effect of nonexplosive destroying agents by fixed extension / Sakhno I.G. – Problemy hirs'koho tysku. 2010. – No.18. P. 132–146.

Запропоновано нове вирішення проблеми забезпечення стійкості виробок за рахунок штучної зміни полів напружень шляхом стиснення порід приконтурної зони при саморозширенні невибухових руйнуючих матеріалів і проведена перевірка його принципової можливості. Для отримання якісних характеристик способу і обґрунтування його параметрів необхідні детальні дослідження, спрямовані на вивчення особливостей роботи способу в залежності від гірничо-геологічних умов його застосування.

Ключові слова: гірничі виробки, компоненти напруж, стискання гірничих порід, невибуховий руйнуючий матеріал, саморозширення

A new solution for maintenance of development workings stability by means of artificial changes in the stress field by compressing rock edge zone during non-explosive self-expansion of destructive materials is proposed and its fundamental features are substantiated. To obtain the qualitative characteristics of the method and rationale of its parameters, detailed studies aimed at studying the peculiarities of method implementation depending on the geological conditions of its application.

Keywords: mine working, components of tensions, compression of rock, nonexplosive destroying material, self-expansion

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.В. Солодянкіним. Дата надходження рукопису 18.03.11

УДК 622.235

В.В. Фицак, канд. техн. наук, доц.,
Н.Н. Смирнова, канд. техн. наук, доц.,
В.И. Чернобай, канд. техн. наук, доц.

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), г. Санкт-Петербург, РФ, e-mail FVV8@yandex.ru

УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ ОЧИСТНЫХ КАМЕР ОТ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

V.V. Fitsak, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
N.N. Smirnova, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
V.I. Chernobay, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

G.V. Plekhanov St. Petersburg State Mining Institute (technical university), St. Petersburg, RF, e-mail FVV8@yandex.ru

IMPROVEMENT OF ROOM EXPOSURES SEISMIC RESISTANCE DURING EXPLOSIVE WORKS

При сейсмическом воздействии взрывных работ в очистных камерах несущая способность междукамерных целиков и ширина очистной камеры резко уменьшаются. Чтобы это компенсировать приходится увеличивать ширину рудных целиков, что приводит к увеличению потерь. Необходимо разработать такие параметры взрывных работ, которые позволяли бы уменьшить сейсмическое воздействие на несущую опору.

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, взрывание, несущая опора, детонатор, штур

Постановка задачи. Разрушение пород взрывом обусловлено действием прямой и отражённых волн, а также поршневым действием расширяющихся газов. Распределение волн в массиве горных пород

вызывает появление откольных явлений на контурах как подготовительных, так и очистных выработок.

Повысить устойчивость обнажений горных пород при взрывной отбойке можно либо путём подбора безопасных сейсмических параметров буровзрывных работ, либо принятием минимально допустимых размеров очи-

стных камер. Для решения этой задачи в обоих случаях необходимо провести анализ разрушений, вызываемых взрывной отбойкой, и установить их связь с параметрами буровзрывных работ.

Пользуясь исследованиями А.Н. Ханукаева [1], можно установить предельные расстояния от заряда, где напряжения не будут превышать предела прочности горной породы на одноосное растяжение. Это позволит охарактеризовать сейсмическое воздействие взрывов на краевые зоны обнажений горных пород, когда известен геометрический центр взрыва зарядов.

Наиболее общая оценка сейсмоустойчивости краевых зон подземных горных выработок производится по формуле [1]

$$\bar{r}_c = k \cdot \sqrt[3]{q} ,$$

r_c – радиус сейсмического воздействия взрыва, м; k – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства взрывающей среды; q – вес заряда ВВ, кг.

На практике сейсмическая опасность взрывов рассматривается от, так называемого, приведенного веса заряда ВВ – ρ , который в случае одновременно взрыва нескольких зарядов можно определить по формуле [2]

$$\rho = \frac{\sqrt[3]{q}}{r} ,$$

r – среднее расстояние от места взрыва до рассматриваемой точки.

Расчет по этой формуле справедлив, когда расстояния от отдельных зарядов до рассматриваемой точки отличаются друг от друга не более, чем на 10%.

В противном случае определяется величина эффективного веса заряда по формуле академика М.А. Садовского

$$q_{эфф} = q_1 \left(\frac{r_{эфф}}{r_1} \right)^3 + q_2 \left(\frac{r_{эфф}}{r_2} \right)^3 + \dots + q_n \left(\frac{r_{эфф}}{r_n} \right)^3 ,$$

из которой значение эффективного приведенного заряда определяется равенством

$$\rho_{эк} = \frac{\rho_1}{r_1^3} + \frac{\rho_2}{r_2^3} + \dots + \frac{\rho_n}{r_n^3} ,$$

$\rho_{эк}$ – критическое значение приведенного эффективного веса заряда ВВ; r_1, r_2, r_3 – расстояние от центров каждого из одиночных зарядов до рассматриваемой точки, м; $\rho_1, \rho_2 \dots \rho_n$ – вес одиночных зарядов, кг.

Исследования показали, что метод расчета сейсмоопасности по эффективным значениям приведенного веса заряда, предложенный академиком М.А. Садовским, при взрывании в воздухе или у

дневной поверхности может быть применен и для условий взрывания скважинных и шпуровых зарядов с целью определения разрушительного воздействия на горные выработки.

Расчетные параметры очистных камер должны обеспечивать их устойчивость как под действием статических сил (вес вышележащих пород), так и под действием динамических нагрузок, возникающих при взрывной отбойке. Как показывают наблюдения и исследования [3], разрушительное воздействие взрывных работ на устойчивость обнажений очистных камер можно снизить за счет уменьшения размеров очистных камер, применения анкерной крепи и экранирующих щелей, изменения расположения зарядов относительно свободной поверхности, применения короткозамедленного взрывания (КЗВ), уменьшения диаметра скважин.

В условиях разработки месторождения снижение сейсмического воздействия на устойчивость обнажений за счет уменьшения параметров очистных камер приведет к повышению потерь руды и увеличению объема подготовительно-нарезных выработок, а применение анкерной крепи и экранирующих щелей – к росту трудоёмкости работ.

Практика отработки месторождений показывает, что руда существенно снижает разрушающее воздействие взрывов на вмещающие породы. Это можно объяснить тем, что отбитая руда, будучи отбитой, с большей акустической жесткостью, чем воздух, способна поглотить часть напряжений и энергий падающей, отраженной волны и тем самым уменьшить напряжения стенок очистных камер.

Опыт применения КЗВ при ведении взрывных работ на руднике показал, что при правильно выбранном интервале замедления оно не только обеспечивает максимальное использование энергии взрыва на дробление горных пород, но также может быть эффективным средством снижения сейсмической опасности.

Исследования [1] показали, что при больших интервалах замедления, трещины, образуемые взрывом предыдущей серии, могут разрушать целостность взрывной сети и зарядов последующей серии. Интерференция сдвинутых по фазе волн двух источников обеспечивает очень незначительный эффект при дроблении, в то время как соударение кусков может играть ведущую роль в образовании дополнительных плоскостей обнажения при коротко замедленном взрывании.

Исходя из этих соображений, оптимальный интервал замедления должен соответствовать времени, минимально необходимому для образования новой плоскости обнажения. Это время ($t_{отн}$) определяется как сумма времени распространения упругой волны до поверхности и от поверхности до зарядной камеры (t_1), времени образования трещин, распространяющихся от поверхности к зарядной камере (t_2), и времени перемещения породы на расстояние, соответствующее превращению трещины в щель шириной 8–10 мм (t_3).

$$t_1 = \frac{2 \cdot W}{C_p}; t_2 = \frac{W}{C_{трещ}}; t_3 = \frac{S}{V_{ср}},$$

W – линия наименьшего сопротивления (ЛНС), м; C_p – скорость продольной волны в массиве, м/с; $C_{трещ}$ – скорость развития трещин, м/с; S – ширина щели, м; $V_{ср}$ – усредненная скорость смещения массива, с.

При отбойке руды шпурами диаметром 35 мм, при расстоянии между шпурами 500 мм и скорости распространения продольной волны в рудном массиве $C_p = 1250$ м/с.

Скорость развития трещин составляет 0,05 для рассматриваемых условий $C_p = 249$ м/с.

Усредненная скорость смещения массива соответствует 2/3 пути пробега волны от зарядной камеры до поверхности и обратно. При радиусе заряда $r = 0,045$ м и $W = 0,5$ м путь пробега волны составляет 90г; две трети пути составляют 60г. В безграничном массиве при взрывании одиночных зарядов этому состоянию соответствует скорость смещения массива 0,64 м/с. Время развития трещины до щели шириной $S = 0,01$ м составляет, с

$$t_{онм} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,0248 \approx 0,25$$

Российские электродетонаторы коротко замедленного действия (ЭДКЗ) имеют ступени замедления 25, 50, 75, 100, 150 и 250 м/с. Таким образом, оптимальный интервал замедления может быть обеспечен, если принять такой порядок, при котором разница между ступенями составляет 25 м/с, что выполнимо для ЭДКЗ первых четырех ступеней.

Схема расположения шпуров должна приниматься из расчета обеспечения равномерного дробления массива. Последовательность взрывания должна обеспечивать работу каждого шпура в условиях максимального числа обнажений.

При взрыве зарядов малого диаметра в массиве, напряжения которого достигают предела прочности на разрыв в местах по направлению от заряда к обнаженной поверхности, в которых разрушение, в виде развития сети радиальных и продольных трещин, начинается раньше, чем достигаются предельные напряжения на раздвигание в сторону, противоположную ЛНС. Это имеет место при значениях ЛНС, не превышающих предельной величины, когда еще возможен отрыв и дробление среды. При взрыве зарядов большого диаметра, вследствие значительного выделения энергии на единицу поверхности шпура, напряжения достигают величин, значительно превышающих прочность руды или пород одновременно во всех направлениях от заряда шпура. Происходит перемеление среды в непосредственной близости

от заряда и развитие трещин вглубь массива. С учетом вышеизложенного, а также имеющегося на руднике бурового оборудования, могут быть рекомендованы диаметры шпуров для отбойки руды в камерах 32–36 мм.

Сказанное не исчерпывает всех путей снижения погашения взрывов на междукамерные целики. Большой интерес представляет исследование влияния на сейсмоэффект взрыва типа ВВ, конструкции заряда, места и кратности инициирования и ряда других вопросов, требующих более тщательного изучения и проверки в лабораторных и производственных условиях.

Список литературы / References

1. Ханукаева А.Н. Подземная разработка с высокой полнотой извлечения руд / Ханукаева А.Н., Цыгалов М.Н., 1985
Khanukayeva A.N. Underground mining of high extraction completeness / Khanukayeva A.N., Tsygalov M.N. – 1985
2. Шестаков В.А. Рациональное использование недр / Шестаков В.А. – М.: Недра, 1990
Shestakov V.A. Efficient exploitation of subsoil / Shestakov V.A. – M.: Nedra, 1990
3. Исследование влияния разрывных нарушений на проявление горных ударов / [Егоров П.В., Редкин В.А., Калугин В.В., Пашенко А.В.] // Горный журнал – 1983 – №5, С. 44–47.
Study of influence of faults on rock burst occurrence / [Yegorov P.V., Redkin V.A., Kalugin V.V., Pashchenko A.V.] // Gornyy zhurnal – 1983 – No.5, P.44–47.

При сейсмічній дії вибухових робіт в очисних камерах несуча здатність міжкамерних ціликів і ширина очисної камери різко зменшуються. Щоб це компенсувати доводиться збільшувати ширину рудних ціликів, що призводить до збільшення втрат. Необхідно розробити такі параметри підричних робіт, які б дозволяли зменшити сейсмічну дію на несучу опору.

Ключові слова: сейсмічний вплив, підривання, несуча опора, детонатор, шпур

Bearing strength of interchamber pillars and also width of the rooms sharply decreases under seismic influence of explosive works. To compensate it, they have to increase width of the ore pillars. It leads to growth of losses. It is necessary to develop parameters of explosive works which allow reducing seismic influence on backup abutment.

Keywords: seismic influence, detonation, backup abutment, detonator, blast hole

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.С. Мустаф'євим. Дата надходження рукопису 14.03.11