

6
А-52

На правах рукописи

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР

Совет по геологии и горному делу

Объединенного Совета по техническим и естественным наукам

Институт физики и механики горных пород

МУСАЛЯМОВ ВЛАДИСЛАВ АКРАМОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ
ТРЕЩИНОВАТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ
КОРОТКОЗАМЕДЛЕННОМ ВЗРЫВАНИИ ЗАРЯДОВ
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

Специальность 05.15.03 — открытая разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Фрунзе 1973

10

На правах рукописи

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР

Совет по геологии и горному делу Объединенного
Ученого Совета по техническим и естественным
наукам

Институт физики и механики горных пород

МУСАЛЯМОВ Владислав Акрамович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ
ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ КОРОТКОЗАМЕДЛЕННОМ ВЗРЫВАНИИ
ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

(Диссертация написана на русском языке)

Специальность 05.15.03 – открытая разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ФРУНЗЕ 1973

622.24
A52

Диссертационная работа выполнена в Институте физики и механики горных пород АН Киргизской ССР.

Научный руководитель - доктор техн. наук, профессор
Е.Г. БАРАНОВ

Официальные оппоненты: доктор техн. наук, профессор
Н.Г. ПЕТРОВ
кандидат техн. наук, доцент
А.И. ИМАРАЛИЕВ

Ведущее предприятие - Ак-Тюзское рудоуправление.

Автореферат разослан " " _____ 197 г.

Защита диссертации состоится " " _____ 197 г.

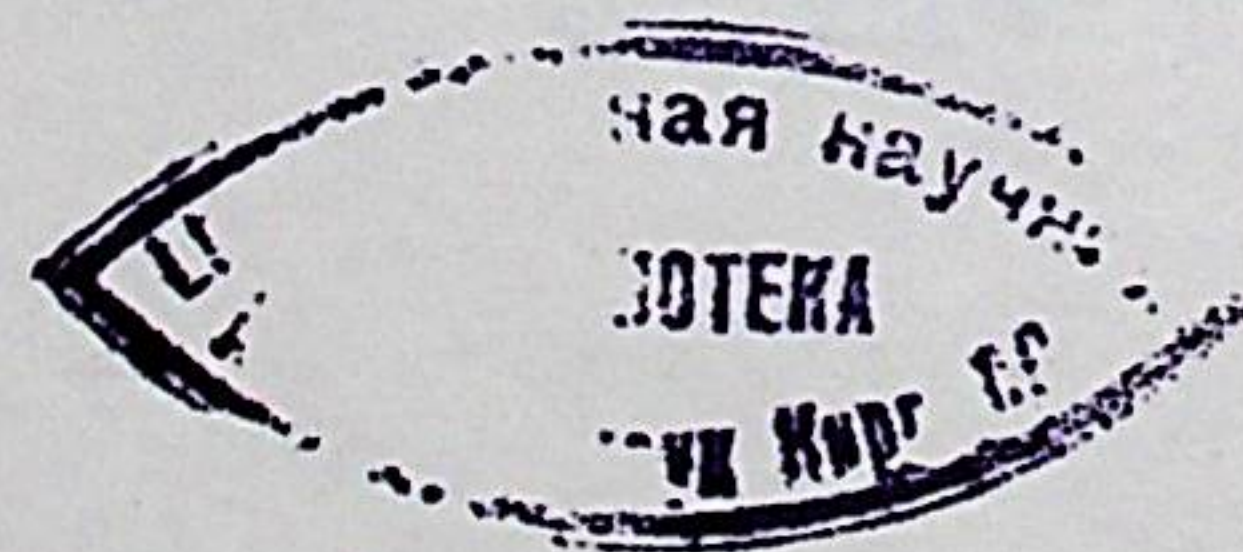
в _____ часов на заседании Совета по геологии и горному делу
Объединенного Ученого Совета по техническим и естественным наукам АН Киргизской ССР.

Отзыв в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 720481, г. Фрунзе, проспект Дзержинского, 30, Институт геологии АН Киргизской ССР, Ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке АН Киргизской ССР.

Ученый секретарь совета,
кандидат геолого-минералогических наук

В.М. Малигин МАЛЫГИН В.В.



Буровзрывные работы являются важным технологическим процессом во многом определяющим эффективность разработки месторождения полезных ископаемых в целом. Известно, что степень раздробленности взорванного массива оказывает большое влияние на производительность и энергоемкость экскавационных работ, на износ рабочего оборудования, а также определяет затраты на вторичное дробление негабаритных кусков. Величина и направление перемещений отдельных частей массива при взрыве обуславливает качественные потери полезных ископаемых вследствие разубоживания и смешивания типов и сортов руд.

В нашей стране и за рубежом повсеместное признание и распространение при подготовке горной массы получил способ короткозамедленного взрывания зарядов (КЗВ). По сравнению с мгновенным и раздельным способами, короткозамедленное взрывание является эффективным и в решении вопросов управления действием взрыва и при обеспечении высоких технико-экономических показателей взрывной отбойки. Однако в полной мере, эффективность КЗВ проявляется при правильном выборе замедления между отдельными зарядами или рядами зарядов, в зависимости от принятой схемы замедления.

Сложность выбора интервала замедления на практике и теоретически обусловлена разнообразием горно-геологических условий, даже в пределах одного карьера, и большим количеством физических процессов, сопровождающих процесс разрушения горных пород взрывом. Поэтому выбор времени замедления осуществляется в основном эмпирическим путем, для которого необходимы трудоемкие экспериментальные исследования. Существующие же в литературе расчетные формулы получены на основании исследований в конкретных горно-геологических условиях и имеют ограниченную область использования.

В диссертационной работе сделана попытка более детального изучения сущности явлений, проявляющихся при короткозамедленном взрывании, с целью разработки методики расчета оптимального времени замедления для различных условий взрывания трещиноватых пород скального типа.

Поставленная цель определила следующие задачи исследований:

1. Изучить основные физические процессы, обуславливающие разрушение горного массива при взрывании зарядов ВВ.

2. Предложить метод количественной оценки степени трещиноватости массива.

3. С учетом структуры разрушаемого объема горных пород представить научно обоснованную физическую модель процесса разрушения при КЗВ и на ее основании разработать методику расчета оптимального времени замедления.

Задачи решались методами обобщения и анализа литературных данных, теоретических и экспериментальных исследований. Окончательная проверка предложенной методики расчета интервалов замедлений осуществлялась на карьере Ак-Тюэского Рудоуправления.

Новизна выполненной работы состоит в том, что в ней впервые теоретически и экспериментально обоснован механизм короткозамедленного взрывания, в котором учитывается изменение физико-механических свойств массива в процессе КЗВ, заключающееся в уплотнении массива за счет схлопывания пор и трещинных пустот или уплотнении материала заполнителя трещин под действием взрыва предыдущих очередей зарядов ВВ.

Математическое описание процесса КЗВ с учетом уплотнения среды позволило разработать методику расчета оптимальных интервалов замедлений.

В отличие от существующих решений, интервалы замедления не постоянны во всех ступенях, а выбираются дифференцированно и в общем случае зависят от физико-механических свойств пород, степени трещиноватости массива и параметров буровзрывных работ.

Практическая ценность работы заключается прежде всего в создании расчетного метода, позволяющего для конкретных горно-геологических условий определять оптимальные интервалы замедлений, исключая тем самым трудоемкий и дорогостоящий путь эмпирических исследований.

Учет уплотнения среды при КЗВ выбором соответствующих интервалов замедлений явился дополнительным резервом повышения полезного использования взрыва. Эксперименты показали, что предложенная методика взрывания может быть использована для улучшения ка-

качества дробления и при отработке приконтактной зоны геологических рудных тел с целью уменьшения качественных потерь.

На основании результатов опытной проверки предложенная методика взрывания принята к внедрению на карьере Ак-Тюэского рудоуправления.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседании межлабораторного тематического семинара Горнометаллургического института Кольского филиала АН СССР, республиканской научно-технической конференции (г.Фрунзе, 18-19 октября 1972 г.); конференции "Молодые ученые и специалисты Киргизии в научно-техническом прогрессе" (г.Фрунзе, 28-29 ноября 1972 г.).

По результатам выполненных исследований опубликовано и находится в печати 7 работ.

Диссертация изложена на 130 страницах машинописного текста, иллюстрирована 35 рисунками, содержит II таблиц, состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы из 163 наименований и приложения.

В первой главе проведен анализ производственных и экспериментальных данных применения КЗВ. Сделан обзор наиболее характерных представлений о механизме короткозамедленного взрывания и соответствующих им расчетных формул по определению времени замедления. Проведено сопоставление расчетных значений замедлений с данными практики, на основании которого было отмечено:

1. В породах определенной крепости формулы дают одно значение времени замедления. Карьерами же в зависимости от конкретных горно-геологических условий применяются различные интервалы замедлений в широком диапазоне.

2. Расчетные кривые показывают обязательное увеличение интервала замедления с уменьшением крепости пород. В действительности имеются примеры и обратного характера.

Установлено также, что как на практике, так и при теоретических расчетах время замедления выбирается без учета изменения структуры массива в процессе КЗВ и в расчетных формулах в недостаточной степени учитывается трещиноватость массива.

На основании проведенного анализа определены цель, задачи и методика исследований.

Вторая глава посвящена изучению основных физических явлений, определяющих степень дробления массива при взрыве. Для выяснения особенностей разрушения пород при КЗВ зарядов с оптимальными интервалами замедлений ($T_{зам.} = T_{опт.}$), исследования проводились в сравнении с мгновенным ($T_{зам.} = 0$) и разновременным ($T_{зам.} \gg T_{опт.}$) способами взрываний.

О механизме разрушения твердого тела вообще и горных пород взрывом в частности существует множество представлений. Одно из них базируется на предположении, что прочность материала зависит от напряженного или деформированного состояния и при достижении тем или другим некоторого предельного значения происходит мгновенное разрушение тела. Выполненный в главе обзор теорий прочности выявил, что наилучшим образом согласуется с современными понятиями о процессе разрушения и опытными данными критерий прочности А.А. Лебедева /1, 2/. Качественная оценка указанным критерием полей напряжений, возникающих при взаимодействии волны сжатия от соседних зарядов показала, что наиболее благоприятные условия для разрушения массива возникают при разновременном взрывании зарядов.

Рассмотрена задача по отражению плоского импульса волны сжатия с известными параметрами от плоскости обнажения (уступа) и получены формулы по определению числа отклонившихся кусков и их размеров. При этом установлено, что наиболее интенсивное дробление массива под действием волн растяжения возникает при мгновенном взрывании зарядов, если рассматриваются однорядные схемы расположения зарядов вдоль плоскости уступа и при короткозамедленном или разновременном способах взрываний, если схемы многорядные.

При соответствующих условиях определяющим процесса разрушения является импульс или энергия волны напряжения. В соответствии с этим приведены результаты экспериментальных исследований, выполненных при участии автора /8, 15/ и определяющих, что максимальные значения импульса и энергии наблюдаются при КЗВ зарядов с временами замедлений

$$\frac{a}{c_p} < T_{зам.} < \frac{a + \lambda}{c_p}$$

где a - расстояние между рядами зарядов;
 λ - длина импульса сжатия;
 c_p - скорость продольной волны сжатия.

На основании исследований разрушающего действия воли напряжений при мгновенном, разновременном и короткозамедленном способах взрываний зарядов сделан вывод, что нельзя сказать который из них приводит к более интенсивному дроблению массива. Это зависит от физико-механических свойств пород, степени и характера трещиноватости, схем расположения зарядов, а также от рассматриваемой области разрушений.

Далее в главе изучено влияние поверхностей обнажений и эффекта соударения кусков породы на результат взрыва. Проведена классификация схем КЗВ (за исключением схем принудительного соударения) по величине коэффициента эффективности, учитывающего количество вновь образованных в процессе взрываний плоскостей обнажений, и определяемого по формуле

$$\eta = \frac{n_{КЗВ}}{n_{мгн}}$$

где $n_{КЗВ}$ - число плоскостей обнажений при КЗВ;
 $n_{мгн}$ - число плоскостей обнажений при мгновенном взрывании.

Проведено сравнение результатов вычислений η с известными данными о преимуществе той или иной схемы КЗВ в сравнении с мгновенными, которое показало их количественное и качественное соответствие.

Установлено, что в отличие от мгновенного взрывания зарядов при короткозамедленном и разновременном способах существует возможность для дополнительного дробления породы при ее соударении.

В третьей главе определена физическая модель разрушения горных пород при КЗВ и разработана методика расчета времени замедления.

Сделан анализ результатов исследований, проведенных в предыдущих главах, и получен вывод, что основным отличием КЗВ, обуславливающим эффективность этого способа по сравнению с мгновенным и

разновременным, является наличие напряженности массива перед взрывом последующих зарядов от действия предыдущих очередей зарядов ВВ.

Изложена методика и результаты экспериментальных исследований по изучению степени влияния предыдущего взрыва на результат последующего. Эксперименты были выполнены при участии автора в лабораториях "Физики взрыва" и "Радиоэлектроники" Института физики и механики горных пород АН Киргизской ССР под руководством доктора технических наук, профессора Е.Г. Баранова. В процессе экспериментальных работ проводилось взрывание двух зарядов по 125 г. скального аммонита мгновенно и с различными временами замедления. Аналогичные эксперименты были проделаны с промышленными весами зарядов авторами /4/. Указанные исследования показали, что при инициировании второго заряда в массиве, нагруженном волной сжатия от взрыва первого заряда в 1,3-1,6 раза, а по данным /4/ в 2,2 раза увеличивается значение максимальных нормальных напряжений; в 1,55 раза - значения удельного импульса; в 2 раза - удельной энергии. При этом происходит уменьшение коэффициента поглощения среды и увеличение скорости распространения продольной волны, причем тем значительней, чем сильнее трещиноват массив.

Таким образом эксперименты показывают, что от действия взрыва в определенный момент времени происходит уплотнение среды, что не учитывалось ранее при расчетах периодов замедлений. Задача состоит в том, чтобы в конкретных горно-геологических условиях находить этот момент времени и использовать его.

В трещиноватых породах массив уплотняется в основном за счет схлопывания трещинных пустот или уплотнения материала заполнителя трещин. Это ведет к уменьшению на трещинах потерь энергии волн напряжений от взрыва последующих очередей зарядов и общему повышению полезного использования потенциальной энергии ВВ.

В соответствии с изложенным механизмом КЗВ в главе представлено математическое описание модели для определения оптимального времени замедления.

Интервал замедления есть время от момента взрыва до момента схлопывания трещинных пустот:

$$T = t_1 + t_2 + t_{TP} \quad (1)$$

где $t_1 = K_1 \frac{W}{C_p}$ - время от момента взрыва до начала роста трещин;

$t_2 = K_2 \frac{W}{C_{Re}}$ - время от t_1 до момента образования сквозной трещины;

t_{TP} - время от $t_1 + t_2$ до момента схлопывания пор и трещинных пустот;

K_1, K_2 - коэффициенты, зависящие от схемы КЗВ;

W - линия наименьшего сопротивления.

Формула в виде (1) имеет два существенных отличия от ранее известных /3, 5, 8/:

1. В указанных работах третий член есть время перемещения массива на определенную раз и навсегда заданную величину /3, 5/ или на величину смещения плоскости при отражении от нее волны напряжения /8/, в предложенной формуле время t_{TP} органически связано со степенью трещиноватости массива и параметрами буровзрывных работ.

2. В отличие от существующих, в предложенной формуле - C_p - не постоянная величина: для первой ступени это скорость продольных волн в массиве в естественном состоянии, а для последующих - в монолитном состоянии (с учетом уплотнения массива) и в первом приближении равна скорости звука в образце.

В большинстве схем многорядного КЗВ за основу берется мгновенное взрывание ряда зарядов. При этом $K_1 = 2$, $K_2 = 0,5$ и с известными упрощениями формула (1) приводится к виду

$$T = \frac{3W}{C_p} + t_{TP} \quad (2)$$

Методика расчета времени замедления включает в себя количественную оценку степени трещиноватости массива и определение времени схлопывания трещин.

Количественная оценка трещиноватости проведена на основании синтеза метода прозвучивания массива, разработанного в Институте физики и механики горных пород АН Киргизской ССР /8, 15/ с теоретической зависимостью чл.-корр. АН СССР Ризниченко Ю.В. /6/, устанавливающей скорость упругих волн в массиве, если известно сколько в нем приходится на долю трещин и сколько на долю монолитной части массива.

Для определения общей ширины трещин на прозвучиваемом участке массива получили выражение:

$$l_{тр} = \frac{-La + \sqrt{L^2 a^2 + 4L^2 b \left(1 - \frac{c_p^2}{V_{пор}^2}\right)}}{2b},$$

где

$$a = \frac{\rho_{пор} c_p^2}{\rho_{тр} V_{тр}^2} + \frac{\rho_{тр} c_p^2}{\rho_{пор} V_{пор}^2} - \frac{2c_p^2}{V_{пор}^2}; \quad b = \frac{c_p^2}{V_{тр}^2} + \frac{c_p^2}{V_{пор}^2} - \frac{\rho_{пор} c_p^2}{\rho_{тр} V_{тр}^2} - \frac{\rho_{тр} c_p^2}{\rho_{пор} V_{пор}^2}$$

Здесь L - длина участка, на котором измерена скорость звука в массиве;

$$L = l_{тр} + l_{пор};$$

$V_{пор}, V_{тр}$ - скорость звука соответственно в валуне (образце) породы, принятом за эталон нетрещиноватого массива и в материале заполнителя трещин;

$E_{пор}, E_{тр}$ - упругости породы и материала заполнителя трещин;

$\rho_{пор}, \rho_{тр}$ - плотности породы и материала заполнителя трещин.

За критерий количественной оценки степени нарушенности массива принимается ширина одной трещины, определяемая по формуле

$$S = \frac{l_{тр}}{l},$$

где l - количество трещин на участке длиной L , расположенных перпендикулярно направлению прозвучивания.

Если число трещин определить невозможно, то количественно трещиноватость оценивается шириной трещины, приходящейся на единицу длины прозвучиваемого участка, то-есть:

$$S = \frac{l_{тр}}{L} \text{ (мм. на ед. длины).}$$

Аналитическому определению степени трещиноватости массива /10/ предшествуют лабораторные измерения плотности породы и материала заполнителя трещин, скорости распространения упругих волн в них, а также непосредственные измерения скорости звука в массиве.

Время схлопывания трещин определялось на основании данных /7/ об общем боковом импульсе передаваемом продуктами детонации массиву. Исходя из уравнения движения Ньютона $M \frac{ds}{dt} = \int f(t) dt$,

где S - смещение;
 M - масса;
 t - время,

решена задача по определению времени смещения породы в процессе схлопывания трещин под действием бокового импульса. Масса породы является разрывной функцией времени: имеет постоянное значение в промежутках времени, когда происходит процесс захлопывания какой-нибудь трещины S_i (рис. I) и скачкообразно увеличивается в момент ее схлопывания и началу захлопывания трещины S_{i+1} .

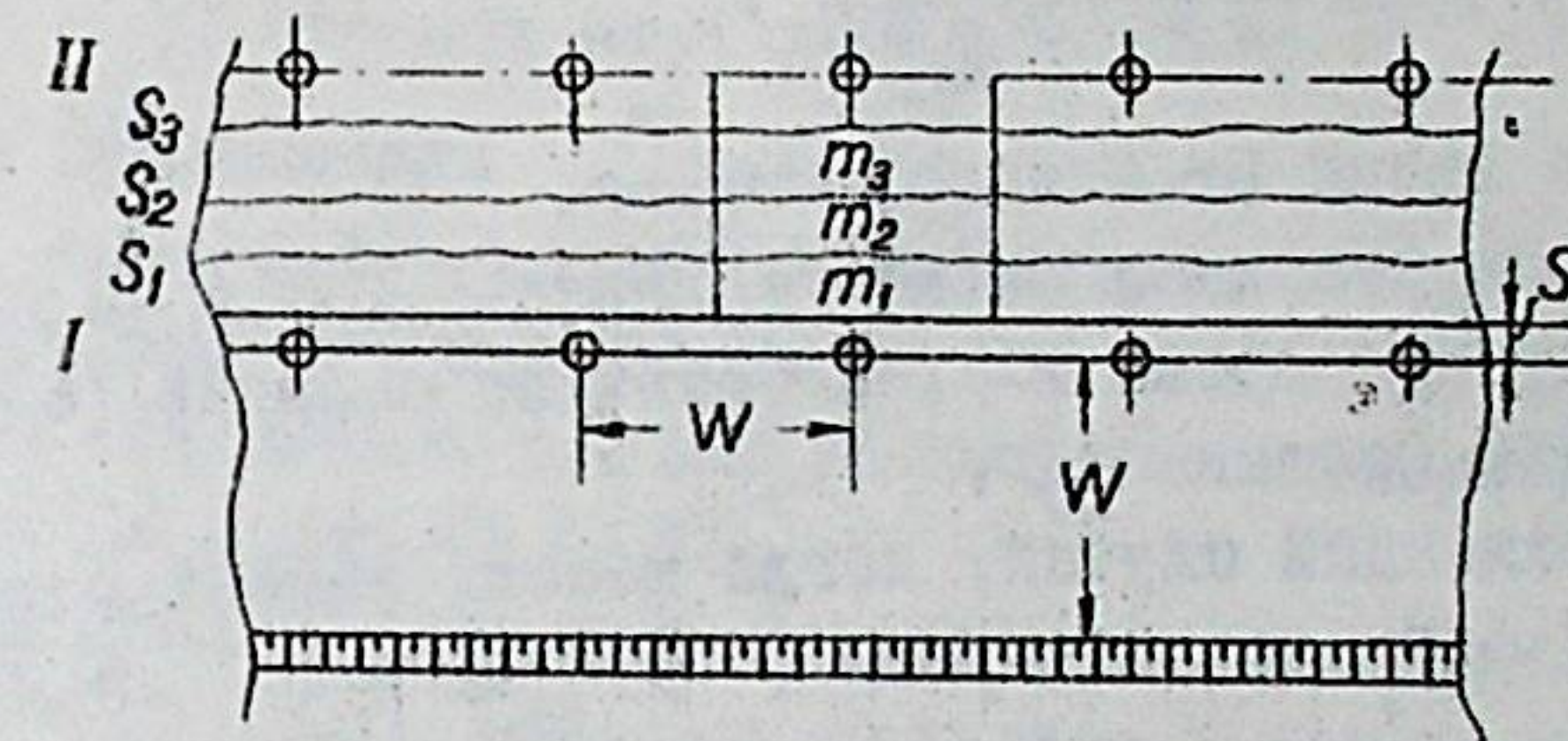


Рис. I. Расположение зарядов при двухрядной схеме КЗВ

В конечном виде системы уравнений для определения времени уплотнения массива записаны в безразмерных параметрах $\tau, \bar{f}(\tau)$

$$S_n = \frac{\kappa \pi d H^3 \rho_{об}}{3 M_n} \left(\int_0^{\tau_n} \bar{f}(\tau) d\tau - \int_0^{\tau_{n-1}} \bar{f}(\tau) d\tau \right) + \frac{(\tau_n - \tau_{n-1}) H M_{n-1}}{M_n C_n} v_{n-1}, \quad (3)$$

$$v_n = \frac{\kappa \pi d H^3 \rho_{об}}{2 V_0^2 M_n} \int_0^{\tau_n} \bar{f}'(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $n = \bar{1}, \bar{l}$; $V_0 = C$;

S_n - ширина n -ой трещины;

l - количество трещин между рядами зарядов;

M_n - масса породы, приходящаяся на один заряд и заключенная между $(n-1)$ и n -ой трещиной на глубину скважины;

- v_n - скорость массы M_n в момент времени t_n ;
 H, d - глубина и диаметр скважины;
 $\rho_{вв}, D$ - плотность и скорость детонации ВВ;
 K - коэффициент, определяющий часть от общего бокового импульса передаваемого уплотняющейся части породы;
 C_n - средняя начальная скорость звука в продуктах детонации;
 τ - приведенное время

$$\tau = \frac{C_n t}{H} \quad (5)$$

$\bar{J}(\tau)$ - приведенный импульс;

$$\bar{J}(\tau) = \frac{2\sqrt{6} \cdot J(t)}{\kappa \pi d H^2 \rho_{вв} D}$$

t - текущее время от момента взрыва.

Последовательным решением систем уравнений (3) и (4) сначала определяется приведенное время τ , а затем по формуле (5) и текущее время схлопывания трещин $t_{тр}$.

Рассмотрен упрощенный случай, когда массив разбит равномерной системой трещин одинаковой ширины ($S_1 = S_2 = \dots = S_n$).

В четвертой главе выполнены примеры расчетов оптимальных интервалов замедлений для конкретных горно-геологических условий и изложена методика и результаты испытаний рекомендуемых замедлений.

Расчеты интервалов замедлений проведены для условий Коунрадского карьера.

Выполнен анализ состояния буровзрывных работ по данным паспортов взрывов за 1970 год и рассмотрены горно-геологические условия на карьере.

Представлены в упрощенном виде основные соотношения в методике расчета периодов замедлений, необходимые при решении интегралы вычислены для всевозможных параметров и приведены в форме графиков.

На карьере используются интервалы замедлений 35, 50 и 20 мсек. Расчет выявил, что первая ступень замедления такая же как и на предприятии, порядка 30 мсек, а последующие уменьшат-

ся за счет уплотнения массива после первого взрыва и составляют 6 мсек.

Приближенная оценка интервалов замедлений для всевозможных наиболее часто применяемых параметров буровзрывных работ в породах обычной трещиноватости (без видимых аяющих трещин, порядка нескольких и более мм) показала, что последующие после первой ступени интервалы замедлений находятся в диапазоне от 3 до 20 мсек. При этом в производственных условиях оперативный ориентировочный расчет времени замедлений, являющего собой нижний возможный предел замедления, может производиться по формуле (2) при $t_p = 0$.

$$\text{Для I-ой ступени замедления} \quad T_{n=1} = \frac{3W}{C_p} \quad (6)$$

$$\text{Для последующих} \quad T_{n>1} = \frac{3W}{V_{нпр}} \quad (7)$$

где $V_{нпр}$ - скорость звука в монолитном массиве (образце).

Экспериментальная проверка КЗВ с дифференцированными интервалами замедлений осуществлялась на карьере Ак-Тюзского рудоуправления в масштабе 1:20.

Проведено обоснование метода моделирования в естественных породах на карьере, изложены методика и результаты испытаний. В ходе экспериментов обуривались блоки по 30 скважин (6 рядов) в породах с одинаковыми физико-механическими свойствами и степенью трещиноватости. Всего при подготовке и проведении экспериментов было пробурено 240 скважин в зеленых амфиболовых сланцах и 120 в порфиритовой дайке. Блоки взрывали по порядной схеме: одни обычным методом КЗВ с постоянным по всем ступеням временем замедления 5 мсек (соответствующих применяемым на карьере 100 мсек), другие блоки дифференцированно: - в первой ступени те же 5 мсек, в остальных, с учетом уплотнения, - 0,45 мсек (соответствующих 9 мсек природы). Величина замедления выбрана в соответствии с горно-геологическими условиями на карьере, с использованием формулы (4). Параметры буровзрывных работ приведены в табл. I.

Результаты опытных взрывов сравнивались по параметрам развала, коэффициенту разрыхления, гранулометрическому составу и диаметру среднего куска.

Таблица I

Параметры	Натура	Модель
Масштаб моделирования	I	1:20
Сетка скважин	7x7 м	35x35 см
Диаметр заряда	260 мм	13-15 мм
Взрывчатое вещество	Аммонит 6ЖВ, зерногранулит	Аммонит 6ЖВ
Глубина скважин:		
в сланцах	14 м	70 см
в порфирите	18 м	90 см
Отношение высоты заряда к глубине скважин	0,5-0,6	0,5-0,6
Схема взрывания	порядная	порядная
Способ КЗВ	Обычный: $T_1 = T_2 = \dots =$ $= T_5 = 100$ мсек	Обычный: $T_1 = T_2 = \dots =$ $= T_5 = 5$ мсек Предложенный: $T_1 = 5$ мсек, $T_2 =$ $= T_3 = \dots = T_5 =$ $= 0,45$ мсек
Удельный расход ВВ:		
в сланцах	0,6	0,6
в порфирите	0,5	0,5

Кусковатость горной массы после взрыва устанавливалась путем фотоанализа. Взорванный массив разбивался на три части поперек развала, каждая часть - на два слоя: верхний и нижний. Фотографирование слоев производилось в двух рамках I x I м. Подсчет содержания фракций при отработке фотопланогаммы осуществлялся по суммарной длине отрезков, занимаемых кусками каждой фракции крупности, вдоль определенных линий подсчета (линейным способом). Если L - общая длина, вдоль которой проводилось измерение диаметра кусков, а l_i - длина, занимаемая кусками определенной крупности, то выход фракции определялся по формуле:

$$P_i = \frac{l_i}{L} \cdot 100\% = \frac{n_i d_i}{L} \cdot 100\%$$

I4

где P_i - выход фракции;
 n_i - число кусков диаметром d_i .

Диаметр среднего куска определялся как средневзвешенный по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum P_i d_i}{100\%} = \sum n_i \frac{d_i^2}{L}$$

По результатам обработки фотодокументов на рис. 2 построены кривые крупности взорванных блоков при использовании различных методов КЗВ. На характер кривых существенное влияние оказы-

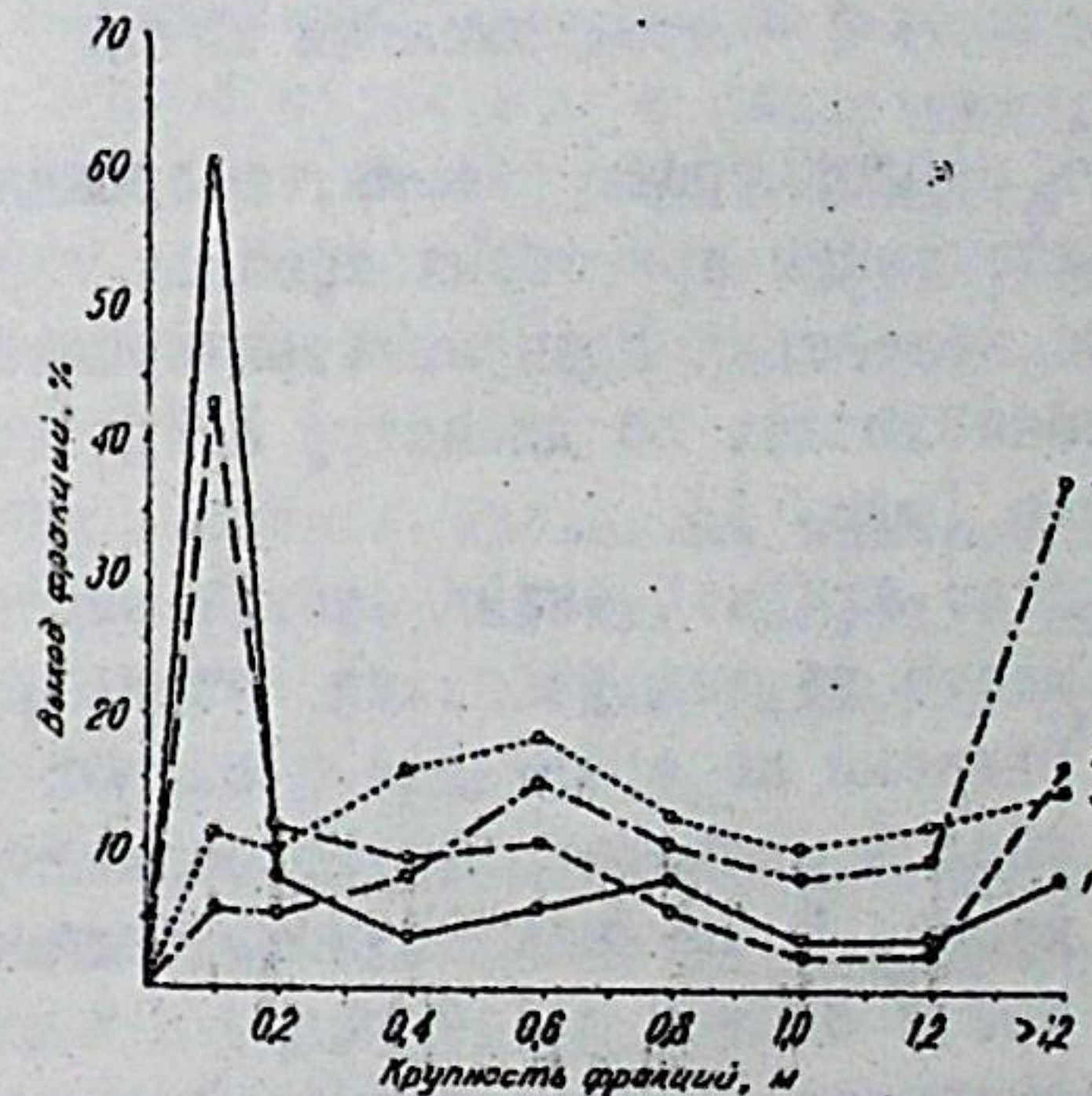


Рис. 2. Кривые гранулометрического состава взорванного массива различными методами КЗВ в сланцах (1, 2) и порфиритовой дайке (3, 4): 2, 4 - обычный метод; 1, 3 - предложенный метод

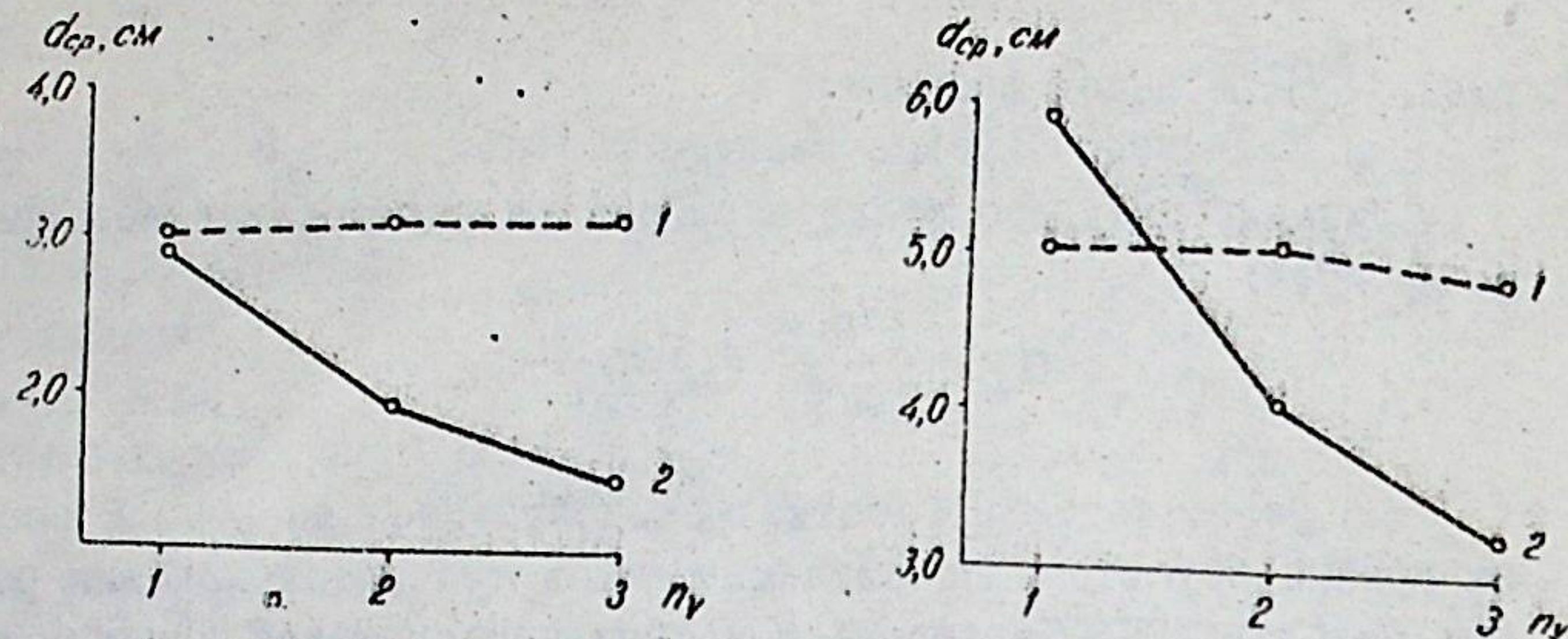


Рис. 3. Значения диаметра среднего куска в различных частях развала, полученных в: а) сланцах, б) порфиритовой дайке, 1 - обычный метод, 2 - предложенный метод

вила кусковатость первой трети объема, взорванного с интервалами замедлений одинаковыми при обоих методах взрывания. Поэтому наиболее наглядно изменения granulометрического состава массива можно было наблюдать по диаметру среднего куска в отдельных частях развала (рис. 3).

Как и следовало ожидать значительное улучшение качества дробления имело место на тех участках массива, где интервалы замедлений были снижены по сравнению с первой ступенью замедления, о чем на рис. 3 свидетельствует резкое уменьшение диаметра среднего куска. В сланцах диаметр среднего куска уменьшился во второй трети объема в 1,6 раза, а в последней трети - в 2,1 раза, в порфиритовой дайке соответственно в 1,22 и 1,65 раза. При этом в целом по блоку коэффициент разрыхления уменьшился в среднем в сланцах в 1,15 раза и в порфиритовой дайке в 1,11 раза.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Определение рационального времени замедления до сих пор носит эмпирический характер, для которого необходимы трудоемкие экспериментальные исследования. В существующих же рас-

четных формулах не отражаются в достаточной мере степень трещиноватости массива, а также изменение структуры в процессе короткозамедленного взрывания.

2. Установлено, что основным отличием КЗВ от мгновенного и разновременного способа является "напряженность" массива, вызываемая действием предыдущих очередей зарядов в процессе КЗВ. В трещиноватых породах "напряженность" выражается в уплотнении массива в основном за счет схлопывания пор и трещинных пустот.

3. Разработана методика расчета оптимального времени замедления при различных условиях взрывания трещиноватых пород скального типа. В общем случае интервал замедления зависит от физико-механических свойств массива, степени его нарушенности и параметров буровзрывных работ.

4. Расчет оптимальных интервалов замедлений показал, что по сравнению с первой ступенью, в последующих интервалы замедлений уменьшаются за счет уплотнения массива и в зависимости от условий взрывания, в случае если нет аномальной трещиноватости (видимых зияющих трещин порядка нескольких и более мм) составляют 3-20 мсек.

5. Испытание дифференцированных интервалов замедлений на карьере Ак-Тюевского рудоуправления показали значительное улучшение качества дробления, уменьшение диаметра среднего куска и объемного коэффициента разрыхления.

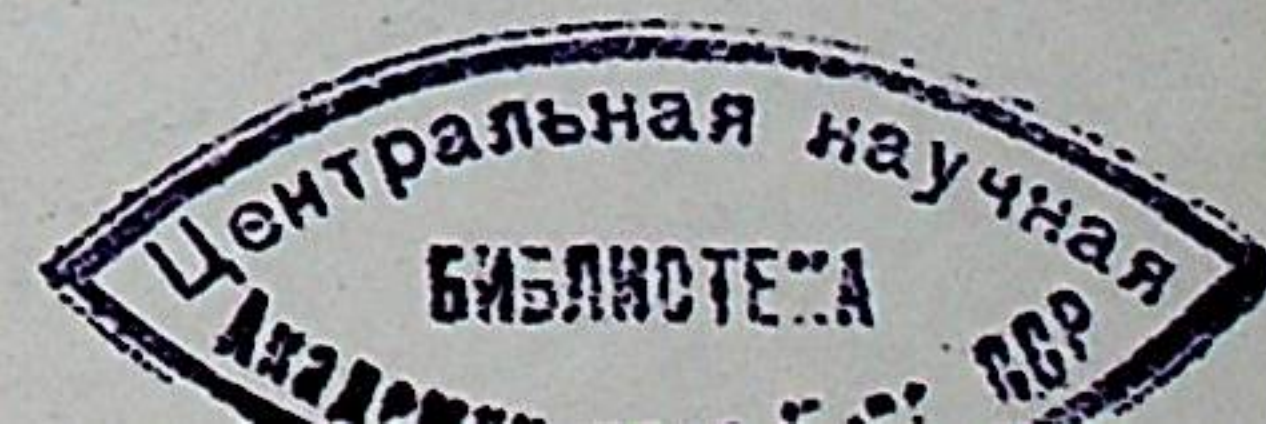
6. Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют рекомендовать нашей промышленности выпускать замедления в диапазоне от 3 до 20 мсек.

7. Предложенную методику взрывания зарядов можно применять как для повышения качества дробления, так и при отработке приконтактной зоны геологических рудных тел с целью уменьшения качественных потерь.

Основное содержание диссертационной работы изложено в работах /9 - 15/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А.А. Расчеты на прочность при сложном напряженном состоянии. Киев, 1968.



2. Паняев В.А. О деформациях и разрушениях полухрупких тел. Автореферат диссертации. Фрунзе, 1970.
3. Кучерявый Ф. И., Друкованый М.Ф., Гаек Ю.В. Короткозамедленное взрывание на карьерах. М., Госгортехиздат, 1962.
4. Ткачук К.Н., Ткачев С.И., Бутенко В.И. и др. Испытание новых методов КЗВ на карьерах Кривбасса. "Горный ж-л", № 10, 1967.
5. Ханукаев А.Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. Госгортехиздат, 1962.
6. Ризниченко Ю.В. О распространении сейсмических волн в дискретных и гетерогенных средах. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геоф., т. XIII, вып. 2, 1949.
7. Баум Ф.А., Григорян С.С., Санасарян Н.С. Теоретическое определение импульса взрыва вдоль образующей скважины и оптимальных параметров скважинного заряда. Труды У сессии Ученого Совета по народнохозяйственному использованию взрыва. Фрунзе, "Илим", 1965.
8. Баранов Е.Г. Короткозамедленное взрывание. Фрунзе, "Илим", 1971.
9. Мусалямов В.А., Баранов Е.Г. Расчет оптимальных интервалов замедлений при короткозамедленном взрывании трещиноватых пород скального типа. "Совершенствование разработки месторождений полезных ископаемых". Тезисы докл. Научно-технич. конференции 28-29 ноября 1972 г. Фрунзе, 1973 (в печати).
10. Мусалямов В.А., Баранов Е.Г. Количественная оценка степени трещиноватости массива для взрывных работ. Фрунзе, КиргизИНТИ, 1972.
11. Мусалямов В.А., Алиев Я.И. Новый метод многорядного короткозамедленного взрывания. Фрунзе, КиргизИНТИ, 1972.
12. Мусалямов В.А. Повышение эффективности короткозамедленного взрывания при подготовке горной массы. "Совершенствование систем разработки и технологии добычи руд на предприятиях Киргизии". Тезисы докл. и совещ. республ. научно-техн. конференции 18-19 окт. 1972 г. Фрунзе, 1972.

13. Мусалямов В.А., Секисов Г.В., Власов Н.М. Некоторые особенности моделирования взорванной горной массы в условиях Ак-Тюзского карьера. Сб.: Выемка и усреднение цветных и редких металлов. Фрунзе, "Илим", 1973 (в печати).

14. Секисов Г.В., Мусалямов В.А. Определение условий ликвидации разубоживания и потерь руды, обусловленных взрывными работами. Сб.: Выемка и усреднение цветных и редких металлов. Фрунзе, "Илим", 1973 (в печати).

15. Отчет по НИР. Исследование поля напряжений при короткозамедленном взрывании зарядов ВВ. Фрунзе, 1966.