

ЛБ ОД

14 ДЕК 1998

На правах рукописи

СТОЯНОВА ТАТЬЯНА ВЯЧЕСЛАВОВНА



**УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ
ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ
ПРИ ОТБОЙКЕ ГРАНИТА НА ЩЕБЕНЬ**

*Специальность 05.15.11 - Физические процессы горного
производства*

АВТОРЕФЕРАТ

**Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Санкт-Петербург
1998**

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном горном институте им.Г.В.Плеханова (техническом университете).

Научный руководитель:

доктор технических наук профессор В.А.Боровиков

Официальные оппоненты:

доктор технических наук профессор А.Б.Фадеев,

кандидат технических наук Г.С.Михайлов

Ведущее предприятие: ГП «Ленвзрывпром».

Защита диссертации состоится 22 декабря 1998 г. в 15 ч на заседании диссертационного Совета Д.063.15.01 в Санкт-Петербургском государственном горном институте им. Г.В.Плеханова по адресу: 199026 Санкт-Петербург, 21-я линия, д.2., ауд. 1206

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного горного института.

Автореферат разослан 20 ноября 1998 г.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного Совета
профессор**



Э.И.БОГУСЛАВСКИЙ

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы.

Наметившаяся тенденция роста потребления гранитного щебня в Российской Федерации, включая Санкт-Петербург и Ленинградскую область обусловила увеличение объёма добычи горной массы на гранитных карьерах. Однако, при традиционной технологии отбойки, сложившейся в последнее десятилетие прослеживается рост удельного расхода ВВ с 0,7 до 1,1 кг/м³ при увеличении выхода отсева до 15% и более, в то время как существенного снижения выхода негабарита не отмечено.

Задача минимизации выхода некондиционных фракций при добыче гранитного щебня и, особенно, снижение доли мелких фракций-отсева является весьма важной для производства. В условиях рыночных отношений, когда цена получаемой продукции определяет рентабельность работы предприятия, также важно качество получаемого щебня, определяемое прежде всего формой и прочностными характеристиками. Поставленная задача исследований тесно связана и с проблемой рационального использования природных ресурсов, с вопросами энерго- и ресурсосбережения. Поэтому актуальность данного направления исследований не вызывает сомнения, а повышенное внимание широкого круга учёных к рассматриваемым вопросам свидетельствует о их важности в фундаментальном и прикладном направлениях. Данная работа выполняется при поддержке РФФИ, грант 97-05-64578.

Цель диссертационной работы: заключается в повышении эффективности производства буровзрывных работ при отбойке гранитов, за счёт минимизации выхода некондиционных фракций, для получения щебня высокого качества.

Идея работы.

Управление импульсом взрывного нагружения осуществляется согласованием импеданса продуктов взрыва с акустической жёсткостью сухих и обводнённых гранитных

массивов, путём использования рациональных типов ВВ, диаметров и конструкций зарядов с радиальным зазором, заполненным водой, что позволяет сократить энергозатраты на отбойку и уменьшить выход отсева.

Задачи исследования:

1. Разработка методики расчёта, алгоритма и программы с целью определения параметров волны напряжений в функции относительного расстояния для зарядов цилиндрической симметрии с широким изменением объёмной концентрации энергии в зарядной камере, амплитуды и длительности действия волны напряжений зарядов ВВ заданной длины.
2. Установление взаимосвязи между интенсивностью волны напряжения и характером разрушения при отбойке сухих и обводнённых массивов взрывчатыми веществами с различными импедансами продуктов детонации.
3. Выбор типа взрывчатого вещества и конструкций зарядов для сухих и обводнённых массивов.
4. Оптимизация параметров буровзрывных работ при переходе на скважины малого диаметра.
5. Обоснование эффективности и безопасности применения простейших и конверсионных ВВ с оценкой их экономической эффективности.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования являются сухие и обводнённые гранитные массивы месторождений нерудных строительных материалов, протекающие в них процессы взрывного нагружения и вызванные ими эффекты разрушения, начиная от зарождения микродефектов, развития систем трещин, включая магистральные, и формирование грансостава горной массы.

При реализации работы использовались методы физического моделирования, математического программирования амплитудно-временных параметров волн напряжений, метод люминисцентной

микроскопии для декорирования микродефектов и фотопланометрический метод оценки грансостава.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Использование ВВ простейшего состава типа гранулита-Ж для отбойки сухих гранитных массивов сопровождается снижением амплитуды волны напряжений, в сравнении со штатными ВВ (гранулотолом), на 10-15% в зоне от 10 до 40 радиусов заряда, а в зоне от 40 до 60 радиусов сохраняется на уровне штатных ВВ, в результате чего обеспечивается снижение выхода мелких фракций при увеличении среднего размера куска на 5-10%.
2. Повышение эффективности отбойки обводнённых гранитных массивов обеспечивается путём увеличения импеданса продуктов детонации за счёт введения в состав гранулита-Ж добавок в виде пироксилиновых и нитроглицериновых порохов с использованием конструкций зарядов с радиальными зазорами, заполненными водой.
3. Переход на скважины малого диаметра сопровождается увеличением скорости спада напряжений на одинаковых относительных расстояниях, при сохранении значения амплитуды волны напряжений, что позволяет снизить энергозатраты на разрушение и удельный расход ВВ.

Научная новизна работы:

- Разработан метод расчёта параметров волны напряжений, позволяющий установить их взаимосвязь с характером разрушения гранитов, отличающийся учётом объёмной концентрации энергии и протяжённости заряда.
- В ближней зоне взрыва, при реализации высоких амплитуд волны напряжений обнаружен эффект интеркристаллитного раскола высокомодульных зёрен, а в средней зоне транскристаллитное разрушение; при амплитуде волны напряжений ниже предела прочности гранита на разрыв, в дальней зоне взрыва возникают закрытые микротрещины, формирующие зону предразрушения.

Практическая ценность работы заключается

- в доказательстве перспективности перехода на скважины малого диаметра с разработкой оптимальных параметров БВР, обеспечивающих снижение удельного расхода ВВ, повышения выхода кубовидных фракций.

- в обосновании принципиальной возможности и технологической целесообразности отбойки сухих гранитных массивов ВВ простейшего состава - гранулитом-Ж..

- в апробировании конструкций зарядов с радиальными зазорами, заполненными водой, вскрывшие возможность резкого снижения выхода мелких некондиционных фракций и улучшения равномерности дробления обводнённых гранитных массивов при некотором снижении удельного расхода взрывчатого вещества.

- показано, что при переходе на скважины малого диаметра и оптимальные параметры БВР обеспечивается снижение удельного расхода ВВ на 20%, сокращается в 2-3 раза выхода негабарита и повышается выхода кубовидных фракций.

Личный вклад автора диссертационной работы заключается в сборе и анализе результатов, постановке и проведении натурных и аналитических исследований, разработке метода расчета волн напряжения при отбойке гранита на щебень и написании программ, составлении практических рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- адекватностью принятой модели разрушения горной породы реальным физическим процессам происходящим при взрывном нагружении и разрушении горного массива;

- хорошей сходимостью теоретических и экспериментальных данных с результатами производственных наблюдений;

- использованием современных методов исследования быстропротекающих процессов, а также положительными результатами внедрения разработанных рекомендаций.

Реализация результатов работы осуществлена на гранитных карьерах Ленинградской области - Гавриловском карьероуправлении, вновь разрабатываемом месторождении "Заболтное", а также апробации использования одиночных скважин малого диаметра на карьере "Луппико" Карельского перешейка. В результате выполненных исследований обеспечено резкое снижение выхода негабарита до 1-4% по сравнению с 8-15% базового варианта.

Общий экономический эффект рассчитывается в основном, по объёму внедрения простейших ВВ и составил за период с 1997 по 1998 год около 200 тысяч рублей. При внедрении механизации приготовления простейших ВВ резко возрастёт объём их применения и соответственно, общий экономический эффект.

Апробация работы:

Основные положения работы докладывались на: второй и третьей конференции молодых учёных "Полезные ископаемые России и их освоение" СПГИ (ТУ), Санкт-Петербург, апрель 1997 и 1998 гг.; международных конференциях "ETER", Санкт-Петербург, октябрь 1996 и 1997 гг.

Публикации.

По теме диссертационной работы опубликовано 5 научных работ.

Объём работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и заключения, изложенных на 126 страницах текста, содержит 26

рисунков, 13 таблиц, список литературы из 114 наименований и приложения.

Диссертационная работа выполнена в СПГГИ в течение 1995-1998 годов и входит в комплекс исследований, проводимых на кафедре "Разрушение горных пород",

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору В.А. Боровикову за большую методическую помощь в выполнении работы, с.н.с. А.А. Рыскунову, с.н.с. А.Н. Шишову доц. В.А. Артёмову и другим сотрудникам кафедры РГП за помощь в работе над диссертацией.

Основное содержание работы.

На современном этапе развития промышленности строительных материалов разработке энерго- и ресурсосберегающей технологии отбойки гранита на щебень уделяется большое внимание, поскольку именно она в конечном счёте определяет в значительной степени стоимость конечной продукции. Минимизация энергозатрат на стадии отбойки существенно зависит от качественных и количественных показателей взорванной горной массы - интенсивности и равномерности дробления. Она может быть достигнута за счёт рационального распределения энергии в разрушаемом объёме. Задача состоит в том, чтобы снизить диссипативные потери в ближней зоне взрыва и обеспечить равномерность дробления отбиваемого массива. При этом управление дроблением обеспечивается за счёт увеличения объёма зоны регулируемого дробления и уменьшения зоны нерегулируемого дробления путём рационального использования энергии взрыва и оптимизации параметров БВР. Управление воздействием взрыва отдельного заряда при разрушении горных пород, по классификации Б.Н. Кутузова, обеспечивается за счёт изменения: расчётного удельного расхода ВВ; диаметра заряда; типа применяемого ВВ; конструкции заряда; направления инициирования сплошного заряда; порядка инициирования частей рассредоточенного заряда; качества и длины забойки.

Регулирование воздействия взрыва при групповом взрывании зарядов достигается путём изменения сетки и числа рядов скважин, интервалов замедления и очередности взрывания зарядов во взрываеом блоке, при принятой высоте уступа. К основным параметрам БВР, позволяющим обеспечить получение дробления требуемой интенсивности можно отнести расчётный удельный расход ВВ, диаметр и сетку расположения скважин. Остальные параметры БВР, по классификации Б.Н. Кутузова, позволяют уменьшить лишь выход негабаритной фракции в пределах 10-20% от первоначального.

В данной диссертационной работе оптимизация дробления горных пород достигается за счёт согласования интенсивности нагружения с физико-механическими свойствами разрушаемых гранитов, и прежде всего, импеданса продуктов детонации с акустической жёсткостью разрушаемых пород, что обеспечивается выбором рационального типа ВВ, объёмной концентрации энергии и скорости взрывчатого превращения ВВ в зарядной камере, что невозможно без детального численного исследования параметров волн напряжения, определения вызванного ими характера разрушения от микро до макроуровня.

В рамках решения выше поставленных задач проведён анализ современного состояния действия взрыва в среде и принята модель разрушения горных пород, отличающаяся учётом протекающих в массиве горных пород процессов на уровне микромеханики разрушения, адекватно описываемых в рамках волновой теории разрушения развиваемой академиком М.А. Садовским, Е.И. Шемякиным, проф. В.М. Гоголевым, В.Н. Родионовым, В.В. Адушкиным, А.Н. Ханукаевым, В.А. Боровиковым и др.. В основу механизма разрушения горных пород положена гипотеза С.Т. Журкова о кинетической теории прочности, развиваемой в работах В. Куксенко, А.М. Лесковского, М.Г. Менжулина и др..

В результате выполненных теоретико-экспериментальных исследований, на защиту выносятся следующие научные положения:

1. Использование ВВ простейшего состава типа гранулита-Ж для отбойки сухих гранитных массивов сопровождается снижением амплитуды волны напряжений в сравнении со штатными ВВ (гранулотолом) на 10-15% в зоне от 10 до 40 радиусов заряда, а в зоне от 40 до 60 радиусов сохраняется на уровне штатных ВВ, в результате чего обеспечивается снижение выхода мелких фракций при увеличении среднего размера куска на 5-10%.

Разработка данного научного положения базировалась на результатах численного расчёта параметров волн напряжений, возникающих при взрыве зарядов цилиндрической симметрии конечной длины. В основу численного расчёта параметров волн напряжений положены формулы и закономерности, полученные на кафедре "Разрушения горных пород", проф. В.А. Боровиковым, И.Ф. Ванягиным и развиваемая их коллегами С.В. Цирелем, И.Ю. Ермолаевым и др..

Для оценки максимальных амплитуд массовой скорости $v_{r \max}$ и напряжений $\sigma_{r \max}$ в зависимости от относительных расстояний в диапазоне от (4-6) R_{0z} до (12-15) R_{0z} были приняты эмпирические формулы:

$$V_{r \max} = \frac{3540}{\bar{r}^{2,2}} \quad (1) \quad \sigma_{r \max} = \rho_n \cdot C_p \cdot \frac{3540}{\bar{r}^{2,2}} \quad (2)$$

где $v_{r \max}$ - в метрах в секунду, $\sigma_{r \max}$ - в Паскалях. Для диапазона расстояний от (12-15) $R \leq \bar{r} \leq (80-150)$:

$$\sigma_{r \max}(\bar{r}) = \rho_n \cdot C_{II} \cdot \frac{2250}{\bar{r}^2} \quad (3)$$

где, $\sigma_{r \max}(\bar{r})$ - радиальная составляющая волн напряжений, Па; $\rho_n \cdot C_{II}$ - акустическая жесткость, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; \bar{r} - относительное расстояние. Форма записи радиальной и тангенциальной составляющих волн напряжений принята в соответствии с рекомендацией И.Ф. Ванягина и В.Г. Мыркина:

$$\sigma_r(\bar{r}, t) = \sigma_{r \max}(\bar{r}) \left\{ \frac{e^{-\alpha(\tau - \tau_n)} \sin \beta \tau [\varepsilon_0(\tau) - \varepsilon_0(\tau - \tau_*)]}{\sin \beta \tau_n} \right\} \quad (4)$$

$$\sigma_{\varphi}(\bar{r}, t) = \sigma_{\varphi_{\text{max}}}(\bar{r}) \left\{ \frac{1}{3} \sin \frac{\pi \tau}{\tau_n} \left[\varepsilon_0(t) - \varepsilon_0(\tau - \tau_n) \right] - \frac{e^{-\alpha(\tau - \tau_n)} \sin \beta(\tau - \tau_n)}{\sin \alpha \tau_n} \left[\varepsilon_0(\tau - \tau_n) - \varepsilon_0(\tau - \tau_n - \tau_+) \right] \right\} \quad (5)$$

где α - коэффициент, характеризующий крутизну нарастания и спада амплитуды волны напряжений во времени, с^{-1} ; τ - текущее время с момента прихода волны напряжений на расстояние r , с; τ_n - время нарастания амплитуды напряжений до максимума, с; $\beta = \pi/\tau_+$ - коэффициент, характеризующий продолжительность положительной фазы волны напряжений τ_+ , с^{-1} ; $\varepsilon_0(t)$ - единичная функция Хевисайда:

$$\varepsilon_0(t) = \begin{cases} 0 & \text{input} < 0 \\ 1 & \text{input} > 0 \end{cases} \quad (6)$$

Цилиндрический заряд длиной L разбивался на сферические заряды с центрами, лежащими на оси цилиндрического заряда, при этом, принимаем $R_{\text{сф}} = R_{\text{цил}}$. Верхний край заряда имеет координаты $(X_A; Z_A)$ в точке А, нижний край заряда обозначен точкой С. с координатами $(X_C; Z_C)$ (рис 1):

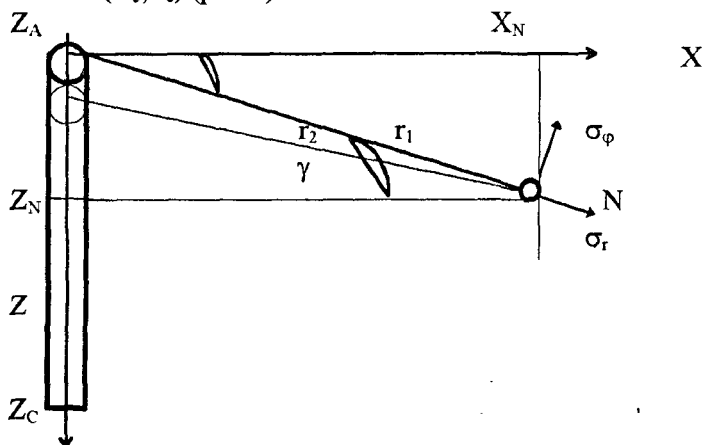


Рис. 1. Заряд цилиндрической симметрии в прямоугольной системе координат.

По цилиндрическому заряду со скоростью D из точки A в точку C распространяется детонационная волна. В момент времени t_1 зарождения детонационной волны, в точке A происходит формирование сферического волнового фронта. В момент времени $t_1 + \Delta t$, в точке $Z_A + \Delta Z$ происходит формирование следующего сферического волнового фронта, причём точки Z_A и $Z_A + \Delta Z$ в программе считаются подобными. Δt определяем из зависимости:

$$\Delta t = \frac{L}{D \cdot n} \quad (7)$$

где n - шаг по времени. Суммарные напряжения в точке N проектируются на ось X и ось Z . r_i для каждого сферического заряда определяется из выражения (см. рис. 1):

$$r_i = \sqrt{(Z_i - Z_N)^2 + X_N^2} \quad (8)$$

Принимая во внимание разворот векторов σ_r и σ_φ волна напряжений в точке наблюдения, с учётом углов γ , образованных направлением радиусов R_i , согласно осям OX и OZ :

$$\sigma_x(x, z, \tau) = \sigma_r(r, \tau) \cos^2 \gamma + \sigma_\varphi(r, \tau) \sin^2 \gamma \quad (9)$$

$$\sigma_z(x, z, \tau) = \sigma_r(r, \tau) \sin^2 \gamma + \sigma_\varphi(r, \tau) \cos^2 \gamma \quad (10)$$

$$\sigma_y(x, z, \tau) = \sigma_\varphi(r, \tau) \quad (11)$$

Для точки N с координатами (x, z) угол γ определяется:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_{gi} - z_N}{x_N}\right) \quad (12)$$

По изложенной методике написана программа расчёта параметров волны напряжений на языке *visual basic*, позволяющая рассчитать напряжения, возникающие в горной породе при взрыве зарядов цилиндрической симметрии в любой точке и в любой момент времени. Сетка из расчётных точек дала возможность оценить поле напряжений, возникающее вокруг заряда. Выполненные расчёты показали, что параметры волн напряжений, реализующиеся при взрыве простейших ВВ существенно отличаются от традиционно используемых при отбойке тротилосодержащими ВВ.

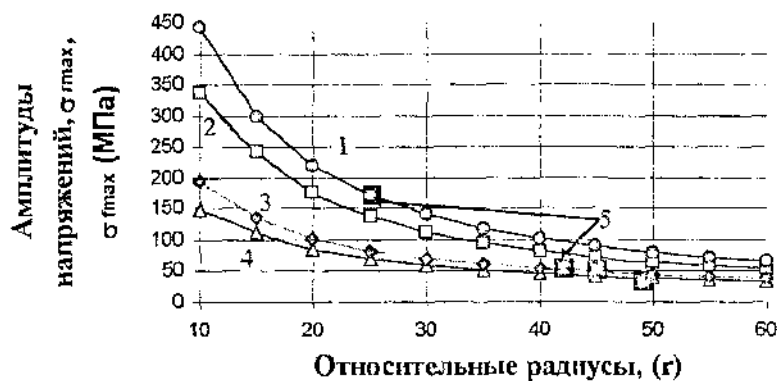


Рис.2. График зависимости амплитуды волны напряжений от относительного расстояния: 1 - гранипор и гранулотол, радиальная составляющая волны напряжений; 2 - граммонит и гранулит-Ж, радиальная составляющая волны напряжений; 3 - гранипор и гранулотол, тангенциальная составляющая волны напряжений; 4 - граммонит и гранулит-Ж, тангенциальная составляющая волны напряжений; 5 - аммонит № 6 ЖВ, экспериментальные точки.

Показано, что в зоне до 10 радиусов заряда возникающие напряжения на 20-30% ниже значения максимальной амплитуды волны напряжений, а в средней и дальней зонах, в пределах ЛНС интенсивность волны напряжений фактически остаётся такой же, как при использовании бризантных ВВ. Благодаря этому, простейшие ВВ типа гранулита-Ж обеспечивают преодоление линии сопротивления по подошве и разрушение массива, при снижении выхода мелкой фракции. Влияние импеданса ВВ на интенсивность разрушения доказано в лабораторных условиях, при взрыве моделей гранитных кубиков зарядами ТЭНа разной плотности, откуда следует, что при импедансе близком к реализуемому при использовании гранулита-Ж имеет место наиболее рациональное дробление. Сравнение этого импеданса с импедансом гранулита-Ж даёт основание считать, что рекомендуемое нами ВВ обеспечит достаточное дробление крепких скальных пород типа гранит. Это

положение прошло промышленную проверку на гранитных карьерах Ленинградской области с положительным результатом.

2. Повышение эффективности отбойки обводнённых гранитных массивов обеспечивается путём увеличения импеданса продуктов детонации за счёт введения в состав гранулита-Ж добавок в виде пироксилиновых и нитроглицериновых порохов с использованием конструкций зарядов с зазорами, заполненными водой.

Для обеспечения заданной интенсивности дробления трудновзрываемых обводнённых массивов обосновывается необходимость введения в состав гранулита-Ж конверсионных добавок гранипора на уровне 50-70%. В результате этого, обеспечивается более высокотехнологичное заряжание обводнённых скважин и как следствие, повышение плотности и скорости детонации, рекомендуемого состава. Известно, что в гранипорах при заряжании ими обводнённых скважин реализуется скорость детонации около 6000 м/с.



Рис.3. Зависимость амплитуды волны напряжений от величины радиального зазора.

В этом случае резко возрастает бризантность данного состава ВВ, что может привести к нежелательному эффекту переизмельчения в ближней зоне взрыва и как следствие, повышение выхода отсева. Для предотвращения этого явления нами обоснована необходимость использования конструкций зарядов с водяными зазорами, позволяющая регулировать в широком диапазоне интенсивность волны напряжений, путём изменения радиуса заряда и относительной величины водяного зазора.

Из рис. 3 следует, что амплитуда волны напряжений, при наличии водяного зазора имеет оптимум в районе $2Rз$, благодаря чему, можно снизить удельный расход взрывчатого вещества, получить необходимую степень дробления массива, при значительном снижении выхода мелкой фракции. Последнее положение подтверждено экспериментальными данными грансостава при взрывании гранитных кубиков результаты которых приведены в таблице 1:

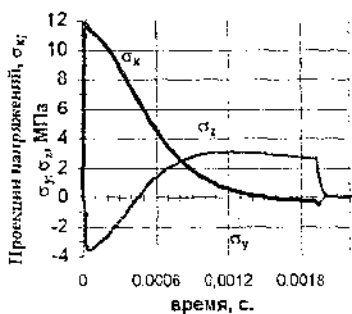
Таблица 1.

Размер фракций, мм								
< 0,25	0,25-0,315	0,315-0,63	0,63-1,25	1,25-2,5	2,5-5,0	5,0-10,0	10-20	20-40
Сплошной заряд, выход фракций в процентах								
10,8	1,9	5,3	4,4	6	14	27,5	23,7	6,4
Заряд с водяным зазором, выход фракций в процентах								
5,7	1,4	4,5	3,5	4,5	11,3	25,7	32,1	11,3

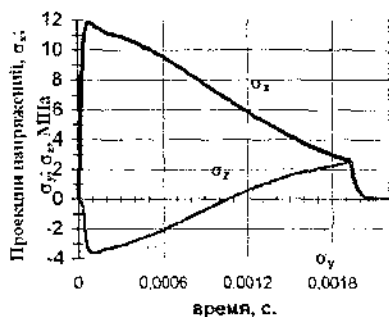
3. *Переход на скважины малого диаметра сопровождается увеличением скорости спада напряжений на одинаковом относительном расстоянии, при сохранении максимального значения амплитуды волны напряжений, что позволяет снизить энергозатраты на разрушение и удельный расход ВВ.*

Это положение обосновывается результатами выполненных расчётов по оценке параметров волн напряжений от зарядов больших диаметров (243,214 мм) и рекомендуемых малых диаметров (76, 92, 105 мм). На рис. 4 приведён расчёт волны напряжений в трёх точках,

1 - Точка напротив начала заряда

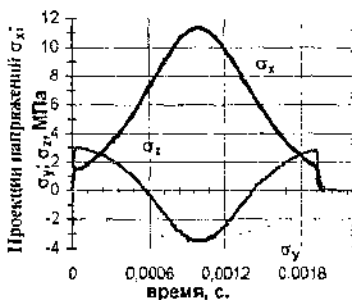


а

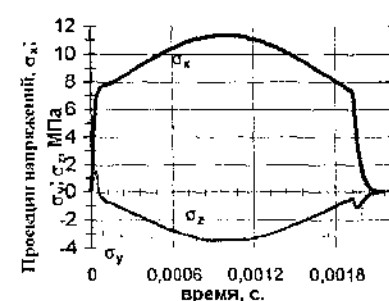


б

2 - Точка напротив середины заряда

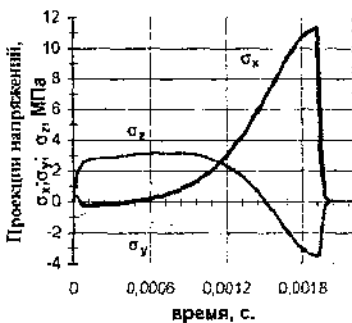


а

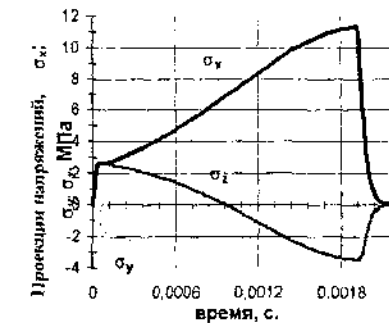


б

3 - Точка напротив нижнего конца заряда



а



б

Рис.4 Влияние диаметра заряда на форму волны напряжений.

расположенных на расстоянии 60 радиусов заряда от оси заряда цилиндрической симметрии а) - для диаметра 105 мм, б) - для диаметра заряда 252 мм. Как видно из рис.4.1. а) и б), напряжение σ_x уменьшается в два раза от максимальной величины для заряда с диаметром 105 мм за 0,5 мс, а для заряда с диаметром 252 мм за 1,2 мс. Аналогичный эффект наблюдается во второй и третьей точках.

Исследования, проводимые под руководством проф. М.Г.Менжулина показали, что уровень накопления микротрещин и их слияния до критических величин, при прохождении волны напряжений, экспоненциально зависит от амплитуды волны напряжений и линейно от времени действия разрушающих напряжений.

Таким образом, при взрывании зарядов больших диаметров, увеличивается длительность действия прикладываемых напряжений, при неизменной амплитуде и, как следствие, возрастает доля энергии, проходящая через разрушаемую породу, приводящая к нежелательному переизмельчению.

Промышленные испытания скважин малого диаметра на карьере "Заболотное" подтвердили снижение удельного расхода ВВ с 1,1 до 0,7 кг/м³, при сохранении высокой эффективности отбойки гранитного массива. Промышленная проверка отбойки гранита зарядами малого диаметра показана, что выход негабарита сократился до 1-2%.

Заключение

В диссертации изложено новое решение актуальной научно-технической задачи по разработке метода совершенствования параметров БВР, при уступной отбойке гранитных массивов скважинными зарядами в направлении обеспечения равномерности дробления, при минимизации некондиционных фракций, основанного на установлении закономерностей формирования и распространения волн напряжений в скальных породах, при взрыве

зарядов с существенно различной объёмной концентрацией энергии и выявлении взаимосвязи с характером разрушения.

В результате проведённого анализа параметров БВР на гранитных карьерах Ленинградской области, выполненных теоретико-экспериментальных исследований параметров волн напряжений от заряда из различных типов ВВ и конструкций, а также проведённых полигонных и производственных экспериментальных работ, обоснована принципиальная возможность использования простейших ВВ типа гранулита-Ж для отбойки гранитных массивов. Показано, что переход на взрывчатые вещества с более низкими скоростями взрывчатого превращения сопровождается снижением выхода отсева при незначительном увеличении среднего куска. При этом, обеспечивается хорошая проработка уступа при предельных значениях ЛНС, соответствующих значениям, имеющим место при отбойке гранитов штатными ВВ.

Дальнейшее совершенствование параметров БВР, особенно при отбойке обводнённых массивов рекомендуется осуществлять за счёт сенсбилизации гранулита-Ж конверсионными добавками, а именно введением в него гранипора, обеспечивающего хорошую потопляемость смесового ВВ и увеличение скорости детонации, при использовании скважины малого диаметра.

Для приготовления рекомендуемых ВВ предлагается схема и технология, механизированного приготовления гранулита-Ж прошедшая апробацию на Североонежском бокситовом руднике (СОБР) и допущенная Госгортехнадзором России для условий карьеров строительных материалов.

Выполненные расчёты дают основание рекомендовать использование скважин малого диаметра (76-105мм) для отбойки сухих и обводнённых массивов. Проведённая промышленная апробация малых диаметров на месторождении "Заболотное" подтвердила целесообразность их использования и обеспечила снижение выхода негабарита в 2-3 раза, при сокращении удельного расхода на 30%.

Разработанные нами рекомендации по оптимизации параметров БВР включены в проект БВР и реализуются на месторождении "Заболотное" в настоящее время.

Основные выводы по диссертационной работе:

1. Разработана методика расчёта параметров волн напряжения для зарядов цилиндрической симметрии, отличающаяся от ранее известных учётом влияния длины заряда, скорости детонации, путём введения в расчёт теоретико-экспериментальных зависимостей адекватно описывающих протекающие в заряде ВВ и массиве горных пород физические явления и процессы.
2. Выполненные расчёты параметров волны напряжений в гранитном массиве для штатных и рекомендуемых нами взрывчатых веществ с широким изменением объёмной концентрации энергии заряда, позволяющие обосновать использование простейших ВВ для отбойки гранитов..
3. Установлена взаимосвязь параметров волны напряжений, возникающей при взрывном нагружении, с характером разрушения монолитного массива, иллюстрирующая эффект интеркристаллитного разрушения гранитного массива в ближней зоне взрыва и транскристаллитного разрушения в средней и дальней зонах взрыва.
4. Экспериментально доказано формирование зоны предразрушения при интенсивностях волны напряжений существенно ниже характерной для гранитов динамической прочности на отрыв.
5. Обоснована связь качественных показателей дробления с диаметром скважин и показана тенденция на снижение выхода негабарита и отсева при переходе на скважины малого диаметра.
6. Показана возможность снижения интенсивности дробления и выхода мелких фракций при отбойке обводнённых трещиноватых массивов с использованием конструкций зарядов из мощного ВВ путём создания водяного радиального зазора.

7. Намечены пути и обоснована экономическая целесообразность механизированного приготовления ВВ простейшего состава и сенсбилизированного конверсионными добавками.

Ожидаемый годовой экономический эффект от предложенных рекомендаций составит 500 тысяч рублей, при снижении себестоимости на 1 м^3 отбитой горной массы примерно на 1 рубль.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. В.А. Боровиков, А.М. Лесковский, Т.В. Стоянова Физические основы технологии щадящего взрывания при добыче кристаллосырья. Труды конференции "ЕТЕР" 7-10 октября 1996г.
2. Т.В. Стоянова, А.А. Иванов Определение радиуса опасной зоны при массовых взрывах с целью обеспечения сохранности монолитных гранитов. Труды ежегодной научной конференции молодых учёных "Полезные ископаемые России и их освоение" СПГГИ (ТУ) 23-24 апреля 1997г.
3. В.А. Боровиков, Т.В. Стоянова Совершенствование техники и технологии взрывного дробления гранита на щебень. Труды конференции "ЕТЕР" 7-10 октября 1997г.
4. Т.В. Стоянова Совершенствование параметров БВР на примере месторождения гранитов "Луппика" Труды ежегодной научной конференции молодых учёных "Полезные ископаемые России и их освоение" СПГГИ (ТУ) 23-24 апреля 1997г.
5. Т.В. Стоянова Оптимизация параметров БВР при отбойке гранитов скважинами малого диаметра Труды ежегодной научной конференции молодых учёных "Полезные ископаемые России и их освоение" СПГГИ (ТУ) 15-16 апреля 1998г.