

Абдулкадыров Магомед Абдулкадырович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ОТБОЙКИ НА
КАРЬЕРАХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ**

Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение пород взрывом,
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2010 г.

Работа выполнена в Ассоциации «Союзвзрывпром»

Научный руководитель:

доктор технических наук Барон Всеволод Лазаревич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Казаков Николай Николаевич

кандидат технических наук, доцент Горбонос Михаил Григорьевич

Ведущая организация:

ООО «Промтехвзрыв» (г.Москва)

Защита диссертации состоится – «21» октября 2010 г. в 13 час., ауд. 6-87 , на заседании диссертационного совета Д 212.121.08 в Российском государственном геологоразведочном университете имени С.Орджоникидзе.

Адрес: 119997, г.Москва, ул.Миклухо-Маклая, д.23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета имени С.Орджоникидзе.

Автореферат разослан «20» сентября 2010 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат технических наук, доцент

Е.Н.Холобаев

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Повышение эффективности разработки месторождений строительных материалов открытым способом в значительной мере зависит от уровня техники и технологии буровзрывных работ (БВР), являющихся одними из наиболее важных при подготовке горной массы на карьерах. Ввиду существенного сокращения в последние 10-15 лет объемов добычи (соответственно расходов ВВ и числа взрывов) и усложнением горно-геологических и технических условий отбойки, связанных с повышенной обводненностью пород, их неоднородностью, возрастанием глубины разработки и сложной инфраструктурой при выполнении БВР, возросла значимость каждого массового взрыва и необходимость гарантированного обеспечения безопасности и высокого качества дробления пород и для организации ритмичных работ по дальнейшей переработке взорванной горной массы.

Расстояния от зарядов ВВ до охраняемых объектов (ОО), повреждения которых в результате взрывов должны быть полностью исключены, часто составляют менее 150-200 м, в связи с чем значительно ужесточались, как требования к выбору рационального расхода ВВ, безопасных конструкций зарядов и способов их взрывания, так и прогнозированию размеров зон разрушения, а также вероятности потерь территорий, главным образом, вследствие разлета кусков породы. Последнее обстоятельство в ряде случаев приобрело особо решающее значение из-за требований органов надзора об обязательной экологической экспертизе результатов взрывов, выполняемых в стесненных условиях.

Очень важную роль играет и совершенствование рационального ассортимента взрывчатых материалов (ВМ), в первую очередь, за счет более широкого внедрения на карьерах стройматериалов простейших и эмульсионных ВВ, так как затраты на их приобретение и использование составляют в настоящее время не менее 50-60% себестоимости БВР.

Изложенные соображения, таким образом, свидетельствуют об актуальности научной задачи дальнейшего совершенствования БВР на основе регули-

рования качества дробления в зависимости от условий работ, применения новых взрывчатых материалов (ВМ), повышения уровня безопасности взрывных работ и надежности получения требуемых результатов отбойки.

Цель работы – повышение эффективности и безопасности БВР на карьерах стройматериалов за счет обоснования рациональных параметров отбойки и ассортимента ВВ, надежного прогнозирования качества дробления, размеров зон разрушения и потерь территорий вследствие разлета кусков породы при массовых взрывах.

Идея работы заключается в разработке комплексной системы обеспечения требуемых качества и безопасности работ, основанной на выборе показателей БВР в зависимости от горно-геологических и технических условий и учете стабильности результатов взрывов, а также возможностей регулирования размеров зон разрушений, дальности разлета и потерь территорий на различных расстояниях от зарядов ВВ.

Методы исследования. В работе использовалась комплексная методика, включающая анализ и обобщение результатов экспериментальных и промышленных взрывов, теоретические исследования, статистический и системный анализ, компьютерные технологии, методы экспертных оценок и производственно-технических обобщений.

Защищаемые положения:

1. Расчет расхода ВВ и выбор конструкции зарядов при использовании различных ВВ в зависимости от качества дробления, свойств взрываемых пород, дальности разлета и потерь территорий вследствие разлета кусков породы.

2. Метод оценки стабильности результатов массовых взрывов и эффективных направлений дальнейшего совершенствования их качества и повышения безопасности на карьерах стройматериалов.

3. Методика определения вероятности потерь территорий и радиусов опасных зон для машин и механизмов по разлету кусков породы.

4. Регулирование зоны разрушения на карьерах штучного камня за счет применения защитных демпферов.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждаются:

- проведением достаточного числа экспериментальных взрывов и наблюдений, а также анализом промышленных взрывов в широком диапазоне горно-геологических и технических условий на карьерах стройматериалов.
- результатами внедрения результатов диссертационной работы в производственных условиях.
- комплексной методикой проведения исследований.

Научная новизна заключается в разработке рациональных параметров и регулировании качества отбойки в зависимости от условий ведения БВР, вариации результатов взрывов и оценке степени их стабильности. Предложен метод определения вероятности потерь территорий в различных горно-геологических и технических условиях и обоснования размеров опасных зон для машин и механизмов по разлету.

Практическое значение работы заключается в возможности повышения качества и безопасности БВР при реализации рекомендаций автора по оценке эффективности применения различных ВВ, определению их переводных коэффициентов и выхода негабарита, расчету опасных зон по разлету и потерям территорий, регулированию размеров зон разрушений за счет применения защитных демпферов.

Реализация работы. Рекомендации автора по повышению качества и безопасности БВР на карьерах стройматериалов внедрены в Ассоциации «Союзвзрывпром», в ООО «Центральная производственно - экспериментальная специализированная строительная лаборатория по инженерному обеспечению буровзрывных работ» (ООО «ЦПЭССЛ БВР»), ОАО «Союзвзрывпром», ОАО «Ленвзрывпром» и ООО ХК «Взрывпромтехнология» (Дагестан).

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докла-

дывались на технических советах ассоциации «Союзвзрывпром», семинарах в ЦПЭССЛ БВР, на XIII и XIV Международных конференциях «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов», на VII и VIII Международных конференциях «Взрывные работы и окружающая среда. Современный ассортимент промышленных ВМ. Ассортимент ВВ. Безопасность хранения и перевозки».

Публикации. По теме диссертации опубликованы 5 статей (в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАКом РФ) и разработаны согласованные с экспертной организацией при Ростехнадзоре ООО «Промтехвзрыв» «Указания по определению радиусов опасных зон по разлету для механического оборудования, зданий и сооружений и оценке потерь территорий в пределах границ указанных зон при производстве взрывных работ на земной поверхности».

Объем работы. Диссертация состоит из 5 глав, заключения, изложенных на 114 страницах машинописного текста, и содержит 13 рисунков, 24 таблицы и список литературы из 111 наименований.

Основное содержание работы

Исследования по повышению технико-экономической эффективности и безопасности отбойки основываются на результатах экспериментальных и промышленных взрывов, проведенных в 2002-2008 г.г. на карьерах стройматериалов в условиях характерных для современной практики БВР.

Различные аспекты совершенствования параметров и их оптимизации, обоснования безопасных режимов отбойки управления качеством дробления, выбора рационального ассортимента ВВ и СВ, схем инициирования при производстве массовых взрывов рассмотрены в работах Мельникова Н.В., Трубецкого К.Н., Адушкина В.В., Демидюка Г.П., Викторова С.Д., Казакова Н.Н., Закалинского В.М., Кутузова Б.Н., Белина В.А., Барона В.Л. и других ученых.

При выполнении исследований автором были проанализированы результаты 348 взрывов, проведенных по его рекомендациям на объектах Ассоциа-

ции «Союзвзрывпром» при отбойке известняков, гранитов, песчаников, мергелей, диабазов и диоритов V-XI групп по шкале СНиП, I-V категорий трещиноватости по классификации Межведомственной комиссии по взрывному делу. Из этого числа взрывов в 137 автор принимал непосредственное участие. Кроме того, при анализе были использованы отчетные данные более чем по 500 промышленным взрывам в указанных породах, любезно предоставленные Ассоциацией «Союзвзрывпром» и ООО «ЦПЭССЛ БВР».

Исследования автора охватывали практически весь диапазон изменения основных параметров при современной технике и технологии БВР на карьерах стройматериалов: диаметр скважин от 100 до 250 мм; высота уступов 4-20 м; выход негабарита 0-17%, размер кондиционного куска от 0,3 до 1,1 м; удельный расход ВВ на основное взрывание 0,3-1,4 кг/м³ при отбойке различными ВВ (граммониты, гранулиты, гранипоры, аммонит БЖВ, игданиты, эмульсионные ВВ и др.).

При обработке результатов экспериментальных и промышленных взрывов фиксировались как фактические, так и проектные значения высот уступов, сетки скважин, конструкции зарядов, их коэффициенты сближения, схемы взрывания, расходы бурения, ВВ и СВ, выход негабарита, элементы развала, степень обводненности и трещиноватость пород, размеры опасных зон и повреждения охраняемых объектов, а также потери территорий вследствие разлета кусков породы.

Определение фактического выхода негабарита производилось автором по планограммам и видеограммам, а также по расходу электродетонаторов на вторичное дробление.

Расчет объемов негабаритных кусков (V) осуществлялся следующими способами:

- По результатам замеров по поверхности развала трех максимальных размеров кусков рассчитывался описанный объем этих кусков, а затем с учетом поправочных коэффициентов ρ определялся их истинный объем. Величина ρ и

ее колеблемость на карьерах стройматериалов были установлены автором экспериментально;

- по фотопланограммам (видеограммам) развала определялась максимальная горизонтальная площадь кусков, а затем с использованием так называемых объемных коэффициентов перехода K_0 (их значения также были установлены автором экспериментально) рассчитывалась величина V . Коэффициенты K_0 определены для кусков кубообразной, столбчатой, плитчатой и пластинчатой форм. По опыту «Союзвзрывпрома» при существующей технологии БВР не менее 75-80% всех негабаритных кусков имеют такие формы.

Точность расчетов V с использованием двух указанных поправок примерно одинакова и характеризуется средними коэффициентами вариации ($K_{\text{вар}}$) соответственно 20 и 25%. В случае оценки выхода негабарита по расходу электродетонаторов $K_{\text{вар}}$ достигал 40%.

Решающее значение при обосновании дальнейших направлений совершенствования БВР имеет правильный выбор ассортимента применяемых ВВ, затраты на которые являются основными в структуре себестоимости отбойки на карьерах стройматериалов и доходящими до 60-65 и 80-85% (соответственно в известняках и гранитах). В настоящее время наиболее эффективными являются: эмульсионные ВВ (ЭВВ), гранипоры, граммопоры, игданиты, однако обоснования рационального расхода таких ВВ, ожидаемой кусковатости, конструкций комбинированных зарядов и переводных коэффициентов (e), учитывающих изменение качества дробления, отсутствуют. Выполненные исследования автора позволили установить величину e и разработать рекомендации по выбору основного параметра – удельного расхода ВВ в зависимости от условий отбойки и выхода негабарита при использовании указанных ВВ и при различных конструкциях зарядов.

Экспериментальные взрывы с применением ЭВВ были проведены в породах различной обводненности типа гранитов IX-XI групп по шкале СНИП в ОАО «Ленвзрывпром» в Северо-Западном регионе РФ в 2006-2008 г.г. ЭВВ -

наливные и патронированные (Сибирит-1200 и АС-25П) использовались в скважинах диаметром 102 и 250 мм при высотах уступов 10-15 м. Суммарный расход указанных ЭВВ составил 100,8 т. Установлено, что при увеличении удельного расхода ВВ (q) с 0,8-1 кг/м³ до 1,1-1,5 кг/м³ выход негабарита снижался на 20-30% по сравнению с отбойкой штатными ВВ (аммонит бЖВ и граммонит 79/21). Наиболее существенным оказалось влияние удельного расхода на качество дробления при q до 1,3 кг/м³. Сетка расположения скважин и их глубины были одинаковыми при использовании штатных и эмульсионных ВВ, а увеличение q обеспечивалось за счет повышенной (до 1,2-1,25 г/см³) плотности заряжения ЭВВ. В случае использования ЭВВ качество дробления оказалось практически одинаковым при различной конструкции зарядов (взрывы с гидрозабойкой, с забойкой из инертных материалов (буровая мелочь) и без забойки). Отклонения выхода негабарита (от 0,51 до 1,98%) на этих взрывах были не существенными и находились в пределах допустимых при оценке кусковатости планиметрическим способом. Установлено, что если длина незаряжаемой части скважин составляет не менее 20 диаметров заряда, то дальность разлета при гидрозабойке возрастает на 20-30% по сравнению с использованием инертной забойкой. При взрывании зарядов из ЭВВ без забойки разлет кусков породы был максимальным, но его дальность была на 50% ниже рекомендованной для таких случаев в «Единых правилах безопасности при взрывных работах».

Для определения переводных коэффициентов в случае отбойки игдани-тами известняков и песчаников V-VIII групп и их различной трещиноватости автором было проведено 24 экспериментальных взрыва на двух карьерах в Дагестане в 2003-2005 г.г. В Технических правилах не приводятся возможные диапазоны изменения e в таких условиях и применении игданитов, изготавливаемых на пористой или гранулированной селитре. При взрывании игданитов на пористой селитре величина e была равна 1,05-1,13, гранулированной - 1,08-1,29. Минимальные значения e были зафиксированы в породах V-VI групп,

(при коэффициентах вариации ϵ от 13,4 до 22,4%).

В табл. 1 приведены установленные автором переводные коэффициенты ϵ для наиболее часто применяемых в настоящее время ВВ на карьерах стройматериалов.

Таблица 1

Переводные коэффициенты для различных ВВ
(эталон – аммонит бЖВ)

Тип ВВ	Переводные коэффициенты
Гранипоры	1,03-1,1
Альгетол	0,85-0,9
Гексотал	0,82-0,87
Гекфол	0,82-0,9
Аммонал-200	0,9-0,95
Тротил –У	0,9-0,98
Граммонит ТМ	1,1-1,5
Игданиты	1,06-1,15
Граммопоры	1,1-1,2
Селипоры	0,9-0,93
Эмульсионные	1,1-1,3
Граммонит 79/21	1,0

Определение ϵ производилось как по результатам экспериментальных работ, так и обработки данных промышленных взрывов (по отчетным материалам спецуправлений ассоциации «Союзвзрывпром» за 1997-2008 г.г.).

При анализе этих материалов, также как и проведении автором опытных взрывов, оценивались диапазоны изменения расхода ВВ, при которых обеспечивались примерно одинаковое качество дробления и проработки подошвы уступов, а также учитывалась степень колеблемости результатов отбойки. Установленные и уточненные переводные коэффициенты для различных типов ВВ были получены для следующих условий: диаметр скважин – от 105 до 250 мм; высота уступов от 8-10 до 18-20 м; породы V-VI ÷ X-XI групп по СНиПу, I-IV категорий трещиноватости и различной обводненности; удельный расход ВВ от 0,3 до 1,5 кг/м³. Размер кондиционного куска был равен 0,3-1,0 м (в 70% всех случаев – 0,6-0,8 м). Выход негабарита колебался от 1-2 до 12-15%.

Исходя из условия обеспечения качественного дробления при использовании штатного ВВ (аммонита бЖВ) величину нормативного удельного расхода ВВ q_n рекомендуется определять по формуле

$$q_n = 0,022 + 0,038F^3 \sqrt{\frac{F^2}{N+2}}, \quad \text{кг/м}^3, \quad (1)$$

где q_n – нормативный удельный расход ВВ, кг/м³;

F – группа пород по СНИП;

N – требуемый выход негабарита, %.

Величина q_n должна быть скорректирована в соответствии с фактическим размером кондиционного куска на карьере (формула получена для кондиционного куска 0,5-0,7 м) и применяемым типом ВВ в соответствии с табличными значениями переводных коэффициентов e .

Коэффициент вариации фактических величин q_n , относительно полученных по формуле (1), не превышает 20%.

Радиус опасных зон по разлету R_p^M , в пределах которых возможны повреждения механического оборудования, а также зданий и сооружений должен составлять

$$R_p^M = 200K_y \frac{(q_n H)^{0,4}}{\sqrt{L_{заб}}}, \quad \text{м} \quad (2)$$

где K_y – коэффициент условий взрывания, изменяющийся от 1,0 до 0,75 соответственно для многорядного короткозамедленного взрывания и поскважинной схеме инициирования;

q_n – нормативный удельный расход ВВ, принимаемый по формуле (1);

H – высота уступа, м;

$L_{заб}$ – длина забойки в устье скважины, м. Минимальная величина $L_{заб}$ принимается ≥ 20 диаметров заряда.

При оценке точности вычислений по формуле (2) расчетная надежность была принята равной 0,9, т.е. такой же, как в «Единых правилах безопасности при взрывных работах» при прогнозировании негативных воздействий взрывов

на охраняемые объекты. Средние отклонения фактических и расчетных R_p^m соответствуют коэффициентам вариации от 10 до 25% (см. табл. 2). По указанной причине полученную по формуле (2) величину R_p^m следует дополнительно увеличивать на величину $K_{вар}$, приведенную в табл. 2 и принимаемую в зависимости от условий отбойки.

Таблица 2

Средние значения коэффициентов вариации фактической дальности разлета относительно расчетной, %

Группа пород по СНиП	Категория трещиноватости пород при Н=6-10 м		Категория трещиноватости пород при Н=10,1-15 м		Категория трещиноватости пород при Н=15,1-20 м	
	II-III	IV-V	II-III	IV-V	II-III	IV-V
IV-VI	25	25	23	18	16	15
VII-VIII	22	20	19	16	14	12
IX-XI	20	17	16	14	13	10

При определении потерь территорий (пахотных земель, лесных массивов и т.п.) вследствие разлета кусков породы при массовых взрывах необходимо учитывать не только размеры опасных зон, а также число кусков и вероятность (P) повреждений объектов, находящихся на различных расстояниях R_X от зарядов ВВ. Предлагается оценивать изменение P в трех специально выделенных автором фиксированных зонах. Зонам соответствуют следующие расстояния (считая от зарядов первого ряда):

- 1 зона – расстояния R_1 до границ сплошного развала отбитой горной массы;
- 2 зона – расстояния R_2 до границ опасной зоны для машин и механизмов (R_p^m);
- 3 зона – расстояния R_3 до границ опасной зоны по разлету для людей, устанавливаемой в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

Фиксирование числа и размеров выпавших кусков производилось автором в этих зонах с шагом измерений 10 м на квадратных площадках размерами 10×10 м. Наблюдения были проведены на тех же карьерах, как и при определении значений R_p^m .

На расстояниях R1 вероятность поражения P составляет 1,0, т.к. поверхность в результате взрыва оказывается полностью «закрытой» навалом отбитых пород. Расчет величины R1 следует вести по Техническим правилам в зависимости от удельного расхода ВВ, длины ЛСПП и высоты уступов.

При оценке вероятности поражения на границах опасной зоны для машин и механизмов, рассчитываемой в зависимости от параметров расположения, конструкции зарядов и условий отбойки (см. формулу 2), автором было установлено, что на таких расстояниях величина P изменяется в довольно узком диапазоне – от 0,2 до 0,3. При этом бóльшие значения P (0,25-0,3) были зафиксированы в случае отбойки трещиноватых пород I-III категорий. В породах IV-V категорий трещиноватости вероятность P не превышает 0,25, составляя в среднем 0,22.

В процессе обработки результатов промышленных и опытных взрывов случаев превышения проектных значений R3 (при соблюдении допустимых отклонений фактических параметров от их проектных значений и расчетом R3 по «Единым правилам безопасности при взрывных работах») зафиксировано не было. Повреждения поверхности (соответственно и потери территорий) отмечались на расстояниях не более 0,9 R3 от места взрывов. Вероятность таких поражений, также как и при анализе изменения P2 во 2 зоне, зависела не только от условий отбойки, но и естественной трещиноватости взрывааемых массивов. Характерно, что непосредственно у границы опасной зоны радиусом 0,9 R3 (ширина этой зоны 10 м) было зафиксировано выпадение не более 1,5% кусков. Средняя вероятность поражения P3 на расстояниях 0,9 R3 составила 0,03 (от 0,01 до 0,05). Меньшие значения P3 относятся к случаям отбойки пород IV-V категорий трещиноватости.

Изменение $P(R)$, как показывает анализ имеющихся литературных данных и выполненные нами измерения, может быть оценено с помощью стандартной формулы гиперболической зависимости

$$P(R)=a+b(R+c), \quad (3)$$

где a , b и c – коэффициенты, определяемые условиями производства конкретного взрыва.

Для установления величины этих коэффициентов должны быть заданы три пары их значений, характеризующих изменение расстояний R до места взрыва и соответствующие этим расстояниям вероятности $P(R)$.

В трех указанных зонах вероятности могут быть выражены следующим образом:

$$P_1=P(R_1)=1,0 \text{ (зона сплошного развала);}$$

$P_2=P(R_2)=0,2-0,3$ в зависимости от размеров опасной зоны для машин и механизмов, параметров и условий отбойки;

$P_3=P(R_3)=0,01-0,05$ в зависимости от размеров опасной зоны для людей и трещиноватости пород (на расстояниях, составляющих 0,9 размеров указанной опасной зоны).

Соответствующая система уравнений для определения коэффициентов a , b и c (применительно к конкретным условиям), таким образом, имеет вид:

$$a+b(R_1+c)=P_1, \quad (4)$$

$$a+b(R_2+c)=P_2, \quad (5)$$

$$a+b(R_3+c)=P_3, \quad (6)$$

Ввиду того, что по требованиям контролирующих органов часто требуется оценить не точечное, а вероятность зонального поражения (т.е. долю δ от площади S , находящейся на расстояниях от R_X до R_Z , считая от зарядов первого ряда), задача сводится к определению среднего значения $P(R)$ в такой зоне (R_X, R_Z), т.е. нахождению интеграла выражения $P(R)$, отнесенного к величине $\langle R_Z - R_X \rangle$:

$$\delta(R_X, R_Z) = \left\{ \int_{R_X}^{R_Z} (a+b/(R+c)) dR \right\} / (R_Z - R_X) = a + \left\{ \int_{R_X}^{R_Z} (b/S) dS \right\} / (R_Z - R_X) =$$

$$= a + b \ln \left[\frac{RZ + c}{RX + c} \right] / (RZ - RX) \quad (7)$$

Для удобства выполнения расчетов автором разработана специальная модель в среде редактора электронных таблиц EXCEL (вид электронной таблицы приведен на рис. 1). Порядок расчетов по этой модели следующий:

1) В ячейки A2-F2 вводятся соответственно значения величин P1, P2, P3, R1, R2, R3. После этого в ячейках L2, K2, J2 автоматически появляются найденные в результате решения системы уравнений коэффициенты a, b, c. Ячейки G2, H2, I2 при этом используются только как рабочие.

2) В ячейки A7, A8, A9, и т.д. вводятся соответственно значения R_i расстояний до места взрыва, на которых необходимо оценить значения вероятностей $P(R_i)$. После этого в ячейках B7, B8, B9, и т.д. автоматически появляются рассчитанные по формуле значения $P(R_i)$. Также автоматически строится приведенный на рис. 1 график, по которому может определяться $P(R)$ без использования электронной таблицы.

3) В пары ячеек (D7,E7), (D8,E8), (D9,E9), и т.д. вводятся соответственно значения (RX_j, RZ_j) , задающие границы интересующих зон возможных повреждений поверхности (потерь территорий) в интервалах $\langle RX_j, RZ_j \rangle$ расстояний до места взрыва. После этого в ячейках F7, F8, F9, и т.д. автоматически появляются и рассчитанные по формуле значения долей $\delta(RX, RZ)$ пораженной площади в соответствующей зоне (зонах).

Для приведенного на рис. 1 примера в зоне от $RX=22.5$ м до $RZ=200$ м доля δ равна 0.292; от $RX=22.5$ м до $RZ=50$ м - 0.753; в зоне от $RX=50$ м до $RZ=100$ м - 0.383; в зоне от $RX=100$ м до $RZ=150$ м - 0.172; в зоне от $RX=150$ м до $RZ=200$ м - 0.066.

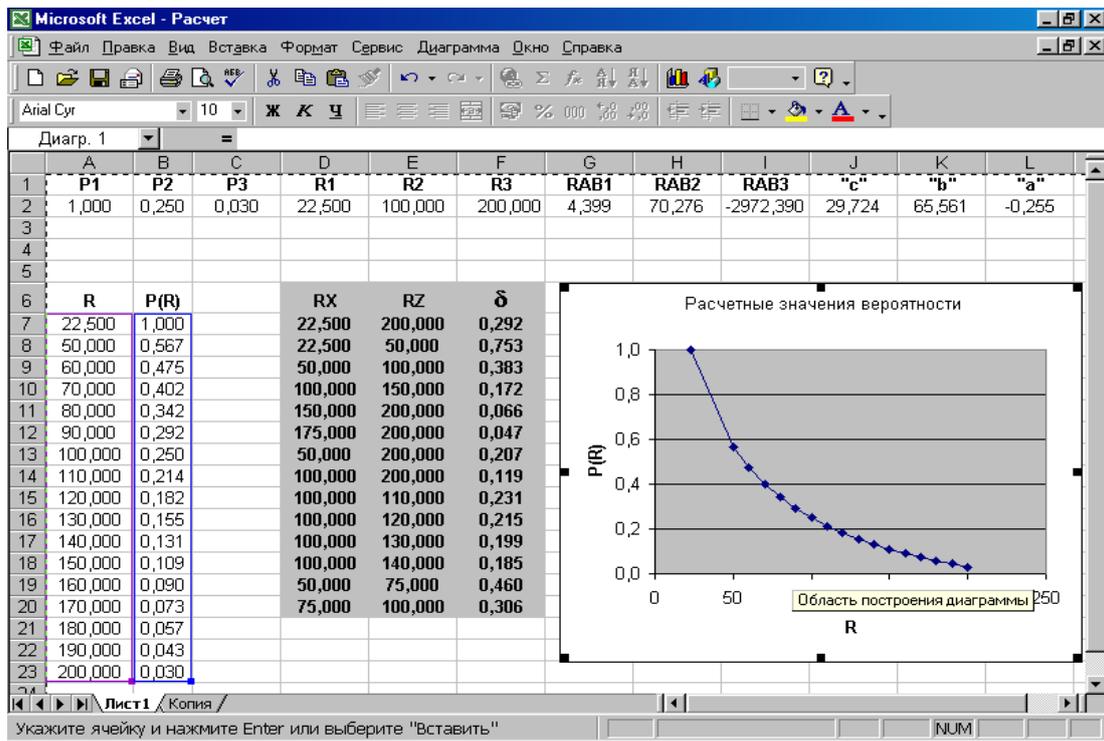


Рис.1. Вид электронной таблицы в среде EXCEL.

К отрицательным последствиям выполнения БВР на карьерах стройматериалов при добыче штучного камня можно отнести случаи разрушения верхних зон разрабатываемых пород в результате воздействия взрывов, при дроблении пород, покрывающих продуктивные толщи. Отбиваемые породы вскрыши наиболее часто представлены мраморами, песчаниками и известняками различной степени трещиноватости. Вследствие образования дополнительных (новых) трещин и нарушения монолитности массивов применение камнерезной техники на добычных уступах часто оказывается малоэффективным ввиду заклинивания ее режущих органов дезинтегрированными обломками, что приводит к снижению производительности резания до 5-7 раз. Мощность «теряемого» по указанной причине слоя пород может достигать 1,0-1,5 м и часто даже превышает высоту верхних добычных уступов.

Проведенные автором исследования показали, что повышение выхода товарной продукции и регулирование размеров зон разрушения (в направлении от пород вскрыши к продуктивной толще) может быть осуществлено за счет применения устанавливаемых в зарядах демпферов из инертных материалов. Экс-

периментальные работы с использованием зарядов такой конструкции были проведены автором на карьере Дербентского комбината строительных материалов в Дагестане при изготовлении каменных блоков размером $0,6 \times 0,4 \times 0,4$ м. Взрываемые породы были представлены известняками IV-VII групп по СНиПу II-III категорий трещиноватости. Мощность продуктивного слоя составляла 5-7 м (до 9 добычных уступов высотой 0,5-1,0). Высота вскрышного уступа была равна 1,2-2,0 м. Отбойка пород вскрыши осуществлялась с помощью зарядов, располагаемых в шпурах и скважинах диаметром 42 и 105 мм. В качестве ВВ использовали граммониты 79/21 и игданиты с содержанием дизельного топлива 3,5 и 5%. Средняя масса шпуровых и скважинных зарядов составляла 0,4 и 3,7 кг при сетках их расположения – $0,8 \times 1,2$ и $1,6 \times 1,8$ м. Глубина шпуров и скважин принималась равной высоте уступов. На дно выработок засыпали слой глины высотой 0,1 м, над которым располагали деревянные или резиновые демпферы, высота которых была равна $0,1 - 0,25$ м в зависимости от диаметра выработок. Резиновые демпферы по предложению автора изготавливали из параизола (отходов резиновых прокладок, применяемых при изоляции бетонных панелей). Для обеспечения более равномерного дробления пород использовали также дополнительные резиновые демпферы, располагаемые непосредственно над зарядами после окончания засыпания ВВ. Высоту этих демпферов принимали такой же, как в донной части выработок. В табл. 3 приведены основные результаты взрывов сплошных зарядов, так и с использованием демпферов.

Коэффициент вариации фактического выхода товарной продукции и фракций крупностью +500 мм относительно их средних значений, приведенных в таблице 3, составлял не более 15-18%, что свидетельствует о достаточно высокой стабильности полученных автором результатов. Наиболее эффективным оказалось применение демпферов комбинированной конструкции, изготавливаемых из параизола и располагаемых как в донной части

Таблица 3

Основные результаты взрывов шпуровых и скважинных зарядов с использованием демпферов

Способ отбойки	Конструкция зарядов	Тип ВВ	Содержание дизельного топлива, %	Выход товарной продукции, %	Выход кусков крупностью +500 мм, %	Дальность разлета, м
Шпуровой	Сплошная	Граммонит 79/21	----	24	62,2	137
	С использованием донных демпферов: деревянных	Граммонит 79/21	-----	33,3	65,6	Не установлена
		резиновых	Граммонит 79/21	-----	35,2	66,2
	С использованием комбинированных резиновых демпферов	Граммонит 79/21	-----	45,3	73,4	104
Скважинный	Сплошная	Граммонит 79/21	-----	20	60,4	142
		Игданит	5,5	24,2	63	134
			3,5	28,5	67,2	131
	С использованием донных демпферов: деревянных	Игданит	5,5	28,2	66,4	Не установлена
		резиновых	Игданит	5,5	34,9	75,5
	Граммонит 79/21		-----	31,7	70,1	---//---
	С использованием комбинированных резиновых демпферов	Игданит	5,5	36,8	79,1	124
		Граммонит 79/21	-----	34,9	75,7	139

выработок, так и в их устьевых зонах. Выход товарной продукции в этом случае возрастал на 25-30% при снижении удельного расхода ВВ на 10-12%. Следует также отметить увеличение в развале содержания кусков крупностью +500 мм, а также снижение дальности разлета на 10-15% при взрывании игданитов с минимальными (3,5%) добавками дизельного топлива.

Заряды предлагаемой конструкции с резиновыми демпферами можно также рекомендовать при сооружении взрывным способом профильных выемок в гидротехническом строительстве. Для предохранения проектного контура таких выемок от критических напряжений в их основании оставляют защитный слой мощностью 7-12 диаметров зарядов, разработка которого осуществляется шпуровыми зарядами и отбойными молотками. Применение демпферов позволит снизить мощность защитных слоев в породах IV-VIII групп не менее чем на 10%.

При оценке технико-экономической эффективности рекомендаций автора учитывались не только возможности снижения затрат на БВР (подтвержденный экономический эффект превысил 1200 тыс. руб.), но и стабильность результатов отбойки в случае применения наших разработок. При этом в качестве интегрального показателя предлагается использовать коэффициенты вариации следующих параметров, которые в настоящее время наиболее часто применяют для характеристики требований, предъявляемых к качеству и безопасности отбойки:

- удельный расход ВВ на первичную отбойку;
- удельный расход основного бурения;
- удельный расход бурения шпуров и ВМ на разделку негабарита.

Целесообразна также оценка изменения числа жалоб Заказчиков на некачественное дробление взорванной горной массы, повреждения охраняемых объектов, числа несчастных случаев, несоблюдение размеров опасных зон и других возможных негативных последствий БВР.

Расчеты должны производиться исходя из объемов товарной (отгружен-

ной) продукции, а не взорванных пород (как предусматривается в действующем «Нормативном справочнике по буровзрывным работам»), т. к. в этом случае возрастет точность прогнозирования влияния параметров БВР и их стабильности непосредственно на качество и безопасность работ.

В целом же можно отметить, что при коэффициентах вариации указанных показателей $\leq 20\%$ степень надежности получения требуемых результатов БВР по каждому анализируемому варианту будет являться практически одинаковой. Это связано с тем, что значения $K_{вар} \leq 20\%$, как известно, соответствуют II классу точности при выполнении различных расчетов и обосновании показателей, считающихся в горном деле «практически точными». Имеющиеся на практике отклонения фактических и расчетных значений (при $K_{вар}$ не более 20%) связаны как с точностью выноса проектов в натуру и формул, применяемых для обоснования рациональных режимов отбойки, а также с неоднородностью свойств пород. Нижняя граница $K_{вар}$ в интересующем нас диапазоне зависит от предельных коэффициентов вариации каждого из показателей (см. табл.4), учитываемых при проектировании БВР и прогнозировании результатов взрывов в породах различной крепости.

Таблица 4

Предельные коэффициенты вариации (%)

№ № п/п	Показатели	Группа пород по СНИП			
		IV-V	VI-VII	VIII-IX	X-XI
1.	Высота уступа	13	7	6	5,5
2.	Длина ЛНС (ЛСПП)	12	10.5	9	7
3.	Расстояние между рядами	17	13	10	10
4.	Глубина перебура	15	12	10	10
5.	Длина забойки	4-10	4-10	4-10	4-10
6.	Удельный расход ВВ	19	15	13	11
7.	Выход негабарита	8			
8.	Дальность разлета	10			
9.	Ширина и высота развала	8-12			

Рекомендации по оценке стабильности взрывной отбойки в зависимости от изменения коэффициентов вариации указанных расходных показателей могут быть использованы не только для анализа состояния БВР, но и выбора наиболее эффективных направлений их совершенствования. Так, если по данным обработки отчетных данных за определенный период (обычно не менее чем по 12-15 примерам в группе за 1,5-2 месяца, необходимых для окончания уборки отбитой на блоке горной массы) максимальным является $K_{вар}$ удельного расхода бурения скважин, следует, в первую очередь, обратить внимание на точность соблюдения проектной сетки расположения выработок, а также их глубины, величины ЛСПП и перебура. Основная причина роста $K_{вар}$ расходов ВМ на дробление негабаритных кусков может быть связана с возрастанием выхода негабарита или низким качеством проработки подошвы уступов. При увеличении коэффициента вариации фактических радиусов опасной зоны по разлету относительно проектных, необходимо повысить точность соблюдения расчетных параметров БВР и уточнить реальные условия выполнения взрывных работ.

Очередность и необходимость внесения соответствующих изменений в проектно-техническую документацию с целью повышения стабильности результатов БВР могут быть скорректированы в зависимости от стоимости необходимых мероприятий, сроков их исполнения и безопасности работ.

Уменьшение в последние годы указанных $K_{вар}$ на объектах «Союзвзрывпрома» (см. табл. 5) было в основном обеспечено совершенствованием техники и технологии БВР, чему способствовало внедрение эмульсионных ВВ и гранипоров, использование комбинированных зарядов, неэлектрических систем инициирования и новых схем взрывания, а также снижением отклонений фактических параметров от их проектных значений и учетом реальных условий отбойки. Так, по данным ОАО «Союзвзрывпром» число жалоб Заказчиков на некачественное дробление взорванной горной массы и повреждения охраняемых объектов снизилось за указанный период не менее чем в 1,5-2 раза, а средний выход негабарита - на 15-20%.

Изменение коэффициентов вариации в породах различной крепости
(по данным ассоциации «Союзвзрывпром»)

Взрываемые породы	Группа пород по СНиП	Коэффициенты вариации, %							
		удельного расхода основного бурения		удельного расхода ВВ на основное взрывание		удельного расхода электродетонаторов		удельного расхода ДШ	
		2004 г.	2008 г.	2004 г.	2008 г.	2004 г.	2008 г.	2004 г.	2008 г.
Известняки	VI	25,7	22,8	23,8	20,1	40,3	31,9	38,6	32,2
	VII	28,2	24,1	25,4	15,7	31,3	26,6	41,4	36,3
	VIII	20,9	18,3	27,3	17,3	42,6	23,5	27,1	24,7
Граниты	IX- XI	37,3	18,09	29,1	17,8	43,5	37,2	24,7	17,0

Определение рекомендуемых коэффициентов вариации не требует дополнительных затрат, так как сведения по всем основным затратам, связанным с бурением скважин, основной отбойкой и вторичным дроблением, в обязательном порядке регулярно направляются исполнителями БВР (обычно в форме месячных отчетов прорабских участков) в соответствующие вышестоящие организации. В настоящее время эта информация, по нашему мнению, должным образом не используется и фактически не систематизируется.

В диссертации приведены разработанные автором «Указания по составлению паспортов на производство буровзрывных работ при разделке негабарита», а также «Руководство по составу типовых проектов и требования к их разделам при ведении БВР на карьерах строительных материалов». Указанная документация, утвержденная Ассоциацией «Союзвзрывпром», учитывает современные требования к качеству и безопасности БВР и предусматривает использование основных рекомендаций автора по выбору ассортимента ВВ, переводных коэффициентов, обоснованию расходов ВВ, конструкций зарядов и прогнозированию размеров опасных зон по разлету для машин и механизмов, а

также оценке потерь территорий.

Заключение

В диссертационной работе дано новое решение актуальной научной задачи по повышению эффективности и безопасности взрывной отбойки на карьерах стройматериалов.

Основные научные и практические результаты сводятся к следующим:

1. Проведенные экспериментальные исследования и анализ результатов промышленных взрывов показали, целесообразность применения на карьерах стройматериалов наливных и патронированных эмульсионных ВВ (ЭВВ), ВВ, изготавливаемых на основе утилизируемых конверсионных ВВ (типа гранипоров), и ВВ простейшего состава - игданитов на пористой аммиачной селитре. Использование ЭВВ при отбойке обводненных крепких пород типа гранитов позволяет уменьшить выход негабарита на 20-30%, а гранипоры и игданиты следует использовать в породах IV-VIII групп по шкале СНиП. Качество дробления в случае внедрения двух последних типов ВВ практически не изменяется по сравнению со штатными ВВ (аммонит 6ЖВ или граммонит 79/21).

2. Установлены, а в ряде случаев уточнены, значения переводных коэффициентов для различных типов ВВ с учетом требуемого качества и безопасности отбойки.

3. Рекомендованы проверенные на практике методики расчета выхода негабаритных кусков и их объема по данным измерений линейных размеров и установлены численные характеристики негабаритных кусков при современной технике и технологии БВР на карьерах стройматериалов.

4. Предложены методики выбора удельного расхода ВВ и прогнозирования размеров опасных зон по разлету для машин и механизмов, а также выполнена оценка степени их колеблемости в зависимости от условий производства БВР и требуемого качества дробления.

5. Оценку потерь территорий вследствие разлета кусков породы, предлагается вести в следующих трех зонах, внешние границы которых огра-

ничиваются: шириной сплошного развала отбитых пород (1 зона); радиусом опасной зоны по разлету для машин и механизмов (2 зона); и радиусом опасной зоны по разлету для людей (3 зона). Разработана специальная модель в среде редактора электронных таблиц EXCEL для расчета вероятности возможных потерь территорий в трех указанных зонах.

6. Для уменьшения размеров зон разрушения в направлении продуктивной толщи пород при производстве взрывных работ на вскрышных уступах карьеров по добыче штучного камня рекомендуется устанавливать в зарядах донные демпферы, изготавливаемые из параизола. Выход товарной продукции возрастает в этом случае на 10-15%, а мощность защитного слоя снижается более чем на 10% по сравнению с отбойкой сплошными зарядами.

7. Предложена методика оценки надежности результатов БВР в зависимости от степени колеблемости основных расходных показателей взрывной отбойки. Методика может быть также использована для выбора наиболее эффективных направлений дальнейшего повышения качества и безопасности взрывных работ.

8. Экономический эффект от внедрения рекомендаций автора по совершенствованию техники и технологии БВР, подтвержденный ассоциацией «Союзвзрывпром», составил более 1200 тыс. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах (в том числе в трех изданиях, рекомендуемых ВАКом РФ):

1. Абдулкадыров М.А. Руководство по составлению типовых проектов производства буровзрывных работ на карьерах. / Брошюра, ФГУП «Союзвзрывпром», части II и IV, М.: Изд. ФГУП «Союзвзрывпром», 2004, 13 с.

2. Барон В.Л., Абдулкадыров М.А. Применение донных демпферов при взрывной отбойке пород на карьерах штучного камня. // Строительные материалы, 2008, №5, с 17-19.

3. Барон В.Л., Абдулкадыров М.А. Совершенствование техники и технологии взрывной отбойки в ассоциации «Союзвзрывпром». / Сборник ма-

териалов XIII Международной конференции «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». М.: МГГУ, 2008, с. 166-169.

4. Барон В.Л., Абдулкадыров М.А. Перспективы повышения качества и безопасности взрывной отбойки на объектах ассоциации «Союзвзрывпром». // Горная промышленность, 2008, №5/81, с 61-62.

5. Барон В.Л., Белин В.А., Абдулкадыров М.А. Указания по определению радиусов опасных зон по разлету для механического оборудования, зданий и сооружений и оценке потерь территорий в пределах границ указанных зон при производстве взрывных работ на земной поверхности / Брошюра. М.: Изд. ЦПЭССЛ треста «Союзвзрывпром», 2005, 14 с.

6. Барон В.Л., Абдулкадыров М.А. Об оценке стабильности результатов взрывной отбойки на карьерах стройматериалов. // Строительные материалы, 2009, №5, с 102-103.

Объем 1 п.л.

Тираж 100 экз.

Заказ №

Типография Московского государственного горного университета
Москва, Ленинский проспект, 6