

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Камянского Виктора Николаевича** на тему «Повышение эффективности скважинной отбойки на карьерах при разновременном взрывании скважинных зарядов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность работы

Одним из важнейших резервов повышения эффективности ведения горных работ на карьерах и оптимизации затрат на буровзрывные работы является внедрение взрывных технологий на базе современных взрывчатых веществ и систем инициирования зарядов.

Управление взрывом для достижения высокой интенсивности дробления горных пород, снижения сейсмического действия взрыва во многом зависит от правильно выбранной технологии взрывных работ.

Применение на горнорудных предприятиях страны технологии взрывных работ с использованием как неэлектрических (НСИ), так и электронных систем инициирования (ЭСИ) позволяет разработать множество схем монтажа взрывной сети и реализовать любые схемы взрывания. При этом в целях снижения сейсмического действия используется раздельное поскважинное короткозамедленное взрывание зарядов взрывчатых веществ на массовом взрыве. Эффективное применение данной технологии возможно при правильно выбранной последовательности взрывания скважинных зарядов и интервалов замедлений между ними, что требует более глубокого изучения механизма разрушения при взаимодействии зарядов.

Целью данных исследований является обоснование оптимального интервала замедления и схем взрывания, при разновременном взрывании скважинных зарядов в ряду, а также параметров контурного взрывания для повышения интенсивности дробления и снижения сейсмического эффекта массовых взрывов на массив пород за проектным контуром отбойки на карьерах.

В представленной к защите диссертации автор предлагает решение комплексной проблемы, направленной на обоснование оптимального интервала замедления и схем взрывания зарядов, при их поскважинном инициировании, а также параметров контурного взрывания при постановке уступов на конечный контур. Полученные автором технические решения, основанные на глубоких теоретических проработках и данных натуральных экспериментов, позволили решить сложную технологическую задачу управления действием взрыва в условиях открытой разработки месторождений. Таким образом, исследования, направленные на повышение эффективности скважинной отбойки являются актуальными как в научном, так и практическом плане, а выбранная автором тема по актуальности вопросов не вызывает.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе

Для формулировки научных положений автором проведен значительный объем работ по изучению отечественного и мирового опыта применения короткозамедленного взрывания на карьерах, а также исследована технология производства взрывных работ в условиях карьера рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК». В результате чего определен круг задач, решение которых позволило повысить эффективность скважинной отбойки при одновременном взрывании зарядов ВВ.

В диссертации защищаются три научных положения:

1. Повышение степени дробления горных пород при КЗВ обеспечивается при интервалах замедления между скважинами в ряду, при которых достигается максимальное разрушение при взаимодействии зарядов за счет дополнительного воздействия волн напряжений последующего заряда на зону трещинообразования предыдущего и увеличения продолжительности взрывного воздействия на массив горных пород.

2. Минимизация сейсмозрывных нагрузок и разрушений массива за проектным контуром отбойки при производстве взрывных работ на карьерах достигается за счет выбора диагональной схемы взрывания с углом наклона диагоналей $105-120^\circ$ по отношению к проектному контуру отбойки.

3. Снижение сейсмического действия на массив пород за проектным контуром отбойки при постановке откосов уступов в конечное положение методом предварительного щелеобразования обеспечивается путем уменьшения высоты отрезной щели с выбором расстояния между контурными скважинами в зависимости от вида применяемого заполнителя радиального зазора, и поэтапной отработки сдвоенных уступов.

В первом научном положении автором на основе численного моделирования с использованием специализированного лицензионного программного продукта Ansys Autodyn в трехмерной упругопластической постановке выявлены особенности разрушения массива горных пород системой скважинных зарядов при различных интервалах замедления между ними и обоснованы их оптимальные значения на основе учета взаимодействия полей напряжений возникающих при взрыве и динамики развития зон разрушения между смежными скважинными зарядами при применении технологии поскважинного взрывания зарядов ВВ.

Во втором научном положении автор обосновывает сейсмобезопасные схемы взрывания, минимизирующие нарушения массива пород за проектным контуром отбойки. На основе модельных экспериментов установлено влияние ориентации отбиваемого слоя на напряженное состояние и характер

трещинообразования за контуром отбойки и доказано, что наиболее сейсмобезопасными являются диагональные схемы взрывания с углом наклона диагоналей $105-120^\circ$ по отношению к проектному контуру отбойки. Представительный объем результатов сейсмоизмерений, выполненных при отбойке массива по диагональным схемам взрывания, указывает на значительное сокращение сейсмозрывной нагрузки на вмещающий массив, что убедительно подтверждает научное положение.

Третье научное положение посвящено разработке способов снижения сейсмического действия взрыва отрезной щели в ближней зоне взрыва при постановке бортов уступов на конечный контур. Исследованный автором процесс образования отрезной щели при различном заполнителе радиального зазора в скважинах позволил установить, что наличие воды в скважинах контурного ряда приводит к изменению процесса формирования отрезной щели, обусловленному значительным повышением напряжений вследствие явления гидроудара, что позволяет увеличить расстояния между контурными скважинами. Разработанный автором способ снижения сейсмического действия взрыва отрезной щели путем уменьшения ее глубины и поэтапной разработки сдвоенных уступов подтверждается значительным объемом данных, полученных как по результатам вычислительных, так и натуральных экспериментов.

В целом можно отметить, что научные положения, выводы и рекомендации по практическому применению результатов работы, сформулированные в диссертации, базируются на значительном количестве данных, полученных в ходе проведения вычислительных и натуральных экспериментов, использовании современной измерительной аппаратуры и методов обработки информации, и обоснованы автором в достаточном объеме.

Значение диссертации для науки и практики

Научное значение результатов работы заключается в теоретическом обосновании технологии производства взрывных работ на карьерах при использовании разновременного взрывания скважинных зарядов, позволяющей уменьшить сейсмическое действие взрыва на массив пород за проектным контуром отбойки и повысить степень дробления горной массы, а также в выявлении особенностей разрушения массива пород системой скважинных зарядов при различных интервалах замедления между ними и обосновании их оптимальных значений на основе учета взаимодействия полей напряжений, возникающих при взрыве, и динамики развития зон

разрушения между смежными скважинными зарядами при применении технологии поскважинного взрывания зарядов ВВ.

Практическое значение диссертации заключается в определении оптимального интервала замедления между смежными зарядами в диагонали при отбойке массива скважинами диаметром 250 мм и наиболее распространенной для них сетке скважин 6х6 метров в условиях рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК», обосновании эффективности применения диагональных схем взрывания с ориентировкой отбиваемого слоя относительно проектного контура отбойки под углом 105-120°, а также обосновании способа снижения сейсмического действия взрыва отрезной щели путем разбивки сдвоенного уступа на подступы с дополнительной бермой минимальной ширины, обеспечивающей безопасность работ для условий отработки Ковдорского месторождения апатит-бадделеитовых руд.

Оценка содержания работы

Представленная к защите диссертация состоит из введения, четырех глав основной части работы и заключения, изложенных на 123 страницах машинописного текста и содержит 12 таблиц, 55 рисунков, 4 приложения и список использованных источников из 101 наименования.

Содержание диссертационной работы, полученные результаты и рекомендации в полной мере соответствуют паспорту специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика». Диссертация написана в научном стиле, грамотным и профессионально ориентированным языком с соблюдением общепринятой научно-технической терминологии. Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации.

Публикации и апробация работы

Основные результаты диссертационной работы изложены в 12 печатных работах, среди которых 5 работ – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Научные положения и основные выводы достаточно полно отражены в опубликованных работах. Результаты исследований в необходимых объемах докладывались на российских и международных конференциях.

Отмечая должный уровень проведенных исследований, вместе с тем следует отметить, что *по работе имеются следующие замечания:*

1. Оценка напряженного состояния при взрыве скважинного заряда проведена автором на основе эквивалентного напряжения фон Мизеса (глава 2, формула (2.14)), которая может быть сведена к

классической четвертой теории прочности. Развитие радиальных трещин при взрыве скважинного заряда обусловлено растягивающими тангенциальными напряжениями, поэтому, на мой взгляд, использование эквивалентного напряжения требует дополнительного обоснования.

2. В главе 2 указано, что процесс разрушения приобретает вероятностный характер, причем в качестве функции распределения вероятностей используется закон распределения Мота (формула (2.13)). В этом случае выходные данные должны находиться в некотором доверительном интервале при заданной надежности. Однако отмечено, что максимальные разрушения приходятся при задержке взрывания между скважинами ровно в 15 мс.
3. Также в работе следовало хотя бы вскользь указать экономический эффект от внедрения разработанных предложений.

Заключение

Диссертация представляется законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований дано технически обоснованное решение актуальной задачи по повышению интенсивности дробления горной массы и снижению интенсивности сейсмозрывного воздействия на массив пород за проектным контуром отбойки при производстве взрывных работ в карьере. Положения, выдвигаемые на защиту, обоснованы. Полученные в ходе исследований результаты имеют как научное, так и практическое значение, и могут быть использованы проектными, научно-исследовательскими организациями, высшими учебными заведениями, а также организациями, ведущими взрывные работы.

Замечания, сделанные по содержанию работы, не снижают ценности выполненных исследований и общей положительной оценки всей диссертации.

Диссертация соответствует критериям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – **Камянский Виктор Николаевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент кафедры физических процессов
горного производства и геоконтроля НИТУ «МИСиС». Россия, 119049,
г. Москва, Ленинский проспект, д. 6. Тел. (925) 319-87-13, e-mail:
dugar.ark@mail.ru.

Дугарцыренов Аркадий Владимирович

/Дугарцыренов А.В./

ПОДПИСАНО ЗАВЕРЯЮ
Проректор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ «МИСиС» И.М. Исаев

