На правах рукописи

ЧАН Куанг Хиеу

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ВЗРЫВАНИЯ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО УМЕНЬШЕНИЕ ОПАСНОЙ ЗОНЫ ВЗРЫВА НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Специальность 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО в горном институте «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» на кафедре «Взрывное дело»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Белин Владимир Арнольдович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Ганопольский Михаил Исаакович
Заместитель Генерального директора
Ассоциация «Союзвзрывпром», г. Москва

Кандидат технических наук
Пупков Владимир Васильевич
Директор ООО «Промтехвзрыв», г. Москва

Ведущее предприятие: Научно-технический центр
«Росвзрывобезопасность»

Защита диссертации состоится «03» июня 2015г. В 14 час 00 мин. на заседании диссертационного совета Д-002.074.02 в Институте проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН) по адресу 111020, г.Москва, Крюковский тупик, д.4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИПКОН РАН

Автореферат разослан «__» апреля 2015 года.

Учёный секретарь
диссертационного совета
докт. техн. наук И.Ф. Жариков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Горнодобывающая промышленность Вьетнама занимает доминирующее место в промышленном производстве страны. При этом особое значение имеет угольная промышленность, так как другие энергетические ресурсы не используются в промышленном масштабе. На территории страны известно около ста угольных месторождений с балансовыми запасами около 220 млрд.т. Основной объем вскрышных работ на угольных разрезах Вьетнама выполняется с использованием буровзрывных работ (БВР), которые влияют на эффективность последующих технологических процессов (экскавация, вторичное дробление негабарита, транспортировка и т.д). Относительный объем пород, подлежащих взрывному разрушению, и удельные затраты на БВР в последующие годы будут увеличиваться в связи с ростом добычи угля. В 2014 г. общую добычу угля во Вьетнаме предполагается увеличить на 15,2% и довести до 14,5 млн.т. Известно, что развитие открытого способа разработки месторождений сопровождается увеличением размеров карьеров. С увеличением глубины карьеров увеличивается угол откоса уступа и бортов, что повышает вероятность обрушений в результате воздействия сейсмических и ударных воздушных волн (УВВ) при взрывных работах.

В настоящее время уменьшение опасной зоны взрыва достигается ограничением массы заряда ВВ в блоках, что усложняет организацию горных работ, сдерживает их развитие, ведет к уменьшению производительности погрузочно-транспортного оборудования и в итоге снижает экономическую эффективность разработки в целом. Поэтому разработка научно обоснованного метода взрывания скальных горных пород, обеспечивающего повышение безопасности и эффективности горных работ, являются актуальной научной задачей и имеют важное практическое значение в условиях Вьетнама.

Целью работы является обоснование и разработка метода взрывания скальных горных пород для снижения сейсмического действия и УВВ взрывов и повышения качества дробления взорванной горной массы при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов (на примере одного из

крупнейших угледобывающих предприятий Вьетнама - Нуйбеоского угольного разреза).

Идея работы заключается в выборе и обосновании параметров комбинированной забойки, включающей размещение в верхней незаряженной части скважин непосредственно над торцом заряда ВВ нижней дополнительной забойки из сыпучего мелкодисперсного материала, а затем гидрозабойки в виде герметичной оболочки, заполненной водой. При этом часть гидрозабойки выполняют суживающейся по направлению к устью скважины, а оболочку с гидрозабойкой пригружают и заклинивают в скважине верхней дополнительной забойкой для уменьшения потери энергии в процессе детонации заряда ВВ, обеспечивается более полное протекание реакции взрыва с уменьшением опасной зоны взрыва с одновременным повышением качества дробления взорванной горной массы при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов.

Научные положения, **выносимые на защиту:**

1. Установлены условия влияния влажности воздуха на изменение давления УВВ и уровень усиления или ослабления давления УВВ в зависимости от скорости и направления ветра в момент взрыва. При проведении массовых взрывов на угольных разрезах в осенне-зимний сезоны в период повышенной влажности воздуха давление на фронте УВВ может быть в 1,5 ÷ 1,8 раза больше, чем летом и поэтому необходимо в этот период уменьшать массу взрываемых зарядов ВВ приблизительно на 25÷30 %.

2. Установлено, что при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов в геологических условиях Вьетнама зависимость скорости смещения массива скальных горных пород в сейсмовзрывной волне от диаметра взрывных скважин определяется степенной функцией с положительным показателем, который для условий разреза «Нуйбео» находится в пределах 1,38÷1,63.

3. Разработан метод взрывания зарядов ВВ с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком и установлено, что

при оптимальном соотношении высоты гидрозабойки к длине инертной забойки ($l_{г.заб}/l_{заб}$), равном 0,57÷0,68, имеет место существенное снижение сейсмоэффекта в 1,35÷2,1 раза и интенсивности УВВ на охраняемые объекты в 1,34÷1,56 раза, при этом снижается выход негабарита на 12÷18%, а удельный расход ВВ в 1,12÷1,25 раза.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- комплексной методикой работ, включающей обзор, анализ и обобщение теоретических исследований, экспериментальных полигонных и опытно-промышленных взрывов в скальной породе, а также использованием математической статистики и сравнительного анализа результатов исследований с натурными данными;

- сходимостью результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований по разрушению скальных горных пород;

- положительными результатами апробации разработанного метода взрывания скальных горных пород, обеспечивающего уменьшение опасной зоны взрыва и использованием результатов исследований и рекомендаций автора при составлении проектов БВР для угольного разреза «Нуйбео».

Научная новизна диссертационной работы:

- определение допустимой мощности зарядов ВВ на ступень замедления в зависимости от расстояния до охраняемых объектов и уровня сейсмического воздействия взрывов на здания и сооружения в зоне воздействия взрывных работ при проведении массовых взрывов в разрезе «Нуйбео» в условиях Вьетнама;

- установлено оптимальное соотношение высоты гидрозабойки к длине инертной забойки, позволющее уменьшенить опасную зону взрыва и разработана методика расчёта и выбора соответствующих рациональных параметров БВР;

- определена зависимость скорости смещения массива горных пород в сейсмовзрывной волне от диаметра взрывных скважин при проведении

массовых взрывов вблизи охраняемых объектов;

- определена зависимость величины избыточного давления от скорости и направления ветра при расчётах радиуса опасной зоны по действию УВВ на охраняемые объекты.

Научное значение диссертации состоит в:

- проведении экспериментальных работ на угольном разрезе «Нуйбео», анализе результатов исследований с установлением закономерностей распространения сейсмовзрывных волн и УВВ при взрывании скальных горных пород, в получении и обобщении основных результатов исследований, позволяющие определить необходимые параметры зарядов ВВ;

- разработке метода взрывания скальных горных пород и рекомендаций по выбору рациональных параметров БВР, обеспечивающих уменьшение опасной зоны взрыва и повышение эффективности горных работ при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов для условий угольных разрезах Вьетнама.

Практическое значение работы заключается в разработке метода взрывания скальных горных пород с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком, обеспечивающего повышение безопасности за счёт снижения сейсмоэффекта в 1,45÷2,1 раза и снижение интенсивности УВВ в 1,34÷1,56 раза на охраняемые объекты, выхода негабарита с 18 % до 12 %. Его внедрение позволяет снизить удельный расход ВВ с 0,48 кг/м^3 до 0,42 кг/м^3 и увеличить сетку взрывных скважин, что обеспечивает снижение затрат и на буровые работы.

Реализация выводов и рекомендаций. Разработанный метод взрывания скальных горных пород и практические рекомендации приняты к внедрению при разработке Нуйбеоского угольного месторождения (Вьетнам). В результате внедрения разработка получен экономический эффект в размере 0,05 \$/м^3 взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались автором на международных научных симпозиумах «Неделя горняка» (2015г.), на

международной конференции (Вьетнам, 2014г.) и на семинарах кафедры «Взрывное дело» ГИ НИТУ «МИСиС» (2013г.), а также в компании «Нуйбео» - VINACOMIN (2013, 2014г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 8 научных работ, включая 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 заявку на выдачу патента и 2 статьи в трудах международной конференции по взрывному делу во Вьетнаме.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, изложенных на 140 страницах, содержит 61 рисунков, 23 таблиц, список литературы из 112 наименований и 1 приложения.

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность проф., д.т.н. В.А.Белину, за помощь и постоянное внимание, что способствовало успешному выполнению работы, а также сотрудникам угольного разреза «Нуйбео» и преподавательскому составу кафедры «Взрывное дело» ГИ НИТУ «МИСиС» за полезные замечания, консультации и практическую помощь в ходе выполнения диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Вопросам изучения процессов разрушения горных пород взрывом, исследования, установления и обобщения факторов, влияющих на эффективность разрушения и качество подготовки горной массы к выемке, управления действием взрыва для обеспечения требуемого качества взорванной горной массы и уменьшения опасной зоны взрыва с учётом взаимосвязи горно-геологических, горно-технических условий и свойств ВВ посвящено большое количество теоретических и экспериментальных исследований, из которых следует отметить работы Б.Н. Кутузова, В.А. Белина, В.П. Тарасенко, В.А. Кузнецова, В.К. Совмена, В.Ф. Богацкого, А.Л. Марьясова, Б.В. Эквиста, А.В. Токаренко, М.И. Ганопольского, В.Л. Барона, В.В. Пупкова, В.И. Сивенкова, М.Ф. Друкованого, В.П. Макарьева, Б.В. Славского, Ф.И. Кучерявого, Е.А. Майнова, А.М. Балычева, Ю.М. Рудского, И.К. Чунуева, Н.Н. Гриба, Е.Н. Черных, А.А. Сясько, М.В. Терещенко, А.В. Качаева, и других авторов.

Цель работы в соответствии с изложенным заключается в обосновании и разработке способа взрывания скальных горных пород для снижения сейсмического и УВВ эффектов взрьшов с одновременным повышением степени и качества дробления взорванной горной массы при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов. С учётом изложенного, в работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ результатов натурных измерений параметров сейсмических и УВВ при производстве массовых взрывов на угольном разрезе «Нуйбео». Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов в разрезе «Нуйбео» на охраняемые объекты и определение сейсмобезопасных режимов взрывания для охраняемых объектов, расположенных в ближней зоне взрыва.

2. Проведение теоретических и экспериментальных исследований метода снижения сейсмического действия взрывов и интенсивность УВВ и повышения качества дробления взорванной горной массы при взрывании скальных горных пород.

3. На основе полученных теоретических и экспериментальных результатов разработаны метода взрывного разрушения скальных горных пород с использованием специальной конструкции забойки зарядов ВВ и проведена опытно-промышленная проверку на угольных разрезах Вьетнама.

В диссертации приводятся результаты исследований параметров УВВ при проведении серии опытно-промышленных и текущих массовых взрывов в горном массиве участка разреза «Нуйбео», позволяющие оценить влияние метеоусловий на интенсивность УВВ и разработать рекомендации по безопасным параметрам массовых взрывов, с учётом сезонного характера ведения БВР и климатических условий города Куангнинь (Вьетнам).

При выполнении настоящей работы использован комплексный метод исследований, включающий анализ литературных материалов и натурных измерений с применением современного цифрового сейсмографа «Blast Mate III», обработки и анализа материалов с помощью специальной компьютерной программы «Blastware».

Численный анализ и обобщение результатов натурных измерений параметров УВВ при массовых взрывах показывают, что избыточное давление УВВ увеличивается до 4 раз при повышении влажности воздуха с 65 % до 95 % (рис.1), а также показывают уровень усиления или ослабления давления УВВ в зависимости от скорости и направления ветра в момент взрыва (рис.2).

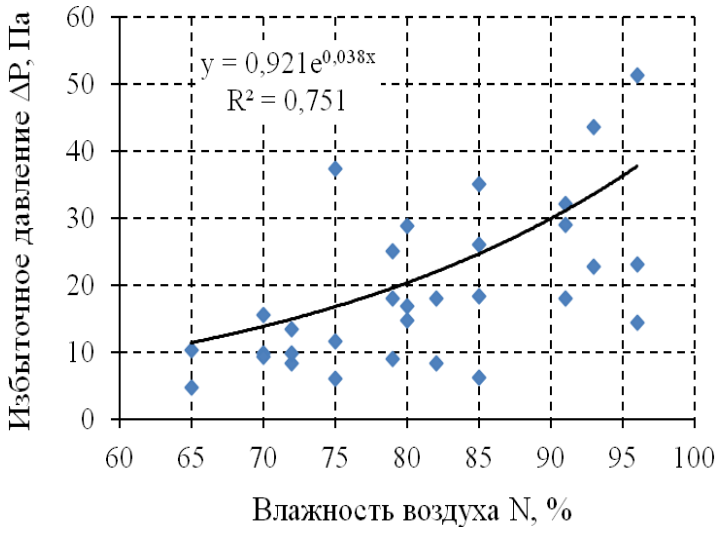


Рисунок 1. Зависимость избыточного давления на фронте УВВ от влажности воздуха

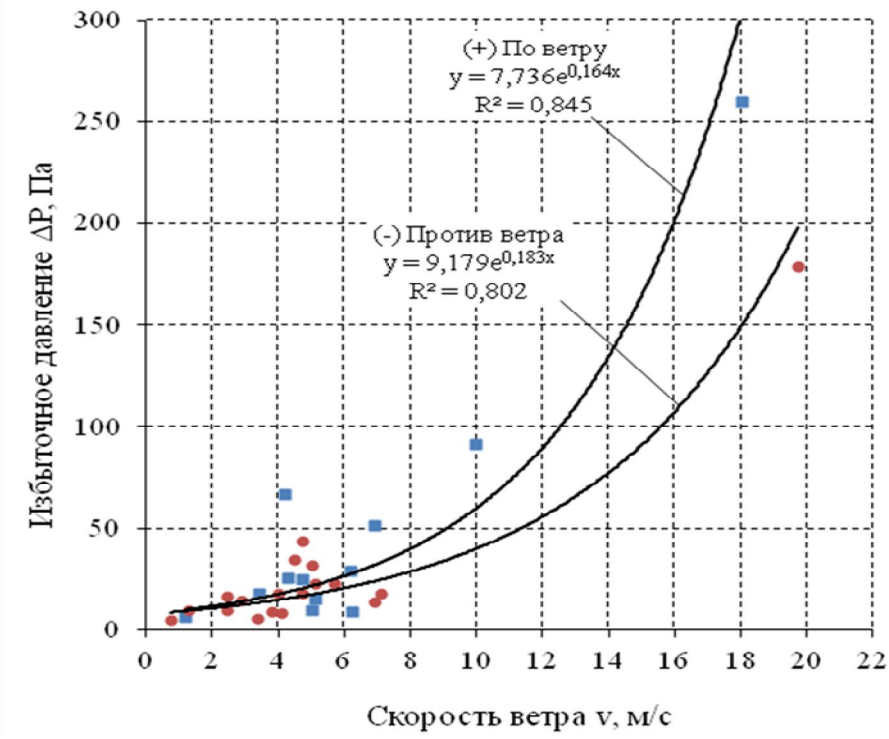


Рисунок 2. Изменение давления в ударной воздушной волне в зависимости от направления и скорости ветра

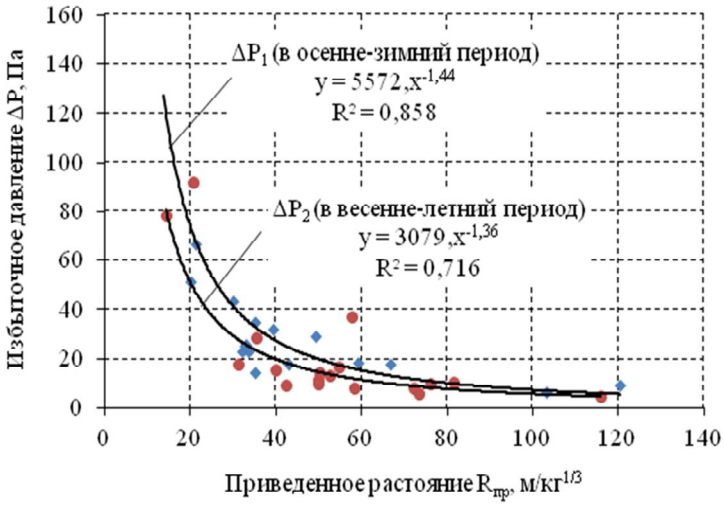


Рисунок 3. Зависимость избыточного давления на фронте УВВ от приведенного расстояния при взрывах в весенне-летний и осенне-зимний периоды

Анализ результатов натурных измерений (рис.3) параметров УВВ при массовых взрывах получены графики изменения скорости смещения элементов зданий, сооружений, а также избыточного давления *ΔP* на фронте УВВ в зависимости от приведенного расстояния $R_{пр}$ в весенне-летний и осенне-зимний периоды имеют вид:

- в осенне-зимний: $\Delta P_1 = 5572 \cdot R_{пр}^{-1,44}$, Па (1)

- в весенне-летний: $\Delta P_2 = 3079 \cdot R_{пр}^{-1,36}$, Па (2)

где: $R_{пр}$ - приведенное расстояние, $R_{пр} = R / \sqrt[3]{Q}$, м; R - расстояние от места взрыва до точки измерения, м; Q - суммарная масса заряда ВВ, кг.

Тогда из (1), (2) можно получить следующие зависимости величин мощности зарядов ВВ от расстояния при $\Delta P = \Delta P_{пор}$:

- в осенне-зимний: $Q_1 = \left(\frac{\Delta P_{1.пор}}{5572} \right)^2 \cdot R^3$, кг; (3)

- в весенне-летний: $Q_2 = \left(\frac{\Delta P_{2.пор}}{3079} \right)^2 \cdot R^3$, кг. (4)

На основе выведенных формул (1 ÷ 4) показано, что при проведении взрывных работ в осенне-зимний период давление в УВВ может быть в 1,5÷1,8 раза больше, чем летом и поэтому необходимо в этот период уменьшать массу взрываемых зарядов ВВ приблизительно на 25÷30 %.

Учитывая то, что взрывы многократные, а обеспечение сохранности зданий и сооружений является очень важной задачей, возникла необходимость в разработке методов взрывания скальных горных пород для уменьшения опасной зоны взрыва и повышения эффективности горных работ при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов. Для этого был проведен большой цикл теоретических и экспериментальных исследований.

Для определения влияния диаметра взрывных скважин на сейсмическое действие взрывов были проведены экспериментальные исследования на угольном разрезе «Нуйбео» с регистрацией сейсмических колебаний в сроки с 10.06.2012г. по 25.06.2012г. В этих натурных экспериментах были измерены величины скорости смещения фундаментов ряда сооружений для различных диаметров взрывных скважин в зоне воздействия взрывов. Глубина скважин изменялась от 12 до 14 м, диаметр скважин составлял 165, 230 и 250 мм. Вес заряда и тип применяемого взрывчатого вещества не изменялся и составлял 1380÷1850 кг ВВ «ANFO».

Всего было проведено 3 серии опытно-полигонных взрывов. Численный анализ результатов натурных измерений параметров сейсмических волн позволил получить графики изменения скорости смещения элементов зданий, сооружений в зависимости от приведенного расстояния R_{np}, которые имеют вид (рис.4).

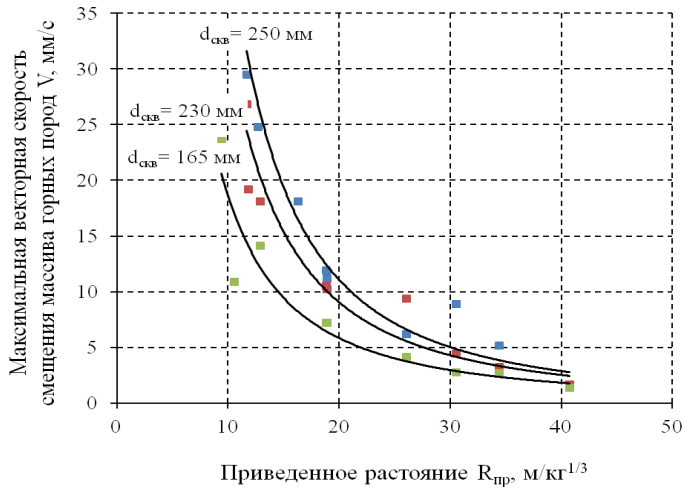


Рисунок 4. Зависимость максимальной векторной скорости смещения массива горных пород от приведенного расстояния для различных диаметров взрывных скважин

Аналитический вид графиков получен аппроксимацией данных и представлен в виде:

$$d_{скв}= 250 \text{ мм} - \qquad V_1 = 3482 \cdot R_{пр}^{-1,82} \tag{5}$$

$$d_{скв}= 230 \text{ мм} - \qquad V_2 = 2288 \cdot R_{пр}^{-1,84} \tag{6}$$

$$d_{скв}= 165 \text{ мм} - \qquad V_3 = 890,2 \cdot R_{пр}^{-1,77} \tag{7}$$

Анализ графиков на рис.4 свидетельствуют о том, что уровень сейсмического воздействия увеличивается с увеличением диаметра взрывных скважин при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов. На основе анализа выведенных формул (5÷7) показано, что применение скважинных зарядов диаметром 165 мм по сравнению с зарядами диаметром 237 мм и 250 мм позволяет уменьшить сейсмический эффект в 1,52 ÷ 1,75 раза.

Замеры грансостава раздробленной горной массы из графика (рис.5) свидетельствуют о том, что уменьшение диаметра взрывных скважин снижается выход негабарита.

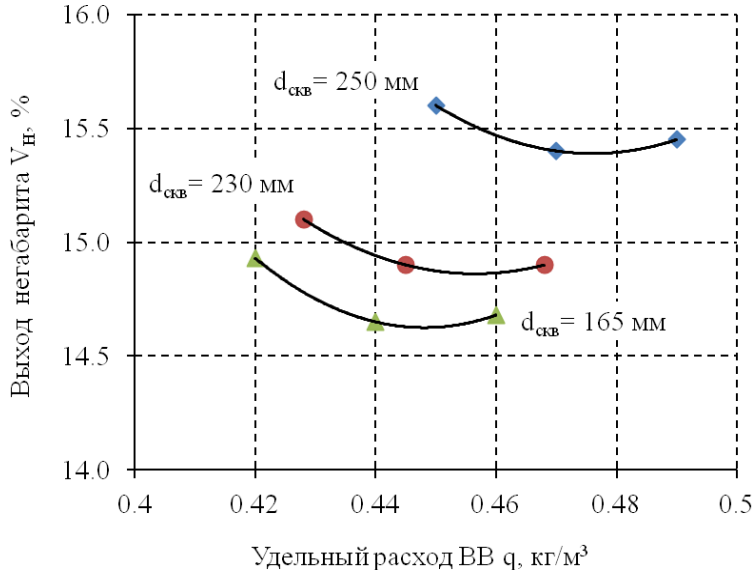


Рисунок 5. Изменение выхода негабаритных фракций в зависимости от удельного расхода ВВ для различных диаметров взрывных скважин

По результатам экспериментальных данных установлена зависимость максимальной векторной скорости смещения массива горных пород от диаметра взрывных скважин, которая в графическом виде дана на рисунке 6.

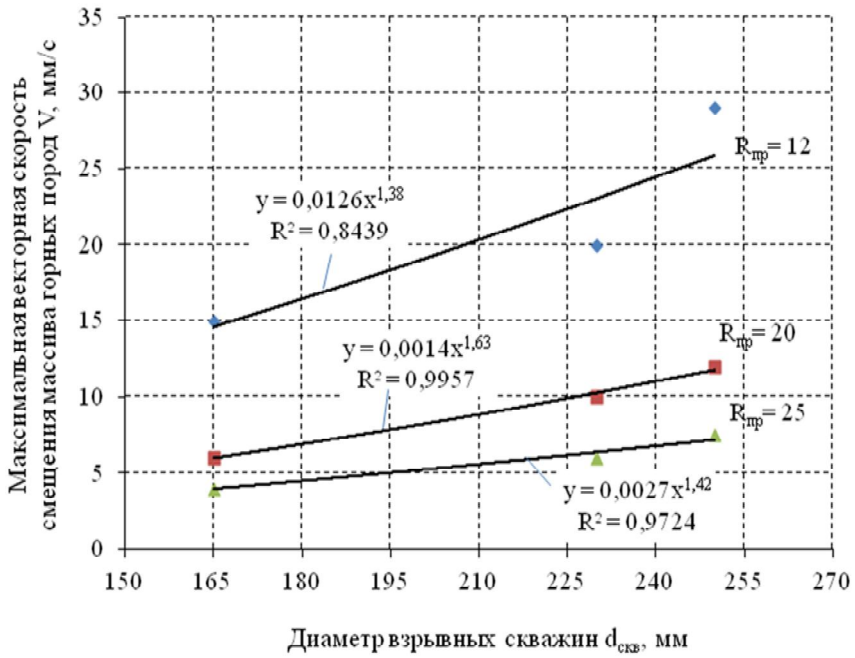


Рисунок 6. Зависимость максимальной векторной скорости смещения массива горных пород от диаметра взрывных скважин

Аналитический вид графиков получен аппроксимацией данных и представлен в виде:

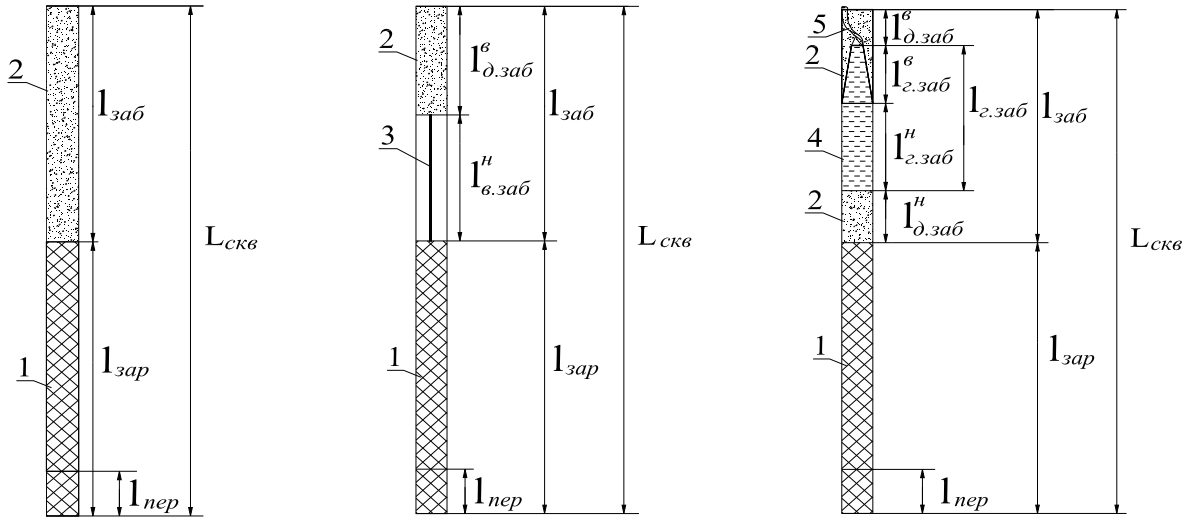
$$V = 0,0126 \cdot d_{скв}^{1,38} \qquad \text{при } R_{пр}= 12 \qquad (8)$$

$$V = 0,0014 \cdot d_{скв}^{1,63} \qquad \text{при } R_{пр}= 20 \qquad (9)$$

$$V = 0,0027 \cdot d_{скв}^{1,42} \qquad \text{при } R_{пр}= 25 \qquad (10)$$

Анализ выведенных формул (8÷10) показал, что при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов зависимость скорости смещения массива скальных горных пород в сейсмовзрывной волне от диаметра взрывных скважин определяется степенной функцией с положительным показателем, который для условий разреза «Нуйбео» находится в пределах 1,38÷1,63 (рис.6).

Для определения влияния конструкции забойки на интенсивность УВВ при взрыве скважинных зарядов нами были испытаны 3 конструкции забойки: сплошная забойка (рис.7а); забойка на воздушной подушке (рис.7б); гидрозабойка между слоями инертной забойки (рис.7в).



а, б, в,

Рисунок 7. Схемы различных конструкций забойки, используемые в эксперименте

Примечание:

1 - заряд ВВ; 2 - забойка; 3 - воздушная подушка; 4 - вода; 5 - оболочка;

$L_{скв}$ - глубина скважин, м;

$l_{пер}$ - длина перебура, м;

$l_{зар}$ - длина скважинного заряда, м;

$l_{заб}$ - длина забойки, м;

$l_{г.заб}$ - длина гидрозабойки, м;

$l^{н}_{д.заб}$ - длина забойки в нижней части, м;

$l^{в}_{д.заб}$ - длина забойки в верхней части, м;

$l^{н}_{г.заб}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м;

$l^{в}_{г.заб}$ - длина гидрозабойки в верхней части, м;

$l^{н}_{в.заб}$ - длина воздушного промежутока, м.

По результатам экспериментальных данных установлена зависимость избыточного давления на фронте ударной волны от приведенного расстояния при различной конструкции забойки, которая в графическом виде дана на рисунке 8.

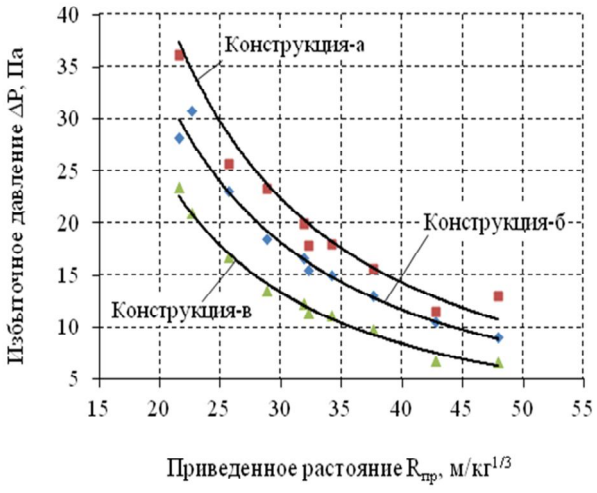


Рисунок 8. Зависимость избыточного давления на фронте ударной волны от приведенного расстояния при различной конструкции забойки

Соответствующие аппроксимирующие зависимости имеют вид:

конструкция-а: $\Delta P_a = 4513 \cdot R_{пр}^{-1,56}$ (R^2= 0,923) (11)

конструкция-б: $\Delta P_б = 3273 \cdot R_{пр}^{-1,53}$ (R^2= 0,987) (12)

конструкция-в: $\Delta P_в = 3064 \cdot R_{пр}^{-1,59}$ (R^2= 0,984) (13)

Анализ выведенных формул (11÷13) доказал, что наличие гидрозабойки (конструкция-в) позволяет снизить интенсивность УВВ в 1,34÷1,56 раза, по сравнению с другими конструкциями забойки.

Замеры грансостава раздробленной горной массы (рис.9) показали, что при взрыве скважинных зарядов с конструкцией гидрозабойки выход негабарита снижается на 12÷18 %, а удельный расход ВВ в 1,12÷1,25 раза.

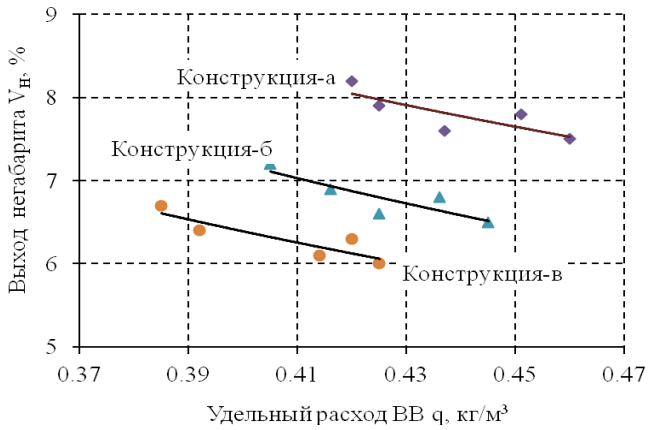


Рисунок 9. Изменение выхода негабаритных фракций ($V_н$) в зависимости от удельного расхода ВВ (q)

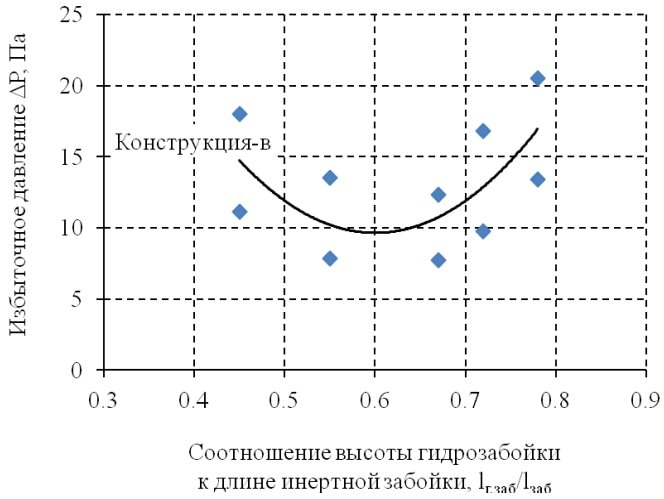


Рисунок 10. Интенсивность УВВ в зависимости от соотношения высоты гидрозабойки к длине инертной забойки

По результатам эксперимента можно получать оптимальное соотношение высоты гидрозабойки к длине инертной забойки (рис.10):

$$l_{г.заб}/l_{заб}=0,57\div0,68\ . \qquad (14)$$

На основании полученных в полигонных условиях данных определены формулы для расчёта рациональных параметров БВР при производстве массовых взрывов и рекомендации по выбору рациональных параметров БВР для условий угольного разреза «Нуйбео» (табл. 1).

Длина забойки:

$$l_{заб}=l_{г.заб}+l^{в}_{д.заб}+l^{н}_{д.заб}=(19,5\div22,5)\cdot d_{скв},\ м \qquad (15)$$

где: $l_{г.заб}$ - длина гидрозабойки, м; $l^{в}_{д.заб}$ - длина забойки в верхней части, м; $l^{н}_{д.заб}$ - длина забойки в нижней части, м; $d_{скв}$ - диаметр заряда, м.

- длина гидрозабойки:

$$l_{г.заб}=l^{н}_{г.заб}+l^{в}_{г.заб}=(0,57\div0,68)\cdot l_{заб},\ м \qquad (16)$$

где: $l^{н}_{г.заб}$ - длина гидрозабойки в нижней части, м; $l^{в}_{д.заб}$ - длина забойки в верхней части, м.

- длина забойки в нижней части:

$$l^{н}_{д.заб}=(0,3\div0,36)\cdot l_{заб},\ м \qquad (17)$$

- длина забойки в верхней части:

$$l^{в}_{д.заб}=(0,27\div0,32)\cdot l_{заб},\ м \qquad (18)$$

Глубина перебура: $l_{пер}=(9\div12)\cdot d_{скв},\ м \qquad (19)$

Глубина скважины: $L_{скв}=H_{у}+l_{пер},\ м \qquad (20)$

где: $H_{у}$ - высота уступа, м.

Длина скважинного заряда: $l_{зар}= L_{скв} - l_{заб},\ м \qquad (21)$

Масса заряда в скважине: $Q=\frac{\pi d^{2}_{скв}}{4}\cdot\Delta l_{зар},\ кг \qquad (22)$

где: Δ - плотность заряжания ВВ, кг/м^3.

Дальнейшие расчётные параметры сетки расположения скважин определяются из типовых проектов БВР на конкретном предприятии.

Таблица 1. Рекомендации по выбору рациональных параметров БВР при взрывании скальных горных пород для условий угольного разреза «Нуйбео»

$d_{скв}$, мм	q, кг/м^3	W, м	a, м	b, м	$l_{пер}$, м	$\frac{l_{заб}}{l_{г.заб}}$, м	$l_{зар}$, м	Q, кг
250	0,426 ÷ 0,465	8,0	8,0	7,0	2,3 ÷ 3,0	$\frac{7,0 \div 7,2}{(5,0 \div 5,3)}$	10,3 ÷ 10,8	581 ÷ 609
230	0,416 ÷ 0,435	7,5	7,5	6,5	2,1 ÷ 2,8	$\frac{6,7 \div 6,9}{(4,7 \div 5,0)}$	10,4 ÷ 10,9	497 ÷ 520
200	0,407 ÷ 0,425	6,5	6,5	5,5	1,8 ÷ 2,4	$\frac{5,5 \div 5,7}{(3,6 \div 3,9)}$	8,3 ÷ 8,7	299 ÷ 314

С целью сопоставления теоретических расчётов с конечным результатом действия взрыва на угольном разрезе «Нуйбео» проведены опытно-промышленные взрывы при использовании предложенного метода (применение конструкции гидрозабойки между слоями инертной забойки) в ходе проведённой работы по оптимизации параметров БВР для горно-геологических условий месторождения «Нуйбео».

Для сопоставления результатов взрывного разрушения скального горного массива при проведении опытно-промышленных работ взрываемые блоки разделялись на контрольные, с применением традиционного метода взрывания и опытные участки с применением предложенного метода взрывания и расчетними рациональными параметрами БВР (рис.11, 12). Бурение взрывных скважин производилось буровыми станками «ATLAS COPCO» с диаметром скважин 230 мм. Инициирование зарядов производилось с применением неэлектрической системы инициирования СИНВ, поверхностными ударно-волновыми труками с замедлениями 25 и 42 мс.

Рисунок 11. Подготовка элементов забойки

Рисунок 12. Зарядка скважин и размещение конусной забойки на опытных участках взрываемых блоков

Параметры скважинных зарядов и результаты опытно-промышленной проверки на контрольных и опытных участках взрываемых блоков приведены в табл.2.

Таблица 2. Параметры скважинных зарядов и результаты опытно-промышленной проверки на контрольных и опытных участках взрываемых блоков

№ п/п	Основные показатели	Един. изм.	Метод	
			традиционный	предложенный
1	Диаметр скважин	мм	230	230
2	Сетка скважин	м	7,5 х 6,5	8,0 х 7,0
3	Глубина бурения скважины	м	15,5 ÷ 17,5	15,5 ÷ 17,5
4	Коэффициент крепости	*f*	11 ÷ 13	11 ÷ 13
5	Масса заряда ВВ	тыс.кг	29,82	29,82
6	Удельный расход ВВ	кг/м^3	0,48	0,42
7	Объем взрывания	тыс.м^3	72,5	77,2
8	Выход взорванной горной массы с 1 п.м.	м^3/м	51,6	53,5
9	Выход негабарита	%	15,2	12,6
10	Максимальная векторная скорость смещения грунта	мм/с	33,6	15,5
11	Избыточное давление	Па	51,3	28,8

Сравнение результатов опытных блоков с контрольными (традиционно применявшийся метод) показало, что применение предложенного метода взрывания позволяет снизить сейсмоэффект на охраняемые объекты в 1,45÷2,1 раза и интенсивность УВВ в 1,46÷1,79 раза, а также уменьшить выход негабарита с 15,2% до 12,6% (рис. 13). Его внедрение позволяет снизить удельный расход ВВ с 0,48 кг/м^3 до 0,42 кг/м^3 и увеличить сетку взрывных

скважин, что обеспечивает снижение затрат и на буровые работы.

а,

б,

Рисунок 13. Качество дробления горной массы на экспериментальном блоке на контрольном (а) и опытном (б) участках в разрезе «Нйубео»

Разработанный метод взрывания скальных горных пород применён на угольном разреза «Нуйбео» для уменьшения опасной зоны взрыва и повышения эффективности горных работ. В результате внедрения получен экономический эффект в размере 0,05 $/м3 взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований предложен метод взрывания скальных горных пород для управлении энергией взрыва ВВ, обеспечивающей уменьшение опасной зоны взрыва и улучшение качества дробления горной массы для повышения технико-экономических показателей взрывных работ.

Основные научные результаты и практические выводы диссертационной работы заключаются в следующем:

1. На основании результатов 54 натурных измерений параметров ударных воздушных и сейсмических волн с применением современного цифрового электронного сейсмографа «Blastmate III» и специальной компьютерной программы «Blastware» дана оценка степени сейсмического воздействия от массовых взрывов на здания и сооружения. Допустимые значения скорости сейсмоколебаний грунта в основании таких зданий не должны превышать 30 мм/с при колебаниях, в спектре которых превалируют частоты до 5 Гц.

2. Определены допустимые массы зарядов ВВ на ступень замедления в

зависимости от расстояния до охраняемых объектов для обеспечения безопасности сооружений и зданий в зоне воздействия взрывных работ и повышения эффективности горных работ при проведении массовых взрывов в разрезе «Нуйбео».

3. Установлены условия влияния влажности воздуха на изменение давления УВВ и уровень усиления или ослабления давления УВВ в зависимости от скорости и направления ветра в момент взрыва. При проведении массовых взрывов на угольных разрезах в осенне-зимний период давление на фронте УВВ может быть в 1,5÷1,8 раза больше, чем летом и поэтому необходимо в этот период уменьшать массу взрываемых зарядов ВВ приблизительно на 25÷30 %.

4. Экспериментально доказано, что повышегие эффективности взрывного разрушения скальных горных пород и снижение сейсмического воздействия при производстве массовых взрывов вблизи охраняемых объектов достигается применением ВВ с малой скоростью детонации.

5. Установлено, что при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов в геологических условиях Вьетнама зависимость скорости смещения массива скальных горных пород в сейсмовзрывной волне от диаметра взрывных скважин определяется степенной функцией с положительным показателем, который для условий разреза «Нуйбео» находится в пределах 1,38÷1,63.

6. На основе проведенных теоретических и полигонных испытаний разработан метод взрывания скальных горных пород и определены рациональные параметры БВР, обеспечивающие повышение безопасности и эффективности дробления горных пород при проведении массовых взрывов на угольных разрезах Вьетнама.

7. Экспериментальные исследования, выполненные в полигонных условиях на угольном разрезе «Нуйбео» при взрывании зарядов ВВ с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком позволили установить, что при оптимальном соотношении высоты

гидрозабойки к длине инертной забойки, равном 0,57÷0,68, имеет место существенное снижение интенсивности УВВ на охраняемые объекты, при этом снижается выход негабарита и удельный расход ВВ.

8. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать способ взрывания зарядов ВВ с применением комбинированной гидрозабойки и инертным промежутком. Метод используется на разрезе «Нуйбео» при производстве взрывных работ вблизи охраняемых объектов для отбойки скальных горных пород. Его внедрение позволяет снизить сейсмоэффект в 1,35÷2,1 раза и интенсивность УВВ на охраняемые объекты в 1,34÷1,56 раза, при этом снижается выход негабарита на 12÷18%, а удельный расход ВВ в 1,12÷1,25 раза. В результате внедрения получен экономический эффект в размере 0,05 \$/м^3 взрываемой горной массы в ценах 2014 года.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Белин В.А., Трусов А.А., Астахов Е.О., Бердов С.П., Сапронов Е.М., **Чан Куанг Хиеу**. Заявка на выдачу патента РФ на изобретение № 2012154293/03 (086188) от 17.12.2012 на «Способ забойки нисходящих отбойных скважин при массовых взрывах на карьерах», находитя в процессе рассмотрения.

2. **Чан Куанг Хиеу**., В.А. Белин. Анализ результатов натурных измерений параметров воздушных и сейсмических волн при проведении БВР на угольном разрезе «Нуйбео» во Вьетнаме // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. № 8. - С. 213-219.

3. **Чан Куанг Хиеу.** Определение влияния конструкции забойки на интенсивность УВВ, обеспечивающей уменьшение опасной зоны взрыва на угольных разрезах Вьетнама // Горный информационно-аналитический бюллетень.- 2014. № 1. - С. 422-425.

4. **Чан куанг хиеу**., В.А. Белин. Влияние скорости ветра и температуры воздуха на степень воздействия УВВ при взрывах скальных горных пород на угольных разрезах Вьетнаме // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. № 12. - С. 284-291.

5. **Чан Куанг Хиеу.** Влияние конструкции скважинных зарядов на интенсивность сейсмических колебаний при массовых взрывах в угольных карьерах Вьетнама // Горный журнал.-Москва, 2014.- №9. - С.118-120.

6. **Чан Куанг Хиеу**. Влияние типа ВВ на сейсмическое действие взрывов при массовых взрывов на угольных карьерах Вьетнама // Горный информационно-аналитический бюллетень.– 2015. № 1.- С. 405-407.

7. **Tran Quang Hieu**., Nguyen Dinh An., Pham Van Viet., Ta Minh Duc., Belin V.A. Effects of climatic conditions on air blast overpressure when blasting near residents area at surface coal mines in Quang Ninh // International Conference on Advances in Mining and Tunneling in Vung Tau - VietNam, 2014. - C.116-119.

8. Nguyen Dinh An., **Tran Quang Hieu**., Do Ngoc Hoan., Tran Dinh Bao., Belin V.A. Analayzing and evaluating the research result of experimental blasts at Nui Beo surface coal mine to reduce ground vibration and air blast near residential area // International Conference on Advances in Mining and Tunneling in Vung Tau - VietNam, 2014. - C.79-82.